

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ
И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ**

**Международная научно-техническая конференция
(Казань, 4 апреля 2024 г.)**

Электронный сборник статей по материалам конференции

**Казань
2024**

УДК 620.9:004
ББК 31.2
Т38

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» Национального исследовательского университета «МЭИ» К.В. Суслов;

канд. техн. наук, доцент кафедры «Цифровые системы и модели», директор Института цифровых технологий и экономики Казанского государственного энергетического университета Э.И. Беляев

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор); И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора);
Д.Р. Халикова, Р.С. Зарипова

Т28 Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы международной научно-технической конференции (Казань, 4 апреля 2024 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2024. 350 с.

ISBN 978-5-89873-659-0

В электронном сборнике представлены статьи по материалам международной научно-технической конференции «Технологический суверенитет и цифровая трансформация» по следующим направлениям:

1. Зарубежный опыт. Новые технологии, изменившие взгляд на отрасли ТЭК;
2. Энергетическая безопасность и устойчивое развитие энергетики;
3. Создание технологий энергоперехода: актуальные задачи и пути их решения;
4. Цифровая трансформация ТЭК: проблемы и перспективы развития;
5. Технологический суверенитет: кооперация науки, бизнеса и государства.

Предназначен для научных работников, преподавателей, студентов, магистрантов, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики.

Статьи публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание статей возлагается на авторов.

УДК 620.9:004
ББК 31.2

ISBN 978-5-89873-659-0

© ФГБОУ «Казанский государственный
энергетический университет», 2024

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В СОСТАВЕ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Эдвард Юнусович Абдуллазянов, Ирина Гареевна Ахметова,
Василь Амирович Касимов, Рамиль Гамилович Мустафин
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Ренат Гизатуллович Минуллин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
minullin@mail.ru

Аннотация: Описывается новое техническое направление в электроэнергетике в виде локационного мониторинга воздушных линий электропередачи (ЛЭП) 35–330 кВ с обнаружением повреждений и гололедных образований на проводах, не имеющее мировых аналогов. Исследования и аппаратные разработки по локационному мониторингу ЛЭП ведутся в КГЭУ в течение 28 лет с 1995 года. Начиная с 2009 года, разработаны и внедрены в эксплуатацию в составе подстанций ЛЭП на территории России 6 локационных комплексов, работающих в автономном автоматическом режиме не разрушающего контроля.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи; локационный мониторинг; повреждения проводов; гололед; обнаружение в экстремальных и штатных условиях, контроль периодов работоспособности.

MULTIFUNCTIONAL MULTICHANNEL LOCATION MONITORING OF OVERHEAD POWER LINES AS PART OF A DIGITAL SUBSTATION

Edward Yunusovich Abdullazyanov, Irina Gareevna Akhmetova,
Vasil Amirovich Kasimov, Ramil Gamilovich Mustafin
Scientific hands. Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Prof. Renat Gizatullovich Minullin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
minullin@mail.ru

Abstract: A new technical direction in the electric power industry is described in the form of location-based monitoring of 35–330 kV overhead power lines with detection of damage and ice formations on wires, which has no analogues in the world. Research and hardware developments on location monitoring of power lines have been carried out at KSPEU for 28 years since 1995. Since 2009, 6 location systems operating in autonomous automatic mode have been developed and put into operation as part of power transmission line substations in Russia.

Keywords: overhead power lines; location monitoring; wire damage; ice formations; detection in extreme and normal conditions.

На высоковольтных воздушных линиях электропередачи (ЛЭП) 35–330 кВ из-за их большой протяженности периодически возникают массовые обрывы и короткие замыкания проводов из-за воздействия ураганов, гололедно-ветровых нагрузок и по другим причинам. Восстановление работоспособности ЛЭП требует огромных финансово-материальных затрат.

В настоящее время во многих странах мира ведутся работы по созданию интеллектуальных электрических сетей на основе цифровых подстанций (Smart Grid), которые при обнаружении слабых и опасных участков сети автоматически изменяют ее характеристики и конструкции для предотвращения возможной аварии.

При этом необходима как контрольный орган система мониторинга ЛЭП, обеспечивающая интеллектуальную сеть достоверной информацией о работоспособности ЛЭП с возможностью скорейшего определения места возникших повреждений на проводах ЛЭП и раннего обнаружения гололеда на проводах, способного вызвать их аварию.

С 1995 г. сотрудниками Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ) ведутся исследования по локационному мониторингу воздушных линий электропередачи 10–330 кВ под руководством проф., д-ра физ.-мат. наук Р.Г. Минуллина.

За 28 лет исследований создано и развито «с нуля» новое техническое направление в электротехнике, не имеющее мировых аналогов. Разработана многофункциональная многоканальная автономная автоматическая локационная система мониторинга воздушных линий электропередачи напряжением 35–330 кВ с обнаружением повреждений [1, 2] и гололедных образований [3] на проводах.

Локационный мониторинг ЛЭП является современным методом инструментального неразрушающего контроля и позволяет диспетчеру подстанции с его рабочего места как бы «видеть» состояние проводов контролируемых линий по всей их длине до 150 км в штатном и ремонтно-аварийном режимах при наличии и отсутствии сетевого напряжения [4, 5].

Разработанный метод локационного зондирования линий электропередачи короткими видеоимпульсами с длительностью, равной в пределах 1–12 мкс, использует другой более эффективный физический принцип, чем методы мониторинга, применяемые в настоящее время (метод по параметрам аварийного режима и волновые методы), которые, к сожалению, не очень надежны и не всегда достоверны [5].

За время исследований изготовлено 11 вариантов локационных комплексов в стационарном и мобильном вариантах [4, 5].

Два варианта комплексов СМГ-5 и СМГ-8 имеют промышленное исполнение в виде опытных образцов с соответствующей конструкторской документацией при техническом участии специалистов ОАО «НПО «Радиоэлектроника» им. В. И. Шимко» (г. Казань) и ООО «Промэнерго» (г. Каменск-Уральский), как промышленных партнеров КГЭУ. Локационный комплекс СМГ-8 сопровождается испытательным стендом СМГ-11 для проверки его работоспособности и коррекции его параметров (рис. 1) [6].

Опытные образцы локационного комплекса и стенда подготовлены для промышленного тиражирования с целью оснащения подстанций России и стран ближнего зарубежья.



Рис. 1. Опытные образцы в виде локационного комплекса СМГ-8 (а) и испытательного стенда СМГ-11(б)

В настоящее время изготовленные программно-аппаратные комплексы, начиная с 2009 года, внедрены на шести подстанциях России (рис. 2) [4, 5].

Комплексы осуществляют в автономном автоматическом режиме через 15–60 мин зондирование воздушных ЛЭП 35–330 кВ. Результаты зондирования передаются в реальном времени через локальные сети диспетчерам подстанций и через GSM канал на мониторы Центра мониторинга КГЭУ, который расположен в г. Казани [4, 5].

Из Центра мониторинга КГЭУ через систему удаленного доступа происходит при необходимости корректировка программы и режимов работы локационных комплексов, а также осуществляется систематический сбор локационной информации, получаемой на шести контролируемых подстанциях в виде рефлектограмм, для последующего анализа и архивации.

В настоящее время зарегистрировано более 3 млн. рефлектограмм.

Результаты зондирования ЛЭП с локационных комплексов подаются на экраны диспетчерских мониторов для образования 3-х видов визуализации состояния проводов.

Первый вид визуализации (рис. 3) с использованием мнемосхемы линий электропередачи, отходящих с одной подстанции, используется в виде экспресс-мониторинга состояния контролируемых ЛЭП для срочного оперативного оповещения диспетчера о возникшей критической ситуации

на проводах. При этом осуществляется регистрация на мнемосхеме линий расстояний до места возникших повреждений с указанием их вида (обрыв или КЗ провода). Цветовой индикацией фиксируются распределения массы появившихся гололедных отложений на участках контролируемых линий.

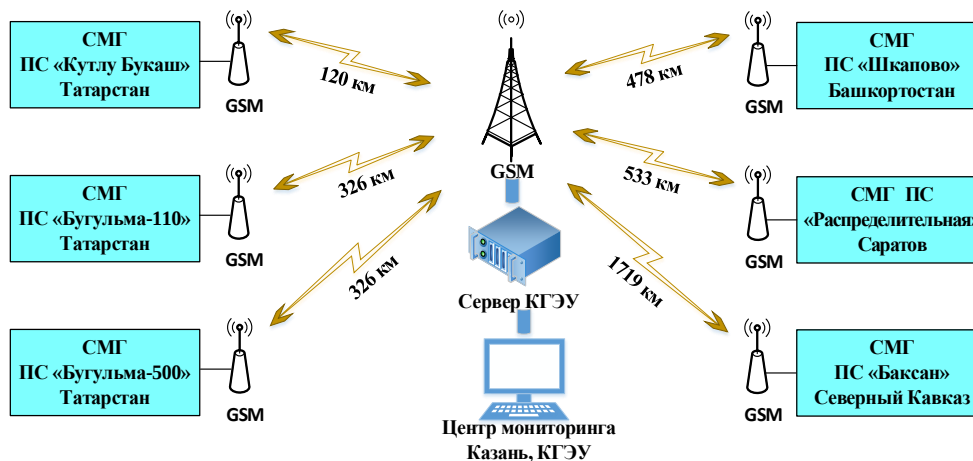


Рис. 2. Схема размещения локационных комплексов СМГ на подстанциях России относительно Центра мониторинга, находящегося в г. Казани в КГЭУ

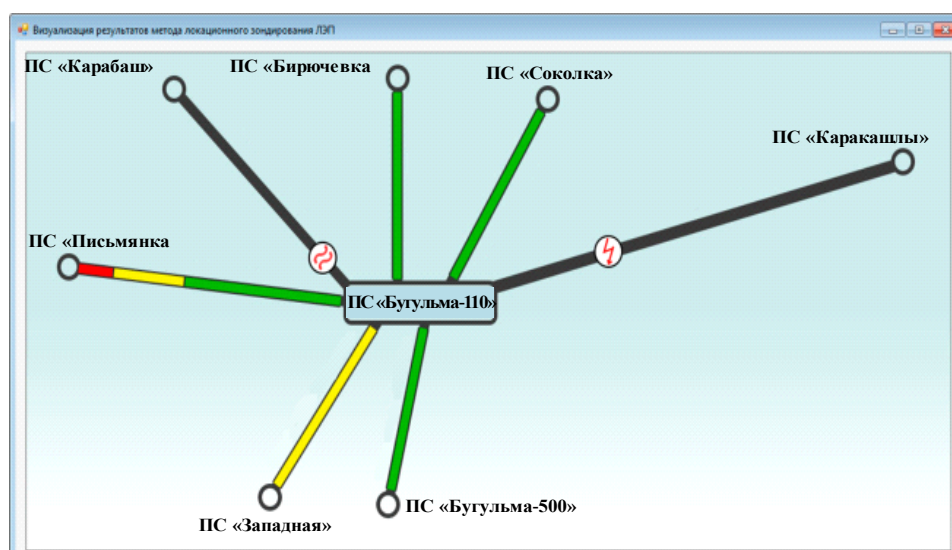


Рис. 3. Оперативная визуализация результатов локационного мониторинга на экране монитора диспетчерского пункта подстанции «Бугульма-110» (Татарстан) с использованием мнемосхемы отходящих ЛЭП

Второй вид визуализации (рис. 4) в виде табличной индикации количественных результатов зондирования используется для оповещения диспетчера с целью принятия им руководящих указаний. На основе табличных данных определяются на данный момент времени наличия повреждений проводов с распознаванием их вида и расстояний до них с погрешностью, не превышающей длины одного пролета линии. А также определяются количественные параметры гололедных отложений при их

образовании, начиная с толщины стенки отложений, равной 0,5 мм. Контролируется толщина стенки гололедных отложений во время их плавки для недопущения пережога проводов.

Локационный мониторинг - Подстанция 1

Схема Вид Переход Сервис

Контроль гололедообразования и обнаружение места повреждения [Назад](#)

Наименование ВЛ	Расстояние до повреждения, м	Удельная масса, кг/м	Интенсивность нарастания массы, (кг/м)/час	Эквивалентная стенка, мм	Интенсивность нарастания стенки, мм/час	Степень обледенения
ВЛ 35 кВ №1	15 000	0.07	0.14	1.00	2.00	
ВЛ 35 кВ №2		0.41	0.82	5.00	10.00	
ВЛ 35 кВ №3		1.35	2.70	15.00	30.00	
ВЛ 110 кВ №4		3.55	7.10	25.00	50.00	
ВЛ 110 кВ №5		8.93	17.86	45.00	90.00	
ВЛ 110 кВ №6		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 220 кВ №7		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 220 кВ №8		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 220 кВ №9		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 330 кВ №10		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 330 кВ №11		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 330 кВ №12		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 500 кВ №13		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 500 кВ №14		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 750 кВ №15		0.00	0.00	0.00	0.00	
ВЛ 750 кВ №16		0.00	0.00	0.00	0.00	

Время с последнего измерения, мин 1

Рис. 4. Табличная визуализация результатов локационного мониторинга проводов ЛЭП на экране монитора диспетчерского пункта подстанции за определенный момент времени

Третий вид визуализации (рис. 5) используется для протокольной месячной регистрации технического состояния проводов линий, отходящих от одной подстанции, в виде многоканальной записи в режиме стековой памяти изменений прошлых и текущих значений затухания δU и дополнительного запаздывания δt отраженных локационных импульсов.

Во время осенне-зимнего сезона по изменениям δU и δt определяется появление, динамика и длительность образования гололедных отложений на проводах ЛЭП, как представлено на рис. 5. При этом устанавливается степень аварийной угрозы отложений в виде обрыва проводов и определяются очередность и длительность плавки отложений во избежание возникновения аварийной ситуации.

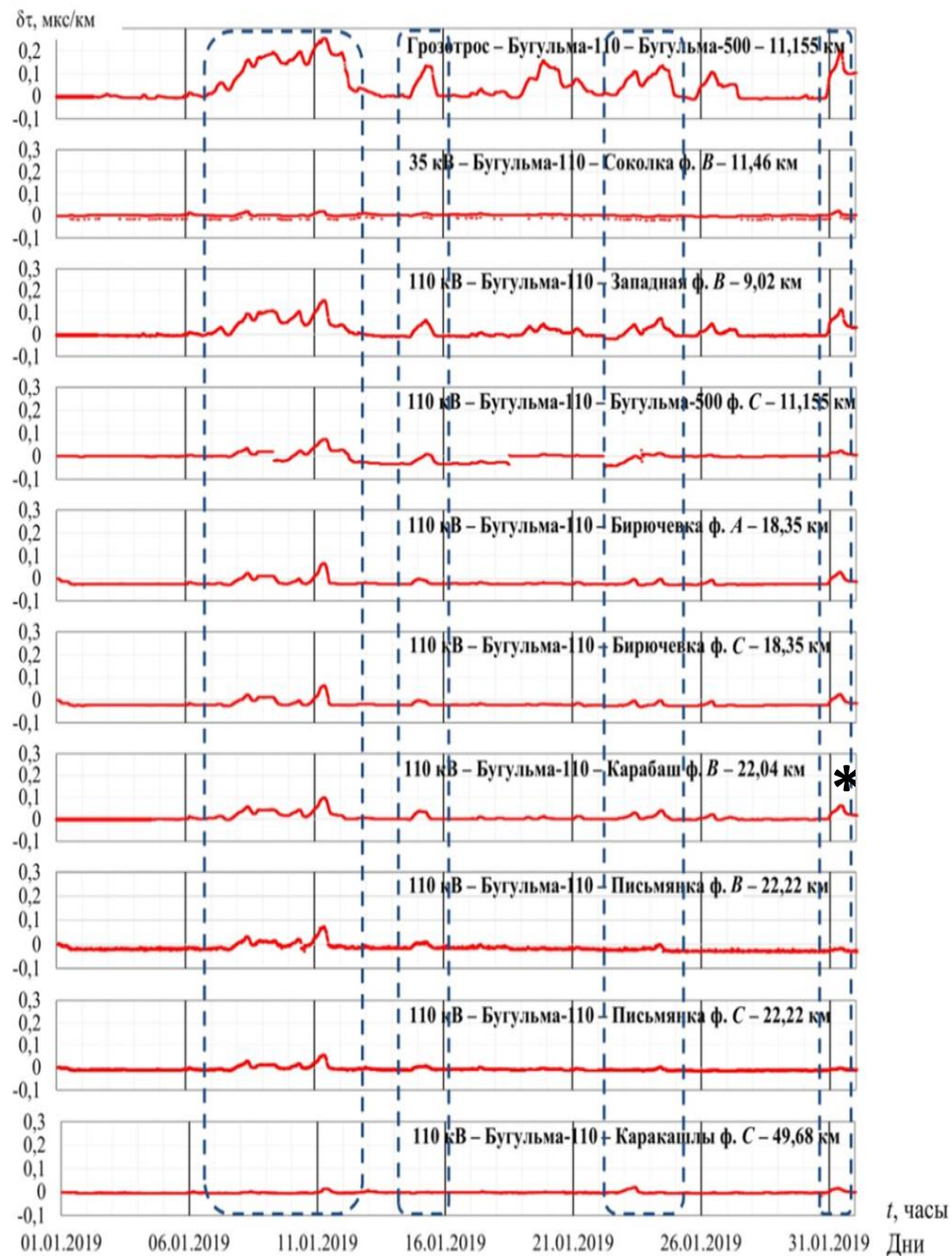


Рис. 5. Регистрации суточных изменений погонных запаздываний δt с обнаружением гололедных отложений на десяти ЛЭП, отходящих от подстанции «Бугульма-110», с 1 по 31 января 2019 г. (периоды появления отложений обозначены овалами)

Во время весенне-летнего сезона по изменениям δU и δt контролируется состояние проводов линий электропередачи в рабочем и ремонтно-аварийном режимах. При этом регистрируются периоды отключения сетевого напряжения на фазных проводах ЛЭП, которые на рис. 6 обозначены овалами.

Стоимость мониторинга одной воздушной линии локационным комплексом по отношению к мониторингу весовым методом [7], применяемым сегодня, дешевле в 48 раз (из-за многоканальности комплекса до 16 каналов и отсутствия на каждой линии 3-х постов с внешними датчиками). При этом наличие дополнительных multifunctional technological

возможностей локационного метода не учитывается. Стоимость локационной аппаратуры при ее эксплуатации окупается в течение трех лет.

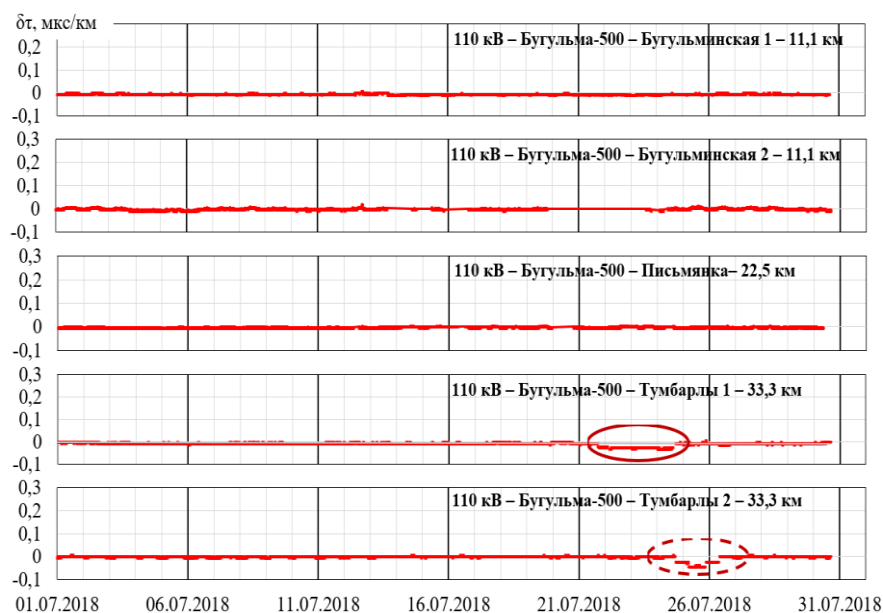


Рис. 6. Регистрации суточных изменений погонных запаздываний δt с обнаружением периодов ремонта на пяти ЛЭП, отходящих от подстанции «Бугульма-500», с 1 по 31 июля 2018 г. (периоды ремонта обозначены овалами)

Источники

1. Касимов В. А., Минуллин Р. Г., Писковацкий Ю.В., Абдуллазянов Э.Ю. Модельно-экспериментальное обнаружение локационным методом повреждений на проводах воздушных линий электропередачи. // Электросвязь. 2019. № 4. С. 102–108.
2. Минуллин Р. Г., Ахметова И. Г., Касимов В. А., Пиунов А. А. Локационный мониторинг с определением места повреждения и текущей работоспособности воздушных линий электропередачи. Ч. 1. // Электрические станции. 2022. № 11. С. 30–38.
3. Минуллин Р. Г., Ахметова И. Г., Касимов В. А., Пиунов А. А. Локационный мониторинг воздушных линий электропередачи с обнаружением гололедных отложений и визуализацией результатов зондирования. Ч. 2. // Электрические станции. 2022. № 12. С. 10–19.
4. Касимов В. А. Метод локационного мониторинга гололедообразования и повреждений на воздушных линиях электропередачи и программно-аппаратные комплексы для его реализации: дис... д-р техн. наук. Казань, 2019. 395 с.
5. Минуллин Р.Г. Локационный мониторинг гололеда и повреждений на линиях электропередачи. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2022. 440 с.

6. Мустафин Р. Г., Минуллин Р. Г., Касимов В. А. Испытательный стенд для проведения испытаний локационного комплекса. Патент России № 190017. 2019. Бюл. № 17.

7. Костилов И. Система мониторинга «САТ-1» – эффективная защита ВЛЭП от гололеда // Электроэнергия. Передача и распределение. 2011, № 1. С. 32–35.

УДК 552.578.18

ПРИМЕНЕНИЕ ПНГ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ИРАКА

Али Талат Аббас

Науч. рук. к. техн. наук, доцент Ильгиз Фанзилевич Галиев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

alikazan2006@yahoo.com

Аннотация: Статья рассматривает использование попутно-нефтяного газа (ПНГ) в народном хозяйстве Ирака. Рассматривается текущее состояние использования ПНГ в стране, его роль в энергетической отрасли, преимущества и недостатки данного вида топлива. Также обсуждаются перспективы развития применения ПНГ в народном хозяйстве и способы увеличения эффективности его использования в Ираке. Анализируются основные аспекты внедрения данного вида топлива на различных уровнях экономики страны и рекомендуется возможные пути оптимизации процесса использования ПНГ.

Ключевые слова: ПНГ, нефть, газопоршневой двигатель.

APPLICATION OF APG IN THE NATIONAL ECONOMY OF IRAQ

Ali Talat Abbas

Scientific advisor Ilgiz Fanzilevich Galiev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

alikazan2006@yahoo.com

Abstract: The article examines the use of distillate petroleum gas (APG) in the national economy of Iraq. The current state of the use of APG in the country, its role in the energy industry, the advantages and disadvantages of this type of fuel are considered. The prospects for the development of the use of APG in the national economy and ways to increase the efficiency of its use in Iraq are also discussed. The main aspects of the introduction of this type of fuel at various levels of the country's economy are analyzed and possible ways to optimize the process of using APG are recommended.

Keywords: APG, oil, gas piston engine.

ПНГ – углеводородные газы, сопутствующие нефти и выделяющиеся при ее добыче на газонефтяных месторождениях.

Они находятся в нефти в растворенном виде и выделяются из нее вследствие снижения давления при подъеме на поверхность земли [1, 6].

В газонефтяных месторождениях на 1 т нефти приходится 30-800 кубометров газа.

По данным комитета по нефти и энергетике иракского парламента, Ирак каждый год тратит впустую 18 млрд м³ газа, сжигая его без пользы. При этом иракские власти импортируют из соседних государств 20 млрд м³ газа/год, который используется для выработки электроэнергии внутри страны [2].

Нефтяные месторождения часто содержат газообразный компонент, обычно называемый попутным нефтяным газом (ПНГ), состоящий в основном из метана и других короткоцепочечных углеводородов. Обычно ПНГ можно собирать с нефтяных площадок, сжигая в специальных дымовых трубах или выбрасывая в атмосферу. В некоторых случаях его повторно закачивают внутрь нефтяной скважины для выравнивания давления внутри скважины и восстановления ее продуктивности. В последнее время ряд ученых стали уделять больше внимания выполнению работ по ПНГ как потенциальному источнику экологически чистой энергии [1].

Согласно последним событиям, Ирак планирует полностью прекратить сжигание ПНГ к 2021 году. Это будет происходить поэтапно, чтобы привлечь инвестиции для надлежащего использования ПНГ [2].

В случае постоянного, круглосуточного использования компрессоров и насосов (сетевых) имеющих привод от электродвигателя, может быть достигнут значительный экономический эффект в результате замены электродвигателя на газопоршневой. В этом случае должна быть техническая возможность подключения к магистральному газу. Возможный диапазон мощностей от 50 до 1500 кВт.

С точки зрения глобального потепления сжигание предпочтительнее сброса. Сжигание в факелах окисляет углерод и создает двуокись углерода (CO₂), но снижает общий потенциал глобального потепления выбросов за счет разрушения метана и других углеводородов [3]. Он снижает выбросы горючих газов, вызывающих глобальное потепление, но также создает другие загрязняющие вещества, такие как оксиды азота (NO_x), окись углерода (CO) и черный углерод (ЧУ). В некоторых исследованиях сообщается о серьезном негативном влиянии на экологическую и социально-экономическую среду и о сильной деградации принимающих сообществ и дикой природы

Совершенно очевидно, что природный газ будет лучшей альтернативой нефти и дизельному топливу в потреблении энергии, и Ирак должен больше полагаться на свои богатства природного газа в ближайшем будущем, чтобы заставить Ирак реализовать свой потенциал и оживить свою экономику, и это очень ясно по результатам новых перерабатывающих мощностей и сценариев газа в сеть.

Хороший прогресс и выгоды могут быть достигнуты при применении второго сценария из-за внедрения новых технологий по обращению с попутным природным газом и получения большей выгоды от фракционирования сырого газа к новым продуктам.

Последний сценарий дает наибольший прогресс и выгоду, потому что газ полностью заменит топливо, используемое для производства электроэнергии, которое в случае Ирака представляет собой сырую нефть и дизельное топливо, и они очень дороги по сравнению с ценой на газ, которая относительно низка [4].

Из-за этого стоимость газа в третьем сценарии будет оцениваться по стоимости топлива, которое газ заменит

В результате импорт газа, электроэнергии и СПГ будет прекращен через три-пять лет. Таким образом, рекомендуется использовать газ для замены сырой нефти и дизельного топлива на электростанции, и после увеличения поставок сухого газа Ирак может также прекратить импорт газа и электроэнергии.

Высокая рентабельность при общем КПД до 100%, в случае использования отработанных побочных продуктов процесса добычи нефти (ПНГ) вместо дизельного топлива позволяет избежать высоких затрат на топливо, транспортировку топлива на большие расстояния

Высокая рентабельность использования сухого газа для производства электроэнергии в зависимости от состава газа с высокой выходной эффективностью за счет использования газовых турбин с комбинированным циклом соответствующих масляных и дизельных турбин, что позволяет избежать выделения в атмосферу метана, который в 21 раз превышает потенциал глобального потепления CO₂ [5].

Источники

1. Муллахметова Л.И., Черкасова Е.И. Попутный нефтяной газ: подготовка, транспортировка и переработка // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poputnyy-neftyanyy-gaz-podgotovka-transportirovka-i-pererabotka> (дата обращения: 19.02.2024).

2. Ирак прекратит сжигать ПНГ на всех месторождениях страны к 2027 г. // Neftegaz.ru URL: <https://neftegaz.ru/news/Gazohimija/710341-irak-prekratit-szhigat-png-na-vsekh-mestorozhdeniyakh-strany-k-2027-g/> (дата обращения: 26.02.2024).

3. Энергетические комплексы для утилизации попутного нефтяного газа // Интех ГмбХ URL: <https://energy-units.ru/utilizatsia-poputnogo-neftyanogo-gaza/> (дата обращения: 26.02.2024).

4. Нетрадиционная утилизация ПНГ Переработка попутного газа в естественные компоненты нефти // Neftegaz.net URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/521880-netraditsionnaya-utilizatsiya-png-pererabotka-poputnogo-gaza-v-estestvennye-komponenty-nefti/> (дата обращения: 26.02.2024).

5. Утилизация попутного нефтяного газа путем закачки водогазовой смеси в пласт // Инженерная практика. URL: <https://glavteh.ru/%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%BF%D0%BD%D0%B3-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F-%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%8C/> (дата обращения: 26.02.2024).

6. Аббас А. Т. Утилизация попутного нефтяного газа в Ирак / А. Т. Аббас // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов участников XIX Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых / Санкт-Петербургский горный университет. Том 2. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2023. С. 205-206.

УДК 621-313

КВАЛИМЕТРИЯ МОДЕЛЕЙ, КАК ЭКОНОМИКО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Аида Радиковна Абдуллина, Ева Сергеевна Снежинская

Науч. рук. ст. преп. Ольга Алексеевна Филина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

olga_yuminova83@mail.ru

Аннотация. Для решения задачи необходим перевод качественного определения квалиметрии моделей на некоторую количественную основу. Формализация качественных определений является необходимым условием построения формальных (вычислимых) алгоритмов диагностики.

Ключевые слова: рентабельность, семантические меры, информация, квалиметрия, свойство, показатель качества.

MODEL QUALIMETRY AS AN ECONOMIC AND LEGAL BASIS FOR ENERGY SAVING

Aida Radikovna Abdullina, Eva Sergeevna Snezhinskaya

Scientific supervisor Olga Alekseevna Filina

KSPEU, Kazan, Russia

olga_yuminova83@mail.ru

Abstract. To solve the problem, we need to translate the qualitative definition of model qualification into some quantitative framework. Formalization of qualitative definitions is a necessary condition for constructing formal (computable) diagnostic algorithms.

Keywords: profitability, semantic measures, information, qualimetry, property, quality indicator.

Квалиметрия (теория количественного оценивания качества) – научная дисциплина, изучающая методологию и проблематику комплексного количественного оценивания качества объектов.

Как и любая теория, квалиметрия имеет свои объекты и свой предмет изучения. Для выявления этих объектов, а также предмета изучения квалиметрии введем следующие определения.

Свойство – характерная черта, отличие, своеобразие, особенность объекта, внутренне присущая ему.

Простое свойство – свойство, которое нельзя представить в виде какой-либо совокупности других свойств объекта.

Сложное свойство – свойство, которое представимо в виде некоторой совокупности свойств объекта.

Таким образом, каждый объект обладает свойствами, определяющими его индивидуальность, выделяющими его из множества других объектов и позволяющими отличать один объект от другого. Этих свойств у объекта бесконечно много, и все они могут быть подразделены на простые и сложные. Простые свойства при конкретном исследовании нельзя разложить на составляющие, сложные могут быть разложены на составляющие свойства. Следует отметить, что такое деление имеет относительный характер, так как одно и то же свойство при одном рассмотрении может быть простым, а при другом – сложным.

Исходя из определения качества объектами изучения квалиметрии являются все объекты энергетики, обладающие качеством, т.е. те объекты,

которые предназначены для использования с какой-либо целью, для удовлетворения определенной потребности.

Таковыми объектами могут быть как различные предметы, так и различные процессы в энергетике. Несомненно, что в их круг, в первую очередь, входят целенаправленные (целеустремленные) системы и процессы.

Предметом изучения квалиметрии является качество объектов энергетики, т.е. совокупность свойств, обуславливающих пригодность применения объектов по назначению.

Модели и процессы моделирования в соответствии с приведенными выше определениями обладают качеством и, следовательно, являются объектами энергетики изучения квалиметрии, а так как качество моделей и моделирования как предмет изучения имеет свои особенности, то вполне оправдано выделение в квалиметрии такого научного направления, как квалиметрия моделей.

Показатель качества – количественная характеристика качества энергии.

Частный показатель качества энергии – показатель свойства, входящего в состав группы свойств, характеризующих качество.

Частные показатели качества составляют векторный показатель качества

$$K_{\langle m \rangle}^{об} = \langle k_1^{об}, k_2^{об}, \dots, k_m^{об} \rangle,$$

где $k_i^{об}$, $i=1(1)m$ – частные показатели качества объекта.

Требуемое качество электроэнергии задается условиями или требованиями, которым должны удовлетворять возможные значения показателя его качества. Эти условия называются критериями оценивания качества объекта, а проверка их выполнимости – оцениванием.

Критерии оценивания качества объектов могут быть разбиты на три группы: пригодности G, оптимальности O, превосходства S. Дадим их математические формулировки

Пусть:

n – количество оцениваемых объектов;

m – число частных показателей качества объектов;

k_{ij} , $i=1(1)m$, $j = 1(1)n$ – показатель i -го свойства j -го объекта;

$K_{\langle m \rangle}^{(j)} = \langle k_{ij}, \dots, k_{mj} \rangle$ – векторный показатель качества j -го объекта, $j=1(1)n$;

$\{k_i^A\}$, $i=1(1)m$ – множество допустимых значений показателя k_{ij} , $j=1(1)n$.

Тогда критерии перечисленных выше классов можно сформулировать следующим образом.

Критерий пригодности

$$G: \bigcap_{i=1}^m \left(k_{ij} \in \{k_i^d\} \right) \approx U, \quad j \in [1(1)n], \quad (1)$$

где U – достоверное событие.

По определению, объекты, для которых выполняется условие (1), пригодны для использования по назначению и при этом обладают одинаковым качеством.

Критерий оптимальности

$$O: \bigcap_{i=1}^m \left(k_{ij} \in \{k_i^d\} \right) \cup \bigcup_{\forall l \in \{l\}_{m_0}} \left(k_{lj} = k_l^{\text{opt}} \right) \approx U, \\ j \in [1(1)n], \quad m_0 \in [1(1)m], \quad (2)$$

где l – номер оптимизируемого свойства; m_0 – число оптимизируемых свойств; $\{l\}_{m_0}$ – множество оптимизируемых свойств; k_l^{opt} – оптимальное значение показателя l -го свойства, $l \in \{l\}_{m_0}$.

По определению, объекты, удовлетворяющие критерию (2), являются оптимальными по совокупности m_0 свойств.

Критерий превосходства

$$S: \bigcap_{i=1}^m \left(k_{il} \in \{k_i^d\} \right) \bigcap_{j=1}^n \bigcap_{i=1}^m \left(k_{il} \geq k_{ij} \right) \approx U, \quad l \in [1(1)n]. \quad (3)$$

По определению, l -й объект, для которого выполняется условие (3), превосходит по качеству все остальные объекты.

Приведенные классы критериев находятся в следующем соотношении:

$$S \subset O \subset G.$$

Критерии всех трех рассматриваемых классов представляют собой высказывательные формы, которые становятся высказываниями после присвоения переменным некоторых значений. Если полученное высказывание является истинным, то считают, что объект по качеству удовлетворяет данному критерию; если высказывание будет ложным, то объект не удовлетворяет по качеству выбранному критерию.

Процесс оценивания качества объектов в электроэнергетике включает в себя следующие этапы.

1-й этап. Выбор совокупности свойств. В совокупность свойств, учитываемых при оценивании качества, должны быть включены все свойства, существенные для использования объекта по своему назначению, и только они.

2-й этап. Измерение качества осуществляется путем сравнения свойств, включенных в совокупность, с эталонами и вычислением значений частных показателей качеств и обобщенного показателя качества, если таковой имеется.

3-й этап. Собственно оценивание состоит в подстановке в выбранный критерий измеренных значений показателей качества и проверке истинности соответствующих высказываний.

Группа свойств – любая совокупность свойств объекта.

Признак объекта – устойчивая совокупность свойств объекта, используемая для различения объектов или их классификации.

Характеристика свойства – описание свойства объекта. Характеристика имеет наименование и значение. Наименование характеристики совпадает с названием свойства. Характеристики свойств могут быть качественные и количественные.

Количественная характеристика – описание свойства с помощью некоторой переменной, значения которой характеризуют уровень или интенсивность этого свойства. Такую переменную обычно называют величиной.

Показатель свойства – количественная характеристика свойства. Различают частные, групповые и обобщенные показатели свойств объекта.

Частным показателем свойства назовем показатель простого свойства.

Групповым показателем свойства назовем показатель группы свойств.

Обобщенным показателем свойства будем называть показатель сложного свойства.

Введенные определения позволяют дать следующее определение основного понятия квалиметрии, а именно качества.

Качество электроэнергии – сложное свойство объекта, обуславливающее его пригодность для использования по назначению.

Качество модели – сложное свойство модели, характеризующее ее способность замещать исследуемый объект (оригинал) для получения новой информации о замещаемом объекте.

К основным свойствам, определяющим качество модели, относятся адекватность, сложность, информативность, интерпретируемость.

Адекватность модели – свойство модели, характеризующее ее соответствие оригиналу, ее способность отражать или воспроизводить оригинал.

В качестве количественной характеристики адекватности модели можно выбрать меру близости модели оригиналу, определяя ее как расстояние между моделью и оригиналом в некотором метрическом пространстве.

Пусть:

O – оригинал; M – модель; A – некоторое множество, которому принадлежат модель и оригинал, т.е. $O, M \in A$;

$r(a, b)$ – расстояние, заданное на множестве A , т.е. для $\forall a, b, c \in A$ справедливо:

1) $r(a, b) \geq 0$ и $r(a, b) = 0$ тогда и только тогда, когда $a=b$, или короче $r(a, b)=0 \Leftrightarrow a=b$ (аксиома тождества);

2) $r(a, b) = r(b, a)$ (аксиома симметрии);

3) $r(a, b) + r(b, c) \geq r(a, c)$ (аксиома треугольника).

Тогда множество A есть метрическое пространство с заданной в нем метрикой $r(a, b)$, которая определяет степень близости объектов этого множества и, следовательно, может служить количественной характеристикой, т.е. показателем $r(M, O)$ адекватности модели M оригиналу O .

В зависимости от природы оригинала, совокупности моделируемых свойств и вида модели могут быть выбраны различные метрики, а, следовательно, и показатели адекватности модели.

Так, в n -мерном евклидовом пространстве E^n могут быть выбраны в качестве показателей адекватности следующие метрики.

$$\forall X_{\langle n \rangle}, Y_{\langle n \rangle} \in X^n \subset E^n:$$

$$r(X_{\langle n \rangle}, Y_{\langle n \rangle}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2};$$

$$r(X_{\langle n \rangle}, Y_{\langle n \rangle}) = \max_{\forall i \in [1(1)n]} |x_i - y_i|;$$

$$r(X_{\langle n \rangle}, Y_{\langle n \rangle}) = \sup_{\forall i \in [1(1)n]} |x_i - y_i|;$$

$$r(X_{\langle n \rangle}, Y_{\langle n \rangle}) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|.$$

В функциональных пространствах показателями адекватности могут служить метрики

$$\begin{aligned} r(f(x), g(y)) &= \sup_{x \in X} |f(x) - g(x)|; \\ r(f(x), g(y)) &= \int_X |f(x) - g(x)| dx; \\ r(f(x), g(y)) &= \left\{ \int_X |f(x) - g(x)|^p dx \right\}^{1/p}, \end{aligned}$$

где X – метризуемое бикompактное пространство (например, замкнутое ограниченное подпространство евклидова пространства); $p \in \{1(1)\infty\}$ – целое натуральное число.

Требуемая адекватность моделей определяется с помощью соответствующих критериев. Так, критерий пригодности может быть сформулирован в виде

$$r(O, M) \leq \varepsilon \geq 0,$$

где ε характеризует минимальную допустимую степень близости модели к оригиналам.

В общем случае значения $r(O, M)$ являются случайными, поэтому в качестве показателя следует выбрать вероятность выполнения данного неравенства либо соответствующие числовые характеристики случайной величины $r(O, M)$, а критерий пригодности сформулировать в виде

$$\begin{aligned} P(\hat{r}(O, M) \leq \varepsilon \geq 0) &\geq \delta \geq 0; \quad \bar{r}(O, M) \leq \varepsilon_1 \geq 0; \\ r(O, M) &= \sup_{\forall O, M \in A} \rho(O, M) \leq \varepsilon_2 \geq 0, \end{aligned}$$

где $r(O, M)$ – математическое ожидание случайной величины $\hat{r}(O, M)$; $\rho(O, M)$ – расстояние между элементами множества A , которому принадлежат модель M и оригинал O .

Сложность модели определяется строением модели и характеризует возможность ее использования при моделировании. Чем сложнее модель, тем больше трудностей возникает при ее использовании. Для оценивания сложности задают соответствующие показатели и критерии сложности, формирование и использование которых рассматривается в разделах

системных направлений, относящихся к структурному анализу систем. Возможность применения данных показателей обусловлена тем, что модель всегда можно рассматривать, как систему.

Информативность – свойство модели, характеризующее ее способность в процессе моделирования отображать или воспроизводить информацию об оригинале. Показателями информативности могут служить различные меры информации, используемые при измерении ее количества и качества и рассматриваемые в теории информации.

Интерпретируемость модели – свойство модели, которое характеризует возможность переноса новой информации, получаемой с помощью модели, на оригинал. Количественные характеристики данного свойства модели пока практически не разработаны.

Следует сказать, что рассмотренные составляющие качества модели достаточно тесно связаны между собой. Так, повышение степени адекватности модели чаще всего ведет к ее усложнению и уменьшению возможности интерпретации. Поэтому качество модели с повышением ее адекватности может не только увеличиваться, но и уменьшаться, что требует компромиссного подхода к заданию требований к адекватности, сложности, информативности и интерпретируемости моделей.

Моделирование, как и любой целенаправленный процесс, имеет вполне определенное назначение и, следовательно, обладает качеством и является объектом изучения квалиметрии.

Теория эффективности – научная дисциплина, в которой разрабатываются методологические основы, методы и методики анализа и количественного оценивания качества целенаправленных процессов. Объектом изучения в теории эффективности являются целенаправленные процессы, или операции, а предметом изучения – эффективность, или качество, таких процессов.

Операция – это упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий, направленных на достижение некоторой цели.

Однако исторически сложилось так, что целенаправленные процессы и их качество стали объектом и предметом изучения теории эффективности, которую можно рассматривать как одно из направлений квалиметрии.

Источники

1. Филина О.А., Дюндина В.П. Размещение зарядных станций в мегаполисе // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Национальной с международным

участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. Тюмень, 2023. С. 380-383.

2. Ахметов Р.Р., Сахапов Д.В. Математические задачи в энергетике // Молодые исследователи за устойчивое развитие: сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2022. С. 114-118.

3. Зинатуллин А.Р., Платонов С.А. Оценка критериев согласия и параметров теоретического и эмпирического распределений в теории точности // Молодежь. Наука. Будущее: сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2022. С. 45-49.

4. Егуданов Д.В. Диагностика стержней после укладки в пазы и распайки // Электроэнергетика. Семнадцатая всероссийская (девятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции. г. Иваново, 2022. С. 12.

5. Филина О.А., Ахметшин А.С., Ланин И.В., Урванцев К.Д. Методы диагностирования отдельных сборочных единиц и агрегатов машин // Наука сегодня: история и современность: материалы международной научно-практической конференции. Научный центр «Диспут». Вологда, 2021. С. 10-11.

6. Черепенькин И.В., Филина О.А. Адаптивная автоматизированная система вибрационной диагностики // Перспективы развития и применения современных технологий: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2021. С. 160-164.

УДК 536.4234

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОЧНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПАРА В СПЛЮСНУТЫХ ТРУБАХ

Алхатиб Диаа

Науч. рук. канд. физ.-мат. наун, доц. Люлин Юрий Вячеславович

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»», г. Москва, Россия

AlkhatibD@mpei.ru

Аннотация: В данной работе исследуется пленочная конденсация пара в сплюснутых трубках в зависимости от соотношения сторон (ширины и высоты) и угла поворота относительно продольной оси. Посредством численных расчетов исследовано распределение пленки конденсата внутри трубок с различными параметрами. С помощью численных расчетов обнаружено, что конденсации пара в сплюснутых трубке при

соотношении сторон 6 и угле поворота 90 °С коэффициент теплоотдачи увеличивается до 60 % по сравнению с круглой трубой.

Ключевые слова: пленочная конденсация пара, сплюснутые трубки, соотношение сторон, углы поворота, численная модель.

STUDY OF FILM CONDENSATION IN FLATTENED TUBE

Diaa Alkhateeb

Scientific advisor Lyulin Yuriy Vyacheslavovich

MPEI, Moscow, Russia

AlkhatibD@mpei.ru

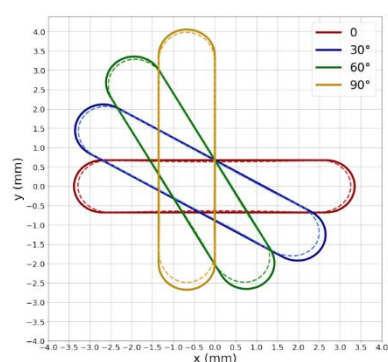
Abstract: This study presents vapor film condensation in flattened tubes as a function of the aspect ratio (width and height) and the rotation angle relative to the longitudinal axis, through numerical calculations, the distribution of the condensate film inside tubes with different parameters is investigated. Numerical calculations reveal that the heat transfer coefficient for vapor condensation in flattened tubes with an aspect ratio of 6 and a rotation angle of 90° increases by 60% compared to a circular tube.

Keywords: film-wise condensation, flattened tube, aspect ratio, rotation angles, numerical model.

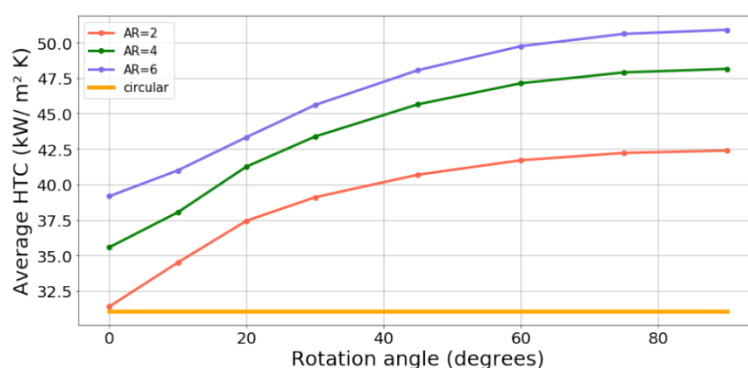
Изменения формы профиля внутренней поверхности или положения трубы в гравитационном поле являются перспективным подходом увеличения теплоотдачи в мини-каналах при конденсации чистого пара [1]. Например, изменение соотношения сторон и углов поворота сплюснутых труб существенно влияет на эффективность конденсаторов пара [2]. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что коэффициенты теплоотдачи в сплюснутых трубках выше, чем в круглых [3-5]. Кроме того, было обнаружено, что толщина пленки жидкости увеличивается с уменьшением массового расхода и паросодержанием. Данный факт может влиять на эффективность тепловых энергетических систем [6], а также на уменьшение коэффициента теплопередачи с увеличением разности температур во время исследования конденсации чистого пара в гладкой трубе [7].

График распределения пленки в трубе (рис. 1, а.) показывает, что минимальная толщина пленки наблюдается в определенных местах, соответствующих соединениям между округлыми и плоскими стенками. С увеличением соотношения сторон точки минимальной толщины сдвигаются к нижним координатам на графике. Увеличение соотношения сторон приводит к достижению более выраженных локальных минимумов в

толщине пленки. Толщина пленки жидкости в верхней округлой части уменьшается при увеличении угла поворота. Более того, повышение угла поворота приводит к уменьшению толщины пленки конденсатора на плоских участках трубы, что приводит к гравитационному сдвигу распределения к нижней части трубы. Отношение между коэффициентом теплопередачи (КТО) и толщиной пленки для паросодержания 0,9 (рис. 1, б.). Обнаружено значительное увеличение коэффициента теплоотдачи, которое достигается за счет увеличения как соотношения сторон, так и угла поворота, особенно по сравнению с круглой конфигурацией трубы.



(а)



(б)

Рис. 1. Результаты: а – распределение пленки в трубе; б – КТО в зависимости от угла поворота трубы.

Источники

1. Davies III, William A., et al. Heat transfer and flow regimes in large flattened-tube steam condensers. *Applied Thermal Engineering* 148 (2019): 722-733.
2. Gu, Xin, et al. Effect of tube shape on the condensation patterns of R1234ze (E) in horizontal mini-channels. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 131 (2019): 121-139.
3. Shah, Mirza M. Prediction of Heat Transfer during Condensation in Non-Circular Channels. *Inventions* 4.2 (2019): 31.
4. Rukruang, Amawasee, et al. "Experimental study on condensation heat transfer and pressure drop characteristics of R32 flowing inside an alternating cross-section flattened tube." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 202 (2023): 123750.
5. Li, Wei, et al. Condensation heat transfer and flow properties of R134a refrigerant in rectangular minichannel: a numerical study. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications* 12.2 (2020): 021006.

6. Sereda, Volodymyr, et al. Heat transfer during film condensation inside horizontal tubes in stratified phase flow. Heat and mass transfer 57 (2021): 251-267.

7. Lyulin, Yuriy, et al. Experimental study of laminar convective condensation of pure vapor inside an inclined circular tube. Microgravity Science and Technology 23 (2011): 439-445.

УДК 621.311.243

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Атажонов Мухиддин Одилжонович

Андижанский машиностроительный институт, г. Андижан, Узбекистан

atajonovmuhiddin80@gmail.com

Аннотация. В данной статье проведено исследование по повышению эффективности тонкопленочных солнечных элементов. Актуальность темы обусловлена стремительным развитием солнечной энергетики и необходимостью увеличения выхода энергии от солнечных элементов. Целью исследования является разработка новых методов и подходов для повышения КПД тонкопленочных солнечных элементов.

Ключевые слова: тонкопленочные солнечные элементы, эффективность, оптимизация структур, материалы, солнечная энергетика, методы, повышение КПД.

RESEARCH ON INCREASING THE EFFICIENCY OF THIN FILM SOLAR CELLS

Atajonov Mukhiddin Odiljonovich

Andijan Mechine Building Institute, Andijon, Uzbekistan

atajonovmuhiddin80@gmail.com

Annotation. This article conducts a study to improve the efficiency of thin-film solar cells. The relevance of the topic is due to the rapid development of solar energy and the need to increase the energy output from solar cells. The goal of the research is to develop new methods and approaches to increase the efficiency of thin-film solar cells.

Keywords: thin-film solar cells, efficiency, optimization of structures, materials, solar energy, methods, increasing efficiency.

Солнечные элементы на основе тонкопленочных технологий представляют собой перспективное направление в области возобновляемой энергетики. Однако их эффективность остается ниже, чем у традиционных кристаллических солнечных батарей. В данной статье мы рассмотрим различные методы и подходы, которые могут помочь увеличить КПД тонкопленочных солнечных элементов. Мы поставили перед собою цель исследовать вопрос повышения эффективности тонкопленочных солнечных элементов [1].

Актуальность данной проблемы обусловлена растущим интересом к альтернативным источникам энергии и необходимостью улучшения солнечных батарей. Тонкопленочные солнечные элементы предоставляют эффективное решение для преобразования солнечного излучения в электроэнергию. Однако, для максимизации выхода энергии, необходимо постоянно улучшать и оптимизировать структуры и материалы, используемые в этих элементах [2].

Методы исследования. Тонкопленочные солнечные элементы (ТПСЭ) представляют собой современные технологии, которые используют тонкие слои полупроводниковых материалов для преобразования солнечной энергии в электричество.

Для повышения эффективности тонкопленочных солнечных элементов существует несколько методов и подходов.

Увеличение площади поглощения: Разработка тонкопленочных солнечных панелей с большей площадью поглощения солнечного излучения поможет повысить их КПД [3].

Расширение спектрального диапазона поглощения: Исследование и разработка материалов, которые могут поглощать солнечное излучение в более широком спектральном диапазоне, также способствует повышению эффективности тонкопленочных солнечных элементов [4].

Оптимизация структуры и слоев: Изучение и улучшение структуры солнечных элементов, включая проводящие слои и защитные покрытия, может помочь увеличить их эффективность [3].

Использование новых материалов: Исследование новых полупроводниковых материалов и их комбинаций может привести к более эффективным тонкопленочным солнечным элементам [5].

Управление потерями: Минимизация потерь, таких как рассеяние света или рекомбинация зарядов, поможет повысить КПД солнечных панелей [3].

Важно отметить, что каждый из этих методов требует дополнительных исследований и разработок для успешной реализации.

Результаты исследования. Мы разработали примерный алгоритм повышения эффективности солнечных элементов который включает в себя

основные аспекты и ключевые критерии повышения качества и эффективности солнечных элементов. Этот алгоритм представляет собой общий набор шагов, которые могут быть рассмотрены при разработке и оптимизации солнечных элементов. Важно отметить что исследования, эксперименты и тестирование продолжаются, так как для постоянного улучшения эффективности солнечных элементов нужны тщательные эксперименты и исследования.



Рис. 1. Алгоритм повышения эффективности солнечных элементов

Заключение. В результате проведенных исследований были выявлены оптимальные параметры структур и материалов для тонкопленочных солнечных элементов, обеспечивающие максимальную эффективность. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего совершенствования производства солнечных элементов и повышения их конкурентоспособности на рынке возобновляемой энергии. Это исследование вносит вклад в развитие солнечной энергетики и подчеркивает важность постоянного совершенствования технологий для достижения более эффективного использования солнечного потенциала.

Источники

1. Атажонов М.О. Конструкция фототермоэлектрических преобразователей. IJARETM // Vol. 2, Issue 12. 2024. С. 236-244. doi.org/10.5281/zenodo.10315959.

2. Atajonov M.O. Quyosh paneli sirtini tozalash tizimi. Scientific and Technical Journal Machine Building. 2181-1539. №1. P. 1748-1752.

3. Тонкопленочные солнечные панели CIGS: подробное руководство + статус рынка. <https://ru.solarbuy.com/solar-101/cigs-thin-film-solar-panels/>

4. Никонов Ф.Д., Селезнев А.С., Шлык И.Р. Методы повышения эффективности тонкопленочных фотовольтаических солнечных элементов. /https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39877/1/Nikonov_Metody.pdf.

5. Тонкопленочные солнечные панели: технологии, плюсы и минусы, использование /<https://ru.solarbuy.com/solar-101/thin-film-solar-panels/>.

УДК 621.3

ГИБРИДНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

Ахунова Алия Флусовна, Сабитов Айдар Хайдарович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ahunovaaliya@yandex.ru

Аннотация: Бумажная изоляция в трансформаторах играет важную роль в обеспечении электрической безопасности и долговечности оборудования. Однако, с развитием новых материалов и технологий, возникают вопросы о ее актуальности и эффективности. Данная статья исследует вопрос применения бумажной изоляции в современных трансформаторах, рассмотрит проблемы, связанные с использованием этого материала, а также предоставит перспективы его использования в будущем.

Ключевые слова: бумажная изоляция, современные трансформаторы, твердые диэлектрики, гибридная изоляция.

HYBRID INSULATION IN MODERN TRANSFORMERS

Ahunova Aliya Flusovna, Sabitov Aidar Khaidarovich
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ahunovaaliya@yandex.ru

Annotation. Paper insulation in transformers plays an important role in ensuring electrical safety and longevity of the equipment. However, with the development of new materials and technologies, questions arise about its relevance and effectiveness. This article examines the use of paper insulation in modern transformers, considers the problems associated with the use of this material, and also provides prospects for its use in the future.

Keywords: paper insulation, modern transformers, solid dielectrics, hybrid insulation.

Трансформаторы являются ключевыми элементами электроэнергетической инфраструктуры, и их надежная работа является предпосылкой эффективного функционирования энергосистем. Главным образом, требуется обеспечение надежной изоляции между обмотками трансформатора и между обмотками и стальным сердечником. На протяжении многих лет бумажная изоляция была широко применяемым материалом в этой сфере из-за своих хороших диэлектрических свойств, низкой стоимости и доступности. Однако с развитием современных технологий и появлением новых материалов возникают вопросы о целесообразности применения бумажной изоляции в новых конструкциях трансформаторов.

Так как изоляция вносит значительный вклад в общую стоимость трансформатора, ее требования должны обеспечивать надежную работу. Изоляция подвергается испытаниям, которые должны обеспечивать ее достаточную прочность.

Ухудшение изоляционных свойств материалов, применяемых в силовых трансформаторах, приводит к ухудшению их диэлектрических свойств и снижает способность противостоять коротким замыканиям.

Однако, инновационная гибридная высокотемпературная изоляция, может расширить интервал допустимых температуры изоляции, увеличить механическую прочность обмотки, и уменьшить расходы на обслуживание и замену трансформаторов. В гибридной изоляции используются слои арамидной бумаги и целлюлозной бумаги. Дополнительные глобальные изменения конструкции включают в себя сокращение числа каналов охлаждения между слоями и укрепления каркаса трансформатора для улучшения стойкости к короткому замыканию. Применение гибридной изоляции при производстве трансформаторов, позволяет существенно повысить надежность и срок службы трансформаторов, что в свою очередь приводит к снижению экономических затрат при эксплуатации.

Одной из главных задач при проектировании изоляции трансформатора является определение воздействий, которым она будет подвергаться в процессе эксплуатации. Это позволяет выбрать подходящую конструкцию и форму изоляционных элементов, а также выбрать материалы для заполнения изоляционных промежутков и определить их размеры. Изоляция в трансформаторе определяет его срок службы. Она обеспечивается правильным выбором изоляционных промежутков, которые могут также выполнять роль охлаждающих каналов.

Поскольку мощность трансформатора остается постоянной в процессе эксплуатации, его изоляция должна выдерживать длительное воздействие рабочего напряжения без повреждений на протяжении многих лет.

Допустимые временные перегрузки напряжения должны быть указаны в стандартах для различных типов и групп трансформаторов. Согласно требованиям ГОСТ, силовые трансформаторы должны быть спроектированы, чтобы работать в определенных условиях при временном повышении напряжения до 15% или 30%.

В трансформаторах применяются различные методы для осуществления изоляции между различными частями трансформатора. Это достигается с помощью использования специальных конструкций и элементов, изготовленных из твердых диэлектриков, таких как электроизоляционный картон, кабельная бумага, лакоткань, дерево, текстолит, бумага-бакелит, фарфор и другие материалы. Кроме того, в современных трансформаторах могут использоваться комбинированные материалы, включающие бумажную изоляцию в сочетании с другими материалами, такими как пленки из полиэстера или полипропилена. Это позволяет улучшить электрические и механические свойства изоляции и повысить надежность трансформаторов.

В современных силовых трансформаторах в основном используется маслобарьерная изоляция, а на некоторых участках, таких как отводы, используется изоляция. Для защиты обмоток от импульсных перенапряжений применяются переплетенные катушечные обмотки в сочетании с емкостными кольцами. Бумажно-масляная изоляция обладает более высокой электрической прочностью по сравнению с маслобарьерной изоляцией. Поэтому в последние годы активно исследуется возможность использования бумажно-масляной изоляции в качестве основной изоляции трансформаторов, что может сократить габариты изоляции и трансформатора в целом. Это особенно важно для мощных трансформаторов, габариты которых затрудняют их транспортировку. Однако основной сложностью при использовании бумажно-масляной изоляции в силовых трансформаторах является охлаждение.

Важно отметить, что выбор конкретного типа бумажной изоляции зависит от различных факторов, включая требования к техническим характеристикам трансформатора, условия эксплуатации и бюджетные ограничения.

Неотъемлемым недостатком бумажной изоляции является ее склонность к воздействию влаги и к деградации при неблагоприятных условиях эксплуатации. Влажность может привести к снижению диэлектрической прочности и ухудшению изоляционных свойств бумаги. Более того, в процессе эксплуатации трансформаторов возможно образование газов и деструкция бумажной изоляции, что может привести к снижению эффективности работы оборудования и даже к его отказу.

Благодаря регулярной модернизации изоляционных материалов, современные трансформаторы смогут эффективно функционировать в условиях повышенных нагрузок и сохранять высокую производительность на протяжении долгого времени.

Бумажная изоляция в современных трансформаторах продолжает играть важную роль, но проблемы, связанные с использованием данного материала, еще остались. Необходимо продолжать исследования и разработки в области новых материалов и технологий, которые могут обеспечить более надежную и эффективную изоляцию трансформаторов. Это позволит повысить надежность работы оборудования, продлить его срок службы и обеспечить безопасность энергетической инфраструктуры в целом.

Источники

1. ГОСТ Р 52719-2007 «Трансформаторы силовые. Общие условия». Введен в действие с 01.01.2008г.
2. Современные виды изоляции: учебное пособие, Ч. 4. Изоляция силовых трансформаторов. Щеглов Н.В. 2011. С.55-78.
3. «Энергетика» Оборудование Документация. Современные конструкции трансформаторов: [Электронный ресурс]. <https://forca.ru/stati/podstancii/sovremennye-konstrukcii-transformatorov.html>. (Дата обращения: 27.02.2024).
4. Электроизоляционные материалы и компоненты силовых трансформаторов. Справочное руководство. Тольятти, 2011. С. 6-14.

УДК 621.311

ПОТЕРИ НА КОРОНУ В ЛЭП

Ахунова Алия Флусовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ahunovaaliya@yandex.ru

Аннотация: Потери на корону в линиях электропередачи (ЛЭП) представляют собой существенное явление, влияющее на эффективность передачи электроэнергии и стабильность работы электроэнергетической системы в целом. В данном исследовании мы анализировали влияние различных факторов на величину потерь на корону, включая параметры окружающей среды, такие как влажность воздуха и температура, а также конструктивные особенности ЛЭП, такие как форма и материал проводов.

Ключевые слова: потери на корону, линий электропередач, метеоусловия, потери на линиях, потери на корону.

CORONA LOSSES IN POWER LINES

Ahunova Aliya Flusovna
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ahunovaaliya@yandex.ru

Abstract: Corona losses in power transmission lines (PTLs) are a significant phenomenon that affects the efficiency of electricity transmission and the stability of the electrical power system as a whole. In this study, we analyzed the influence of various factors on the magnitude of corona losses, including environmental parameters such as air humidity and temperature, as well as design features of power lines, such as the shape and material of the wires.

Keywords: corona losses, power lines, weather conditions, line losses, corona losses.

Исследования потерь на корону в линиях электропередачи занимают центральное место в электроэнергетической отрасли, поскольку это явление влияет на стабильность энергосистемы и ее эффективность. Эти потери возникают, когда электрический градиент вблизи поверхности провода превышает пробивную прочность воздуха, вызывая пробой и образование коронных разрядов. Процесс сопровождается генерацией тепла, света, акустических шумов и радиопомех, что приводит к затратам энергии.

Данный анализ базируется на собранных данных о потерях на корону в различных условиях эксплуатации ЛЭП, а также на результаты моделирования и экспериментальных исследований. Выяснилось, что влажность воздуха и температура играют ключевую роль в формировании коронных разрядов и, следовательно, величины потерь на корону. Более высокие уровни влажности способствуют увеличению потерь на корону, особенно при повышенных напряжениях.

Кроме того, конструктивные особенности ЛЭП, такие как форма и материал проводов, также оказывают влияние на потери на корону. Например, использование проводов с более гладкой поверхностью может снизить вероятность образования коронных разрядов и, следовательно, уменьшить потери на корону.

Изучение потерь на корону проводится уже более 50 лет и включает в себя множество лабораторных и полевых измерений, а также теоретические исследования. Несмотря на значительный объем данных, набранных за это время, точное предсказание потерь на корону для высоковольтных линий

электропередачи до сих пор представляет сложность. Существующие исследования позволяют оценить вероятность потерь на корону в зависимости от различных параметров, таких как геометрия проводов, градиенты напряжения и метеосостояния.

Было выявлено, что потери на корону на линиях сверхвысокого напряжения (СВН) могут варьироваться от нескольких киловатт до сотен киловатт на километр в зависимости от погодных условий. Хотя средние потери на корону составляют небольшую часть от общих активных потерь в линии, максимальные потери на корону могут значительно повлиять на электроснабжение и потребовать дополнительной мощности для компенсации.

Для принятия правильных экономически обоснованных решений относительно конструкции проводов и уровня напряжения необходимо учитывать вероятность совпадения максимальных потерь на корону с пиковой нагрузкой. Статистические данные, полученные в ходе исследований за последние годы, позволяют оценить вероятности потерь на корону и рекомендовать оптимальные конструкции проводов. Однако разброс значений потерь на корону в различных погодных условиях затрудняет точную оценку этих потерь.

Максимальные потери на единицу длины линии электропередачи никогда не достигнут уровня потерь на коротких опытных линиях при сильном дожде, поскольку погодные условия вдоль всей трассы редко бывают одинаковыми. Метеостанции регистрируют изменение погодных условий только лишь в фиксированной точке, в то время как погода вдоль линии должна быть определена на всем ее протяжении. Очевидно, что идентичности здесь нет. Чтобы осуществить переход от одного к другому, временные изменения следует преобразовать в пространственные. Именно этот метод и был применен при построении модели погоды.

Учет параметров осадков в пределах одного климатического района. Основная разница в погодных условиях внутри одного и того же климатического района создается различием в частоте выпадения осадков. В предположении, что для всей территории района кривые распределения интенсивности осадков и других погодных условий одни и те же, можно утверждать, что вероятность появления данного уровня потерь зависит лишь от частоты осадков.

Хотя максимальные потери на линиях электропередачи в пределах одного климатического района неизменны, средние потери в каждой точке пропорциональны соответствующей частоте выпадения осадков:

$$P_{cp} = P_{баз} \frac{\psi}{\psi_s}$$

Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать разработке новых технологий и методов снижения потерь на корону, что станет важным шагом в совершенствовании электроэнергетической отрасли.

Источники

1. Важов В.Ф., Кузнецов Ю.И., Куртенков Г.Е., Лавринович В.А., Лопатин В.В., Мытников А.В. Техника высоких напряжений. Учебное пособие. Томск, Изд-во ТПУ, 2013. 232 с.
2. Потери на корону и их снижение в сетях 220 кВ и выше. Путеводитель по Энергетике. [Электронный ресурс] URL: <http://pue8.ru/elektricheskie-seti/628-poteri-na-koronu-i-ikh-snizhenie-v-setyakh-220-kv-i-vyshe.html>. (Дата обращения: 19.02.2024).
3. «Энергетика» Оборудование Документация. Потери на корону: [Электронный ресурс]. <https://forca.ru/knigi/arhivy/linii-elektroperedachi-345-kv-i-vyshe-23.html> (дата обращения: 14.02.2024).
4. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Официальный сайт Министерства энергетики РФ. [Электронный ресурс]. <http://www.minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения 09.02.2024).

УДК 621.3.048.1

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БУМАЖНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Ахунова Алия Флусовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ahunovaaliya@yandex.ru

Аннотация: Бумажные изоляции широко используются в электрооборудовании, в том числе и в трансформаторах, для обеспечения надежной электрической изоляции. В данной статье мы рассмотрим и сравним характеристики различных типов бумажных изоляций, которые используются в трансформаторах, а также приведем примеры их применения.

Ключевые слова: бумажная изоляция, НОМЕКС, сравнение изоляции, типы изоляций, надежность.

COMPARISON OF PAPER INSULATION CHARACTERISTICS

Ahunova Aliya Flusovna
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ahunovaaliya@yandex.ru

Abstract: Paper insulation is widely used in electrical equipment, including transformers, to provide reliable electrical insulation. In this article we will review and compare the characteristics of various types of paper insulation that are used in transformers, as well as provide examples of their application.

Keywords: paper insulation, NOMEX, insulation comparison, types of insulation, reliability.

Преимущества применения бумаг и картона в электрических машинах, особенно электродвигателях и генераторах, являются значимыми и многообразными. Производство «НОМЕКС» предлагает широкий спектр материалов, который способствует повышению надежности и увеличению срока службы электрического оборудования.

Бумаги производства «НОМЕКС»:

- Тип 410: Этот тип бумаги является стандартным материалом изоляции в большинстве видов электрооборудования. Он обладает высокой электрической прочностью, механической прочностью, гибкостью и эластичностью. Применяется в случаях, где требуется листовая изоляция.
- Тип 411: Этот тип бумаги обладает пониженными механическими свойствами по сравнению с типом 410. Он используется в качестве фазовой изоляции электродвигателей и наполнителей торцевых частей обмоток трансформаторов.
- Тип 414: Этот тип бумаги имеет аналогичные электрические и термические характеристики, как у типа 410, но он более гибкий и формуемый. Применяется в качестве материала для пазовой изоляции в электродвигателях, для обертки проводов и как основная изоляция сухих трансформаторов.
- Тип 818 (старая маркировка 418): Этот тип бумаги обладает высокой электрической прочностью и может легко пропитываться лаками. Применяется в обмотках электродвигателей, изоляции корпуса и межслойной изоляции трансформаторов.
- Тип 419: Этот тип бумаги обладает хорошей формуемостью и насыщаемостью и используется там, где требуются эти свойства.
- Тип 356 (старая маркировка E56): Этот тип бумаги обладает промежуточными механическими и электрическими свойствами между

типами 410 и 411. Применяется там, где не требуются высокие механические или электрические свойства бумаги типа 410.

- Тип N196: Этот тип бумаги обладает высокой пропитываемостью и используется в фазовой изоляции электродвигателей, межслойной изоляции трансформаторов и других приложениях.

Картон производства «НОМЕКС»:

- Тип 992 PSB (старая маркировка 992): Этот тип картонов имеет низкую плотность и используется для производства изоляторов в сухих трансформаторах.

- Тип 993 PSB (старая маркировка 993): Этот тип картонов обладает средней плотностью и используется в качестве изоляции в трансформаторах с жидким диэлектриком.

- Тип 994 PSB (старая маркировка 994): Этот тип картонов имеет уплотненную структуру и обеспечивает стабильность при сжимающих нагрузках. Используется в трансформаторах и другом оборудовании, требующем высокой механической прочности изоляции.

Применение бумаг и прессованных картона в электрических машинах охватывает различные типы: от маломощных сервомоторов до крупных турбогенераторов. Эти материалы способствуют улучшению характеристик машины, обеспечивая высокую электрическую изоляцию и термическую защиту. Одно из важнейших преимуществ использования в электрических машинах — это тепловая защита. Прочность и эластичность бумаг и картонов типов, которые описаны выше, значительно повышают механическую надежность электрических машин. Это особенно важно в условиях высоких вибраций и ударных нагрузок, например, на сталелитейных предприятиях или в газотурбинных генераторах. Они способны выдерживать такие условия, продлевая срок службы оборудования. Обладают высокой электрической прочностью и стойкостью к порезам, что позволяет использовать их для изоляции различных частей машины. Это делает универсальным решением для производителей электрических машин, обеспечивая высокий уровень надежности и долговечности оборудования.

В заключение, можно отметить, что бумажные изоляции играют значительную роль в обеспечении надежности и безопасности электрооборудования, включая трансформаторы. Рассмотрение и сравнение характеристик различных типов бумажных изоляций в данной статье позволяет лучше понять и выбрать наиболее подходящий вариант для конкретных условий эксплуатации. Примеры их применения демонстрируют широкий спектр возможностей и эффективность использования бумажных изоляций в различных областях электротехники. Дальнейшее исследование в этой области может способствовать развитию более эффективных и

надежных технологий изоляции, что в конечном итоге приведет к повышению качества и безопасности электрооборудования.

Источники

1. Изоляция силовых и измерительных трансформаторов тока. [Электронный ресурс]. <https://svel.ru/articles/izolyatsiya-silovykh-i-izmeritelnykh-transformatorov-toka.html> (дата обращения 01.03.2024).
2. Классификация изоляции трансформаторов. [Электронный ресурс]. <https://www.tor-trans.com.ua/transclassificationisolation.html> (дата обращения: 29.02.2024).
3. Официальный сайт производства «NOMEX». [Электронный ресурс]. <https://www.dupont.com/brands/nomex.html> (дата обращения: 01.03.2024).
4. Паперный Л.Е., Алейников М.В. Эксплуатация силовых трансформаторов. Электронный учебный материал. Минск, 2015. С. 68-127.
5. Сабитов А.Х., Низамутдинов Б.Р., Козлов В.К. Контроль и мониторинг изоляционной системы силовых трансформаторов // «Энергия – 2012». Региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием): Материалы конференции. Иваново: ИГЭУ, 2012. С. 63-66.

УДК 621.5.09

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ В ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ

Денис Александрович Базыкин, Виталий Александрович Ильичев, Александр

Валентинович Бараков

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж,

Россия

bazykin.denis@yandex.ru

Аннотация: В работе представлена графическая зависимость, основанные на результатах экспериментальных исследований, заключающихся в исследовании термического разделения воздуха за счет вихревого эффекта Ранка-Хилша в противоточной вихревой трубе, использующейся в составе разработанной экспериментальной установки, изображение которой показано в статье, для обеспечения работоспособности термоэлектрических генераторных модулей.

Ключевые слова: вихревая труба; термическое разделение; воздух; поток; электроэнергия; экспериментальная установка

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THERMAL SEPARATION OF FLOW IN A COUNTERFLOW VORTEX TUBE

Denis Aleksandrovich Bazykin, Vitaly Aleksandrovich Ilyichev, Alexander Valentinovich Barakov

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

bazykin.denis@yandex.ru

Abstract: The paper presents a graphical relationship based on the results of experimental studies consisting in the study of thermal separation of air due to the Ranque-Hilsch vortex effect in a counterflow vortex tube used as part of the developed experimental installation, the image of which is shown in the article, to ensure the operability of thermoelectric generators modules.

Keywords: vortex tube; thermal separation; air; flow; electricity; experimental setup.

Задача, заключающаяся в автономной генерации электроэнергии на газодобывающих месторождениях, расположенных в децентрализованных районах, в настоящее время является достаточно актуальной [1]. Решение указанной задачи может заключаться в применении термоэлектрической генераторной установки, принцип действия которой основан на совместной реализации вихревого эффекта Ранка-Хилша и термоэлектрического эффекта Зеебека [2, 3]. При этом вихревой эффект выполняется в вихревой трубе, где поток газа разделяется на горячий и холодный потоки, которые затем направляют в каналы, между которыми зажаты термоэлектрические генераторные модули. За счет поддержания необходимой разности температур между противоположными сторонами модулей, в местах контактов полупроводников возникает термо-ЭДС [4]. Данный источник электропитания не требует сжигания топлива, периодического технического обслуживания, прост в установке и эксплуатации.

Вихревая труба является наиболее подходящим, с точки зрения экологичности, источником термически разделенных потоков и способна осуществлять энергоразделение до разности температур между потоками, равной 120 °С, что подтверждается в [5] при эксплуатации вихревой трубы на природном газе.

В ходе проведенных работ была изготовлена экспериментальная установка, предназначенная для отработки режимов ее работы.

Целью первых проведенных экспериментальных исследований стало определение эффективности термического разделения потоков в представленной вихревой трубе, заключающееся в измерении температурного градиента в зависимости от положения регулировочного винта, температуры и давления входного потока.

На рис. 1 показаны результаты наиболее эффективного режима работы.

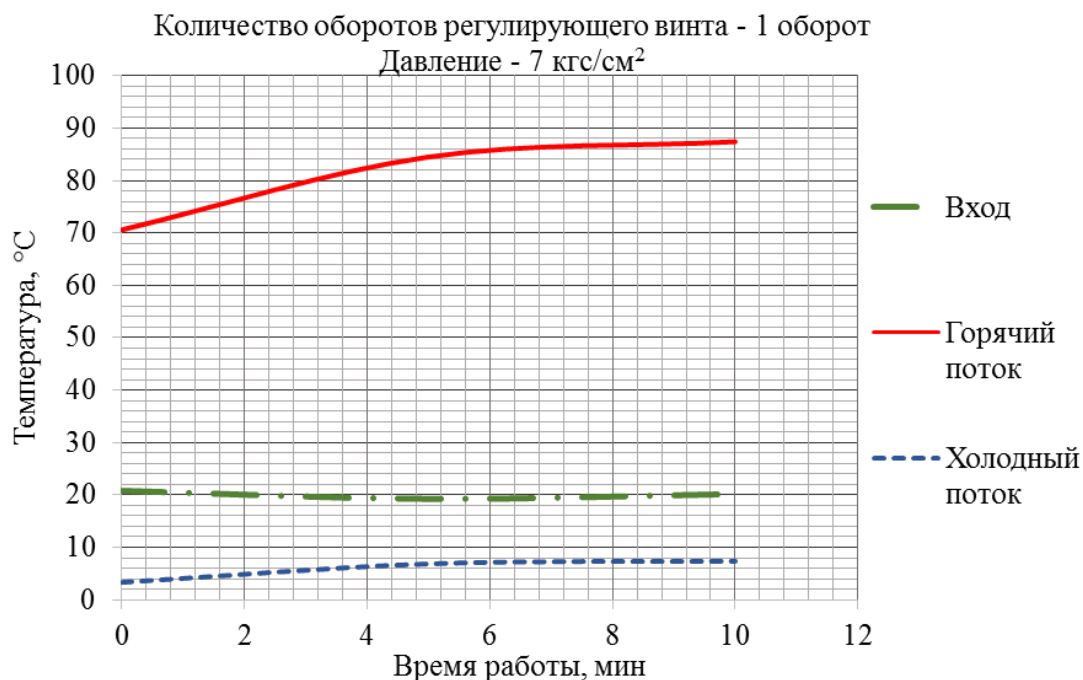


Рис. 1. График изменения температуры потоков при 1 обороте регулирующего винта и давлении 7 кгс/см² (maxΔT=80 °C)

График показывает изменение температуры холодного и горячего потоков за определенное время при одном обороте регулирующего винта для увеличения площади проходного сечения дросселирующего устройства и давлении 7 кгс/см² за фильтром, на входе в подводящий патрубок противоточной вихревой трубы.

Всего было исследовано шестнадцать режимов, соответствующие изменению положения регулирующего винта от 1 до 8 оборотов для давлений входного потока воздуха, равных 6,0 кгс/см² и 7,0 кгс/см².

Таким образом, в ходе проведенных экспериментальных исследований удалось определить наиболее эффективные режимы работы вихревой трубы при различном положении регулировочного винта дросселирующего устройства. Полученные данные позволят в дальнейшем выбирать наиболее оптимальные режимы для генерации электроэнергии при различных конструкциях термоэлектрических генераторов.

Источники

1. Базыкин Д. А. Разработка теплообменного аппарата-регенератора для высокотемпературного нагрева газообразных сред / Д. А. Базыкин, А. И. Сухов, А. В. Бараков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2019. – Т. 21, № 5. – С. 38-49. – DOI 10.30724/1998-9903-2019-21-5-38-49.
2. Сажин И.Ю. Эффект Зеебека и его применение / И.Ю. Сажин, Е.А. Чабанов, Е.В. Чабанова // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2020. – Т. 1. – С. 404-410.
3. Эксплуатация регулируемых вихревых труб Ранка-Хилша в экологически значимых промышленных установках очистки газов (аналитический обзор) / В.А. Девисилов, Д.А. Жидков, В.С. Спиридонов, О.В. Кирикова // Экология и промышленность России. – 2013. – № 12. – С. 14-19.
4. Синицин А. М. Измерительная камера прибора контроля основных характеристик материалов, используемых в термоэлектрических генераторах / А. М. Синицин, В. А. Уланов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 5-6. – С. 110-115.
5. Бетлинский В. Экспериментальное исследование термодинамической эффективности регулируемой вихревой трубы на природном газе / В. Бетлинский, М. Жидков, В. Овчинников, Д. Жидков // Нефтегазовые технологии. – 2008. – № 2. – С. 2-6.

УДК 004.722

СИГНАЛЫ синхронизации генераторов иерархических узлов транспортных сетей связи

Батенков Кирилл Александрович¹, Козленко Андрей Владимирович²,
Головачёва Полина Владимировна³

^{1,2} МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия

³ Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, г. Орёл, Россия
pustur@yandex.ru

Аннотация: Указывается, что принудительная синхронизация использует иерархию генераторов, в которой каждый уровень синхронизируется более высоким, причем самым высоким уровнем является первичный эталонный генератор. Сигнал

синхронизации – это периодический сигнал, вырабатываемый тактовым генератором и используемый для синхронизации операций в цифровом оборудовании и сетях.

Ключевые слова: метод синхронизации, сетевые элементы, первичный эталонный генератор, опорные синхросигналы, транспортная сеть.

SYNCHRONIZATION SIGNALS OF GENERATORS OF HIERARCHICAL NODES OF TRANSPORT COMMUNICATION NETWORKS

Kirill A. Batenkov¹, Andrey V. Kozlenko², Polina V. Golovacheva³

^{1,2} MIREA – Russian University of Technology, Moscow, Russia

³ I. S. Turgenev Oryol State University, Orel, Russia

pustur@yandex.ru

Abstract: It is indicated that the ITU-T M.2401 recommendation defines the parameters and norms of international data paths of the ODU optical channel data blocks and sections of the optical channel transport blocks transported via the OTN optical transmission network. A reference model of the optical path is presented, using the concept of operator domains, as in the analysis of long-term norms, and capable of containing up to eight operator domains. The parameters of the end-to-end connections of the reference path of the ODUk optical channel data blocks and the rules for determining operational standards for real paths are selected in such a way that the path being put into operation and in operation meets the long-term standards of the ITU-T G.8201 recommendation. Using the example of the international optical path ODU3, formed by one domain of an international operator, two domains of regional operators and two domains of local operators, the procedure for taking into account its length when calculating the maximum operational standards is shown.

Keywords: optical path, operator, domain, error characteristics, measurement.

Принудительная синхронизация использует иерархию генераторов, в которой каждый уровень синхронизируется более высоким, причем самым высоким уровнем является первичный эталонный генератор. Опорные синхросигналы передаются между уровнями иерархии посредством сети распределения, которая обычно использовать средства транспортной сети.

Выделяют четыре уровня иерархии: первичный эталонный генератор PRC (ITU-T G.811 [1]), вторичный задающий генератор транзитного узла (ITU-T G.812 [2]), вторичный задающий генератор локального узла (ITU-T G.812 [2]), генератор сетевого элемента SDH (ITU-T G.813 [3]).

Распределение синхросигналов между генераторами иерархических узлов выполняется методами, позволяющими избежать промежуточной обработки указателей. Два возможных метода таковы:

– восстановление синхронизации из принятого сигнала STM-N; это позволяет избежать непредсказуемых эффектов регулировки указателей на нижестоящих ведомых генераторах;

– получение синхросигнала по маршруту синхронизации, неподдерживаемому сетью SDH.

Метод принудительной синхронизации использует метод односторонней синхронизации с ведомыми генераторами, определяющими маршрут синхронизации, используемый для передачи опорного синхросигнала и изменяемый на альтернативный, если исходный выходит из строя.

Сигнал синхронизации (timing signal, синхросигнал, тактовый сигнал) – периодический сигнал, вырабатываемый тактовым генератором и используемый для синхронизации операций в цифровом оборудовании и сетях [6]. Из-за неизбежных возмущений, таких как флуктуации фазы генератора, реальные синхросигналы являются псевдопериодическими, то есть временные интервалы между последовательными однотипными фазовыми моментами имеют незначительные вариации. Математическое представление синусоидального синхросигнала (рис. 1)

$$s(t) = A \sin \Phi(t),$$

где A – амплитуда синхросигнала;

$\Phi(t)$ – полная фаза синхросигнала.

Для прямоугольного синхросигнала (рис. 1) справедливо соотношение

$$s(t) = A \operatorname{sgn}[\sin \Phi(t)],$$

где $\operatorname{sgn} x = \begin{cases} 1, x > 0, \\ 0, x = 0, \\ -1, x < 0, \end{cases}$ – функция сигнум [7, 9].

Мгновенная частота $\nu(t)$ синхросигнала в общем случае зависит от времени [10]

$$\nu(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\Phi(t)}{dt}.$$

Относительное отклонение частоты $y(t)$ (fractional frequency deviation) – отношение разности между фактической частотой $\nu(t)$ сигнала и заданной номинальной частоты ν_0 к номинальной частоте ν_0

$$y(t) = \frac{|v(t) - v_0|}{v_0}.$$

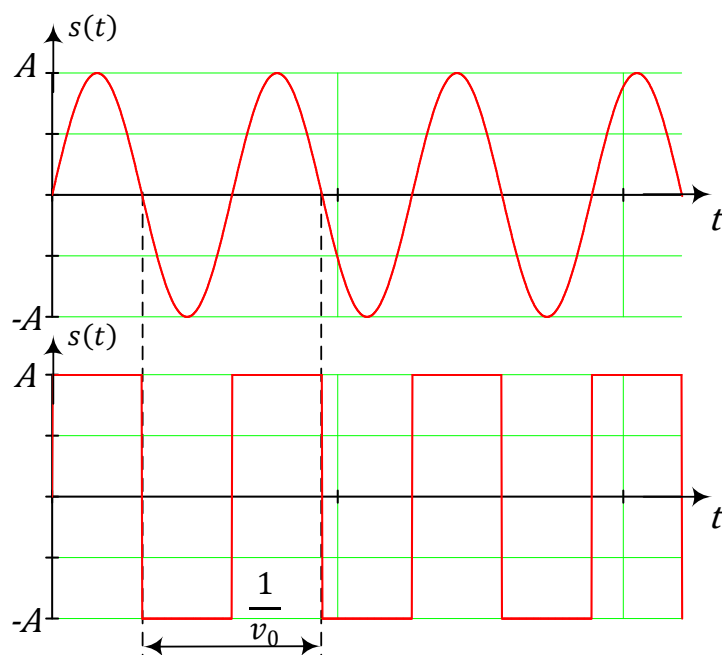


Рис. 1. Синусоидальный и прямоугольный синхросигналы

Следует отметить, что данное определение несколько отличается от приведенного в существующих документах [6, 10, 11], в которых не рассматривается разность в абсолютных единицах. В то же время отклонение частоты может быть как положительным, так и отрицательным, причем знак отклонения не имеет принципиального значения, поскольку одинаково вредно как снижение скорости записи или считывания так и ее увеличение.

Источники

1. Rec. G.811. Timing characteristics of primary reference clocks. Geneva : ITU-T, 1997. 11 p.
2. Rec. G.812. Timing requirements of slave clocks suitable for use as node clocks in synchronization networks. Geneva : ITU-T, 2004. 46 p.
3. Rec. G.813. Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC). Geneva : ITU-T, 2003. 36 p.
4. Батенков К.А. К вопросу оценки надежности двухполюсных и многополюсных сетей связи // Успехи современной радиоэлектроники. 2017. С. 604.
5. Rec. G.811.1. Timing characteristics of enhanced primary reference clocks. Geneva : ITU-T, 2017. 14 p.

6. Rec. G.810. Definitions and terminology for synchronization networks. Geneva: ITU-T, 1996. 27 p.

7. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике. М. : Наука, 1964. 608 с.

8. Батенков К. А. Формирование сечений телекоммуникационных сетей для анализа их устойчивости с различными мерами связности // Информатика и автоматизация. 2021. Т. 20. № 2. С. 371-406.

9. Воднев В. Т., Наумович А. Ф., Наумович Н. Ф. Основные математические формулы. Справочник. Минск: Вышэйшая школа, 1988. 269 с.

10. Брени С. Синхронизация цифровых сетей связи / Стефано Брени; Пер. с англ. Н. Л. Бирюкова, С. Я. Несвитской, Н. Р. Триски. Под ред. А. В. Рыжкова. М.: Мир, 2003. 417 с.

11. Инструкция по метрологическому обеспечению первичных эталонных генераторов (ПЭГ) системы сетевой тактовой синхронизации (ТСС) : Утв. Минсвязи России 26.10.99. Москва: МК-Полиграф, 2000. 56 с.

УДК 620.92:621.311

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

Валерий Феодосиевич Белей, Валентина Фёдоровна Паршина, Кирилл Викторович
Коротких, Герман Владимирович Коцарь, Кирилл Константинович Веселовский, Алексей
Сергеевич Дурманов

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия
vbeley@klgtu.ru

Аннотация: В связи с переходом энергосистемы Калининградской области в изолированный режим работы с целью повышения её энергетической безопасности, были возведены тепловые электростанции на основе газа и угля, поставляемых извне. В работе дан анализ потенциала местных энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии. На основе прорывных технологий четвертого мирового энергетического перехода обосновано возведение новых электростанций. Ввод данных электростанций позволит выработать более 30% потребляемой регионом электроэнергии, что снизит зависимость региона от поставок энергоресурсов извне, решит часть экологических проблем.

Ключевые слова: энергосистема, электростанция, местные энергетические ресурсы, возобновляемые источники энергии.

ENERGY SECURITY OF THE KALININGRAD REGION BASED ON THE ENERGY TRANSITION

Valery F. Beley, Valentina F. Parshina, Kirill V. Korotkikh, German V. Kotsar, Kirill K.

Veselovsky, Alexey S. Durmanov

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

vbeley@klgtu.ru

Abstract: In connection with the transition of the energy system of the Kaliningrad region to an isolated operating mode for the purpose of its energy security, thermal power plants were built based on externally supplied gas and coal. The work provides an analysis of the potential of local energy resources and renewable energy sources. Based on breakthrough technologies of the fourth world energy transition, the construction of new power plants is justified. The commissioning of these power plants will allow generating more than 30% of consumed power, which will reduce the region's dependence on external energy supplies and solve some environmental problems.

Keywords: energy system, power plant, local energy resources, renewable energy sources.

Энергетический комплекс Калининградской области (КО) на текущий момент интегрирован в энергообъединение (ЭО) IPS/UPS (рис. 1) через территорию стран Балтии. В 2025 году страны Балтии намерены осуществить отключение от ЭО IPS/UPS и присоединиться к ЭО UCTE и NORDEL (рис. 2) [1], что приведет к изменению конфигурации ЭО IPS/UPS.



Рис. 1. ЭО Европы



Рис. 2. Энергосистема КО



Рис.3. Газоснабжение КО

Для обеспечения энергетической безопасности КО были построены тепловые электростанции (ТЭС) установленной мощностью 955 МВт, что позволило энергосистеме КО пройти испытание в изолированном режиме. Потребление электроэнергии в 2023 в КО составило 5,3 млрд кВт*ч, при максимальной электрической мощности – 862 МВт. Все ТЭС в КО работают на природном газе и угле, поставляемых извне (рис. 3), что сказывается на

энергобезопасности региона и ценах. КО обладает значительными местными энергетическими ресурсами (МЭР), возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) для получения электрической и тепловой энергии [1,2].

Ветроэнергетические ресурсы. Валовый потенциал ветровой энергии КО составляет 498 млрд. кВт·ч/год [2]. На основе анализа технических, экономических, социальных и экологических ограничений, выявлены перспективные территории КО, пригодные для возведения ветроэлектростанций (ВЭС) [2] (рис. 4). Годовая выработка определяется как:

$$W_{\text{ВЭС}}^{\text{год}} = n_{\text{ВЭУ}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \eta_{\text{Г}} \cdot T_{\text{год}} \cdot \sum_{i=1}^{n_{\text{град}}} P(v_i) \cdot f(v_i) \quad (1)$$

Определены четыре перспективные площадки для возведения ВЭС в КО. Согласно расчетам, суммарная установленная мощность ВЭС на базе ВЭУ «НоваВинд» L100 2,5 МВт, возводимых на предлагаемых площадках КО, составит до 435 МВт, при выработке электроэнергии – 1,34 млрд. кВт·ч/год. Возведение и эксплуатация ВЭС суммарной мощностью 435 МВт в КО проблематично с позиций динамической устойчивости энергосистемы, так как эта величина соизмерима с мощностью энергосистемы и потребляемой мощностью [3]. Решение проблемы решается посредством накопителей энергии, в частности ветрогидроаккулирующей электростанции (рис. 5).

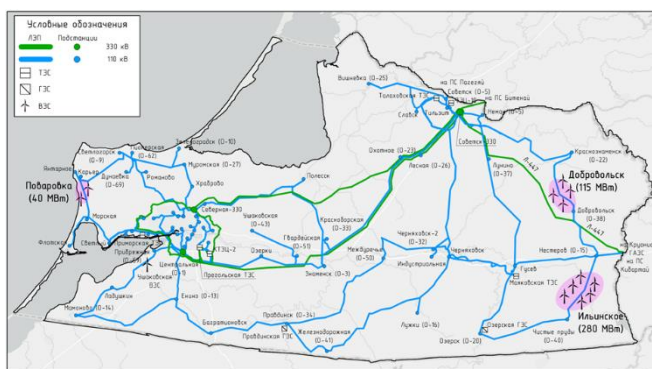


Рис. 4. Перспективные площадки для ВЭС

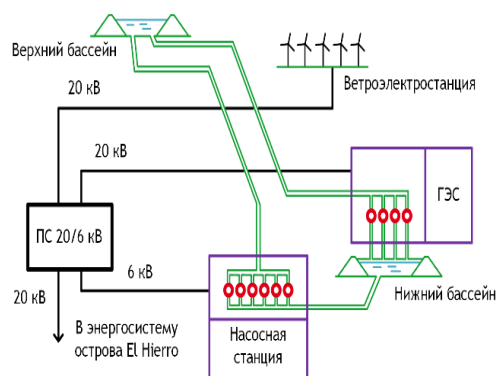


Рис. 5. ВГАЭС GORONA DEL VIENTO EL HIERRO, SA

В целях генерации электрической и тепловой энергии на территории региона могут быть задействованы МЭР, а также различные виды биотоплива [1, 3, 5, 6].

Совокупные запасы таких энергетических ресурсов на сегодняшний день оцениваются в 2.5–3 млрд. м³. Помимо этого, необходимо учитывать естественный прирост торфяных ресурсов, который позволяет реализовать

возведение двух теплоэлектростанций в КО. В КО ежегодно образуется 600 тысяч тонн ТБО, утилизация которых позволит выработать 0,4 млрд кВт·ч/год, решить экологические проблемы, связанные с ТБО (таблица 1) [1]. Возведение электростанций на основе МЭР и ВИЭ позволит создать распределенную энергетику, что значительно снижает перетоки электроэнергии в сетях и потери в них.

При этом, в связи с использованием ВЭС и ростом нелинейных нагрузок, дополнительно необходимо исследовать проблему обеспечения качества электроэнергии.

Таблица 1

Потенциал биотоплива, торфа, геотермальной энергии, ТБО в КО

№	ЭС	Место размещения	Источник энергии	Р _{уст} , МВт
1.	БиоЭС	пос. Космодемьянский	Газ (Куриный помет)	6
2.	БиоЭС	пос. Доровольский	Щепа	3
3.	БиоЭС	Нестеровский район	Биогаз (отходы животноводства)	1,2
4.	БиоЭС	г. Славск	Ива	3,4
5.	Прочие ЭС	КО	Биотопливо	19
6.	ТЭЦ	г. Неман	Торф	24
7.	ТЭЦ	г. Славск	Торф	24
8.	ГеоЭС	Славский район	Геоэнергия	5
9.	ТЭС	Пос. Барсуковка	ТБО	10
10.	ТЭС	Пос. Жаворонково	ТБО	4
11.	ТЭС	Пос. Круглова	ТБО	10
12.	ТЭС	Пос. Голубево	ТБО	230
13.	Итого:			141,6

Источники

1. Белей В.Ф. Состояние и векторы развития мировой, российской и энергетики Калининградской области // IX БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ [Электронный ресурс]: материалы ММФ в 6 томах. Т.1. «Инновации в науке, образовании и предпринимательстве». Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. С. 563-591.

2. Коцарь Г.В. Определение перспективных площадок размещения ВЭС при помощи геоинформационных систем на примере Калининградской области/ Г.В. Коцарь // Промышленная энергетика. 2022. № 8 С.49-59.

3. Харцфельд Эдгар, Белей В.Ф. Проблемы и методы решения для преимущественного использования возобновляемых источников энергии в ЕС // Сантехника, отопление, кондиционирование. ООО Издательский дом "МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ". 2021. №9. С.74-77.

4. Beley V., Veselovsky K. Some Results on the Analysis of the Kaliningrad Power System in Isolated Operation with a Battery. In: Kostrikova, N. (eds) Energy Ecosystems: Prospects and Challenges. EcoSyst Conf Klgtu. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 626. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24820-7_14.

5. Юлдашев З.Ш., Юлдашаев Р.З., Касобов Л.С., Раджабов М.Ш., Балобанов Р.Н. Энергокомплекс для энергообеспечения энерготехнологических процессов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №4 (56). С.80-90.

6. Крупенёв Д.С., Пискунова В.М., Гальфингер А.Г. Моделирование тепловых электростанций при исследовании надёжности энергоснабжения и энергетической безопасности. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2023. Т. 25(2). С.12-25.

УДК 621.316.1

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОСТА ИСКАЖАЮЩИХ НАГРУЗОК

Валерий Феодосиевич Белей¹, Кирилл Викторович Коротких²

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия

¹vbeley@klgtu.ru, ²kirill.korotkikh@klgtu.ru

Аннотация: внедрение в системах электроснабжения новейших электротехнологий, реализованных на нелинейных элементах однофазного и трехфазного исполнения, являющимися искажающими нагрузками для питающей сети, приводят к: искажению синусоидальности кривой напряжения; несимметрии фазных напряжений; колебаниям, провалам и коммутационным перенапряжениям; росту реактивной мощности. В работе приведены меры по обеспечению показателей качества электроэнергии в условиях роста искажающих нагрузок.

Ключевые слова: новейшие электротехнологии, искажающие нагрузки, ток, напряжение, гармоники, реактивная мощность.

INCREASING THE QUALITY OF ELECTRICITY IN ELECTRIC SUPPLY SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF GROWTH IN DISTORTING LOADS

Valery F. Beley¹, Kirill V. Korotkikh²

KSTU, Kaliningrad, Russia

¹vbeley@klgtu.ru, ²kirill.korotkikh@klgtu.ru

Abstract: the introduction of the cutting-edge electrotechnics in electrical power-supply systems, implemented on non-linear elements of single-phase and three-phase design, which are distorting loads for the supply network, lead to: the voltage distortion; asymmetry of phase voltages; fluctuations, dips and switching overvoltages; reactive power growth. The paper presents measures to ensure power quality indicators in the face of growing distorting loads.

Keywords: the latest electrical technologies, distorting loads, current, voltage, harmonics, reactive power.

Внедрение в системах электроснабжения новейших электротехнологий, реализованных на нелинейных элементах и являющимися искажающими нагрузками для питающей сети, приводит к несимметрии фазных напряжений, колебаниям, провалам и коммутационным перенапряжениям, росту реактивной мощности, искажению синусоидальности кривой напряжения, что в свою очередь вызывает рост высших гармонических составляющих напряжения и тока. Последние, распространяясь по элементам электрической сети, создают соответствующие падения напряжения на ее элементах [1]:

$$u = u_{\text{источника}} + \sum_{n=2}^{\infty} i_n \cdot Z_n \quad (1)$$

В работе [2] показано, что эксплуатация частотно-регулируемого электропривода (рис. 1) сопровождается эмиссией высших гармонических тока в питающую сеть преимущественно 5 и 7 порядков (таблица 1), что обусловлено наличием на входе шестифазного выпрямителя (В).

Поступление ВГ напряжения на обмотку статора двигателя от автономного инвертора напряжения (АИН) вызывает дополнительный нагрев обеих обмоток, появление вибрационных всплесков на частотах 300 и 600 Гц [2].

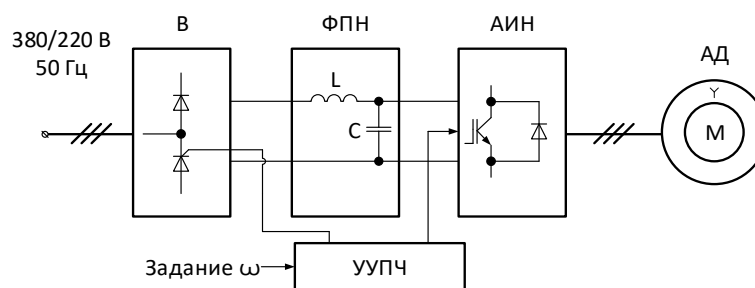


Рис. 1. Структурная схема частотно-регулируемого электропривода (ЭП)

Таблица 1

Коэффициенты гармонических составляющих входного тока ЭП

$K_I, \%$ Фаза	$THD_I, \%$	$H_3, \%$	$H_5, \%$	$H_7, \%$
A	183,5	25,5	95,1	98,0
B	185,4	29,8	95,8	95,7
C	172,2	20,6	91,1	89,5

Эффективными методами борьбы с колебаниями, провалами напряжения и коммутационными перенапряжениями, обусловленными наличием искажающих нагрузок, являются: перенос их на отдельную систему шин подстанции; подключение к узлу с большей мощностью короткого замыкания S_{K3} ; применение токоограничивающих реакторов и других средств [3, 4].

В работе [3] приведены индивидуальный и централизованный методы компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения.

К снижению несимметрии приводят: выравнивание фазных нагрузок [5]; уменьшение сопротивления сети токам обратной и нулевой последовательностей; подключение несимметричных нагрузок к узлу с большей мощностью короткого замыкания S_{K3} .

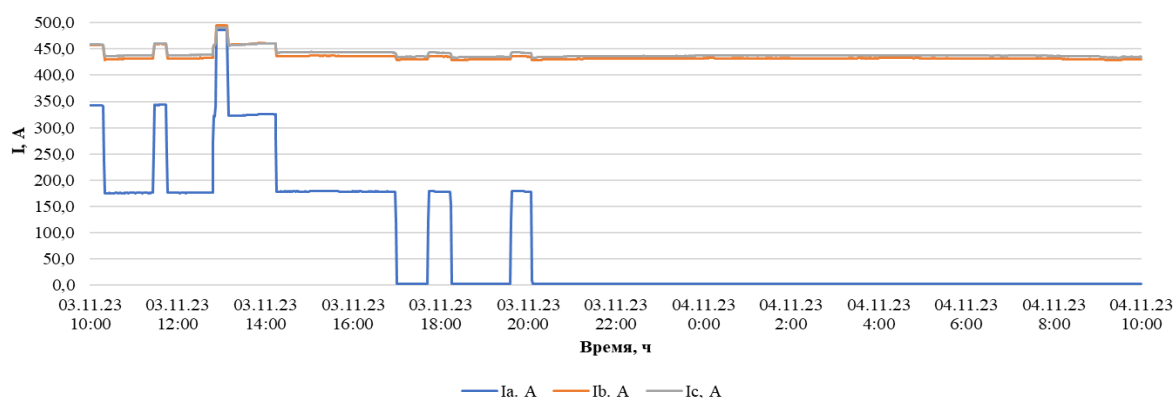


Рис. 2. Графики изменений токов в течение суток на наиболее загруженной подстанции судостроительного завода в Калининграде. $K_{U0} = 16,3\%$

Эффективным средством снижения несимметрии фазных напряжений является применение в распределительных сетях трансформаторов 6-35/0,4 кВ с группой соединения обмоток Δ/Y_0 , Y/Z_0 [6].

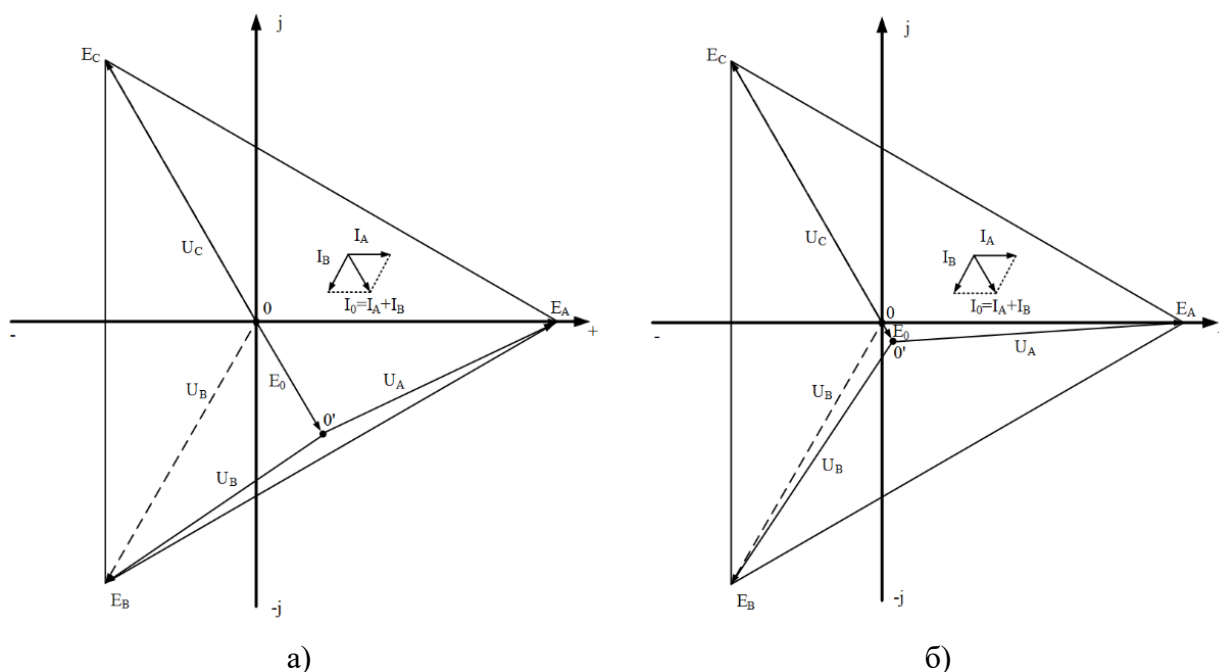


Рис. 3. Векторные диаграммы распределительного трансформатора ТМ-630/6 при номинальных значениях тока по двум фазам, по третьей фазе – нулю: а) при схеме Y/Y_0 ; б) при схеме Δ/Y_0

В трехфазном трехстержневом трансформаторе со схемой Y/Y_0 , при несимметрии фазных токов нагрузки и высоком значении коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности ($K_{U0} = \frac{E_0}{U_1} \cdot 100\%$), магнитное поле, созданное этим током, не компенсируется полем со стороны первичной обмотки (рис. 3).

При соединении обмоток трансформатора по схеме Δ/Y_0 в первичной обмотке также имеет место ток нулевой последовательности, который создает встречное поле нулевой последовательности и результирующее поле значительно уменьшается, что приводит к значительному снижению соответствующего коэффициента K_{U0} (рис. 3) [6].

Источники

1. Белей В.Ф. Результаты экспериментальных исследований нелинейных нагрузок системы электроснабжения объекта морской индустрии / В.Ф. Белей, К.В. Коротких, В.Д. Самарин // Морские интеллектуальные технологии. 2022. №4-3(58). С.79-85.

2. Beley V.F. Results of studies of higher harmonics during the operation of ship frequency-controlled asynchronous electric drives / V.F. Beley, K.V. Korotkikh, N.Ya. Sinyavskij // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies, 2023, № 4, pp. 80-87.

3. Белей В.Ф. Энергосберегающие технологии в системах электроснабжения: учеб. пособие для вузов / В.Ф. Белей, А.Ю. Никишин, В.Ф. Паршина, Л.Д. Шабалин / под. ред. В.Ф. Белей. Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. 102 с.

4. Крюков А.В., Любченко И.А. Улучшение качества электроэнергии в системах электроснабжения стационарных объектов железнодорожного транспорта / А.В. Крюков, И.А. Любченко // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23(6). С.53-65.

5. Лыу Куок Кыонг. Оптимальное симметрирование фазных нагрузок ЛЭП 0,4 кВ с использованием интеллектуальной системы измерений / Лыу Куок Кыонг, М.В. Казма, А.М. Маклецов, В.В. Максимов, А.Р. Гизатуллин // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. №3(59). С.31-44.

6. Белей В.Ф. Анализ энергетических характеристик распределительных трансформаторов в системах электроснабжения / В.Ф. Белей, К.В. Коротких // Промышленная энергетика. 2021. № 11. С. 20-26.

УДК 656.1

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАРКА ЭЛЕКТРОБУСОВ

Вахитов Халил Фаритович, Сафиуллин Булат Ирекович, Стародубец Артем Андреевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Литвиненко Руслан Сергеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

lilah20@mail.ru

Аннотация: В статье представлен обзор состояния электробусного парка России. Рассмотрены модели отечественных электробусов, произведенные после 2010 года.

Ключевые слова: электробус, электромобильный транспорт, общественный транспорт.

ANALYSIS OF THE STATUS AND PROSPECTS OF ELECTRIC BUS DEVELOPMENT IN RUSSIA

Vakhitov Khalil F., Safiullin Bulat I., Starodubets Artem A.

Scientific advisor Ruslan Sergeevich Litvinenko

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

lilah20@mail.ru

Abstract: The article presents an overview of the state of the electric bus fleet in Russia. The models of domestic electric buses produced after 2010 are considered.

Keywords: electric bus, electric vehicle, public transport.

С ростом потребности в перевозке пассажиров увеличивается и парк городского транспорта, и происходит интенсификация его использования. В свою очередь, это приводит к таким негативным последствиям, как рост уровня загрязнения воздуха отработавшими газами ДВС и повышению уровня шума, в особенности на улицах и магистралях крупных городов [1].

Одним из решений вышеперечисленных проблем является электрификация городского транспорта.

Трамваи и троллейбусы, как подобное решение, появились уже давно, но наиболее перспективным решением в этом направлении являются электробусы [2]. Электробусы в России представлены малым, большим и особо большим классом.

Если в сегменте малого класса представлен только GAZelle e-NN производства ПАО «ГАЗ», то в большом и особо большом классе представлены такие электробусы как ЛиАЗ-6274 от «Группа ГАЗ», КАМАЗ-6282 от ПАО «КАМАЗ», Volgabus от холдинга «БМГ» и ПКТС-6245 «Пионер МАХ» от производственной компании «Транспортные системы»[3].

Большинство электробусов находятся на этапе тестирования, однако те, которые вышли на этап регулярной эксплуатации постепенно заменяют привычный городской общественный транспорт [4, 5].

Источники

1. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Филимонов А.Г., Печенкин А.В. Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020;22(6):79-91. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-6-79-91>.

2. О применении нейронных сетей в расчетах рациональных режимов работы тягового электрооборудования городского электрического транспорта / И. В. Ившин, А. Э. Аухадеев, Ле К.Т Кхак Тхинь // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15, №1(57). С. 106-116.

3. Гелеверя А. К., Дьяченко Г. И. Электробусы – перспектива городского транспорта // Наука. Технологии. Инновации: Сборник научных трудов. Том 5. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. С. 209-211.

4. Коган Д. Б. Формирование гибкой системы устойчивого транспорта на основе электробусов / Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2018. №10. С.228-231. DOI 10.23672/SAE.2018.2018.19358.

5. Горбунова А. Д. Анализ факторов, влияющих на выбор городского регулярного маршрута для ввода электробуса // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 4(87). С. 127-133. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-4-127-133.

УДК 620.93

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ГЛОБАЛЬНОМ И РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЯХ

Гайнутдинова Диляра Фаритовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gaynutdinova.df@kgeu.ru

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы интеграции низкоуглеродных технологий на глобальном и региональном уровнях. Анализируются экономические, социальные и инфраструктурные барьеры, политические и технологические аспекты, влияющие на переход к устойчивому развитию. Определены пути преодоления этих препятствий для достижения энергетической безопасности и минимизации воздействия на климат.

Ключевые слова: технологические инновации, устойчивое развитие, интеграция технологий, инфраструктурные ограничения, региональная политика.

INTEGRATION ISSUES OF LOW-CARBON TECHNOLOGIES AT GLOBAL AND REGIONAL LEVELS

Dilyara Faritovna Gayngutdinova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gaynutdinova.df@kgeu.ru

Abstract: The article addresses the challenges of integrating low-carbon technologies at global and regional levels. It analyzes the economic, social, and infrastructural barriers, as well as political and technological aspects that affect the transition to sustainable development. The article identifies ways to overcome these obstacles to achieve energy security and minimize climate impact.

Keywords: technological innovation, sustainable development, technology integration, infrastructural constraints, regional policy.

Уменьшение углеродного следа, оставляемого мировым топливно-энергетическим комплексом (ТЭК) глобальная проблема в общественно-политической и профессиональной сферах деятельности [1]. Международное энергетическое агентство (МЭА) обозначило новый рекорд глобальных выбросов CO₂ от энергетического сектора, достигший 37,4 млрд. т.

Россия, обладая одним из наиболее чистых энергетических балансов в мире и являясь «зеленым донором» благодаря своим обширным лесным массивам, стремится к построению углеродно-нейтральной экономики. Текущий энергопереход захватывает разные сферы: производство энергии, сельское хозяйство, транспорт, образование [2].

По данным Минэнерго РФ существует более 600 технологий, способствующих энергетическому переходу [3]. Технологические инновации, обеспечивающие устойчивое развитие включают цифровизацию энергетических систем, технологии улавливания и хранения углекислого газа, различные способы повышения энергоэффективности в промышленности, транспорте и жилищном секторе (таблица 1).

Важно определить свой собственный уникальный подход переходного периода на уменьшение зависимости от ископаемых видов топлива и увеличение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ), альтернативных видов топлива, создание промышленного накопления энергии в необходимых масштабах [3].

Решения интеграции низкоуглеродных технологий включают: введение стимулов и субсидий для внедрения энергоэффективных технологий; развитие программ энергетического аудита и мониторинга потребления. В феврале 2024 г. Госдума РФ приняла закон о льготах по НДС для

климатических проектов с углеродными единицами, позволяющий снизить издержки для участников рынка углеродных единиц и стимулировать развитие климатических проектов в стране.

Таблица 1

Технологические инновации

Технологии энергоперехода	Особенности энергоперехода
Цифровизация	Использование цифровых технологий для повышения эффективности, управляемости и устойчивости энергетических систем.
Технологии улавливания и утилизация CO ₂ (CCS – Carbon Capture and Storage)	Разумная декарбонизация. Разработка технологий декарбонизации традиционных видов генерации (угля, газа, нефти)
Возобновляемые источники энергии	Отказ от традиционных ресурсов, нецелесообразен. Успешная интеграция ВИЭ в энергетическую систему возможна через законодательное регулирование
Энергосберегающие, энергоэффективные технологии	Разработка тригенерационных энергоустановок, гибридных накопителей энергии

Анонсированы планы по развитию возобновляемой энергетики в России, согласно которым к 2035 г планирует ввести 20 ГВт ВИЭ-мощностей [4]. При содействии Системного оператора единой энергетической системы (СО ЕЭС) был разработан комплект стандартов для регулирования функционирования данных объектов.

В России налоговый кодекс предусматривает различные вычеты, которые снижают налоговую нагрузку на добычу угля, нефти и газа, в том числе за счет льгот, связанных с безопасностью труда и экологическими мерами. Минэнерго России предоставляет субсидии угольной промышленности для возмещения части затрат, включая инвестиции в техническое перевооружение и экологические инициативы. Такие меры могут сопровождаться рисками, включая возможность злоупотреблений и фальсификации данных об экологической устойчивости деятельности.

Федеральный проект «Чистая энергетика» направлен на стимулирование развития возобновляемых источников энергии, включая водород. Развитие инфраструктуры для транспортировки и хранения водорода, а также его интеграция в существующие энергетические системы и рынки, представляет собой значительный технический и экономический вызов [5]. Необдуманные или краткосрочные решения способны негативно повлиять на энергобаланс, экономическую стабильность и социальное благополучие, поэтому именно комплексный подход к энергопереходу,

учитывающий экономические, социальные и экологические аспекты, может помочь достичь своих целей в области устойчивого развития и углеродной нейтральности.

Источники

1. Курбатова М.В., Пыжев А.И. Низкоуглеродная экономика как институциональный проект: вызовы и цели // Журнал институциональных исследований. 2022. Т. 15. № 2. С. 6-23.
2. Терешина М.В. Политика низкоуглеродного развития: вопросы формирования инновационных компетенций в вузе // Общество и экономика знаний, управление капиталами: цифровая экономика знаний. KSEM-2023: материалы XIII Междунар. науч.-прак. конф. Краснодар, 2023. С. 92-103.
3. Мудрецов А.В., Прудникова А.А. Традиционные и зеленые источники энергии: проблемы и перспективы развития в условиях глобальной декарбонизации // Проблемы рыночной экономики. 2022. С. 159-168.
4. Мамасев П.С., Рябов В.А. Анализ современных тенденций и условий для внедрения механизмов низкоуглеродного развития // Проблемы региональной экологии. 2018. №2. С. 22-26.
5. Гайнутдинова, Д.Ф. Инновационный потенциал водородной энергетики // Актуальные вопросы и перспективы развития науки, техники и технологии: Материалы III Междунар. науч.-прак. конф. Чистополь, 2022. С. 5-7.

УДК 004.89

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГЕНТОВ-СЕРВИСОВ ДЛЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ИЗОЛИРОВАННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Гаськова Дарья Александровна, Массель Алексей Геннадьевич, Цыбиков Алексей

Ринчинович

ФГБУН ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск, Россия

gaskovada@gmail.ru

Аннотация: Одна из ключевых тенденций перехода к цифровой энергетике – это цифровые двойники. В некоторых случаях их считают синонимом цифровизации энергетического сектора. Все чаще поднимаются вопросы применения возобновляемых

источников энергии, в частности, с использованием энергии солнца и ветра для производства электроэнергии. В районах децентрализованного энергоснабжения использование возобновляемых источников энергии является актуальной задачей. В представленном исследовании показаны аспекты проектирования программного инструментария, входящего в состав архитектуры цифрового двойника для изолированных энергосистем с использованием возобновляемых источников, на примере агента-сервиса математического моделирования.

Ключевые слова: онтологический подход, методы инженерии знаний, возобновляемые источники энергии.

CONSTRUCTING AGENT SERVICES FOR THE DIGITAL TWIN OF AN ISOLATED POWER SYSTEM BASED ON AN ONTOLOGICAL APPROACH

Gaskova Daria Aleksandrovna, Massel Aleksei Gennadevich, Tsybikov Alexey Rinchinovich
ESI SB RAS, Irkutsk, Russia
gaskovada@gmail.ru

Abstract: One of the key trends in the transition to digital energy is Digital Twins. In some cases, Digital Twins are considered synonymous with the digitalization of the energy sector. The use of renewable energy sources, in particular, using solar and wind energy for electricity generation, is increasingly being raised. In areas of decentralized energy supply, the use of renewable energy sources is an urgent task. The presented study shows the aspects of designing software tools that are part of the digital twin architecture for isolated power systems using renewable sources, using the example of agent-service of mathematical modeling.

Keywords: ontological approach, knowledge engineering methods, renewable energy sources.

В связи с принятием Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года [1], в настоящее время активно проводятся работы по цифровизации энергетического сектора. Внедрение новых цифровых технологий позволяет провести анализ возможности и целесообразности реализации энергетических технологий в конкретных территориальных условиях. Одной из основных тенденций перехода к цифровой энергетике являются цифровые двойники. Эта технология связана с разработкой постоянно обновляемой цифровой модели, используемой для проведения экспериментов и проверки гипотез, прогнозирования поведения объекта и решения задач управления его жизненным циклом, с применением реальных или экспериментальных данных [2]. Выделяют [3] пять типов компонентов цифровых двойников: 1) вычислительное ядро, реализующее математические, имитационные и

информационные модели; 2) системы сбора и анализа данных; 3) системы, обеспечивающие хранение собранных данных; 4) сервисные компоненты; 5) платформа Интернета вещей. Для проектирования и разработки таких сложных программных решений, состоящих из множества подсистем или сервисов, предлагается использовать агентно-сервисный подход [4], направленный на интеграцию частей системы в единую модель с учётом информационных связей и обмена данными.

Одним из важнейших компонентов цифрового двойника является вычислительное ядро реализующее математические модели для решения энергетических задач. Обзор моделей и методов, применяемых для решения различных энергетических в изолированных системах представлен, например, в [5]. Проектирование такого компонента в научном коллективе, который представляют авторы, выполняется в рамках прототипирования программных решений. Схема взаимодействия агентов-сервисов, реализующих математическое моделирование поведения энергетических объектов (на примере изолированной энергетической системы), представлена на рис. 1. Основные задачи вычислительного ядра ЦД представлены в таблице 1.

Данная работа является продолжением исследований по проектированию и разработке прототипов цифровых двойников ветровой и солнечной электростанции [6, 7]. Предполагается, что результаты расчетов в текущем исследовании будут использоваться при имитационном моделировании, приближенном к реальным условиям, или при обучении симуляторов. Прототип цифрового двойника для визуализации моделирования поведения ветроэлектростанции разрабатывается на Unity.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00382.

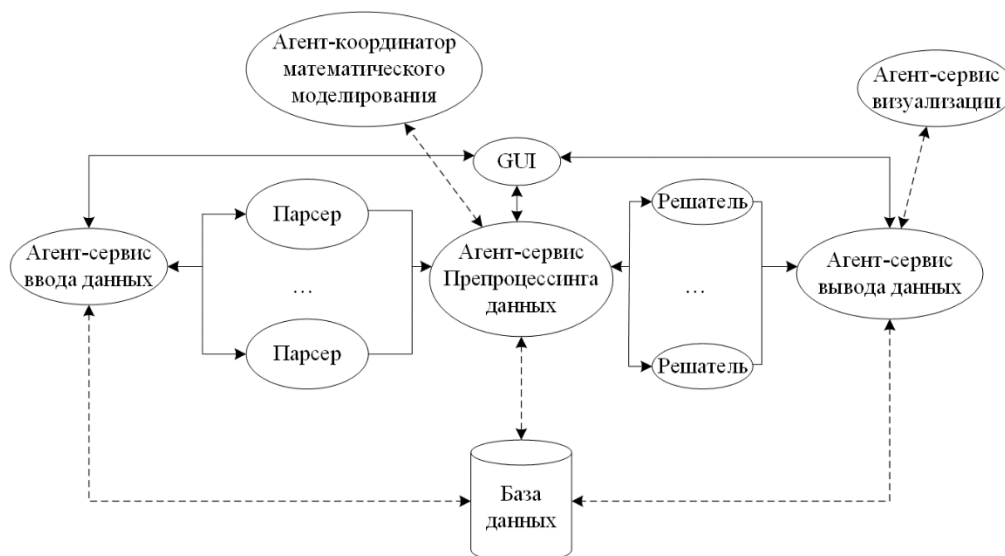


Рис. 1. Агент-сервис математического моделирования

Таблица 1.

Базовые задачи, выполняемые модулем математического моделирования

Задача	Исполняющий модуль	Результат
Ввод математических формул	Интерфейсный модуль, модуль ввода данных, база данных	Формула, написанная по определенному стандарту
Перевод формул в программный формат	Парсер, база данных	Формула в структурированном программном формате
Формирование сценария расчёта	Интерфейсный модуль, модуль препроцессинга, агент-сервис сценариев, база данных	Сценарий выполнения расчётов с учётом выбранных решателей и входных параметров
Расчёт	Решатели	Результаты выполнения расчёта в виде набора данных для передачи и хранения
Сохранение / отображение результатов расчётов	Интерфейсный модуль, модуль выходных данных, база данных, агент-сервис визуализации	Таблицы, дашборды, отображающие результаты расчётов

Источники

1. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года [Электронный ресурс]. <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> (дата обращения: 01.03.24).
2. Шмотин Ю. Цифровой двойник на производстве: задачи, вопросы, перспективы [Электронный ресурс]. http://www.up-pro.ru/library/information_systems/project/d7fb9dd59e1ffa29.html (дата обращения: 01.03.24).
3. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: ООО «АльянсПринт». 2020. 401 с.
4. Massel A., Galperov V., Kuzmin V. Agent-service Approach for Development of Intelligent Decision-making Support Systems // Proc. of the VIth International Workshop “Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security” (IWCi 2019). 2019. pp. 211–215.
5. Liu Y., Yu S., Zhu Y., Wang D., Liu J. Modeling, planning, application and management of energy systems for isolated areas: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 82, Part 1. pp. 460-470.

6. Massel L.V., Massel A.G., Shchukin N.I., Tsybikov A.R. Designing a digital twin of a wind farm. // Proc. of 15th International Conference “Intelligent Systems”. 2023. no. 33(1), 30.

7. Massel L., Shchukin N., Cybikov A. Digital twin development of a solar power plant // E3S Web of Conferences. 2021. vol. 289, 03002.

УДК 004

ВЛИЯНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ОБЩЕСТВО

Алиса Ростиславовна Гимаева

Науч.рук. канд. техн. наук, доц. Римма Солтановна Зарипова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

23853ap@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматривается определение цифровизации и влияние внедрения цифровизации в различные сферы общества. Рассматриваются достоинства и недостатки внедрения цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, трансформация, информационные технологии.

IMPACT OF DIGITALIZATION ON SOCIETY

Alisa Rostislavovna Gimaeva

Scientific advisor Rimma Soltanovna Zaripova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

23853ap@gmail.com

Abstract: This article discusses the definition of digitalisation and the impact of digitalisation implementation in different areas of society. The advantages and disadvantages of the implementation of digitalisation are considered.

Keywords: digitalisation, transformation, information technology.

В современном мире роль цифровизации растет с каждым днем. Цифровизация – это способ обработки и хранения информации с помощью внедрения цифровых технологий [1]. Внедрение цифровизации – это огромный шаг вперед. Безусловно, такой прогрессивный рывок влияет на отдельные сферы и общество в целом. Тема влияния внедрения цифровизации на общество имеет большую актуальность в настоящее время. Цифровизация представляет собой процесс проникновения цифровых

технологий в различные сферы жизни, включая экономику, образование, здравоохранение, государственное управление и многие другие. Рассмотрим некоторые примеры влияния цифровизации на общество, а также достоинства и недостатки.

Примеры внедрения цифровизации включают в себя развитие систем онлайн-образования и телемедицины, внедрение цифровых технологий в производственные процессы (индустрия 4.0), а также создание «умных» городов с цифровыми системами управления инфраструктурой. Влияние цифровизации на общество проявляется в повышении уровня комфорта жизни, улучшении доступа к услугам и развитии экономики, однако оно также может создавать вызовы в виде киберугроз, потерь рабочих мест и необходимости адаптации к быстро меняющемуся цифровому окружению.

В настоящее время цифровизация применяется во многих сферах общества. В образовательных организациях уже вводятся электронные дневники и журналы с использованием искусственного интеллекта. Сейчас учебный план, расписание или любую другую информацию по дисциплине можно найти в электронном доступе, чаще всего, на сайте учебной организации или с использованием QR-кода [2]. Благодаря этому любой пользователь, включая третьих лиц, может узнать интересующую его информацию, не выходя из дома.

В банковской отрасли цифровизация играет немаленькую роль. Одним из главных достоинств внедрения цифровизации является возможность клиентам банка следить за своими счетами дистанционно, более того, оплата многих товаров и услуг сейчас так же может происходить дистанционно через приложение банка. Сотрудникам банка с внедрением цифровизации стало легче найти информацию о клиенте, ведь на каждого клиента появилась собственная электронная база данных, это ускоряет работу банка и повышает ее оптимизацию [3].

Судебная сфера так же не прошла мимо нововведений с использованием электронных носителей. Появилась возможность обращения в суд через электронную форму, а также присутствие в суде через видеоконференцию, если нет возможности попасть на суд лично. В данном вопросе все еще нужны улучшения в организации, но даже на данный момент, это увеличивает эффективность. Как и в других сферах общества, рассмотренных сегодня, в судебной сфере документы тоже имеют электронный формат, что значительно увеличивает безопасность и уменьшает возможность потери данных [4].

В вопросе сельского хозяйства цифровизация тоже имеет большое влияние. Благодаря цифровизации в сельскохозяйственной сфере увеличился объем производимой продукции без больших потерь. С помощью

современных технологий можно регулировать доходы и расходы сельских предприятий, находя наиболее удобную позицию по созданию сырья и продовольствия [5].

Достоинства внедрения цифровизации включают улучшение доступа к информации и услугам, повышение эффективности процессов благодаря автоматизации, стимулирование инноваций и развитие экономики, а также создание новых рабочих мест в сфере ИТ [6]. Однако, среди недостатков можно выделить киберугрозы, возможные потери рабочих мест из-за автоматизации процессов, а также неравномерное распределение выгод от цифровизации, что может усилить социальные неравенства. В связи с этим необходимо балансировать выгоды от цифровизации и управления ее негативными последствиями, такими как киберугрозы и социальные неравенства. Также важно обеспечить равный доступ к цифровым технологиям для всех членов общества и уделять пристальное внимание вопросам кибербезопасности.

Подводя итог, можно сказать, что цифровизация влияет на все сферы общества. Она облегчила возможности для получения информации или услуги людьми. Также ее внедрение ввело электронный формат документов, что увеличивает скорость и оптимизирует работу сотрудников. Данные внедрения помогают осуществить необходимые операции, не выходя из дома. Таким образом, внедрение цифровизации положительно влияет на современное общество.

Источники

1. Мунирова Э.Д., Зарипова Р.С. Цифровая культура в информационном обществе / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 184-187.
2. Рочева О.А., Зарипова Р.С., Бекетова С.И. Информационные технологии как основы парадигмы в образовании с целью развития общества / Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14. № 2-2. С. 85-89.
3. Вячина И.Н., Коврижных О.Е. К вопросу о финансовой безопасности и финансовых рисках предприятия / Вестник Академии знаний. 2023. № 1 (54). С. 294-298.
4. Пырнова О.А. Культура информационной безопасности // Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 153-157.
5. Шакиров А.А., Злыгостев Д.Д., Зарипова Р.С. Решение сельскохозяйственных задач с помощью современных информационных

технологий / Развитие аграрной науки в разработках молодых ученых: Сборник материалов онлайн-конференции. 2018. С.184-189.

6. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 216-218.

УДК 620.9

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ОТДАЛЕННЫХ РАЙОНОВ: ВСЕСТОРОННЯЯ ОЦЕНКА

Глоткина Любовь Алексеевна

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Сабитов Айдар Хайдарович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

glotkina_lyuba@mail.ru

Аннотация: В этой научной статье исследуется стратегическое использование гидроэнергетики для электрификации отдаленных районов, основное внимание уделяется определению мест, где могут быть установлены новые гидроэлектростанции для решения проблемы дефицита энергии. Цель настоящей работы – путем обобщения географических, технологических и социально-экономических соображений предоставить надежное обоснование целенаправленной реализации гидроэнергетических проектов в районах, где они наиболее необходимы.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, электрификация, отдаленные районы, дефицит энергии.

STRATEGIC USE OF HYDROPOWER FOR ELECTRIFICATION OF REMOTE AREAS: A COMPREHENSIVE ASSESSMENT

Glotkina Lyubov Alekseevna

Scientific advisor Sabitov Aidar Khaidarovich

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

glotkina_lyuba@mail.ru

Abstract: This research paper investigates the strategic use of hydropower for electrification of remote areas, focusing on identifying locations where new hydropower plants can be installed to solve the problem of energy shortage. The purpose of this paper is to provide

a sound rationale for targeting hydropower projects in areas where they are most needed by summarizing geographic, technological, and socioeconomic considerations.

Keywords: hydropower, electrification, remote areas, energy deficit.

Электрификация в отдаленных районах остается нерешенной проблемой, поскольку миллионы людей не имеют доступа к надежному электроснабжению. В этой работе исследуется роль гидроэнергетики как стратегического решения, особое внимание уделяется определению конкретных мест, где новые гидроэлектростанции (ГЭС) могут эффективно способствовать доступу к энергии [1, 2].

При реализации постройки ГЭС стоит учитывать следующие факторы.

Географическое картирование и анализ районов с ограниченным доступом к электричеству или вообще без него составляют основу этого исследования. Выявляя регионы с дефицитом энергии, мы можем стратегически нацелить установку новых ГЭС там, где они наиболее необходимы, обеспечивая максимальный эффект в устранении пробелов в электрификации.

Наличие водных ресурсов является критическим фактором при развертывании гидроэнергетики. Необходимо провести оценку потенциальных участков с достаточным запасом воды с учетом речных бассейнов, озер и других водных объектов.

Технологические достижения в области гидроэнергетических технологий, такие как модульные и гибкие конструкции, позволяют разрабатывать ГЭС в сложных условиях местности, облегчая установку гидроэнергетических систем в отдаленных районах [3, 4].

Интеграция интеллектуальных сетей с гидроэнергетическими проектами повышает эффективность и надежность распределения электроэнергии, оптимизирует подачу энергии, улучшая общую производительность системы и обеспечивая эффективное управление энергией [5].

Проведение комплексного анализа затрат и выгод имеет решающее значение для обоснования инвестиций в новые гидроэнергетические проекты. оценивается экономическая целесообразность установки ГЭС в конкретных отдаленных местах с учетом таких факторов, как стоимость строительства, эксплуатационные расходы и долгосрочные экономические выгоды.

Стоит учесть такой фактор, как потенциальное социально-экономическое воздействие. Такие показатели, как создание рабочих мест, улучшение здравоохранения и образования, а также активизация экономической деятельности, оцениваются для того, чтобы подчеркнуть

положительные результаты, связанные с целенаправленным внедрением гидроэнергетики.

Поскольку изменение климата влияет на глобальные погодные условия, необходимо исследовать, как можно разрабатывать новые гидроэнергетические проекты для повышения устойчивости к изменению климата и адаптации к нему. Включение конструктивных особенностей, учитывающих климат, обеспечивает долговечность и эффективность ГЭС в меняющихся условиях окружающей среды.

Подчеркивая интеграцию географических, технологических, социально-экономических и экологических соображений, исследование направлено на то, чтобы помочь политикам, инвесторам и заинтересованным сторонам принимать обоснованные решения для устойчивого и результативного развития гидроэнергетики.

Источники

1. Переток.ру Энергетика в России и мире. Официальный сайт. – Москва, 2023. [Электронный ресурс]. <https://peretok.ru/news/strategy/24315/> (дата обращения 25.02.2024).
2. Глоткина Л.А., Потенциал водных ресурсов // Современная наука: актуальные проблемы, достижения и инновации, Белебей, 2023. С. 120-121.
3. Глоткина Л.А., Преобразователь волновой энергии // Новые технологии в учебном процессе и производстве, Рязань, 2023. С. 192-193.
4. Глоткина Л.А., Мини электростанция для тихой воды // Сборник тезисов Открытого конкурса научных работ студентов им. Н. И. Лобачевского, Казань, 2023. С. 13-15.
5. Современные технологии производства.exte.com. Электростанции – виды, характеристики электростанций, 2019. [Электронный ресурс]. https://electric-220.ru/news/vidy_ehlektrostancij/2019-04-06-1673 (дата обращения 25.02.2024).

УДК 658.528

ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ И БИЗНЕСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА СТРАНЫ

Гринцевич Любовь Владимировна
БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь
grinyaya@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены различные формы взаимодействия научных организаций и вузовской науки с бизнес-сообществом, предложены условия, обеспечивающие создание конкурентной творческой среды для развития научных знаний и расширения возможностей их коммерциализации. Стимулирование научных разработок может стать фундаментом обеспечения технологического суверенитета как отдельно взятой страны, так и группы стран, поддерживающих дружеские отношения.

Ключевые слова: формы взаимодействия науки и бизнеса, кластеры, коллаборации, технологический суверенитет.

FORMS OF INTERACTION BETWEEN SCIENCE AND BUSINESS TO ENSURE THE TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY OF THE COUNTRY

Grintsevich Lyubov Vladimirovna
BNTU, Minsk, Republic of Belarus
grinyaya@mail.ru

Abstract: The article examines various forms of interaction between scientific organizations and university science with the business community, and proposes conditions that ensure the creation of a competitive creative environment for the development of scientific knowledge and expanding opportunities for their commercialization. Stimulating scientific developments can become the foundation for ensuring the technological sovereignty of both an individual country and a group of countries maintaining friendly relations.

Keywords: forms of interaction between science and business, clusters, collaborations, technological sovereignty.

Экономические, политические, форс-мажорные события последнего десятилетия поставили под сомнение идеи глобализации и использования преимуществ международного разделения труда. Российская Федерация столкнулась с проблемами поставок импортных товаров и оборудования после 2014, постепенно перейдя в риторике от понятия импортозамещения к необходимости создания технологического суверенитета, как сильной политической позиции в мировом пространстве.

Республика Беларусь вслед за Российской Федерацией начала работу над формированием технологического суверенитета, разработав постановление № 855 «Об обеспечении технологического суверенитета», цель которого заключается в реализации системных мер, направленных на инновационное развитие национальной экономики. Однако, масштабы Беларуси и России предполагают различные подходы к обеспечению технологического суверенитета вследствие разницы в масштабах рынков,

обеспеченности ключевыми ресурсами, возможностями инвестирования и прочими факторами.

Технологический суверенитет подразумевает обладание уникальными ресурсами или технологиями, лежащими в основе технологических цепочек, выстраивание технологических цепочек полного цикла, обладание уникальными торговыми, базовыми технологиями, формирование стандартов [1]. Уникальность всех технологических решений обеспечивается взаимодействием научно-исследовательских организаций, вузов и бизнеса. Для налаживания таких взаимоотношений авторы предлагают свои методы взаимодействия, например, встраивание научных подразделений в вертикально-интегрированные корпорации [2], создание инжиниринговых центров на базе, обеспечивающих основе холдингового подхода с распределенной или централизованной координацией [3], коллаборации научных проектов между различными вузами [4], формирование университетских хабов, сетевого университета [5].

Опыт стран-лидеров инновационного развития показал, что основными тенденциями стимулирования науки и технологий являются:

1. Формирование государственной стратегии в области инновационного развития, специализация на научных направлениях, создающих стратегическое ядро эволюции страны, сосредоточение научно-технологических кластеров для реализации стратегических целей.

2. Готовность различных агентов (таких как правительства, предприятия, университеты и исследовательские центры) сотрудничать и делиться своим опытом и возможностями в целях стимулирования инноваций.

3. Распределение финансирования НИОКР между государством и коммерческими структурами. Большая доля частного финансирования научных разработок стимулирует их коммерческую направленность, скорость и эффективность внедрения.

4. Тесное взаимодействие между корпорациями, научно-исследовательскими учреждениями и университетами позволяет создать творческую научно-исследовательскую среду, привлечь, адаптировать и удержать специалистов в определенной отрасли или на предприятии.

В целях взаимодействия между университетами и предприятиями создаются технопарки, научно-производственные кластеры, филиалы кафедр на предприятиях, но таких мер недостаточно. Необходимо расширять научно-производственное взаимодействие путем создания совместных лабораторий на базе университетов, финансируемых предприятиями и выполняющих исследования по заказам производства. Целесообразно ввести налоговые льготы на финансирование таких разработок. Кроме этого, создание

лабораторий позволит создать конкурентную среду среди наиболее активных студентов, предприятиям и университетам готовить и селекционировать кадры, что так же позволит поднять показатель количества исследователей.

Источники

1. Константинов И.Б., Константинова Е.П. Технологический суверенитет как стратегия будущего развития российской экономики // Вестник ПАГС. 2022. №5. С.12-22.
2. Качалкина К.Г. Метод обеспечения согласованного стратегического планирования наукоемких дочерних обществ ВИНК на основе партисипации работников // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. № 4(60). С. 86-99.
3. Коркин В.С. Модели управления коллаборацией университета и предприятия при осуществлении совместной инновационной деятельности на основе холдингового подхода // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. № 3(59). С. 130-142.
4. Дежина И.Г., Ключарев Г.А. Международные коллаборации вузовской наук: стимулы и препятствия // Социологические исследования. 2021. № 6. С. 34-44. DOI: 10.31857/S013216250014592-440-48.
5. Васина А.В., Сысоева О.В., Киселева О.Н. К вопросу о формировании университетского хаба в концепции открытых инноваций // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2023. №1. С.10-19.

УДК 656.086

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ДЕКОМПОЗИЦИИ ЗАДАЧ ЛОКАЛИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ОБОРУДОВАНИЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Горбачёв Вильгельм Александрович, Быков Дмитрий Владимирович, Цебренько Алексей
Александрович

ФГКОУ ВО ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», г. Санкт-Петербург, Россия
dmitry-byckow@yandex.ru

Аннотация: В статье предложены методологические принципы формализации процедуры принятия решения в ходе локализации аварийных ситуаций с энергетическим оборудованием. Показаны подходы к декомпозиции задач при борьбе за живучесть

технических средств в том числе в случае комплексных аварий или аварий нарастающей сложности.

Ключевые слова: энергетическое оборудование, аварийная ситуация, модель развития аварии, информационная поддержка принятия решения.

METHODOLOGICAL BASIS FOR THE DECOMPOSITION OF THE TASKS OF LOCALIZATION OF EMERGENCY SITUATIONS WITH THE EQUIPMENT OF POWER PLANTS

Gorbachev Wilhelm Alexandrovich, Bykov Dmitry Vladimirovich,
Tsebrenko Alexey Alexandrovich
VUNC Navy «Naval Academy», Saint-Petersburg, Russia
dmitry-bykow@yandex.ru

Abstract: The article proposes methodological principles for formalizing the decision-making procedure during the localization of emergency situations with power equipment. Approaches to the decomposition of tasks in the struggle for the survivability of technical means, including in the case of complex accidents or accidents of increasing complexity, are shown.

Keywords: energy equipment, emergency situation, accident development model, information support for decision-making.

Основной функциональной процедурой в ходе локализации аварий и борьбы за живучесть (БЗЖ) технических средств является процедура принятия решений на различных уровнях управления [1]. Поэтому формирование технологических и информационных задач принятия решений по БЗЖ в практике подготовки персонала, обслуживающего тот или иной объект энергетики, является актуальной дидактической и методологической проблемой [2].

При рассмотрении процесса принятия решений, в рамках развития общей системы предупреждения аварийности, выделим типовой класс задач, влияющих на качество принятия решений как в ходе прогнозирования развития и локализации аварийных ситуаций (АС), так и в период выполнения послеаварийных мероприятий, оценки ущерба и определения объёма аварийно-восстановительных работ. К указанным задачам, включая традиционную процедуру оптимизации, относятся описательные задачи технологических процессов, задачи моделирования вариантов планов управления БЗЖ, задачи сбора, учёта и анализа информации в ходе, принятия решений и др.

Следовательно, без достаточно обоснованной декомпозиции такой круг многочисленных задач не может быть использован в реальных условиях

развития аварии, тем более, если АС относится к особому типу аварий – нарастающей сложности, когда, например, требуется бороться одновременно с пожаром, поступлением пара, за живучесть технических средств и безопасность обслуживающего персонала в условиях жёсткого лимита времени.

Поэтому на данном этапе исследования предлагается выделить некоторые принципы структурной декомпозиции в виде определённой процедурной последовательности [3].

На первом шаге разрабатывается графический сценарий с использованием типовых модулей, в которые входит определенный картеж (набор) задач. Сценарий может включать любой набор модулей и задач в зависимости от технологической модели развития АС.

За исходный, упрощённый сценарий, принимается обобщённая «предельная» модель развития АС. Такая обобщённая модель должна отражать процессы развития аварии, её локализации и принятия решений, т.е. иметь технологическую и эргатическую составляющие. В рамках предлагаемого сценария «технологическая» составляющая модели АС включает основные фазы развития аварии – от начала «отказа» и его обнаружения (для технических средств) до критического состояния, когда ресурсы БЗЖ не в состоянии решить задачу локализации.

Процесс развития АС можно рассматривать как некоторое фазовое пространство [4], которое в каждый момент времени имеет определённое состояние, характеризуемое своим оператором $A\{S\}$. Оператор состояния $A\{S\}$ содержит параметры, которые если сохранить принцип суперпозиции в ходе модели аварии можно считать линейными. Принцип суперпозиции состоит в том, что линейной комбинации произвольных входных сигналов ставится в соответствие та же линейная комбинация сигналов на выходе системы (из каждой фазы развития аварии).

Применительно к линейным дифференциальным уравнениям под оператором A в предлагаемой модели следует понимать решение системы уравнений относительно времени. Окончательно идеализированная модель аварии предлагается в виде системы линейных дифференциальных уравнений с неизвестными коэффициентами (параметрами), которые могут быть заданы классификационными матрицами [5]. Классификационные матрицы формируются заранее и отражают существенную классификацию категорий аварийности в соответствии с наработанной практикой эксплуатации.

От совокупности условий, определяемых значениями матриц указанных видов, зависит и характер развития аварийной ситуации (в идеализированном виде). Это обстоятельство позволяет приведённые формы

матриц выделить в две основные группы. К первой из них будут относиться матрицы, определяющие образцы аварийной ситуации, ко второй – содержащие информацию о текущем состоянии контролируемых в ходе аварии параметров. Комплекс этих матриц отражает логико-динамическую связь этапов фазы развития аварийной ситуации.

В качестве типового контура управления следует применить контур, в котором выполняются следующие специализированные в технологическом отношении действия (процедуры), обеспечивающие выработку соответствующих решений: учёт, анализ, планирование, контроль, принятие и реализация решений.

Состав и взаимодействие этих элементов определяет технологическую структуру выработки решений при организации БЗЖ с учётом как технической, так и эргатической составляющей управления.

На втором шаге вводится обобщённая переменная, которая имеет смысл обобщённого времени развития АС и отражает состояние аварийной системы («энергетическая установка – обслуживающий персонал») и этапы принятия решений. Обобщенная переменная позволяет масштабировать процессы развития и локализации аварии и формировать управленческие воздействия с учётом различных темпов протекания составных технологических процессов и эргатической составляющей («человеческого фактора»).

На третьем шаге выделяются специальные типовые функциональные элементы управления (ФЭУ) для различных уровней (ФЭУ-1, ..., ФЭУ-n). Связь между уровнями реализуется в виде сетевой структуры (графа).

Выводы. Указанные принципы декомпозиции позволяют обеспечить на уровне информационной поддержки автоматизацию управления задачами выработки решения. К ним, например, можно отнести расчётный анализ состояния аварийной системы или определение критического времени выхода системы за границы пространства состояний. Формирование предлагаемой модели позволит лицу, принимающему решение, сделать обоснованный выбор одного решения из множества взаимоисключающих, оптимальное (предпочтительное) по какому-то выбранному критерию.

Источники

1. Быков Д.В. Алгоритм автоматической классификации потенциальных рисков эксплуатации судовых энергетических установок / Д. В. Быков, В. А. Горбачёв, Б. Г. Иванов, А. Я. Лapidус // Управление в морских системах (УМС-2022): 15-я Мультиконференция по проблемам управления: материалы конференции. Санкт-Петербург: Концерн

«Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 2022. С. 123-128.

2. Горбачёв В.А. Параметрическая база потенциальных рисков судовых энергетических комплексов / В. А. Горбачёв, Д. В. Быков, Г. В. Иванов, В. И. Ануфриев // Материалы конференции "Управление в морских системах" (УМС-2018). Санкт-Петербург: «Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 2018. С. 48-52.

3. Сорокин В.Е. Комбинированный подход к реализации оценки живучести технических средств (систем) корабля при боевых повреждениях с учетом накопления ущерба / В.Е. Сорокин, Е.В. Реут // Программные продукты и системы. 2014. № 3. С. 97–105.

4. Jack L.B. and Nandi A. K. Fault detection using support vector machines and artificial neural networks, augmented by genetic algorithms / L.B. Jack, A.K. Nandi // Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 16, Elsevier, 2002, pp. 373-390.

5. Weihua, L. Semisupervised Distance-Preserving Self-Organizing Map for Machine-Defect Detection and Classification / L. Weihua, Z. Shaohui, H. Guolin // Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, vol. 62, IEEE, 2013, pp. 869-879.

УДК 621-313.3

ПОДДЕРЖАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СУПЕРСИСТЕМЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИЗВЕСТНЫХ, ПРОГНОЗИРУЕМЫХ И НЕИЗВЕСТНЫХ УГРОЗ В УСЛОВИЯХ С РАСШИРЕННОЙ КОМПОНЕНТОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Евгений Петрович Грабчак¹, Евгений Леонидович Логинов²

¹ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН», г. Москва, Россия

²АО «Техническая инспекция ЕЭС», г. Москва, Россия

¹Grabchak.euge@gmail.com, ²LoginovEL@mail.ru

Аннотация: В статье предложены методы контроля и прогнозирования состояния электроэнергетических объектов с учетом известных, прогнозируемых и неизвестных угроз в условиях с расширенной компонентой неопределенности на базе цифровой топологии, как основы цифрового мониторинга и интеллектуального управления. В рамках единой цифровой модели предлагается анализ влияния текущей и перспективной схем организации иерархической структуры и внутрисистемных связей в энергетических системах на последствия возможных отказов.

Ключевые слова: энергетика, угрозы, атаки, живучесть, управление, цифровые технологии.

MAINTAINING THE VITALITY OF THE RUSSIAN ENERGY SUPERSYSTEM UNDER CONDITIONS OF KNOWN, PREDICTABLE AND UNKNOWN THREATS IN CONDITIONS WITH AN EXTENDED COMPONENT OF UNCERTAINTY

Evgeniy Petrovich Grabchak¹, Evgeniy Leonidovich Loginov²

¹FSBI "Joint Institute of High Temperatures of the RAS", Moscow, Russia

²JSC "Technical Inspection of the UES", Moscow, Russia

¹Grabchak.euge@gmail.com, ²LoginovEL@mail.ru

Abstract: The article proposes methods for monitoring and forecasting the state of electric power facilities, taking into account known, predicted and unknown threats in conditions with an expanded component of uncertainty based on digital topology, as the basis for digital monitoring and intelligent control. Within the framework of a unified digital model, an analysis of the influence of current and future schemes for organizing the hierarchical structure and intra-system connections in energy systems on the consequences of possible failures is proposed.

Keywords: energy, threats, attacks, survivability, management, digital technologies.

Единая энергосистема России (суперсистема) состоит из 7 крупнейших объединенных энергосистем, работает на одной технологической основе, заложенной еще в рамках реализации плана ГОЭЛРО. Параллельно с энергосистемой России работают еще 14 энергосистем соседних государств.

Энергетическая суперсистема с учетом новых тенденций в развитии технологий, средств повышения эффективности, изменения запроса основных пользователей находится в непрерывном процессе трансформации [1, 2]. Энергопереход, технологии индустрии 4.0 оказывают влияние, как на технологический, так и на организационные слои энергосистемы [3].

Процесс трансформации и большей интеллектуализации энергетической суперсистемы будет продолжаться под влиянием таких факторов, как:

- расширение масштабов, структуры и конфигурации энергетических систем;
- широкое использование инновационных технологий, в том числе цифровых, при производстве, транспорте, хранении, распределении и потреблении энергоресурсов;

– активное применение интегрированных интеллектуальных энергетических систем, как единых технологических комплексов с общей цифровой системой управления.

Цифровая трансформация управляющих систем в энергетике с внедрением большого количества интеллектуальных элементов и управляющих сервисов, создает как новые возможности, в части кратного повышения технико-экономической эффективности энергетической суперсистемы и доступности электроэнергии, так и новые угрозы [4]. Повышается уязвимость к критическим природным воздействиям и разного рода атакам известного, прогнозируемого и неизвестного характера в условиях с расширенной компонентой неопределенности [5].

Необходимо развитие методов контроля и прогнозирования состояния электроэнергетических объектов в условиях известных, прогнозируемых и неизвестных угроз в условиях с расширенной компонентой неопределенности на базе цифровой топологии, как основы цифрового мониторинга и интеллектуального управления. В рамках единой цифровой модели предлагается анализ влияния текущей и перспективной схем организации иерархичной структуры и внутрисистемных связей в энергетических системах на последствия возможных отказов. Эти методы в отличие от существующих опираются на использование двухконтурной сетцентрической системы поддержки принятия решений с использованием механизмов кросс-валидации данных поступающих от систем телеметрии, и человеко-производимой информации. Такой подход позволяет качественно и количественно расширить спектр анализируемых параметров работы энергетической суперсистемы и ее составных элементов.

Выявление причин и выработка мер устранения последствий от воздействия сложно идентифицируемых факторов, приводящих к аварийным возмущениям, осуществляется с помощью разработанного алгоритма диагностирования уязвимостей информационно-управляющих систем.

Источники

1. Агеев А.И. Использование искусственного интеллекта при реализации командования войсками и управления гражданскими объектами как единым гибридным полем боя // Нейрокомпьютеры и их применение. Тезисы докладов XX Всероссийской научной конференции. М.: МГППУ, 2022. С. 31-33.

2. Грабчак Е.П. Поддержание работы интегрированного комплекса гражданских и специальных структур на основе цифровой синхронизации функций мониторинга, связи, аналитики и управления // Проблемы

управления безопасностью сложных систем: Материалы XXXI международной конференции. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2023. С. 499-504.

3. Грабчак Е.П. Угрозы работе информационно-управляющих систем в энергетике России в условиях трансформации технологий и средств воздушно-космического нападения развитых государств // VI-технологии и корпоративные информационные системы в оптимизации бизнес-процессов. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: УГЭУ, 2021. С. 64-66.

4. Логинов Е.Л. Проблемы разработки и практической реализации автоматизированной информационной системы мониторинга электронных транзакций в глобальных телекоммуникационных сетях // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 1. С. 32-34.

5. Макаров В.Л. Применение экономико-математических методов и моделей оптимального планирования в цифровой экономике будущего (ЦЭМИ АН СССР и ЦЭМИ РАН: прогностическая интерпретация и развитие научного наследия нобелевских лауреатов Л.В. Канторовича и В.В. Леонтьева). М.: ЦЭМИ РАН, 2022. С. 248.

УДК 621-313.3

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАЗОВАНИЯ МИКРОРАКОВИН И ВЫБОИН НА КОЛЬЦАХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Николай Васильевич Грунтович¹, Иван Вячеславович Петров²

¹ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», г. Минск, Республика Беларусь

²ООО «Инженерно-исследовательский центр энергетики», г. Гомель, Республика Беларусь

¹gruntovich@tut.by, ²ajwen@inbox.ru

Аннотация: одна из причин неверной трактовки образования типовых дефектов в подшипниках качения указана в статье. Доказано, что основными причинами интенсивного образования микрораковин на кольцах являются разноразмерность тел качения, медленное вращение наружного кольца в подшипниковом щите и плохая смазка в подшипнике. Отмечено, в случае установки с натягом подшипника качения в подшипниковом щите, на наружном кольце подшипника образуется выбоина. Рассмотрены два случая образования наклепа на кольцах в неработающем электродвигателе. Это может привести к заклиниванию подшипника качения после включения в работу механизма. Приведена виброакустическая характеристика

подшипника качения с длительным сроком эксплуатации, в котором ежеквартально меняется смазка.

Ключевые слова: подшипник качения, микрораковины, выбоина, наклеп, смазка, разноразмерность тел качения, натяг, частота опрокидывания вала.

PHYSICAL BASES OF FORMATION OF MICRO-CELLS AND POTS ON RINGS OF ROLLING BEARINGS

Hruntovich Mikalai Vasilievich¹, Petrov Ivan Viacheslavovich²

¹GIPC "GAZ-INSTITUTE", Minsk, Republic of Belarus

²Energy Engineering Research Center LLC, Gomel, Republic of Belarus

¹gruntovich@tut.by, ²ajwen@inbox.ru

Abstract: one of the reasons for the incorrect interpretation of the formation of typical defects in rolling bearings is indicated in the article. It has been proven that the main reasons for the intensive formation of microcavities on the rings are the different sizes of the rolling elements, the slow rotation of the outer ring in the bearing shield and poor lubrication in the bearing. It is noted that in the case of an interference fit installation of a rolling bearing in a bearing shield, a pothole is formed on the outer ring of the bearing. Two cases of cold hardening on rings in a non-working electric motor are considered. This can lead to jamming of the rolling bearing after the mechanism is put into operation. The vibroacoustic characteristics of a rolling bearing with a long service life, in which the lubricant is changed quarterly, are presented.

Keywords: rolling bearing, micro-shells, pothole, hardening, lubrication, different sizes of rolling elements, interference and frequency of shaft overturning.

За время эксплуатации подшипников качения на кольцах образуются микрораковины, выбоины, наклепы и другие дефекты. В работе [1] авторы отмечают, что повреждения наружного кольца проявляются на частоте прохождения тел качения по наружному кольцу.

$$f_1 = \frac{f_p}{2} \left(1 - \frac{2r_{\text{ш}}}{D_0} \cos \beta \right) Zk; \quad (1)$$

где f_p – частота вращения ротора, Гц; $r_{\text{ш}}$ – радиус тел качения, мм; D_0 – диаметр окружности, проходящий через центры тел качения, мм; β – угол контакта тел качения; Z – количество тел качения; $k=2$ – при перекосе наружного кольца, $k=1, 2, 3, \dots$

Следует отметить, что приведенная формула (1) переписана авторами [1] из работы [2] с ошибками. Если в данную формулу подставить

качения. В литературе этот процесс называется бринеллированием (измерение твердых металлов по Бринеллю). Следовательно, при медленном проворачивании наружного кольца в подшипниковом щите и при наличии разноразмерности тел качения на всей поверхности наружного кольца за время работы механизма образуются множество микрораковин. Как следует из рис.1, каждая случайная точка на телах качения перемещается между кольцами по закону гипоциклоиды [5]. Это также способствует образованию микрораковины на кольцах.

В том случае, когда во время замены подшипники качения ставятся в подшипниковый щит с натягом, то наружное кольцо не проворачивается. В результате на наружном кольце образуется выбоина на «7» часов или на «4» часа в зависимости от направления вращения ротора.

Для уменьшения вероятности образования микрораковин на кольцах и увеличение срока службы подшипника качения целесообразно чаще менять смазку, например, ежеквартально.

На рис. 2 приведены виброакустические характеристики подшипника №310 электродвигателя мощностью 160 кВт торфобрикетного завода. Электродвигатель находится в эксплуатации около 10 лет. Низкий уровень вибрации подшипников качения обусловлен тем, что специалисты завода ежеквартально меняют смазку во время работы двигателя.

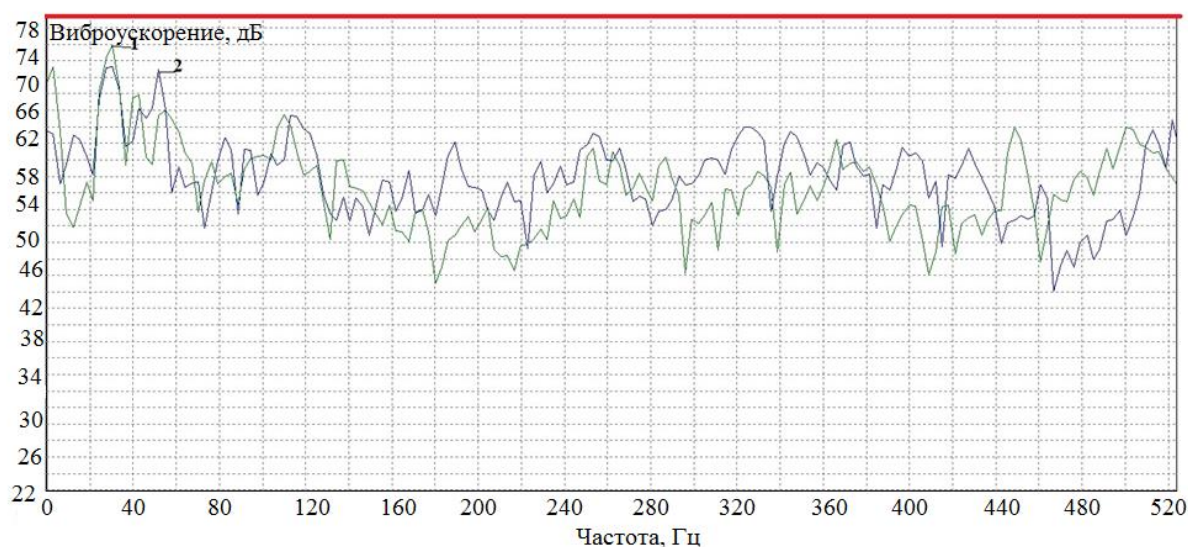


Рис. 2. Виброакустические характеристики подшипников качения электродвигателя:
1 – полевого подшипник (правая лапа); 2 – рабочий подшипник (правая лапа)

На частоте опрокидывания вала двигателя 30 Гц уровень вибрации составляет 76 дБ. Опорный сигнал виброускорения $a_0 = 3 \times 10^{-4} \text{ м/с}^2$; частота вращения ротора $f_p = 10 \text{ Гц}$.

Во время эксплуатации электрических двигателей иногда возникают ситуации, когда подшипники качения получают повреждения в отключенном состоянии электродвигателя. Возможны два случая. Во-первых, во время транспортировки электрических машин большой мощности, когда ротор большой массы оказывается плохо закреплен. На кольцах образуется наклеп. При включении электрической машины в работу подшипник качения быстро повреждается, возможно его заклинивание. Во-вторых, в подшипнике отключенного от сети двигателя образуется наклеп в том случае, когда на этом же фундаменте работает электрический двигатель с изношенными подшипниками качения. Последнее является классической ошибкой во время эксплуатации оборудования. Механизм с хорошими подшипниками после ремонта находится в резерве, а рядом работает агрегат с повышенной вибрацией. В итоге, через некоторое время, необходимо менять подшипники качения в двух механизмах.

Источники

1. Вибродиагностика: монография / Розенберг Г.Ш., Мадорский Е.З., Голуб Е.С. и др.; под ред. Г.Ш. Розенберга. СПб.: ПЭИПК, 2003. С. 284.
2. Барков А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации [Текст] / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев. СПб: ГМТУ, 2000. С. 169.
3. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования [Текст]: учеб. пособие / Н.В. Грунтович. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2019. С. 271.
4. Грунтович Н.В. Техническая диагностика электрооборудования: учебник/ Н.В. Грунтович, Н.В. Грунтович. — Москва: Инфра. М. 2024. С. 254.
5. Грунтович Н.В. Гипоциклоида частоты вибрации подшипников качения [Текст] / Н.В. Грунтович, И.В. Петров, Д.В. Кирдищев // Тезисы докладов Третьей межд. конференции с элементами научной школы «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах». Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2016. С. 288–289.
6. Грунтович Н.В. Способы вибродиагностирования роторных механизмов [Текст] / Н.В. Грунтович, Н.В. Грунтович, И.В. Петров // Агротехника и энергообеспечение. Орел: Орловский ГАУ, 2015. №4. С. 40–51.

БЕСКОНТАКТНЫЕ ПИРОМЕТРЫ: ИНСТРУМЕНТЫ БУДУЩЕГО ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Олег Дмитриевич Гусев, Ксения Васильевна Шмелева, Егор Сергеевич Кечин
АПИ НГТУ, г. Арзамас, Россия
oleggusev@gmail.com

Аннотация: В статье рассматривается роль и важность бесконтактных пирометров, или инфракрасных термометров, в контексте повышения энергоэффективности в промышленных процессах. Освещаются основные принципы работы этих устройств, которые заключаются в детектировании инфракрасного излучения для измерения температуры без непосредственного контакта.

Ключевые слова: Бесконтактные пирометры, инфракрасные термометры, энергоэффективность

NON-CONTACT PYROMETERS: TOOLS OF THE FUTURE FOR ENERGY EFFICIENCY MONITORING

Oleg Dmitrievich Gusev, Ksenia Vasilyevna Shmeleva, Egor Sergeevich Kechin
API NSTU, Arzamas, Russia
oleggusev@gmail.com

Abstract: The article discusses the role and importance of non-contact pyrometers, or infrared thermometers, in the context of energy efficiency improvement in industrial processes. The basic principles of operation of these devices are highlighted, which consist in detecting infrared radiation to measure temperature without direct contact.

Keywords: Contactless pyrometers, infrared thermometers, energy efficiency.

Бесконтактные пирометры, или инфракрасные термометры, представляют собой передовые инструменты для измерения температуры без непосредственного контакта с объектом [1].

Бесконтактные пирометры работают на основе детектирования и анализа инфракрасного излучения, которое испускается любым объектом. Интенсивность этого излучения коррелирует с температурой объекта, позволяя пирометрам точно определять её на расстоянии [2]. Эти устройства оснащены линзами, фильтрами и детекторами, способными фиксировать инфракрасное излучение и преобразовывать его в электрический сигнал, который затем анализируется для получения температурных данных.

Во многих производственных процессах, например в металлургии или химической промышленности, контроль температуры является критическим для качества продукции и энергоэффективности [3]. Бесконтактные пирометры позволяют точно отслеживать температуру материалов и оборудования, минимизируя риск перегрева и оптимизируя энергопотребление [4]. Они идеально подходят для обнаружения мест утечки тепла в промышленных установках. Это позволяет оперативно устранять проблемы изоляции и другие недочеты, ведущие к потерям энергии.

Включение бесконтактных пирометров в системы умного управления энергопотреблением позволяет автоматически регулировать производственные процессы, оптимизируя использование энергии и снижая затраты [5].

Бесконтактные пирометры - это мощный инструмент для повышения энергоэффективности и контроля качества в самых разнообразных отраслях промышленности. Их способность быстро и точно измерять температуру на расстоянии делает их незаменимыми в современном промышленном мире, где энергоэффективность и устойчивое развитие становятся все более актуальными.

Источники

1. Кечин Е.С. Применение дистанционных датчиков температуры в сканирующем тепловизоре / Долгов А.Н., Демин Д.А., Захаренков А.Д., Лямин Е.А. // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации под ред. О.В. Пугина. Нижний Новгород, 2023. С. 404.

2. Соловьев В.А. / Разработка алгоритмов обработки тепловизионных цифровых изображений малоразмерных беспилотных летательных аппаратов на фоне помеховых излучений, создаваемых облачной атмосферой / Зайцев А.В., Азаров В.С. // DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. Москва, 2015. С. 450.

3. Контроль температуры электротехнических, электромеханических и механических элементов и узлов методами инфракрасной пирометрии / Е. К. Галанов, А. В. Корнух // Известия ПГУПС. 2005. № 2. С. 50–54.

4. Оптические постоянные природных и технических сред / В. М. Золотарёв, В. Н. Морозов, Е. К. Смирнова. Л.: Химия, 1984. С. 350.

5. Колебательно-вращательная спектроскопия водяного пара / А. Д. Быков, Ю. С. Макушкин, О. Н. Улеников. Новосибирск: Наука 1989. С. 370.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ И СПЕЦИФИКА ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Татьяна Евгеньевна Давыдова
ФГБОУ ВО «ВГТУ», г. Воронеж, Россия
tedav@rambler.ru

Аннотация: На основе анализа научной литературы и экспертных мнений выделены особенности обеспечения технологического суверенитета в условиях новой реальности. Сделан акцент на значимости мотивации студентов университетов при выборе направления обучения с учетом целей национального развития.

Ключевые слова: суверенитет, университет, новая реальность.

TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY AND SPECIFICITY OF ITS ENSURANCE IN THE NEW REALITY

Tatiana Evgenievna Davydova
VSTU, Voronezh, Russia
tedav@rambler.ru

Abstract: In the article, based on an analysis of scientific literature and expert opinions, the features of ensuring technological sovereignty in the conditions of the new reality are highlighted. Emphasis is placed on the importance of motivation of university students when choosing a direction of study, taking into account the goals of national development.

Keywords: sovereignty, university, new reality.

Технологический суверенитет в условиях непрерывного воздействия негативных геополитических факторов является необходимостью, призванной обеспечить целесообразный протекционизм и сбалансированное развитие государства. Перед страной с учетом основных целей ее развития в данный период ставится задача рационального достижения независимости в сочетании с обеспечением взаимовыгодного партнерского сотрудничества в различных сферах, в первую очередь, в технологической. Ключевым фактором успешного решения обозначенной задачи полагается обеспечение кадрами качественно нового уровня всех составляющих экономики.

В научной литературе, в частности, рассматривается концептуальное содержание категории «технологический суверенитет» [1-4], подходы к его обеспечению как в целом [1, 5-6], так и в отраслевом, региональном

приложениях [5, 7, 8]. Исследуется существующий зарубежный опыт, эволюция моделей экономического развития применительно к достижению технологического суверенитета [1, 2, 9, 10]. Определяется значимость образования и подготовки инженеров [7, 11, 12], менеджеров [13], в том числе, с учетом потребностей отраслей и регионов [7], выделяются соответствующие направления трансформации системы образования. Изучаются вопросы кооперации бизнеса, науки и государства [14, 15].

Проведенное исследование позволяет выделить особенности обеспечения технологического суверенитета в условиях новой реальности.

1. Новая реальность характеризуется возрастанием технологических возможностей и трансформацией технологических связей; определяется как временное явление.

2. Реализация отмеченных возможностей недостижима в отрыве от международного взаимодействия, в сфере образования, в том числе.

3. Важнейшим условием успешного достижения технологической независимости является подготовка кадров, способных к достижению поставленных целей национального развития.

4. Принципиальная значимость региональных и отраслевых потребностей определяет специфику трансформации системы профессионального и высшего образования.

5. Фундаментальная теоретическая и практикоориентированная подготовка учащихся во взаимодействии образования, бизнеса и государства рассматривается не как тактика, а как стратегия национального развития.

6. Ключевым условием решения поставленных задач полагаем обеспечение заинтересованности потенциальных специалистов в сознательном выборе будущей специальности и мотивированном обучении по соответствующему направлению.

Источники

1. Петров М.Н., Филиппов Я.С. Технологический суверенитет: эволюция Российских и зарубежных экономических моделей // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т.13, № 5-1. С. 305-314.

2. Селезнев П.С., Бокова Э.И. Технологический суверенитет: проблемы интерпретации и операционализации понятия // Финансы, деньги, инвестиции. 2023. № 4(88). С. 22-30.

3. Гареев Т.Р. Технологический суверенитет: от концептуальных противоречий к практической реализации // Terra Economicus. 2023. Т. 21, № 4. С. 38-54.

4. Афанасьев А.А. Промышленная политика России по достижению

технологического суверенитета: теоретико-методологические основы и практические аспекты. М.: Первое экономическое издательство, 2023. С. 204.

5. Сухарев О.С. Технологический суверенитет: решения на макроэкономическом и отраслевом уровне // Микроэкономика. 2023. № 2. С. 19-33.

6. Курочкин Д.А., Ельшин Л.А. Подходы к обеспечению технологического суверенитета в современных экономических реалиях // Вестник Университета управления "ТИСБИ". 2023. № 3. С. 5-12.

7. Тузиков А.Р., Зинунова Р.И. Технологический суверенитет и социальное проектирование воспроизводства инженерного корпуса (кейс республики Татарстан) // Управление устойчивым развитием. 2023. № 1(44). С. 47-55.

8. Фадеев А.М., Спиридонов А.А. Стратегические подходы к обеспечению технологического суверенитета в энергетической отрасли // Управленческое консультирование. 2023. № 9(177). С. 67-80.

9. Дежина И.Г. Теоретические основы и практические шаги по обеспечению технологического суверенитета в России // Проблемы деятельности ученого и научных коллективов. 2023. № 9(39). С. 92-102.

10. Дементьев В.Е. Технологический суверенитет и приоритеты локализации производства // Terra Economicus. 2023. Т. 21, № 1. С. 6-18.

11. Садовничий В. Российские вузы - ключевой элемент подготовки кадров для технологического суверенитета страны // Ректор ВУЗа. 2024. № 1. С. 4-7.

12. Лихолетов В.В. «Узкие места» отечественного инженерного образования в свете решения проблемы наращивания технологического суверенитета страны // Инженерное образование. 2023. № 33. С. 62-86.

13. Гительман Л.Д., Исаев А.П., Кожевников М.В., Гаврилова Т.Б. Инновационные менеджеры для технологического суверенитета страны // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2023. Т. 14, № 2. С. 118-135.

14. Толстых Т.О., Кочетова О.О. Кооперация вузов и промышленных предприятий для достижения технологического суверенитета страны // Регион: системы, экономика, управление. 2023. № 4(63). С. 77-84.

15. Кузнецов С.В., Горин Е.А., Имзалиева М.Р. Национальный технологический суверенитет и три уровня кадрового обеспечения промышленности // Экономика и управление. 2023. Т. 29, № 8. С. 938-955.

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ

Жданкин Николай Сергеевич, Кечин Егор Сергеевич
Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е.Алексеева, г. Арзамас,
Россия
zhd.kolz24@gmail.com

Аннотация: В статье описаны факторы, обуславливающие актуальность проблемы развития возобновляемых источников энергии в России, а также состояние возобновляемых источников энергии в настоящее время. Затронуты программы и инициативы по развитию возобновляемых источников энергии как на государственном, так и на региональном уровнях. Сделан акцент на ряд препятствий и проблем, мешающих развитию возобновляемых источников энергии, решение которых крайне важно.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, развитие, инновации, энергетика.

OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN RUSSIA

Zhdankin Nikolay Sergeevich, Kechin Egor Sergeevich
Arzamas Polytechnic Institute (branch) NSTU named after. R.E.Alekseeva, Arzamas, Russia
zhd.kolz24@gmail.com

Abstract: The article describes the factors that determine the relevance of the problem of the development of renewable energy sources in Russia, as well as the current state of renewable energy sources. Programs and initiatives for the development of renewable energy sources both at the state and regional levels are touched upon. Emphasis is placed on a number of obstacles and problems hindering the development of renewable energy sources, the solution of which is extremely important.

Keywords: renewable energy sources, development, innovation.

Возобновляемые источники энергии – это источники энергии, которые получают из природных процессов, способные самовоспроизводиться в течение разумного времени. Они являются бесконечными и не истощающимися в отличие от традиционных нефтяных и газовых источников. Возобновляемые источники включают солнечную энергию, ветровую энергию, гидроэнергию, биомассу, геотермальную энергию и

другие [5]. Их использование способствует снижению выбросов парниковых газов и уменьшению зависимости от ископаемых ресурсов.

Актуальность проблемы развития возобновляемых источников энергии в России обусловлена несколькими факторами [2,3]:

- Растущий мировой спрос на экологически чистую энергию и стремление к снижению выбросов парниковых газов, что ставит перед страной задачу увеличения доли возобновляемых источников энергии.
- Необходимость уменьшения зависимости от импорта энергоресурсов и обеспечения энергетической безопасности страны.
- Развитие технологий и повышение конкурентоспособности возобновляемых источников энергии, что создает новые возможности для экономического роста и инновационного развития.

В России в настоящее время возобновляемые источники энергии занимают незначительную долю в общем объеме производства электроэнергии. Основные виды возобновляемых источников энергии, используемые в стране, включают в себя гидроэнергию, энергию ветра, солнечную энергию и биомассу [1, 4].

Несмотря на ряд инвестиций и развитие законодательной базы в области возобновляемых источников энергии, рост их доли в энергосистеме остается недостаточным. Многие проекты сталкиваются с экономическими, технологическими и организационными сложностями. Необходимо активное дальнейшее развитие и поддержка со стороны государства для стимулирования использования возобновляемых источников энергии в России.

Стоит отметить, что в России существует ряд мер государственной поддержки развития возобновляемых источников энергии. На региональном уровне также проводятся программы развития возобновляемых источников энергии. Различные субъекты Федерации могут разрабатывать свои собственные стратегии и меры по стимулированию использования возобновляемых источников энергии.

В целом, развитие возобновляемых источников энергии в РФ требует комплексного подхода, включающего поддержку со стороны государства, инновации, инвестиции и информационную работу с общественностью. Важно продолжать усилия по развитию этой отрасли, чтобы обеспечить устойчивое и экологически чистое развитие энергетики в стране.

Источники

1. Бутузов В. А., Современное состояние развития возобновляемой энергетики России // Окружающая среда и энерговедение. 2022. №1.

2. Дегтярев К., Соловьев Д., Проблемы и перспективы развития возобновляемой энергетики России в новых условиях // ЭП. 2022. №6 (172).
3. Романов Р.В., Возобновляемые источники энергии в России: развитие и перспективы // Научные записки молодых исследователей. 2022. №3.
4. Сологубова Г.С., Перспективы развития возобновляемых источников энергии в РФ // ТТПС. 2020. №2.
5. Прошин А.Д., Солнечная энергетика в России // Мировая наука. 2019. №12 (33).

УДК 004:620.9

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Залялетдинов А. Г.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
spartak-2002@mail.ru

Аннотация: В данной работе рассмотрены возможности развития электроэнергетики под влиянием индустриализации 4.0, рассмотрена возможность интеграции цифровых технологий в сферу электроэнергетики. Рассмотрены требования, выполнение которых необходимо для цифровой трансформации в электроснабжении. В работе рассмотрены проблемы и перспективы развития электроэнергетической отрасли в условиях цифровизации.

Ключевые слова: электроэнергетика, управление электрическими системами, интеллектуальная сеть.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Zalyaletdinov A. G.
KSPEU, Kazan, Russia
spartak-2002@mail.ru

Abstract: In this paper the possibilities of development of electric power industry under the influence of industrialisation 4.0 are considered, the possibility of integration of digital technologies into the sphere of electric power industry is considered. The requirements, fulfilment of which is necessary for digital transformation in electricity supply are considered.

The paper considers the problems and prospects of development of the electric power industry in the conditions of digitalisation.

Keywords: electric power industry, electric system management, smart grid.

На сегодняшний день можно выделить следующие задачи, стоящие перед единой энергетической системой, а именно: повышения качества электроэнергии и электроснабжения, повышение уровня бесперебойности электроснабжения, что можно связать с поиском возможностей обнаружения и фиксации месс повреждения и начала аварийного процесса. На данный момент цифровизация электроэнергетической отрасли проявляется в следующем: использование роботизированных установок и беспилотных летательных аппаратов для мониторинга электрических сетей, контроль состояния электрооборудования с помощью электроники, особенно перспективными представляются алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ), используемые в системе электроэнергетики. Корректный подход к выбору необходимых мероприятий и способов их технической реализации для изменений в рассматриваемом направлении позволят повысить безопасность и качество предоставляемой продукции данной сферой экономики, поспособствует повышению устойчивости работы энергосистемы в целом.

Цифровая трансформация подразумевает под собой общую цифровизацию электроэнергетики, проявляющуюся в использовании цифровых способов контроля сетей электроснабжения, формировании новой парадигмы управления электроустановками. Стоит понимать, что данный процесс будет занимать достаточно длительный период времени, так как мероприятия связанные с данными изменениями в системе являются дорогостоящими, поэтому традиционная компоновка электрических сетей еще долго будет актуальна. Особенно затратным является создание программного обеспечения необходимого для корректной работы и настройки искусственного интеллекта (нейронных сетей), а также оплата работы персонала, обслуживающего данные системы. Однако внедрение описанных выше методов контроля и управления позволит сократить рабочий штат сотрудников, занимающихся обслуживанием сетей, а также создать более технологичные профессии и повысить комфорт работы имеющимся.

Рассмотрим работу системы электроснабжения (рис. 1).

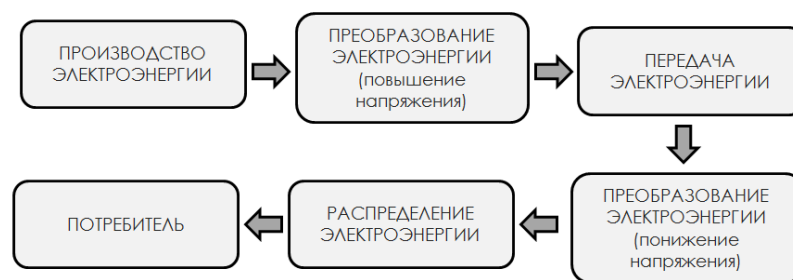


Рис. 1. Схема производства – преобразования – потребления электроэнергии

Проанализировав рисунок 1, можно выделить следующие этапы существования электроэнергии, которые возможно автоматизировать, а именно: производство электроэнергии, передача и распределение электроэнергии (применение умных сетей), преобразование электроэнергии (использование цифровых комплектных трансформаторных подстанций).

На данный момент первоочередным считается повсеместный переход на цифровые комплектные трансформаторные подстанции (КТП) в рамках развития «умных сетей», а также развитие активно-адаптивных сетей.

Рассмотрим технологии, используемые для достижения задач, связанных с модернизацией электрических сетей, применяемые ПАО «Россети» – крупнейшей в нашей стране и мире энергетической компании:

- современные приборы учета (интеллектуальные счетчики), имеющие возможность передачи данных о состоянии сети, ее параметров в режиме реального времени, имеющие возможность включения в единую систему управления;
- интеллектуально-адаптивные системы, имеющие возможность вести постоянную диагностику работы электрооборудования в режиме реального времени, с возможностью включения в единую систему управления [1, 2].

Подводя итог, можем сделать вывод, что цифровизация электроэнергетической отрасли является процессом постепенным, требующим значительных затрат. Также особое внимание необходимо уделить факторам, оказывающим влияние на используемые устройства и методы в процессе цифровизации сетей электроснабжения, в частности необходимо тщательно изучить вопрос кибербезопасности, решить задачу подбора оборудования для управления и мониторинга интеллектуальными сетями в условиях ограниченности ресурсов.

Источники

1. Феоктистов, Д.И. Применение технологии смарт-контрактов блокчейн в области энергетики / Д. И. Феоктистов, О. В. Воркунов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2022. № 6. С. 48-50.

2. Куракина, О.Е. Модернизация трансформаторов / О. Е. Куракина, А. В. Вахитова // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов : Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, Москва, 02 июня 2022 года / Редколлегия: Л.К. Гуриева [и др.]. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. С. 145-146.

УДК 004.92

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ ОДНОТИПНЫХ 3D МОДЕЛЕЙ

Айдар Фаилевич Зиангиров

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Вадим Эдуардович Зинуров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

zinaydar@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается понятие трехмерного моделирования, также описывается применение функции параметризации при 3D моделировании однотипных деталей с целью ускорения и повышения эффективности процесса проектирования. Представлены результаты применения параметризации при моделировании болтов и гаек.

Ключевые слова: 3D моделирование; параметризация; проектирование; стандартные детали; болт, гайка.

APPLICATION OF PARAMETERIZATION IN CREATION OF SAME TYPE 3D MODELS

Aidar Failevich Ziangirov

Scientific advisor Vadim Eduardovich Zinurov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

zinaydar@mail.ru

Abstract: The paper discusses the concept of three-dimensional modeling, and also describes the use of the parameterization function in 3D modeling of similar parts in order to speed up and increase the efficiency of the design process. The results of using parameterization in modeling bolts and nuts are presented.

Keywords: 3D modeling; parameterization; design; standard parts; bolt, nut.

Трехмерное моделирование – это процесс построения объемных деталей в трехмерном пространстве с помощью специализированных программ (КОМПАС-3D, NanoCAD и т.п.) [1]. При проектировании часто возникают ситуации, когда требуется создавать однотипные модели, которые одинаковы по форме, но различаются другими параметрами. Именно для таких случаев применяется такая функция 3D моделирования, как параметризация [2].

Параметризация при 3D моделировании – это процесс создания 3D моделей и сборок, при котором имеется возможность задавать настраиваемые и зависимые друг от друга параметры или свойства. Это позволяет инженерам изменять, например, размер всей модели или установочные размеры сборки путем изменения лишь одного параметра [3].

Параметрами могут быть размеры, углы, материалы и другие характеристики, которые можно настроить.

Параметризация предоставляет ряд преимуществ:

- повторное использование – параметризованные модели можно легко изменять и адаптировать для различных сборок, сокращая время и ресурсы;
- совместимость – параметризованные 3D файлы легче импортировать и экспортировать между различными программами;
- оптимизация – параметризация позволяет проводить более глубокую оптимизацию моделей, улучшая их качество и производительность;
- контроль – с помощью параметризации инженеры сохраняют полный контроль над процессом моделирования, позволяя им экспериментировать путем подбора различных параметров и находить лучшие решения.

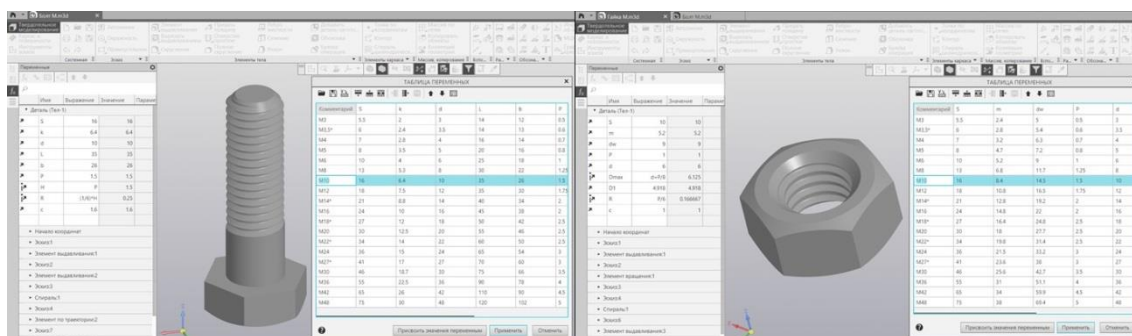
Примером применения данной функции является моделирование таких однотипных деталей, как болты и гайки. При их моделировании в большом количестве разных размеров на первый взгляд требуется моделировать одну и ту же деталь, но только с разными диаметрами и шагами резьбы, размерами головки, из-за чего это займет какое-то количество времени. И именно для таких случаев существует такая возможность при моделировании, как параметризация.

Болты и гайки одного и того же ГОСТа разных размеров имеют один чертеж. Например, если обратиться к ГОСТу 7805-70, то можно увидеть, что болт имеет 4 вида исполнения, но они могут быть разных размеров – диаметры от 1,6 до 48 мм и длины от 12 до 300 мм. Аналогично и для гайки [4-5]. Отсюда следует, что при их моделировании разных размеров можно применить функцию параметризации. Хотя у программы КОМПАС-3D и имеется своя библиотека со стандартными деталями, в том числе с болтами и гайками, но в них резьбы лишь «нарисованы», чтобы просто показать ее

наличие. Но если действительно необходима резьба, например, для 3D печати, то ее придется смоделировать самим.

После построения модели была составлена таблица переменных, где указаны основные параметры болта – шаг резьбы, диаметр стержня, размер «под ключ», высота головки и длина болта в зависимости от номинального диаметра резьбы. Путем присвоения того или иного номинального диаметра модель автоматически перестраивается под соответствующие параметры (см. рисунок).

Таким образом удастся экономить время при построении однотипных изделий разных размеров при наличии одного готового.



Построенные модели болта и гайки в программе КОМПАС 3D

Источники

1. Бочков А.Л., Сергеев А.А., Большаков В.В. Основы 3D-моделирования. / А.Л. Бочков, А.А. Сергеев, В.В. Большаков. Санкт-Петербург: Питер, 2012. 304 с.
2. Меженин А.В. Технологии разработки 3D-моделей. Учебное пособие. СПб: Университет ИТМО, 2018. 100 с.
3. Фомин Е. Использование параметрических возможностей КОМПАС-3D [Электронный ресурс] // Журнал “САПР и Графика” [сайт]. <https://sapr.ru/article/18269> (дата обращения: 01.03.2024).
4. ГОСТ 7805-70. Болты с шестигранной головкой класса точности А. Конструкция и размеры (с Изменениями N 2-6): утвержден и введен в действие Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 04.03.70 №270: дата введения 1972-01-01. Москва: Минчермет СССР, 1972. 10 с.
5. ГОСТ 5927-70. Гайки шестигранные класса точности А. Конструкция и размеры (с Изменениями №2-7): утвержден и введен в действие Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 18.02.70 N 178: дата введения 1972-01-01. Москва: Минчермет СССР, 1972. 6 с. Текст: непосредственный.

ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕГИОНАХ РОССИИ

Татьяна Геннадьевна Зорина¹, Ангелина Дмитриевна Матюшенко²

¹Институт энергетики НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

²Кафедра аналитической экономики и эконометрики экономического факультета БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

tanyazorina@tut.by¹, admatyushenko@gmail.com²

Аннотация: В статье проведен кластерный анализ 85 регионов Российской Федерации, основанный на факторах, которые могут предопределять возможность использования различных типов генерации энергии: уровень экономического развития, объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и уровень запасов энергии. Для проверки гипотезы о том, что каждый регион характеризуется определенным направлением развития ВИЭ, был использован хи-квадрат тест.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; возобновляемая энергетика; электроэнергетика; кластерный анализ; критерий согласия Пирсона; регионы Российской Федерации.

RESEARCH OF FACTORS INFLUENCING THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN RUSSIA'S REGIONS

Tatyana Gennadievna Zoryna¹, Angelina Dmitrievna Matyushenko²

¹Institute of Energy of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

²Department of Analytical Economics and Econometrics, Faculty of Economics, BSU, Minsk,

Republic of Belarus

tanyazorina@tut.by¹, admatyushenko@gmail.com²

Abstract: In the article, a cluster analysis of 85 regions of the Russian Federation is carried out based on the factors that may predetermine the possibility of using different types of energy generation: the level of economic development, the volume of pollutant emissions into the atmosphere and the level of energy reserves. To test the hypothesis that each region is characterised by a certain direction of RES development, Chi-square test was used.

Keywords: renewable energy sources; renewable energy; electric power industry; cluster analysis; Pearson's agreement criterion; regions of the Russian Federation.

Для исследования развития применения возобновляемых источников энергии авторы проанализировали все субъекты Российской Федерации.

Авторы выдвинули гипотезу о том, что существуют группы регионов со схожим уровнем развития определенных факторов, для которых применение конкретных видов генерации электроэнергии является наиболее характерным.

К числу факторов, которые предопределяют возможность использования того или иного вида генерации электроэнергии, можно отнести следующие: уровень экономического развития (показатель – Валовый региональный продукт на душу населения в тыс. руб.); размер выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (показатель – выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников на душу населения в тоннах); уровень запасов энергоресурсов (показатель – запасы угля, природного газа и нефти на душу населения в тыс. условного топлива) [1].

Ранее авторы проводили исследование 39 европейских стран, результаты которого показали, что только 66,7 % европейских стран реализуют стратегию развития ВИЭ и используют виды энергоисточников, соответствующие уровню экономического развития страны, учитывающие величину выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и уровень энергетических запасов [2].

Для анализа указанных показателей была собрана информация по 85 регионам за 2021 г. Источниками послужили статистические данные Федеральной службы государственной статистики [3], Федерального агентства по недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [4].

Результаты проведенного кластерного анализа показали, что в 1 и 6 кластер входит по 1 региону, во 2 – 11 регионов, в 3 кластере 2 региона, в 4 – 67 регионов, в 5 кластере 3 региона. Во всех кластерах не наблюдается согласованность в применяемых видах возобновляемых источников энергии [5]. Это обусловило необходимость изучения взаимосвязи между использованием в конкретном регионе возобновляемых источников энергии и ранее выделенными факторами, а именно: уровнем экономического развития, величиной выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, уровнем запасов энергоресурсов с помощью статистического критерия согласия Пирсона (хи-квадрат тест).

В качестве первой переменной был выбран показатель – использование возобновляемых источников энергии в регионах России (1 – ВИЭ не используют, 2 – ВИЭ используют), в качестве второй поочередно – уровень экономического развития, выбросы загрязняющих веществ, запасы

энергоресурсов (1 – низкий показатель, 2 – средний, 3 – высокий, 4 – очень высокий). Таким образом, нулевая гипотеза H_0 – отсутствуют взаимосвязи между ВРП, выбросы загрязняющих веществ и доступность энергоресурсов и использованием возобновляемых источников энергии в регионах Российской Федерации.

В ходе анализа было получено наблюдаемое значение Хи-квадрата Пирсона наличие взаимосвязи между использованием ВИЭ и уровнем экономического развития – 1,832; размером выбросов загрязняющих веществ в атмосферу – 2,665; уровнем запасов энергоресурсов – 1,201.

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и количества степеней свободы – 3, Хи-квадрат с критическим значением будет равен 7,815. Следовательно, наблюдаемое значение статистики Хи-квадрата всех проверенных зависимостей в разы меньше критического, что говорит о невозможности отвергнуть или подтвердить нулевую гипотезу H_0 .

Таким образом, регионы Российской Федерации при разработке стратегии развития возобновляемых источников энергии, ориентируются не на общемировые тенденции, а учитывают совокупность различных факторов: погодных, технических, законодательных, политических, финансовых, экологических, квалификационных, факторы конкуренции, надежности и стоимости энергоресурсов.

Источники

1. Зорина, Т.Г. Стратегия устойчивого развития энергетики Республики Беларусь: анализ и основные тенденции / Т. Г. Зорина // Экономическая наука сегодня : сборник научных статей / редкол.: С. Ю. Солодовников (председатель) [и др.]. Минск: БНТУ, 2017. Вып. 5. С. 168-190.

2. Analysing the development of renewable energy sources in European countries, Tatsiana Zoryna and Angelina Matyushenko, E3S Web Conf., 470 (2023) 01043 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202347001043>.

3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023: Р32 Стат. сб. / Росстат. М., 2023. 1126 с.

4. Государственный доклад "О состоянии и использовании минерально-сырьевой базы Российской Федерации в 2021 году Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации" / ФГБУ "ВИМС". 2022. 626 с. (дата обращения: 07.03.24).

5. Green Watts – веб-портал о возобновляемой российской энергетике [Электронный ресурс]. <http://greenwatts.ru/main> (дата обращения: 07.03.24).

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗА СЧЕТ ПЕРЕХОДА К АЛЬТЕРНАТИВНЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ

Анжелика Андреевна Ильина

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Марат Абдулбариевич Сафин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

l1ka02@yandex.ru

Аннотация: Потребление энергии является одним из главных показателей экономики государства. Увеличение потребления энергии существенно растет, а значит существует необходимость использования альтернативных источников энергии. Приведены показатели мирового потребления энергии. Рассмотрены возможности сокращения потребления энергии. Определены преимущества и недостатки альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: солнце, энергия, альтернативная, энергетика, энергоэффективность, источник.

SOLVING ENERGY EFFICIENCY PROBLEMS THROUGH THE TRANSITION TO ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

Anzhelika Andreevna Ilyina

Scientific advisor Marat Abdulbarievich Safin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

l1ka02@yandex.ru

Abstract: Energy consumption is one of the main indicators of the state's economy. The increase in energy consumption is growing significantly, which means there is a need to use alternative energy sources. Indicators of global energy consumption are given. Possibilities for reducing energy consumption are considered. The advantages and disadvantages of an alternative energy source are outlined.

Keywords: sun, energy, alternative, energy, energy efficiency, source.

Мировое потребление энергии с каждым годом все больше увеличивается. На 2023 год общемировое потребление электроэнергии в мире составило более 22,4 ТВт*ч. На рисунке показана диаграмма потребления энергии за 2023 год по ключевым сферам деятельности.



Диаграмма потребления энергии

По данным исследования прогнозирования энергопотребления информационной основой выступает статистическая информация ведущих мировых агентств и корпораций (ООН, Международное энергетическое агентство, Всемирный банк) по энергопотреблению, численности населения, экономическому развитию. С учетом ожидаемого экономического роста, увеличения населения и роста промышленности, можно предположить увеличение мирового потребления энергии до 200 000 – 250 000 ТВт*ч к 2050-2100 гг. [1].

Одним из важных направлений роста энергоэффективности в ведущих странах мира является развитие альтернативной энергетики или возобновляемых источников энергии [2].

С учетом статистики высокого потребления энергии, необходим план, который поможет сократить потребление энергии, связанный с повышением энергоэффективности.

Изменения энергетической структуры могут произойти с учетом увеличения доли возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия и альтернативной энергетики к которой относят геотермальную, биоэнергетику, гидроэнергетику, биомассу и энергию приливов и отливов, а также снижением потребления углеводородных и иных ископаемых топлив [3, 4].

Самым популярным инвестиционным направлением в области энергетики на 2024 год является солнечная энергетика. Развитие солнечной генерации в основном связано с обеспечением энергетической безопасности стран, испытывающих недостаток в традиционных источниках получения энергии, и неблагоприятной экологической ситуацией [5].

На деле солнечная энергия имеет ряд преимуществ в отличие от ветровой, гидро- или геотермальной энергетики, в том, что легко устанавливается, является гибкой, не производит выбросов парниковых газов

или других вредных веществ, является бесконечным источником, не зависимым от ограниченных запасов сырья, обладает высокой степенью надежности и долговечности, а также сглаживает скачки напряжения в электросети.

Но есть и недостатки, такие как зависимость от положения солнца, время года, попадание на панели пыли и снега. К недостаткам можно отнести еще и то, что выработка электроэнергии больше всего происходит во II и III кварталах, а потребление в электроэнергии в эти периоды обычно падает. При этом для хранения солнечной энергии необходимы мощные аккумуляторы. В данный момент эта сфера недостаточно развита, для того чтобы позволить обеспечивать многоквартирные дома необходимым светом в темное время суток или обогревать в холодное время года.

В результате того, что теплоэлектроцентрали строить дорого и довольно затратно, а доля полезных ископаемых с каждым годом уменьшается, возникает необходимость увеличения альтернативных источников энергии или полный переход на них.

Источники

1. Дегтярев К.С. Динамика мирового энергопотребления в XX –XXI вв. и прогноз до 2100 года // Окружающая среда и энергосбережение. 2020. № 2. С. 35-48.
2. Avoyan R. Alternative energy: the comparative analysis of solar flat and concentrator photovoltaics // Известия высоких технологий. Ереван, 2021. № 1. С. 31-34.
3. Уткин М.О., Россамахина Н.С., Сафин М.А. Автоматизация объектов нефтегазовой промышленности с питанием от возобновляемых источников энергии // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. 2021. Т. I. С. 432–436.
4. Квасова И.С., Сафин М.А., Сафаров И.М. Преобразование геотермальной энергии в тепловую // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: сб. материалов. VII Междунар. Науч.-практ. конф. Кемерово, 2023. С. 218–221.
5. Линник, В.Ю. Жабин А.Б., Линник Ю.Н. Состояние и перспективы развития солнечной энергетики // Известия тульского государственного университета. Науки о земле. Тула, 2023. № 2. С. 6-17.

ИНТЕГРАЦИЯ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ РЕСУРСОСНАБЖЕНИЯ

Капанский Алексей Александрович

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Беларусь

kapanski@mail.ru

Аннотация: В статье приводится передовой метод прогнозирования гидравлического давления в системах ресурсоснабжения. В качестве основного примера рассматривается водопроводная сеть. Особое внимание уделяется повышению точности предсказания гидравлических параметров, используя модели нейронных сетей в технологическом процессе предприятий. В публикации отражается важность получения надежных данных для построения нейронных моделей. С этой целью использовались пьезоэлектрические датчики давления, которые врезались в трубопроводы в местах ответственных потребителей. Эти датчики подключались цифровым устройствам, передавая результаты измерений на вычислительный сервер, где происходило обучение моделей. Для передачи данных использовался облегченный протокол MQTT. Результаты исследования подчеркивают важность инновационных стратегий в управлении ресурсоснабжением, обеспечивая непрерывное обновление прогнозов давления. Использование рекуррентных нейронных сетей позволило значительно снизить ошибки интервального прогнозирования по сравнению с традиционными методами, например, моделью Хольта-Винтерса, с 6,07 до 4,36 %. Показано, что модель долгой краткосрочной памяти способна улавливать падающую динамику давления, даже при малой истории аварийных событий в процессе обучения.

Ключевые слова: гидравлическое давление, рекуррентные нейронные сети, модель долгой краткосрочной памяти, системы ресурсоснабжения, цифровая инфраструктура, Интернет вещей, прогнозирование давления, надежность водоснабжения.

INTEGRATION OF RECURRENT NEURAL NETWORKS TO INCREASE THE EFFICIENCY AND RELIABILITY OF RESOURCE SUPPLY SYSTEMS

Kapanski Aleksey Aleksandrovich

Sukhoi State Technical University of Gomel, Belarus

kapanski@mail.ru

Abstract: The article provides an advanced method for predicting hydraulic pressure in resource supply systems. The main example is the water supply network. Particular attention is paid to improving the accuracy of prediction of hydraulic parameters using neural network models in the technological process of enterprises. The publication reflects the importance of obtaining reliable data for building neural models. For this purpose, piezoelectric pressure sensors were used, which crashed into pipelines at critical consumer locations. These sensors were connected to digital devices, transmitting measurement results to a computing server, where the models were trained. The lightweight MQTT protocol was used for data transfer. The study results highlight the importance of innovative strategies in resource management by ensuring continuous updating of pressure forecasts. The use of recurrent neural networks made it possible to significantly reduce interval forecasting errors compared to traditional methods, for example, the Holt-Winters model, from 6.07 to 4.36%. It is shown that the long short-term memory model is capable of capturing falling pressure dynamics, even with a short history of emergency events during the learning process.

Keywords: hydraulic pressure, recurrent neural networks, long short-term memory model, resource supply systems, digital infrastructure, Internet of things, pressure prediction, water supply reliability.

Для решения важных задач оптимизации, повышения эффективности и надежности эксплуатации систем ресурсоснабжения необходимо обеспечить достаточный уровень информационной поддержки при проведении научных экспериментов [1-3]. С этой целью для оперативного получения гидравлических параметров в системе водоснабжения Гомеля (Республика Беларусь) использовалась концепция Интернета вещей (IoT) [4]. Эта концепция предполагала создание сети взаимосвязанных устройств, которые собирают, обмениваются и обрабатывают данные в автоматическом режиме. На представленной схеме рисунка 1 показано, как датчики давления подключаются к устройствам сбора и передачи данных, которые затем передают полученную информацию на вычислительный сервер [5]. MQTT брокер, развернутый на сервере, действует как центральный узел, принимающий и координирующий передачу данных между отправителями (издателями) и получателями (подписчиками) [6, 7]. Представленная архитектура способствовала оперативному реагированию на изменения параметров системы и формированию статистических данных для последующего обучения моделей.

В контексте данного исследования, в качестве источников данных выступали пьезоэлектрические преобразователи давления ПД100 торговой марки Овен. Этот выбор был обусловлен высокой точностью устройства, что являлось критически важным для формирования надежной базы данных о давлении на входе и выходе насосных станций. В качестве устройств сбора и

передачи данных выступали модемы RTU-8xx компании АО «Телеофис», настроенные на 5-и минутное измерение и отправку сообщений на сервер.

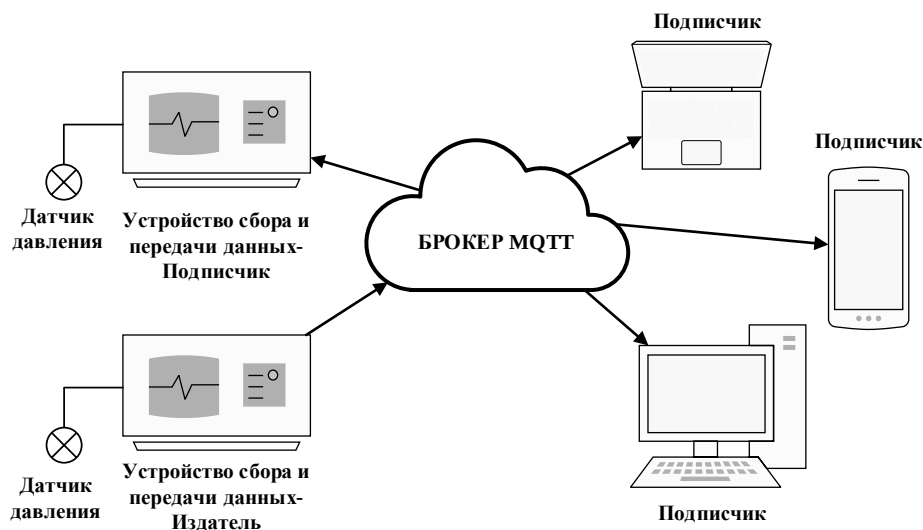


Рис. 1. Схема взаимодействия данных при проведении экспериментов

Замедлить интеграцию устройств передачи данных к измерительной части системы может процесс установки датчиков давления. В практических условиях это может быть реализовано различными методами, в зависимости от действующей технической оснащённости насосной станции. Один из этих методов предполагает выполнение комплекса подготовительных работ и сварки, что требует специализированного оборудования и квалифицированных специалистов (рис. 2, а).

При наличии предварительно установленных механических манометров, возможно использование более простого метода путем подключения датчика через систему переходников. Это минимизирует необходимость сложных технологических операций и упрощает процесс установки (рис. 2, б). Такой подход позволяет быстро организовать взаимодействие данных без выполнения сложных работ по врезке преобразователя давления в трубопровод.

Выходной параметр преобразователя давления представляет собой значение тока в пределах измерений 4-20 мА. Приведение этих значений к реальному давлению выполнялось методом линейной интерполяции на стороне сервера. Преобразованные данные представлялись в виде временных рядов, состоящих из меток Unix-время (количество секунд, прошедших с полуночи (00:00:00 UTC) 1 января 1970 года) и соответствующих значений давления. Это обеспечило надёжную статистическую основу для последующего использования в методах машинного обучения и анализе временных зависимостей с помощью рекуррентных нейронных сетей (РНС).



а)



б)

Рис. 2. Процесс подключения преобразователя давления насосной станции

Для обеспечения бесперебойного потока данных на облачный сервер использован брокер Mosquitto. Эффективность мониторинга была значительно улучшена за счет оптимизации параметров работы брокера, обеспечивая стабильное подключение устройства сбора и передачи данных, минимизируя риск потери данных из-за сетевых сбоев. В результате, обширный массив собранных данных стал важным ресурсом для проведения аналитических исследований, тестирования архитектуры модели РНС и подбора оптимальных параметров математической модели.

В качестве тестируемой модели рекуррентных нейронных сетей принята её разновидность – модель долгой краткосрочной памяти (ДКП) [8, 9]. Эта модель использовалась в виду способности обрабатывать последовательности произвольной длины, сохраняя при этом долгосрочную зависимость между элементами последовательности. Для подготовки данных к обучению в исходной информационной базе данных были выделены факторы, отражающие сезонные особенности, что связано с различиями режимов в течение месяца, недели и дня. Подготовка данных к обучению включала структурирование информационной базы таким образом, чтобы она соответствовала требуемой форме трехмерного тензора. Каждый образец данных в тензоре представлял собой независимый вектор с информацией о давлении за определенный временной интервал, включая сезонные факторы, которые могут влиять на его значение. Таким образом, первая ось тензора соответствовала количеству наблюдений, вторая – интервалам времени, т.е. набору исторических данных, передаваемых в модель, а третья – количеству признаков, включая абсолютное давление, месяц, тип дня, часы и минуты суток. В конечном счете, расширение входного тензора данных с учетом сезонных компонентов привело к улучшению точности прогнозирования давления.

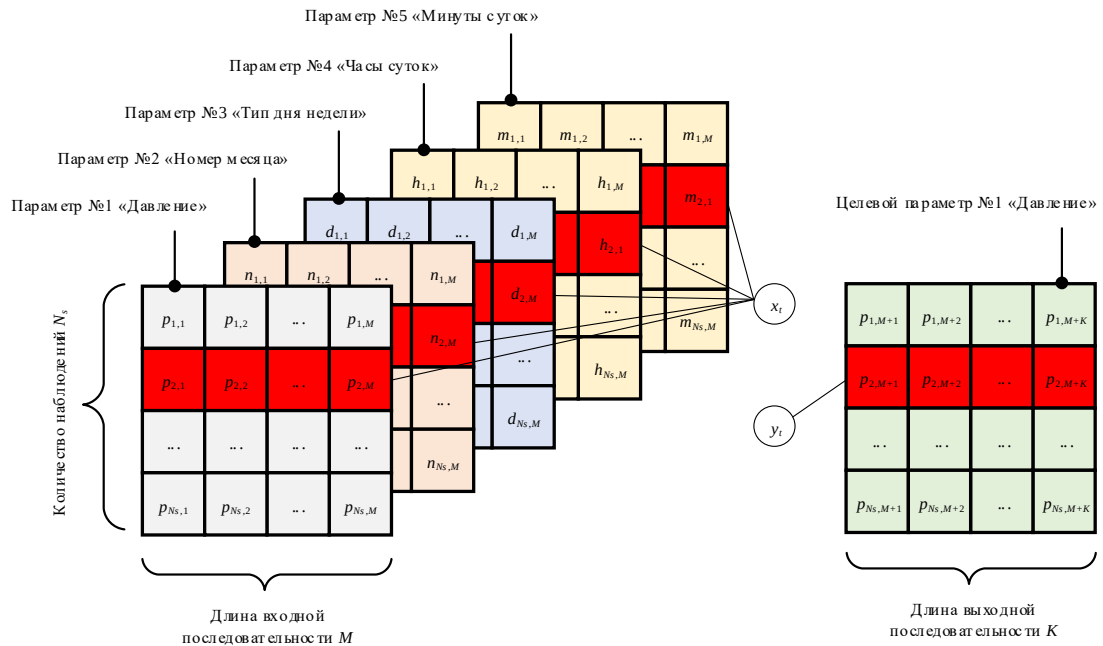


Рис. 3. Представление трехмерного тензора для прогнозирования давления

Для обучения рекуррентной нейронной сети в данном исследовании использовался язык программирования Python. Основными библиотеками, применяемыми в процессе обучения РНС, являлись высокоуровневая нейронная сетевая библиотека Keras и открытая библиотека машинного обучения TensorFlow. Для создания и документирования аналитических результатов использовалась интерактивная среда разработки Jupyter Notebook.

Анализ результатов эксперимента показал, что увеличение объема исторических данных приводит к снижению колебаний среднеквадратичной ошибки. Это указывает на лучшую сходимость модели. Стабильное уменьшение функции потерь свидетельствовало о том, что нейронная сеть эффективнее учится на данных с 60 временными шагами (60 последних измерений с 5-и минутной дискретизацией, т.е. последние данные за 5 часов), подаваемыми на вход по сравнению с 12, однако при этом время обучения на 200 эпохах увеличивалось на 50% и требовало увеличения вычислительных ресурсов.

Для оценки эффективности использованного алгоритма на базе модели ДКП выполнено её сравнение с классической моделью Хольта-Уинтерса, которая не требует таких вычислительных ресурсов. Последняя модель, являющаяся модификацией метода экспоненциального сглаживания, учитывала аддитивную сезонность с циклом в 288 периодов. Этот параметр выбран с учетом особенностей суточной изменчивости данных и 5-и минутным измерения. Оценка эффективности и точности моделей проводилась посредством анализа тестовой выборки, в которую вошли

данные о нештатных падениях давления на входе в насосную станцию, предназначенную для его повышения. На рис. 4 можно наблюдать поведение моделей долгой краткосрочной памяти и Хольта-Винтерса.

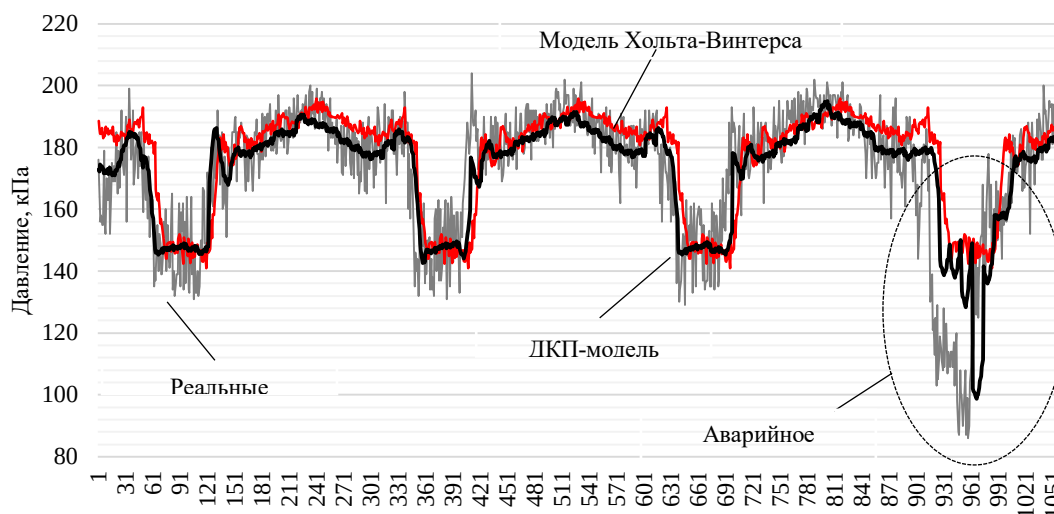


Рис. 4. Сравнение модели долгой краткосрочной памяти с моделью Хольта-Винтерса

Исследование показывает, что модель долгой краткосрочной памяти предоставляет более точные прогнозы, чем модель Хольта-Винтерса. Средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) для модели ДКП составляет 4,36%, в то время как для модели Хольта-Винтерса она достигает 6,07%. Эти результаты указывают на то, что модель рекуррентной нейронной сети демонстрирует лучшее качество и обеспечивает более точное предсказание данных по сравнению с классическими сезонными моделями.

В ходе реализации проекта по оптимизации, повышению эффективности и надежности эксплуатации систем ресурсоснабжения, незаменимая поддержка была оказана со стороны руководства и сотрудников Государственного предприятия «Гомельводоканал». Их участие в проекте способствовало не только улучшению качества и точности построения моделей, но и значительному продвижению в разработке и адаптации современных технологических решений. Глубокая благодарность выражается за предоставленную возможность сотрудничества и оказанную помощь, имеющую решающее значение для успеха проекта и продвижению научных исследований.

Источники

1. Hruntovich N.V., Kapanski A.A., Baczynski D., Vagapov G.V., Fedorov O.V. (2019). Optimization of a variable frequency drive pump working on a water tower. In E3S Web of Conferences (Vol. 124, p. 05060). EDP Sciences.

2. Оптимизация схем электроснабжения промышленных предприятий // Е.И. Грачева, Т.В. Синюкова, Т.В. Табачникова, А.Н. Алимова. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. С. 135.
3. Ezechi C.G., Okoroafor E.R. Integration of Artificial Intelligence with Economical Analysis on the Development of Natural Gas in Nigeria; Focusing on Mitigating Gas Pipeline Leakages // SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition. SPE, 2023. С. D031S018R004.
4. Zyrianoff I. et al. Scalability of an Internet of Things platform for smart water management for agriculture // 2018 23rd conference of open innovations association (FRUCT). IEEE, 2018. С. 432-439.
5. Thangavel D. et al. Performance evaluation of MQTT and CoAP via a common middleware // 2014 IEEE ninth international conference on intelligent sensors, sensor networks and information processing (ISSNIP). IEEE, 2014. С. 1-6.
6. Naik N. Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP // 2017 IEEE international systems engineering symposium (ISSE). IEEE, 2017. С. 1-7.
7. Мусаев Т.А. Использование интеллектуальных систем учета электрической энергии в целях повышения эффективности процесса тарифообразования / Т.А. Мусаев, О.В. Федоров, Р.Н. Камалиев, А.А. Капанский // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. 2020. №2. С. 68–75.
8. Liu W., Chen Z., Hu Y. Failure Pressure Prediction of Defective Pipeline Using Finite Element Method and Machine Learning Models // SPE Annual Technical Conference and Exhibition. OnePetro, 2022.
9. Долгая краткосрочная память. [Электронный ресурс]. <https://neerc.ifmo.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).

УДК 338.23

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЁРСТВО В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА РФ

Галина Анатольевна Куликова
ФГБОУ ВО «РАНХиГС», Брянский филиал, г. Брянск, Россия
KulikovaGA@yandex.ru

Аннотация: В статье оценивается роль государственно-частного партнёрства в обеспечении технологического суверенитета России с учётом принимаемых Правительством РФ и Банком России мер.

Ключевые слова: технологический суверенитет, экономическая безопасность, импортозамещение, высокотехнологичные проекты, государственно-частное партнёрство.

PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN ENSURING THE TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Galina Anatolievna Kulikova

Russian Academy of National Economy and Public Administration, Bryansk, Russia

KulikovaGA@yandex.ru

Abstract: The article assesses the role of public-private partnership in ensuring Russia's technological sovereignty in view of the measures taken by the Government of the Russian Federation and the Bank of Russia.

Keywords: technological sovereignty, economic security, import substitution, high-tech projects, public-private partnership.

Необходимость достижения технологического суверенитета является ключевым аспектом обеспечения экономической безопасности Российской Федерации в современных геополитических условиях, когда санкционное давление стран коллективного Запада на все сферы национального хозяйства страны многократно усиливается. Поэтому Правительство РФ активно ведёт работу по исполнению поручений Президента РФ в области реализации проектов по созданию отечественных грузовых и гражданских самолётов и беспилотных летательных аппаратов, морских и речных судов, тракторов, комбайнов и других видов сельскохозяйственной техники, машиностроительного, станко-инструментального и холодильного оборудования, оборудования для нефте- и газодобывающей отрасли, легковых и грузовых транспортных средств, вычислительной техники и оборудования для её производства, аппаратов для искусственной вентиляции лёгких, кардиостимуляторов, хирургических инструментов, протезов, лекарственных препаратов в целях не только импортозамещения зарубежных аналогов, но и достижения технологического суверенитета [1].

Создание технологического суверенитета страны достигается преимущественно путём перевооружения промышленного производства оборудованием, спроектированным в России и созданным полностью из отечественных узлов и деталей с учётом современных научных достижений,

отвечающих требованиям эффективности управления хозяйственными комплексами и инфраструктурной перестройки национальной экономики [2].

Первые результаты импортозамещения при производстве вычислительной техники в Российской Федерации показали, что успешное создание отечественных серверов, планшетных компьютеров и ноутбуков на основе российских процессоров возможно в процессе организации государственно-частного партнёрства. Льготный заём по ставке 1% от Фонда развития промышленности позволил российскому разработчику, не только возвести производственные мощности и разработать конструкторскую документацию, необходимое программное обеспечение, но и запустить производство [3].

Таким образом, становится очевидной целесообразность государственно-частного партнёрства в сфере создания технологического суверенитета России, осуществляемого посредством создания надёжной правовой основы и разработки Правительством страны механизма определения заказчиков и продукции, а также «дорожных карт» инфраструктурной перестройки системы хозяйствования. ЦБ РФ при этом должен обеспечить стимулирующее банковское регулирование кредитования высокотехнологичных проектов, объём которого к 2030 году должен достичь 15-20 триллионов рублей [4].

Правительством РФ планируется инвестирование 65 миллиардов рублей в 2024 году в крупные высокотехнологичные проекты в приоритетных отраслях промышленности, уровень локализации производства которых не ниже $\frac{1}{2}$ [5]. Ожидается значительный объём вложений частных компаний и государства в проекты по развитию сквозных технологий.

Источники

1. Постановление Правительства РФ «Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации» № 603 от 15.04.2023 [Электронный ресурс]. <https://www.garant.ru> (дата обращения: 25.02.2024).

2. Куликова Г.А. Анализ основных фондов в промышленном производстве // Бухгалтерский учет. 2007. № 22. С. 73-76.

3. Куликова Г.А. Перспективы импортозамещения при производстве вычислительной техники в Российской Федерации // Инновационное развитие предпринимательской деятельности региона. Сборник статей научно-практической конференции. Брянск, 2022. С. 83-87.

4. Банк России. Официальный сайт [Электронный ресурс]. <https://cbr.ru> (дата обращения 03.03.2024).

5. Портал выбора технологий и поставщиков Tadvise [Электронный ресурс]. <https://www.tadvise.ru> (дата обращения: 03.03.2024).

УДК 620.92

ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ПГУ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ И СОХРАНЕНИЕМ СУММАРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Леонид Олегович Зверев¹, Дмитрий Владимирович Липатов²

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Зверева Эльвира Рафиковна,

канд. техн. наук, доц. Злобин Владимир Германович

¹ФГБОУ ВО «СПбГУПТД», г. Санкт-Петербург, Россия

²ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹zverevleonid28@mail.ru, ²lipatow_dv@mail.ru

Аннотация: В работе рассматриваются некоторые технические решения по модернизации котлов-утилизаторов (КУ) ПГУ с целью повышения тепловой мощности ПГУ и с сохранением конструктивной, заявленной на ОРЭМ, электрической мощности. Применение блочного дожигающего устройства (БДУ) способно повысить расход и давление пара до максимального значения и благодаря этому увеличить маневренные характеристик ПГУ и увеличить установленную тепловую мощность без включения в работу дополнительного теплофикационного оборудования. Еще одним преимуществом блочного дожигающего устройства является возможность плавного регулирования тепловой мощности.

Ключевые слова: ПГУ, котел-утилизатор, мощность, расход, нагрузка, режим.

WAYS TO MODERNIZE THE CCGT THERMAL CIRCUIT WITH AN INCREASE IN THERMAL POWER AND PRESERVATION OF TOTAL ELECTRICAL POWER

Leonid Olegovich Zverev¹, Dmitry Vladimirovich Lipatov²

Scientific advisor Zvereva Elvira Rafikovna

Vladimir Germanovich Zlobin

¹SPbGUPTD, St. Petersburg, Russia

²KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹zverevleonid28@mail.ru, ²lipatow_dv@mail.ru

Abstract: The paper considers some technical solutions for the modernization of CCGT recovery boilers in order to increase the thermal capacity of the CCGT and while maintaining the constructive electrical power declared at the OREM. The use of a block afterburning device (BDU) is able to increase the flow rate and steam pressure to the maximum value and thereby increase the maneuverability characteristics of the CCGT and increase the installed thermal power without including additional heating equipment in operation. Another advantage of the block afterburning device is the possibility of smooth regulation of thermal power.

Keywords: CCGT, heat recovery boiler, power, consumption, load, mode.

Проблема дожигания топлива в котлах-утилизаторах (КУ) является актуальной для энергетики при реконструкции существующих мощностей с использованием надстроек на базе ГТУ. Применение БДУ позволяет повысить основные характеристики пара до максимального значения, благодаря чему увеличится установленная тепловая мощность без включения в работу дополнительного теплофикационного оборудования. В основу работы взяты результаты натурных испытаний блока ПГУ Казанской ТЭЦ-1 АО «Татэнерго» электрической мощностью 246 МВт и тепловой мощностью 170 Гкал/ч. Для электростанций, работающих на газовом топливе, наиболее эффективным способом реконструкции является надстройка существующей паротурбинной части, которая обеспечивает существенное увеличение выработки тепла, при минимальных капиталовложениях. В схемах ПГУ конденсационного типа дожигание топлива может применяться с целью увеличения электрической мощности паротурбинной части ПГУ, стабилизации параметров генерируемого пара [1]. При сжигании дополнительного топлива в БДУ температура пара высокого давления увеличивается на 3 %, а его расход на 35 %. Дожи́гание топлива происходит в среде выходных газов ГТУ, что позволяет повысить их температуру, стабилизировать параметры генерируемого в КУ пара и повысить мощность ПГУ [2]. Изменения основных характеристик ПГУ-450 при включении в работу БДУ показаны в табл. 1.

Как видно из приведённой таблицы, в отрицательную сторону изменяются УРУТ ЭЭ (рост на 3% и составит 190 г/кВт*час) и КПД блока (снижение на 5% до значения 36,3%). Однако увеличение УРУТ ЭЭ на 3% до величины 190 г/кВт·час не является критичным для рынка электроэнергии и ее продажа будет по-прежнему прибыльной, так как порог рентабельности продаж электроэнергии находится в диапазоне 280 - 300 г/кВт·час. В итоге баланс тепловой мощности и тепловой нагрузки потребителей изменится (табл. 2).

Таблица 1

Сравнительные характеристики ПГУ – 450 без БДУ и с установленным БДУ

№ п/ п	Параметр	Без БДУ	С БДУ	Изменение (%)
1	Температура пара ВД на выходе из КУ ($t^{\circ}\text{C}$)	515	530	+3
2	Давление пара ВД на выходе из КУ (МПа)	7,86	11,16	+42
3	Средняя электрическая нагрузка в теплофикационном режиме (МВт)	450	477	+6
4	Тепловая нагрузка (Гкал*час)	237	320	+35
5	Удельный расход условного топлива по электроэнергии (УРУТ ЭЭ; г/кВт*час)	184	190	+3
6	Удельный расход условного топлива по тепловой энергии (УРУТ ТЭ; кг/Гкал)	146,2	145,4	- 0,5
7	КПД блока по электроэнергии ($\eta_{\text{ЭЭ}}$, %)	38,15	36,3	-5

Таблица 2

Баланс тепловой мощности и тепловой нагрузки потребителей

Месяц	Отпуск тепла (Гкал/час)	Тепловая мощность ПГУ, Гкал/ч (без БДУ)	Небаланс (без БДУ)	Тепловая мощность ПГУ (Гкал/час) (с БДУ)	Небаланс (с БДУ)
Апрель	347,6	237	-110,6	320	-27,6
Май	183	237	54	320	+137
Сентябрь	201	237	36	320	+119
Октябрь	356,5	237	-119	320	-36,5

Необходимо обратить внимание, что указанные в таблице 2 нагрузки являются среднемесячными приведенными нагрузками потребителей. Применение БДУ способно повысить расход и давление пара до максимального значения и благодаря этому увеличить маневренные характеристики ПГУ и увеличить установленную тепловую мощность без включения в работу ПТУ Т-250 или водогрейных котлов. Еще одним преимуществом блочного дожигающего устройства является возможность плавного регулирования тепловой мощности. Дополнительным

обоснованием необходимости применения БДУ в КУ ПГУ-450 являются климатические параметры района расположения Санкт-Петербурга (табл. 3).

Таблица 3

Климатические параметры Санкт-Петербурга

Период среднесуточной температурой воздуха	Средняя температура воздуха (°C)	Продолжительность (сут.)
$\leq 0^{\circ}\text{C}$	-5,1	139
$\leq 8^{\circ}\text{C}$	-1,8	220
$\leq 10^{\circ}\text{C}$	-0,9	239

Как видно из таблицы 3 максимальное количество дней приходится на температуры близкие к нулевой отметке и соответственно к минимальным тепловым нагрузкам и значительное количество дней данного периода может покрываться тепловой мощностью ПГУ-450 с использованием БДУ. Фактическая тепловая нагрузка потребителей уже при температуре наружного воздуха $+3^{\circ}\text{C}$ не превышает 315 Гкал/час, что обеспечивает ее покрытие работой ПГУ-450 без разворачивания в работу ПТУ-250 или водогрейных котлов КВГ (табл. 4).

Таблица 4

Баланс тепловых мощностей в апреле и октябре при эксплуатации ПГУ-450 с БДУ

Месяц	Отпуск тепла Гкал/ч	Отпуск тепла Гкал/ч с БДУ	Небаланс	Средняя температура наружного воздуха
Апрель	347,6	320	-27,6	+9
Октябрь	356,5	320	-36,5	+8

Диапазон изменения температуры первой и второй половины октября 2021 и апреля 2022 г.г. Санкт-Петербурга колеблется в диапазоне 30-31%, соответственно будет изменяться и нагрузка потребителей: 240,6-249 Гкал/час. Таким образом, максимальная мощность ПГУ-450 (237 Гкал/час) не покрывает фактическую нагрузку (среднесуточную) потребителей и для выдерживания нормального режима теплоснабжения возникает необходимость включения в работу Т-250 или водогрейного котла. При включении в работу БДУ тепловая мощность ПГУ-450 увеличивается до 320 Гкал/час, что позволяет покрыть недостающую тепловую мощность. Таким

образом, исключается работа Т-250 в режиме близком к конденсационному с УРУТ ЭЭ 350 г/кВт*час, а вся тепловая нагрузка покрывается ПГУ-450, но с несколько ухудшенным УРУТ ЭЭ равным 190 г/кВт*час. Такой состав оборудования ТЭЦ обеспечивает максимально возможную экономическую эффективность работы станции на рынке электроэнергии с полным покрытием теплопотребления. Возникающий кратковременный небаланс тепловой мощности ПГУ с работающим ПГУ можно покрыть, переходя от качественному к количественному регулированию телосети [3-5].

Выводы. 1. Применение БДУ эффективно решает проблему покрытия пиковых тепловых нагрузок в переходных периодах ОЗП (весна – лето; осень – зима).

2. Возможна длительная работа БДУ в течение всего периода работы блока ПГУ.

3. Наиболее целесообразно внедрение БДУ на блоках ПГУ, по которым истёк срок обязательств по договорам ДПМ. За счёт увеличения электрической мощности на 6% (в теплофикационном режиме) увеличивается оплата мощности в рынке КОМ.

4. Увеличение электрической мощности блока ПГУ при работе в конденсационном режиме на 11% позволяет минимизировать недопоставку мощности на ОРЭМ при температурах наружного воздуха выше + 15 градусов. 5. Несмотря на увеличение УРУТээ на 3% до 190 г/кВт*ч, производимая электрическая энергия остаётся конкурентноспособной на ОРЭМ.

Источники

1. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов. М.: Изд-во МЭИ, 2009. 584 с.

2. Верткин М.А. Совершенствование паросиловой части теплофикационных ПГУ с котлами-утилизаторами для ТЭЦ крупных городов РФ / М.А. Верткин, С.П. Колпаков, В.Е. Михайлов, Ю.Г. Сухоруков, Л.А. Хоменок // Теплоэнергетика. 2021. №3. С.34-40.

3. Зверев Л.О. Модернизация оборудования тепловых электростанций // Л.О. Зверев, В.Г. Злобин // Journal of Advanced Research in Natural Science. 2022. №17. С. 28-31.

4. Зверев Л.О. Модернизация тепловой схемы ПГУ-450 с увеличением тепловой мощности отопительных отборов и сохранения суммарной электрической мощности с помощью блочного дожигающего устройства / Л.О.Зверев, В.Г. Злобин, Д.В. Липатов, Э.Р. Зверева // Стратегия и тактика

развития производственно-хозяйственных систем: сборник научных трудов. Гомель, 2023. С. 109-111.

5. Зверев Л.О. Модернизация котлов-утилизаторов теплофикационных ПГУ Зверев Л.О., Липатов Д.В. / Л.О. Зверев, Д.В. Липатов // Энергетика и автоматизация в современном обществе: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей. Санкт-Петербург, 2023. С. 87-91.

УДК 662.769

ВОДОРОД ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Кенчадзе Олег Автандилович

Науч. рук. канд. хим. наук, проф. Гибадуллина Халида Вазыховна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

olegkencadze@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматриваются различные проблемы водородной энергетики, а также возможности их решения. Традиционные методы производства имеют ряд ограничений, а также высокие затраты на электроэнергию. Предлагается использовать новые технологии, такие как солнечные панели для производства водорода и разработка более эффективных систем хранения и перевозки.

Ключевые слова: водородная энергетика, производство, энергоэффективность, инновации, затраты, проблемы.

HYDROGEN FOR ENERGY PRODUCTION: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Kenchadze Oleg Avtandilovich

Scientific advisor Gibadullina Khalida Vazykhovna

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

olegkencadze@gmail.com

Abstract: This article discusses various problems of hydrogen energy, as well as the possibilities of their solution. Traditional production methods have a number of limitations, as well as high energy costs. It is proposed to use new technologies such as solar panels for hydrogen production and the development of more efficient storage and transportation systems.

Keywords: hydrogen energy, production, energy efficiency, innovation, costs, problems.

В нынешних реалиях водород как источник энергии привлекает внимание многих ученых из-за способности решить проблемы мирового энергетического кризиса. С каждым годом все больше государств и международных организаций признают неотложность принятия мер для поддержания углеродно-нейтральных и экологически устойчивых проектов, как и ведущие страны, которые ставят акцент на энергетический переход, а также на применение возобновляемых источников энергии.

Водород в больших количествах присутствует в природной среде, входит в состав различных органических и неорганических соединений. Например, обычная вода содержит 11,19% водорода, литосфера и гидросфера 1%. Но несмотря на это, по количеству атомов его содержание составляет 16%. В свободном состоянии водород на Земле практически отсутствует, всего 0,0001% по числу атомов, из-за его связей в решетках и молекулах различных соединений [1]. В настоящее время более 68% водорода производится из природного газа, 16% – из нефти, 11% – из угля, и 5% – из воды с использованием процесса электролиза. Такое несоответствие вызвано различием в стоимости производства водорода, так как полученный из углеводородов, обходится в 2–5 раз дешевле, чем полученный методом электролиза. Объем производства водорода в глобальном рассмотрении составляет 65 миллионов тонн, при этом объем производства водорода в России колеблется от 3 до 9,5 миллионов тонн [3].

Основные преимущества водородной энергетики можно обозначить в несколько пунктов:

- производство водорода имеет низкий процент выброса вредных веществ в атмосферу, это делает его более экологически чистым, чем традиционные источники энергии, такие как нефть, газ или уголь;
- себестоимость производства может быть невысокой, особенно в случаях постоянного спроса. Килограмм водорода стоит примерно от 2 до 10 долларов, что делает его конкурентоспособным;
- водород обладает высокой энергоэффективностью, если использовать его в топливном элементе чистота процесса достигает 99%, что означает практически нулевые выбросы [2].

Несмотря на все преимущества, существует ряд ключевых проблем, которые затрудняют внедрение водородной энергетики. Электролиз воды – традиционный и самый чистый метод производства водорода, который требует 40-50 МВтч электроэнергии на 1 тонну водорода. Тепловая способность 1 тонны водорода около 36 МВт даже при 100%-ном КПД. Из этого следует, что затраты энергии на производство водорода при электролизе выше энергетической ценности получаемого водорода. К тому же, хранение и транспортировка водорода также являются серьезными

проблемами, поскольку водород примерно в 14,5 раз легче воздуха, при температуре выше – 253 градусов по цельсию его молекулы могут просачиваться через атомарную решетку металлического контейнера [4]. Транспортируется преимущественно в газообразном состоянии по трубопроводам или в сжиженном виде в криогенных цистернах. Такие методы, как сжатие и охлаждение водорода, имеют свои ограничения в плане безопасности и эффективности [5]. Еще одним недостатком является высокая взрывоопасность при нагревании и расход большого объема чистой воды для его производства.

Одним из решений может стать использование солнечных панелей для производства водорода, что позволит использовать альтернативный источник энергии и в последствии снизить затраты на электроэнергию. На данный момент активно ведутся исследования по созданию более эффективных и безопасных систем хранения водорода, таких как композитные материалы. Представленные инновации могут привести к развитию новых технологий хранения водорода и расширить его применение в различных отраслях, включая энергетику и транспорт.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что необходимо решить ряд серьезных проблем для идеального использования водорода как чистого источника энергии. Требуется больше научных исследований, инженерных разработок и государственной поддержки, но потенциальный положительный эффект оправдывает все затраты и риски.

Источники

1. Телекова Л.Р. Водород как топливо будущего / Л. Р. Телекова, А. В. Дияковская // Научные исследования и инновации. 2021. № 2. С. 63–73.
2. Митрова Т. и др. Водородная экономика-путь к низкоуглеродному развитию // Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО. Июнь. 2019.
3. Шафиев Д.Р. Методы получения водорода в промышленном масштабе. Сравнительный анализ / Д. Р. Шафиев, А. Н. Трапезников, А. А. Хохонов // Успехи в химии и химической технологии. 2020. № 12. С. 53–57.
4. Беляев С.В., Давыдков Г.А. Проблемы и перспективы применения водорода в тепловых двигателях // Инженерный вестник Дона: Электронный научный журнал. 2019. № 8. С. 1–10.
5. Развитие водородной энергетики в России: новая энергополитика [Электронный ресурс]. delprof.ru/press-center/open-analytics/razvitie-vodorodnoy-energetiki-v-rossiinovaya-energopolitika/ (дата обращения: 04.02.2024).

6. Вафин Д.Б. Тепловые и аэродинамические параметры камеры радиации печи пиролиза углеводородов / Д.Б. Вафин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 3. С. 198-210.

7. Лисин Е.М. Техничко-экономические аспекты производства и использования водорода на тепловых электростанциях / Е. М. Лисин, А. С. Паршина, И. С. Замешаева, Д. Э. Мусаева // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т.14. №2(54). С. 120-133.

УДК 697.1

ВЫБОР МОЩНОСТИ НАГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ТЕПЛОГО ПОДОКОННИКА

Курзина Татьяна Денисовна, Крайнов Дмитрий Михайлович
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Дарья Валериевна Ракутина
ФГБОУ ВО «ИГЭУ», г. Иваново, Ивановская область
kurzina.tatyanka@mail.ru, dddkkkmmm002@mail.ru

Аннотация: Разработан новый источник отопления – «Теплый подоконник», состоящий из металлического корпуса и нагревательного элемента. Данные подоконники могут использоваться для подогрева окон большого размера, таких как: панорамные окна в жилых и общественных зданиях, окна в оранжереях, в лестничных переходах, в витринах магазинов и в бассейнах. В холодный период года на таких окнах образуется конденсат или наледь из-за недостаточного обогрева. Использование подоконников со встроенной системой отопления направлено на решение данной проблемы. В данной работе выполнен расчет мощности нагревательного элемента для теплого подоконника. Мощность нагревателя рассчитана с учетом типа стеклопакета и площади остекления.

Ключевые слова: отопление, панорамные окна, теплый подоконник, мощность нагревательного элемента.

HEATER POWER SELECTION FOR WARM WINDOW SILL

Kurzina Tatyana Denisovna, Krainov Dmitry Mikhailovich
Scientific advisor Daria Valerievna Rakutina
ISPEU, Ivanovo, Ivanovo region
kurzina.tatyanka@mail.ru, dddkkkmmm002@mail.ru

Abstract: A new source of heating has been developed - "Warm window sill," consisting from a metal case and a heating element. These windowsills can be used to heat large windows such as panoramic windows in residential and public buildings, windows in greenhouses, stairways, shop windows and swimming pools. During the cold period of the year, condensate or ice forms on such windows due to insufficient heating. The use of window sills with an integrated heating system is aimed at solving this problem. In this work, the power of the heating element for the warm window sill is calculated. The heater power is calculated taking into account the type of double-glazed unit and the glass area.

Keywords: heating, panoramic windows, warm window sill, heating element power.

Вопросы создания новых и модернизации уже существующих систем отопления не теряют своей актуальности [1, 2]. В холодный период года на окнах большого размера из-за недостаточного обогрева образуется конденсат или наледь. Как следствие окно покрывается плесенью. Кроме этого, поток холодного воздуха от окна вызывает ощущение дискомфорта. При этом производимые в настоящее время системы отопления для таких окон выглядят громоздко и не всегда вписываются в интерьер.

Предлагаемая конструкция «Теплого подоконника» (рис. 1) со встроенной системой обогрева решает не только проблему обогрева больших окон, но и придает помещению гармоничный вид. Принцип работы «Теплого подоконника» основан на естественной конвекции. Конструкция состоит из двух металлических частей: нижнего основания, которое крепится к оконному проему, и верхней крышки. Крышка может отодвигаться или подниматься вверх для обслуживания и очистки нагревательного элемента. Теплый воздух забирается под окном, проходит через нагревательный элемент с оребренной поверхностью и далее поднимается вверх вдоль поверхности окна через щель, расположенную между основанием и крышкой подоконника. Также тепловой поток идет от нагретой поверхности крышки подоконника.

Такая конструкция «Теплого подоконника» обеспечивает равномерное распределение тепла по высоте оконного проема, что способствует снижению затрат на отопление и повышению комфортных условий пребывания людей. Благодаря интеграции тепловых элементов в конструкцию подоконника, не происходит переохлаждения поверхности оконного проема, что увеличивает срок службы оконных конструкций. Разработаны два вида подоконников: на электрическом и водном обогреве [3].

Расчет мощности нагревателя для «Теплого подоконника» выполнен по известным методикам [4, 5] при выполнении условия, что температура на внутренней поверхности окна не должна опускаться ниже температуры точки

росы. Результаты расчета для разных типов стеклопакетов представлены на рис. 2. Данный график позволяет подобрать мощность нагревателя для «Теплого подоконника» в зависимости от площади оконного проема.

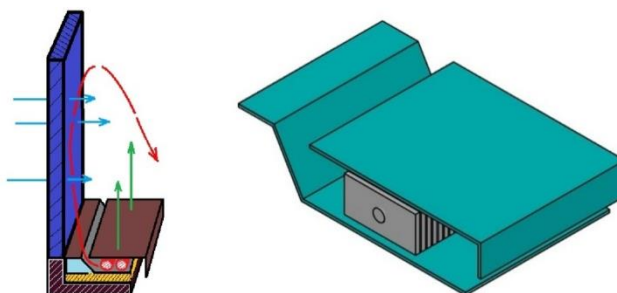


Рис. 1. Конструкция «Теплого подоконника»

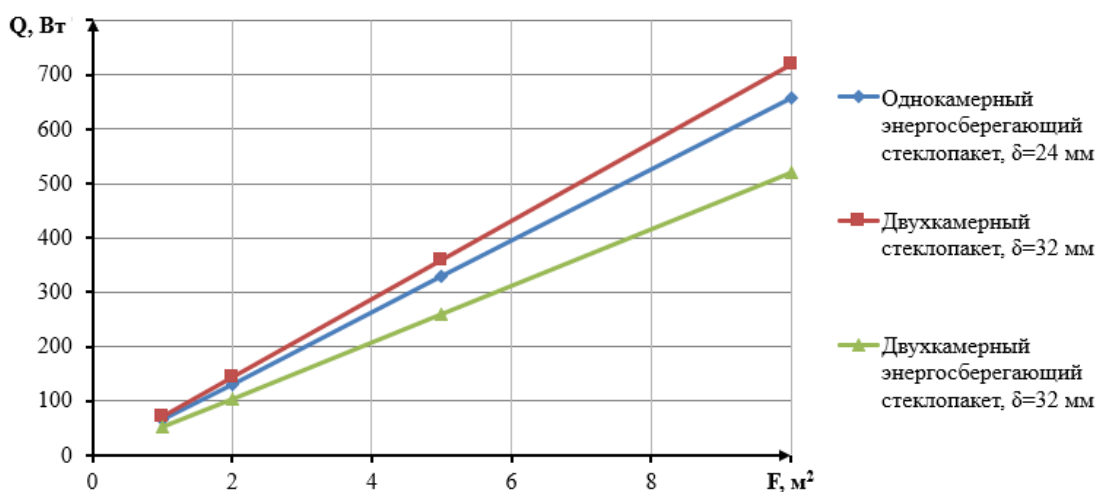


Рис. 2. Зависимость мощности нагревателя (Q) от площади оконного проема (F)

Источники

1. Горинов Ю.А. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения модернизацией ИТП / Ю.А. Горинов, П.Н. Анисимов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 3. С. 101-111.
2. Благодичнов А.В. Методика расчета энергетической эффективности, безопасности и надежности тепловых сетей / А.В. Благодичнов, М.М. Султанов, Е.В. Курьянова // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. № 3(59). С. 45-56.
3. Теплый подоконник [Электронный ресурс]. <https://pt.2035.university/project/teplyj-podokonnik> (дата обращения: 03.03.2024).
4. Бухмиров В.В., Ракутина Д.В. Справочные материалы для решения задач по курсу "Тепломассообмен": учебное пособие. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2017. 120 с.

5. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. СПб.: АВОК «Северо-Запад», 2002.

УДК 004.89

ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Олег Маратович Лаврентьев

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Мария Евгеньевна Надеждина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

oleglavrentev92@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматривается применение машинного обучения для улучшения топливно-энергетического комплекса в различных отраслях. Машинное обучение является мощным инструментом, позволяющим автоматизировать процессы принятия решений и оптимизировать работу систем. В статье представлен обзор существующих исследований и примеры успешного применения машинного обучения для улучшения ТЭК. Результаты исследований показывают, что машинное обучение может значительно повысить эффективность и энергетическую эффективность различных систем, что в свою очередь приводит к сокращению затрат и улучшению конкурентоспособности предприятий.

Ключевые слова: машинное обучение; топливно-энергетический комплекс; цифровая трансформация; искусственный интеллект; энергетика; инновации; оптимизация.

OPTIMIZATION OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX USING MACHINE LEARNING

Oleg Maratovich Lavrentiev

Scientific Director Maria Evgenievna Nadezhdina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

oleglavrentev92@gmail.com

Abstract: This article discusses the use of machine learning to improve the fuel and energy complex (fuel and energy complex) in various industries. Machine learning is a powerful tool that allows you to automate decision-making processes and optimize the operation of systems. The article provides an overview of existing research and examples of successful application of machine learning to improve the fuel and energy sector. The research results show

that machine learning can significantly improve the efficiency and energy efficiency of various systems, which in turn leads to cost reduction and improved competitiveness of enterprises.

Keywords: machine learning; fuel and energy complex; digital transformation; artificial intelligence; energy; innovation; optimization.

Топливо-энергетический комплекс объединяет отрасли, которые связаны с добычей и переработкой энергоресурсов в различные виды топлива. Данный комплекс играет важную роль в различных отраслях, таких как производство, энергетика, транспорт и другие. Улучшение топливо-энергетического комплекса является одной из приоритетных задач каждого предприятия в данных отраслях, потому что позволяет повысить эффективность, снизить затраты и улучшить конкурентоспособность предприятия [1]. К сегодняшнему дню машинное обучение становится одним из самых популярных инструментов для решения сложных заданий и оптимизации работы предприятий [2].

Для проведения исследования был проведен анализ научных работ, посвященных улучшению топливо-энергетического комплекса с помощью машинного обучения и цифровой трансформации.

Исследования показывают, что машинное обучение может быть успешно применено для улучшения топливо-энергетического комплекса в различных отраслях. В производственной отрасли с помощью машинного обучения можно оптимизировать процессы производства, прогнозировать спрос и планировать оптимальное производства. Это позволяет понизить затраты на производство, повысить качество продукции и уменьшить время доставки [3-5]. В энергетической отрасли машинное обучение может быть применено для оптимизации работы энергосистем, прогнозирования потребления энергии и оптимального распределения ресурсов. Это позволяет снизить энергетические потери, повысить энергетическую эффективность и устойчивость энергосистемы [6]. В то же время, применение машинного обучения и цифровой трансформации для улучшения комплекса имеет свои ограничения и потребности:

Во-первых, требуется наличие крупного объема данных для обучения моделей машинного обучения. Во-вторых, необходимо учитывать юридические аспекты, связанные с использованием данных и принятием автоматических решений [7].

Подводя итоги, машинное обучение является эффективным инструментом для повышения качества топливо-энергетического комплекса в различных отраслях. Машинное обучения может привести к снижению затрат, повышению эффективности и улучшению конкурентоспособности

предприятий. Однако требуется учитывать ограничения и риски, связанные с применением машинного обучения.

Источники

1. Салтанаева Е.А., Математическое моделирование и программная реализация расчетов последствий пожаро- и взрывоопасных аварийных ситуаций при обороте топлива в топливно-энергетического комплексе // Цифровизация в энергетике. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 145-153.

2. Рочева О.А., Цифровая трансформация ТЭК // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Международная научно-техническая конференция, Казань. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 123-127.

3. Панова О.В., Анализ прогнозов развития цифровой трансформации ТЭК в мире // Экономика и социум. 2021. № 11-2(90). С. 279-286.

4. Лучинкин В.Л., Зарипова Р.С. Перспективы применения нейронных сетей в энергетике // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 77-80.

5. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Применение искусственного интеллекта в сфере энергетики / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной научно-технической конференции. Казань, 2023. Т.2. С. 551-554.

6. Вейс Ю.В., Цифровая трансформация предприятий ТЭК с учетом стратегии общего и инвестиционного развития: особенности и перспективы развития // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 61-6. С. 53-56.

7. Горбачева А.А., Потенциал цифровой трансформации отраслей российского ТЭК // Modern Economy Success. 2019. № 1. С. 20-27.

УДК 004.9

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ

Максимович Анна Аркадьевна, Савко Татьяна Константиновна

БНТУ, ФММП, г. Минск, Республика Беларусь

Maksimovich.hanna@mail.ru, savtk@yandex.ru

Аннотация: В данной статье рассмотрены перспективы развития глобального рынка блокчейн технологии в энергетике, преимущества использования технологии распределенного реестра, а также перспективные направления её внедрения в энергетической отрасли.

Ключевые слова: блокчейн; технология распределенного реестра; энергетика; инновации; токенизация; смарт-контракт.

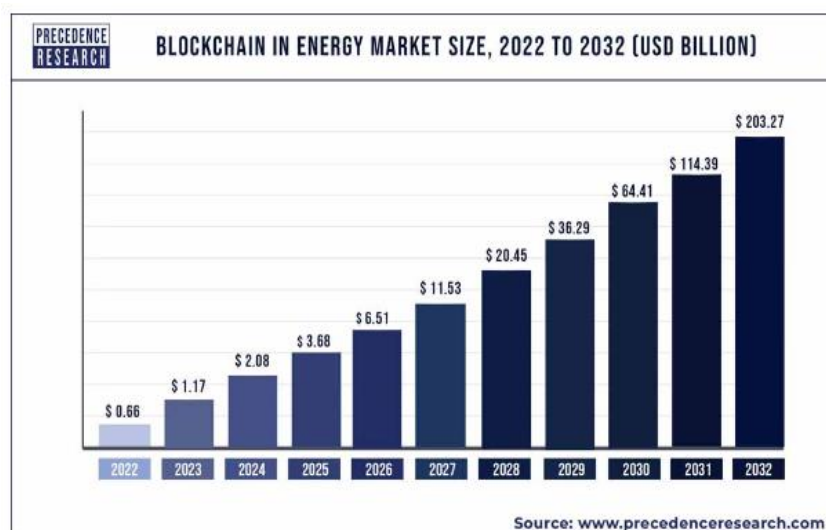
PROSPECTS FOR IMPLEMENTING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE ENERGY INDUSTRY

Maksimovich Hanna Arkadyevna, Savko Tatyana Konstantinovna
BNTU, FMME, Minsk, Republic of Belarus
Maksimovich.hanna@mail.ru, savtk@yandex.ru

Abstract: This article discusses the prospects for the development of the global market for blockchain technology in the energy sector, the advantages of using distributed registry technology, as well as promising directions for its implementation in the energy industry.

Keywords: blockchain; distributed ledger technology; energy; innovation; tokenization; smart contract.

В настоящее время технология распределенного реестра (DLT) становится драйвером инноваций в энергетической отрасли. Так, объем глобального рынка блокчейн в энергетической отрасли оценивался в 0,66 миллиарда долларов США в 2022 году, и, как ожидается, к 2032 году он достигнет около 203,27 миллиарда долларов США, а среднегодовой темп роста составит 77,3% в период с 2023 по 2032 год, что представлено на рисунке [3].



Объем глобального рынка блокчейн в энергетической отрасли

К основным преимуществам внедрения технологии блокчейн в энергетике относят следующие:

- Снижение издержек – технология блокчейн может помочь организовать взаимодействие участников энергетической системы, устраняя неэффективность во всей цепочке взаимодействия, тем самым позволит привести к значительной экономии средств.

- Открытость сети – позволяет повышать прозрачность информации в сети, которая обеспечивается тем, что каждый участник данной сети блокчейнов имеет свою собственную копию реестра блокчейна.

- Децентрализация – децентрализованный характер блокчейна означает, что одноранговые сети, основанные на этой технологии, могут работать без необходимости контроля со стороны центрального органа.

- Цифровизация – технология блокчейн предоставляет возможность оцифровывать физические активы. Так, с помощью смарт-контрактов любой актив можно оцифровать и сохранить в блокчейне в виде токенов [4].

Таким образом, внедрение технологии распределенного реестра в энергетику создаст условия для развития таких перспективных направлений как: оптовая дистрибуция энергии, одноранговая торговля энергией, токенизация энергии.

Оптовая дистрибуция энергии.

Системы на основе блокчейна могут устранить необходимость в посредниках, подключая пользователей напрямую к сети. В результате чего, пользователи смогут получать электроэнергию по оптовым ценам, что значительно снизит их счета за коммунальные услуги.

Одноранговая торговля энергией.

Блокчейн мог бы продвинуть концепцию продажи излишков энергии в сеть, обеспечивая работу одноранговых сетей отдельных поставщиков и покупателей электроэнергии. Платформы на основе блокчейна могут использоваться для отслеживания запасов энергии, а также для обработки транзакций между потребителями и поставщиками энергии с помощью смарт-контрактов.

Токенизация энергии.

Токенизация подразумевает под собой «оцифровку» избыточной энергии в виде токенов, которые в дальнейшем можно будет легко обменивать или конвертировать обратно в энергоснабжение. Такая новация может революционизировать способы доступа потребителей, получения и использования энергии. Это могло бы обеспечить удобные схемы оплаты по мере использования и спровоцировать появление новых типов торговых площадок, на которых «энергетические токены» будут обмениваться как товары [5].

Таким образом, технология блокчейн может произвести революцию в энергетической отрасли, предоставив безопасную и прозрачную платформу для транзакций и управления данными.

Однако коммерциализацию этих приложений замедляет ряд проблем, в том числе устаревшее законодательство, медленные темпы адаптации традиционной энергетической отрасли и риски, связанные с новыми, непроверенными технологиями.

Источники

1. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» [Электронный ресурс]. <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения: 08.03.2024).
2. «Вестник КГЭУ» [Электронный ресурс]. <https://vkgeu.ru/> (дата обращения: 08.03.2024).
3. Precedence Research. Blockchain in Energy Market [Электронный ресурс]. <https://www.precedenceresearch.com/blockchain-in-energy-market> (дата обращения: 20.02.2024).
4. Blockchain Facts: What Is It, How It Works [Электронный ресурс]. <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp> (дата обращения: 08.03.2024).
5. PwC global power & utilities [Электронный ресурс]. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/assets/pwc-blockchain-opportunity-for-energy-producers-and-consumers.pdf> (дата обращения: 20.02.2024).

УДК 168.2

ЛОГИКО-СЕМАНТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОНЯТИЯ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ»

Сергей Иванович Ладушкин

Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации,
г. Санкт-Петербург, Россия
modus112@gmail.com

Аннотация: В статье представлен логико-семантический анализ понятия «технологический суверенитет», прослежена смысловая этимология и концептуальные перспективы употребления понятия «технологический суверенитет» в научном и политическом дискурсе.

Ключевые слова: понятие, концепт, семантический анализ, технологический суверенитет, энергетическая безопасность.

LOGICAL AND SEMANTIC ASPECTS OF THE CONCEPT OF "TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY"

Sergey Ivanovich Ladushkin

St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation,

St. Petersburg, Russia

modus112@gmail.com

Abstract: The article presents a logical and semantic analysis of the concept of "technological sovereignty", traces the semantic etymology and conceptual perspectives of the use of the concept of "technological sovereignty" in scientific and political discourse.

Keywords: concept, concept, semantic analysis, technological sovereignty, energy security.

Тема технологического суверенитета России представлена в информационном пространстве нашей страны на всех возможных уровнях и во всевозможных форматах. Особенно актуальной стала эта тема в связи с известными военно-политическими событиями последних лет. Идеи укрепления суверенитета стали обретать зримые очертания, когда страна столкнулась с беспрецедентными санкциями со стороны международного сообщества.

Обратимся к ключевым элементам самой идеи технологического суверенитета в двух взаимосвязанных семантических аспектах, понятийном и концептуальном. В информационном поле современной России идея суверенитета вообще (и технологического суверенитета в частности) представлена скорее на правах идеологемы, которая постепенно вытесняется из области научного дискурса, приобретая черты мифологемы.

В логике понятийная мысль фиксирует существенные (общие и отличительные) признаки предмета посредством выделения его количественно-качественных характеристик, помещая рассматриваемое понятие в таксономический ряд родовидовых понятий. Понятие суверенитета вошло в обиход социальной философии и политических наук в XVI веке с подачи французского ученого и общественного деятеля Жана Бодена [1]. В классическом варианте суверенитет как понятие обозначал неограниченную власть сюзерена в рамках феодально-ленного права, что коренным образом отличалось от власти вассальных правителей, подчиненных верховному монарху [2].

В концептуальном плане понятие суверенитета в классической европейской традиции имело дополнительный смысловой оттенок приоритета внутренней власти над внешними влияниями, невозможности вмешательства иных политических, государственных и военных сил во внутренние дела государства, при том что сам правитель-сюзерен имеет ничем не ограниченные властные полномочия внутри государства. По мере того, как в Новое время развивались науки и технологии, идея суверенитета ставится все более реакционной, сдерживающей обмен новыми политическими, экономическими и технологическими идеями [3].

В новейшее время, когда мир вступил в эпоху глобализации, понятие государственного суверенитета все чаще стало рассматриваться в концептуальной перспективе архаичного и постепенно изживающего себя явления на международной арене. Через волны политических и научно-технических революционных цивилизованное человечество постепенно пришло к осознанию того, что мир в своих необходимых и очищенных от исторических случайностей тенденциях един, хотя и многополярен. Идея суверенитета в условиях непрерывного обмена идеями и ресурсами между государствами стала приобретать иные очертания, не противопоставляющие государственную самостоятельность народа другим государствам, но размыкающие условные границы разделений между странами и народами. Истинный суверенитет стал мыслиться в новейшее время как включенность и интеграцию любых национально-политических и национально-экономических образований в единое международное пространство взаимодействия стран в соответствии с их естественным уровнем политико-экономического развития [4].

В этом смысле технологический суверенитет мыслится сейчас не как альтернатива международным технологическим процессам и тенденциям развития, но как органическая включенность конкретной страны в общее технологическое развитие человечества. Попытки же отдельных политических сил оградить влияние мирового научно-технического прогресса на собственный народ и страну свидетельствуют о регрессивном изоляционизме, о стремлении любой ценой удержать свою неограниченную власть сюзерена над теми процессами, которые давно уже перестали находиться в исключительной юрисдикции отдельных лиц и даже международных корпораций. Реальной подоплекой подобных тенденций в обществе является всегда стремление властных элит продлить свое правящее влияние на общество с целью безграничного и корыстного распоряжения его ресурсами [5].

Отдельно стоит отметить взаимосвязь современного понимания технологического суверенитета с международным правом. Поскольку наука

и технология в настоящее время представляют собой транснациональные формы активности, они предполагают приоритет международного права над национальным законодательством отдельного государства. Только так может быть обеспечена академическая мобильность научно-производственных кадров, необходимая для непрерывного обучения и повышения квалификации научно-педагогических работников, циркуляция передовых технологий, которые пересекают грани и границы лишь в тех случаях, если внутренняя система законодательства отдельного государства согласована с нормами международного права, руководствуется приматом общего права над частными нормами. Без этого государственный и технологический суверенитет превращается из прогрессивного фактора развития страны в условие для изоляционизма, коррупции, ксенофобии и глубокого технологического застоя, ведущего к цивилизационной отсталости государства, ставшего на путь политической и технологической изоляции.

Источники

1. Wheatley N. The Life and Death of States: Central Europe and the Transformation of Modern Sovereignty. Princeton University Press.: Princeton. 2023. 425 pp.
2. Diesen G. Great Power Politics in the Fourth Industrial Revolution: The Geoeconomics of Technological Sovereignty. I.B. Tauris.: Bloomsbury. 2021. 273 pp.
3. Sakurai T., Zamboni M. Can Human Rights and National Sovereignty Coexist? Routledge.: London. 2023. 280 pp.
4. Wojczewski T. The Inter- and Transnational Politics of Populism: Foreign Policy, Identity and Popular Sovereignty. Palgrave Macmillan.: Cham. 2023. 356 pp.
5. Grant P. Technological Sovereignty: Forgotten Factor in the 'Hi-Tech' Razzamatazz // Prometheus, Vol. 1, № 2, 1983. pp. 239–270.

УДК 697.9

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОЗДУХА В СИСТЕМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ

Михальцов Даниил Андреевич, Головкин Илья Алексеевич
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Дарья Валериевна Ракутина
ФГБОУ ВО «ИГЭУ», г. Иваново, Ивановская область
jetnt123456@gmail.com

Аннотация: Предложено конструктивное решение для эффективного обеззараживания воздуха в системах приточно-вытяжной вентиляции с рециркуляцией – ультрафиолетовый модуль «Сверчок». Модуль представляет из себя каркас из нержавеющей стали, на котором смонтированы бактерицидные лампы. Работой модуля можно управлять через специально разработанное мобильное приложение. УФ-модули легко встраиваются в существующие и проектируемые системы приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования на участках воздуховодов.

Ключевые слова: обеззараживание воздуха, ультрафиолетовый модуль, мобильное приложение, система вентиляции, рециркуляция.

VENTILATION AIR DISINFECTION

Mikhaltsov Daniil Andreevich, Golovkin Ilya Alekseyevich

Scientific advisor Daria Valerievna Rakutina

ISPU, Ivanovo, Ivanovo region

jetnt123456@gmail.com

Abstract: A design solution has been proposed for effective disinfection-living of air in supply and exhaust ventilation systems with recirculation - the "Cricket" ultraviolet module. The module is a frame made of stainless steel, on which bactericidal lamps are mounted. The operation of the module can be controlled through a specially designed mobile application. UV modules are easily integrated into the existing and designed supply and exhaust ventilation and air conditioning systems in the duct sections.

Keywords: air disinfection, ultraviolet module, mobile application, ventilation system, recirculation.

Внедрение автоматизированного управления и контроля в системах вентиляции является актуальной задачей [1, 2]. Основным источником микробиологического загрязнения воздуха в помещении являются люди, находящиеся в помещении. Существующие системы вентиляции не всегда обеспечивают должный уровень очистки воздуха от вредных микроорганизмов, бактерий и вирусов. В данной работе предложена конструкция встраиваемого ультрафиолетового модуля «Сверчок» для системы приточно-вытяжной вентиляции [3]. УФ-модуль предназначен для обеззараживания воздуха ультрафиолетом в системах вентиляции и кондиционирования помещений с целью предотвращения распространения микроорганизмов, передаваемых воздушно-капельным путем. Обеззараживание воздуха в системе вентиляции может применяться в медицинских учреждениях, на предприятиях сельского хозяйства, пищевой и фармацевтической промышленности, в школах, детских садах, учреждениях

дополнительного образования, промышленных предприятиях и везде, где есть система приточно-вытяжной вентиляции и заинтересованность в снижении заболеваемости [4, 5].

УФ-модуль «Сверчок» (рис. 1) представляет из себя каркас (1) из нержавеющей стали, на котором смонтированы бактерицидные ультрафиолетовые лампы (2). Внутри корпуса (3) смонтированы блоки питания, управления и контроля. Модуль может управляться через мобильное приложение, которое позволяет включать и выключать лампы, регулировать режим работы, сообщать об аварии, о сроке замены и очистки ламп.

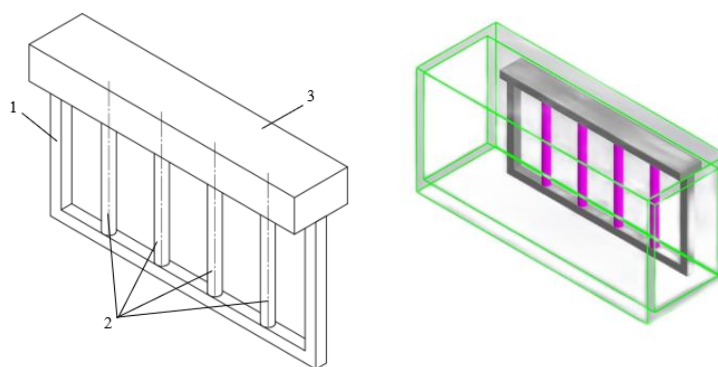


Рис. 1. Схема обеззараживающего ультрафиолетового модуля для системы вентиляции «Сверчок»

Блок питания УФ-модуля состоит из электронного пускорегулирующего аппарата, обеспечивающего электрическое соединение газоразрядной лампы и сети напряжением 220 В. К блоку питания можно подключать заданное количество бактерицидных ламп.

Блок управления и контроля с датчиками предназначен для установки режима работы УФ-модуля, автоматического включения и выключения бактерицидных ламп по заданной программе, корректировки режима работы, информирование пользователя о работе и состоянии бактерицидных ламп, передачу информации и управление по WiFi или Bluetooth. Также блок управления обеспечивает световую индикацию работы УФ-модуля, вывод информации о количестве отработанного лампами времени, количестве включений.

Ультрафиолетовый модуль «Сверчок» может легко встраиваться в воздуховоды системы приточно-вытяжной вентиляции и обеспечивает эффективную очистку воздуха от вредных микроорганизмов. Например, если в существующей системе приточно-вытяжной вентиляции оборудовать смесительную камеру с УФ-модулем «Сверчок», в результате часть удаляемого воздуха будет смешиваться с новым поступающим потоком, тем

самым значительно снижая нагрузку на калорифер для подогрева поступающего воздуха (до 70%). При этом воздух, поступающий в помещение, будет очищен от патогенных микроорганизмов.

Источники

1. Иванова, В.Р. Разработка алгоритма для эффективного управления технологическим процессом промышленного предприятия на базе программируемого логического контроллера TM171PDM27S Schneider Electric / В.Р. Иванова, В.В. Новокрещенов, Н.В. Роженцова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 75-85.
2. Ротач, Р.Р. Методика расчета энергетических показателей энергокомплекса, включающего промышленно-отопительную котельную и винтовую расширительную машину / Р.Р. Ротач, Ю.В. Ваньков, Р.Н. Валиев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. Т. 15, № 2(58). С. 3-15.
3. Технология обеззараживания воздуха в системах вентиляции «Сверчок» [Электронный ресурс]. https://pt.2035.university/project/obezzarazivanie-vozduha-v-sisteme-ventilacia?_ga=2.90032664.204081254.1710089428-16188562.1697460446 (дата обращения: 07.03.2024).
4. Руководство Р 3.5.1904–04. «Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях». М., 2004.
5. СП 118.13330.2012. «Общественные здания и сооружения» Актуализированная редакция СНиП 31–06– 2009, М., 2019.

УДК 621.313

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕСУРСА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Махбуба Едгоровна Комилова

Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета им.
академика М.С. Осими, г. Худжанд, Республика Таджикистан
komilova.makhbuba@mail.ru

Аннотация: В статье для исследования были использованы методы анализа технологических процессов насосных станций, методы математического и компьютерного моделирования систем электропривода насосных станций. Разработана компьютерная модель для исследования режимных характеристик асинхронных электроприводов насосных станций при прямом и плавном пуске электродвигателей. По результатам исследования предложена система безударного пуска высоковольтных электродвигателей насосных станций первого подъема на основе инвертора тока. Предложенная система безударного пуска высоковольтных электродвигателей насосных станций, позволяет устранить негативное воздействие пусковых переходных процессов на работу электрооборудования.

Ключевые слова: насосная станция, электропривод, асинхронный двигатель, синхронный двигатель, инвертор тока.

DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL FOR EVALUATING METHODS INCREASING THE TECHNICAL RESOURCE OF ELECTRICAL EQUIPMENT PUMPING STATIONS

Makhhuba Edgorovna Komilova

Khujand Polytechnic Institute TTU named academician M.S. Osimi, Khujand, Republic of Tajikistan

komilova.makhhuba@mail.ru

Abstract: In the article, the research used methods for analyzing technological processes of pumping stations, methods of mathematical and computer modeling of electric drive systems of pumping stations. A computer model has been developed to study the operating characteristics of asynchronous electric drives of pumping stations with direct and soft start of electric motors. Based on the results of the study, a shockless starting system for high-voltage electric motors of first-lift pumping stations based on a current inverter was proposed. The proposed system of shockless starting of high-voltage electric motors of pumping stations eliminates the negative impact of starting transient processes on the operation of electrical equipment.

Keywords: pumping station, electric drive, asynchronous motor, synchronous motor, current inverter.

Оросительные насосные станции в основном, служат для орошения сельскохозяйственных земель и, как потребитель, электроэнергии они входят в первую категорию надежности электроснабжения [1, 2]. В крупных оросительных насосных станциях установлены крупные асинхронные и синхронные электродвигатели.

Известно, что для каждого крупного электродвигателя по инструкции завода изготовителя, указывается допустимое число пусков в год, которого

необходимо строго соблюдать [3, 4]. Таким образом, в работе оросительных насосных станций возникают проблемы связанные принятием мер по повышению надежности и технического ресурса электрооборудования оросительных насосных станций без ущерба на ее технологический процесс. Внедрение современных систем в ЭП позволяет экономить электроэнергию и увеличивать технический ресурс электрооборудования. В настоящее время для решения указанных проблем широко применяют частотно-регулируемые электроприводы [5].

Перспективным способом плавного пуска высоковольтных двигателей является использование инвертора тока на базе тиристоров, где на выходе преобразователя формируется ток определенной формы, но форма напряжения будет, зависит только от нагрузки. Регулирование или ограничение тока при пусковых режимах электродвигателей является важной задачей, так как ток является одним из основных, воздействующих параметров на условия пуска. Поэтому необходимо детально исследовать данный способ плавного пуска, чтобы выявить его возможности и преимущества.

Первым этапом при проведении исследований является применение метода компьютерного моделирования, при помощи которого можно получить графики переходных процессов основных параметров электропривода, таких, как токи статора, скорость и электромагнитный момент двигателя.

Для исследования данного способа, выполнено компьютерное моделирование и разработанная компьютерная модель приведена на рисунке 1, а результаты показаны на рисунке 2.

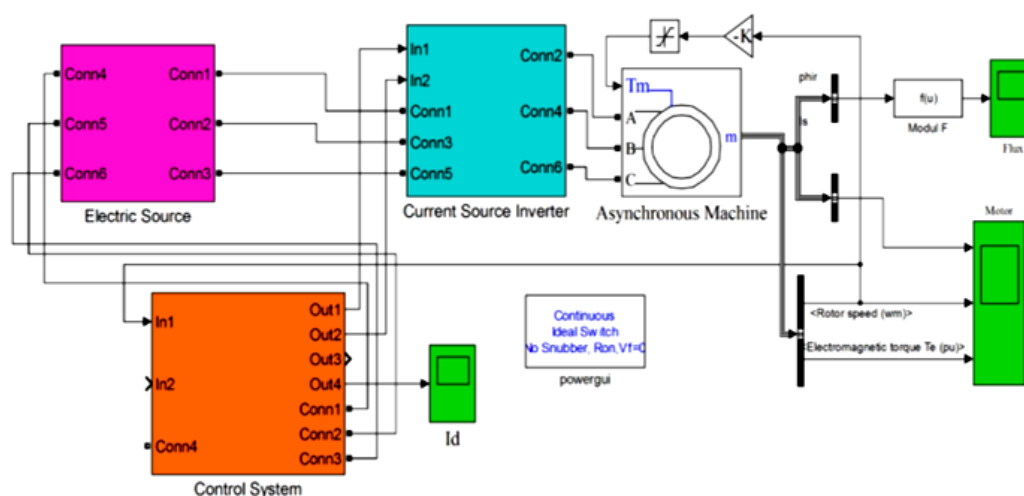


Рис. 1. Модель для исследования пускового режима АД с инвертором тока

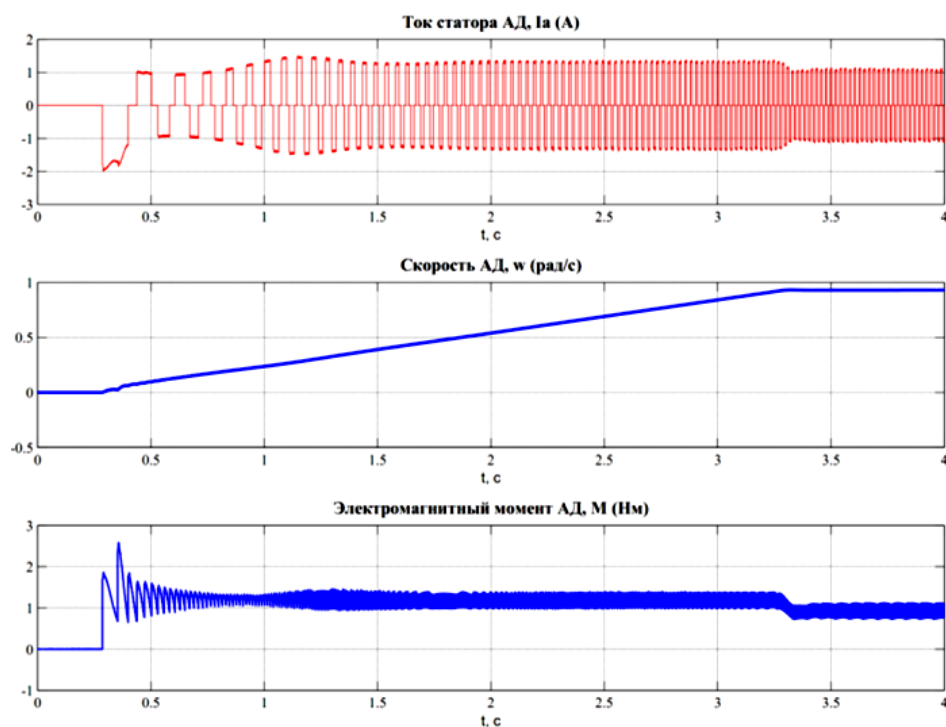


Рис. 2. Графики параметров асинхронного двигателя при пуске с инвертором тока

Графики переходных процессов (рис. 2) асинхронного двигателя при пуске с инвертором тока показывает, что пусковой ток практически устранен и составляет 1,30 кратное значение от номинального тока асинхронного двигателя. Другой особенностью пуска асинхронного двигателя с инвертором тока заключается в том, что полностью устранена знакопеременные колебания электромагнитного момента двигателя, что способствует уменьшения вибрации в машине и увеличению прочности ее механических частей [2, 5].

Источники

1. Ларионов В.Н., Калинин А.Г. Энергоэффективность и энергосбережение в электроприводах с вентиляторной нагрузкой. Чебоксары: Изд-во. Чуваш. Ун-та, 2012. 146 с.
2. Вохидов А.Д. К вопросу о задачах повышения надежности системы электроснабжения насосной станции первого подъема / А. Д. Вохидов, Ш. Т. Дадабаев, Ф. М. Разоков // Надежность. 2016. Т. 16, № 4(59). С. 36-39.
3. Дадабаев Ш.Т. Компьютерное моделирование нагрева синхронных электроприводов насосных агрегатов при различных способах пуска // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): труды Международной научно-технической конференции. Самара: Самарский научный центр РАН, 2017. С. 76-80.

4. Дадабаев Ш.Т. Исследование пусковых переходных процессов высоковольтного синхронного электропривода с учетом нагрева и жаркого климата // Энергетические системы. 2017. № 1. С. 179-184.

5. Дадабаев Ш.Т. Перспективы внедрения регулируемых электроприводов в насосных агрегатах большой мощности // Энергетик. 2015. № 7. С. 31-33.

УДК 368.02

СТРАХОВАНИЕ ТОПЛИВНО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ РЫНКА

Куприянов Борис Дмитриевич

Науч. рук. канд. экон. наук, доцент Дорожкин Алексей Владимирович

Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва, Россия

218859@edu.fa.ru

Аннотация: В статье анализируются виды страхования, а также инструменты цифровизации, которые влияют на страхование топливно-энергетического комплекса. ТЭК можно принять на страхование по следующим видам страхования: обязательное страхование опасных производственных объектов, гражданской ответственности и страхование имущества. Применение цифровизации позволяет клиенту собрать предложения из нескольких страховых компаний, выбрать требуемую страховую сумму, покрытия рисков, а также в отдельных случаях оформить полис через интернет или мобильное приложение страховщика, страховщик в свою очередь может получить более обширную статистику о клиенте и объекте, который рассматривается на страхование.

Ключевые слова: страхование, ОСОПО, гражданская ответственность, цифровизация.

INSURANCE OF FUEL AND ENERGY COMPLEXES IN THE CONDITION OF MARKET DIGITIZATION

Kupriyanov Boris Dmitrievich

Scientific hands Dorozhkin Alexey Vladimirovich

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

218859@edu.fa.ru

Abstract: The article analyzes types of insurance, as well as digitalization tools that affect the insurance of the fuel and energy complex. The fuel and energy complex can be

accepted for insurance under the following types of insurance: compulsory insurance of hazardous production facilities, civil liability and property insurance. Keywords: model, asynchronous electric drive, recuperation, matrix frequency converter, energy efficiency. The use of digitalization allows the client to collect offers from several insurance companies, select the required insurance amount, risk coverage, and also, in some cases, issue a policy via the Internet or the insurer's mobile application; the insurer, in turn, can obtain more extensive statistics about the client and the object being considered insurance.

Keywords: insurance, compulsory public safety insurance, civil liability, digitalization.

Нефтегазовый комплекс России является одним из самых важных структур экономики, является основным источником валютных и налоговых поступлений страны [1]. Стоит отметить, что рынок активно развивается и является для России одним из приоритетных. Для данной отрасли возможно страхование: имущества, машин и механизмов, нефтепроводов и газопроводов, нефти как груза, разработки и эксплуатации нефтяных и газовых скважин, гражданской ответственности.

Цифровое страхование – это способ удовлетворения традиционной или специфической (порожденной цифровизацией) потребности в страховой защите посредством цифровых технологий [2]. В данном контексте возможно онлайн оформление полисов, также инструменты телематики при оценке объектов.

Отметим, что отрасль ТЭК рассматривается в качестве одной из самых высокорисковых отраслей в экономике России не только этим автором [3]. К основным рискам нефтегазовой отрасли можно отнести: технико-эксплуатационные, износ инфраструктуры, человеческий фактор, стихийные бедствия и угрозы терроризма.

ТЭК можно застраховать как обязательное страхование опасных производственных объектов, которое регулируется федеральным законом [4]. Благодаря доступной информации, будущий клиент сможет самостоятельно рассчитать стоимость страхового полиса, используя таблицу с вилкой тарифов.

Рынок экологического страхования оценивается примерно в 2 млрд долл. в виде ежегодных премий с двузначным ростом, опережая ежегодные темпы роста рынка общего имущества и страхования от несчастных случаев [5]. Для обеспечения безопасности на объектах ТЭЦ требуется страхование, описанное выше.

Источники

1. Астапенко Е.О. Страхование нефтегазовой отрасли // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 12-3 (70). С. 6-12.

2. Цыганов А.А., Брызгалов Д. В. Цифровизация страхового рынка: задачи, проблемы и перспективы // Экономика. Налоги. Право. 2018. № 2. С. 111-120.

3. Хабаров А.А. Развитие сегмента страхования топливноэнергетического комплекса в обеспечении экономической безопасности РФ // Journal of Legal and Economic Studies. 2020. № 4. С. 241–244.

4. Федеральный закон «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» от 27.07.2010 № 225-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 27.07.2010. № 225.

5. Ермолаева А.С., Кулумбегова А.В. Страхование экологических рисков ТЭК: опыт, проблемы и перспективы развития // Страховое дело. 2021. № 1. С. 38-44.

УДК 681.511

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ГРАДИЕНТНЫМ АЛГОРИТМОМ УПРАВЛЕНИЯ

Николай Анатольевич Малёв

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

maleeev@mail.ru

Аннотация: К позиционным следящим электроприводам предъявляются повышенные требования по точности и стабильности динамических характеристик в изменяющихся условиях функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов. В этой связи исследование работоспособности и качества функционирования следящих электроприводов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях и изменяющихся параметрах является актуальной и важной задачей. Целью данной работы является анализ динамических характеристик следящего электропривода с алгоритмом управления, обеспечивающего свойства малой чувствительности к параметрическим и координатным возмущениям и формирование соответствующих рекомендаций по результатам математического моделирования процессов управления.

Ключевые слова: следящий электропривод, градиентный алгоритм, чувствительность, возмущения, моделирование.

RESEARCH OF DYNAMIC CHARACTERISTICS SERVO DRIVE WITH GRADIENT CONTROL ALGORITHM

Nikolay Anatolievich Malev

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Republic of Tatarstan

maleev@mail.ru

Abstract: Positional servo electric drives are subject to increased requirements for the accuracy and stability of dynamic characteristics under changing operating conditions of electrical complexes, systems, their components. The study of the performance and quality of functioning of servo electric drives in various modes, under various external influences and changing parameters, is a relevant and important task. The purpose of this work is to analyze the dynamic characteristics of a servo electric drive with a control algorithm that provides properties of low sensitivity to parametric and coordinate disturbances and to formulate appropriate recommendations based on the results of mathematical modeling of control processes.

Keywords: servo drive, gradient algorithm, sensitivity, disturbances, modeling.

Исследование динамических характеристик электромеханических преобразователей в составе регулируемых электроприводов с применением методов теории чувствительности [1-3] позволяет утверждать, что дестабилизирующие воздействия в виде параметрических возмущений вызывают существенные изменения выходных координат электроприводов как в переходном, так и в установившемся режимах. Влияние дестабилизирующих факторов приводит к ухудшению показателей качества функционирования следящих электроприводов, нарушает точностные характеристики. Системы управления электроприводов, синтезированные с применением метода подчиненного регулирования и других способов последовательной коррекции [4-7], обеспечивают заданные показатели качества при номинальных значениях параметров. При этом электроприводы оказываются чувствительными к параметрическими возмущениям и в данных условиях качество и точность функционирования следящего электропривода может не соответствовать предъявляемым требованиям [8, 9]. Обеспечить поддержание требуемого качества функционирования при влиянии дестабилизирующих факторов сравнительно простыми средствами позволяет алгоритм управления, сформированный с применением эталонной модели и градиентного способа вычисления управляющего воздействия [10-12]. Алгоритм направлен на минимизацию соответствующего функционала показателя качества и обеспечивает параметрическую инвариантность следящего электропривода, а также малую чувствительность к координатным возмущениям различной физической природы.

Математическую модель следящего электропривода можно представить как совокупность регулятора (корректирующего устройства) и неизменяемой части. Неизменяемая часть n -го порядка (объект управления) описывается передаточной функцией

$$W_o(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{B(s)}{A(s)}, \quad A(s) = s^n + \sum_{i=0}^{n-1} a_i s^i, \quad B(s) = \sum_{j=0}^m b_j s^j, \quad (m \leq n-1), \quad (1)$$

где $A(s), B(s)$ – полиномы числителя и знаменателя передаточной функции объекта управления $W_o(s)$, $X(s), U(s)$ – изображение по Лапласу выходной регулируемой координаты и управляющей функции соответственно.

Передаточной функции (1) соответствует дифференциальное уравнение

$$x^{(n)} + \sum_{i=0}^{n-1} a_i x^{(i)} = \sum_{j=0}^m b_j u^{(j)}. \quad (2)$$

Задача синтеза градиентного алгоритма управления требует выполнения следующего условия:

$$|x(t) - x_m(t)| \leq \varepsilon, \quad (3)$$

т.е. изменение регулируемой координаты $x(t)$ должно соответствовать эталонному процессу $x_m(t)$ с погрешностью, не превышающей постоянной величины ε , характеризующей динамическую точность следящего электропривода.

Синтез регулятора осуществляется на основе эталонной модели, соответствующей требуемым показателям качества функционирования электропривода. Дифференциальное уравнение эталонной модели в общем случае может быть представлено соотношением

$$x_m^{(N)} + \sum_{v=0}^{N-1} \alpha_v x_m^{(v)} = \sum_{j=0}^l \beta_j x_s^{(j)}, \quad 0 \leq l \leq N, \quad N \geq n. \quad (4)$$

При формировании эталонной модели задается необходимый порядок астатизма и формулируется условие $|x_s(t) - x_m(t)| \leq \delta, \delta < \varepsilon$, требующее, чтобы абсолютная величина рассогласования δ между задающим воздействием $x_s(t)$ и выходной координатой эталонной модели $x_m(t)$ не превышала невязки ε в выражении (3). В данном случае неравенство (3) будет гарантированно

выполняться, а переходные процессы в следящем электроприводе будут соответствовать эталонным процессам $x(t) \rightarrow x_m(t)$ с заданной точностью.

Требование $x(t) \rightarrow x_m(t)$ будет обеспечиваться наилучшим образом, если управляющая функция $u(t)$ определяется из условия, что значение функционала

$$J(u, \dot{u}, \dots, u^{(m)}) = \frac{1}{2} \left[x_m^{(n)}(t) - x^{(n)}(t, u, \dot{u}, \dots, u^{(m)}) \right]^2 \quad (5)$$

в каждый момент времени принадлежит малой окрестности экстремума-минимума.

Движение в окрестность экстремума-минимума функционала (5) организуется в соответствии с дифференциальным соотношением

$$\frac{du^{(m)}(t)}{dt} = \lambda \frac{\partial J(u, \dot{u}, \dots)}{\partial u^{(m)}}, \lambda = \text{const}. \quad (6)$$

Поскольку старшая производная выходной координаты следящего электропривода

$$x^{(n)}(t, u, \dot{u}, \dots) = \sum_{j=0}^m b_j u^{(j)} - \sum_{i=0}^{n-1} a_i x^{(i)}, \quad (7)$$

то составляющая градиента по $u^{(m)}$ запишется как

$$\frac{\partial J(u, \dot{u}, \dots)}{\partial u^{(m)}} = -b_m \left[x_m^{(n)} - x^{(n)} \right]. \quad (8)$$

Подставим (8) в (6) и получим дифференциальный закон управления

$$u^{(m+1)} = k \left[x_m^{(n)} - x^{(n)} \right], \quad k = -\lambda b_m. \quad (9)$$

Интегрируя (9) по времени $(m+1)$ раз при нулевых начальных значениях координат, окончательно получим выражение для управляющей функции

$$u = k \left[x_m^{(\gamma)} - x^{(\gamma)} \right], \quad \gamma = n - m - 1. \quad (10)$$

Запишем уравнение эталонной модели (4) в операторной форме:

$$A(s)x_m(t) = B(s)x_s(t), \quad (11)$$

где полиномиальные изображения

$$A(s) = s^N + \sum_{v=0}^{N-1} \alpha_v s^v, \quad B(s) = \sum_{j=0}^l \beta_j s^j.$$

Из (11) следует, что

$$x_m^{(N)}(t) = B(s)x_s(t) - A'(s)x_m(t), \quad A'(s) = A(s) - s^N. \quad (12)$$

Производная выходной координаты эталонной модели n -го порядка $x_m^{(n)}$ вычисляется с учетом состояния объекта управления. Поэтому в (12) следует выполнить подстановку $x_m(t) = x(t)$ и проинтегрировать по времени полученное равенство $(N-n)$ раз при нулевых начальных значениях координат. В результате получим

$$x_m^{(n)}(t) = \frac{1}{s^{N-n}} [B(s)x_s(t) - A'(s)x_m(t)]. \quad (13)$$

Операторное уравнение замкнутого объекта управления

$$A(s)x(t) = B(s)u(t); \quad u(t) = k \left[x_m^{(\gamma)}(t) - x^{(\gamma)}(t) \right], \quad \gamma = n - m - 1; \quad (14)$$

$$x_m^{(\gamma)}(t) = \frac{1}{s^{N-\gamma}} [B(s)x_s(t) - A'(s)x(t)].$$

Из второго и третьего уравнений (14) найдем управляющую функцию

$$u(t) = \frac{1}{s^{N-\gamma}} [B(s)x_s(t) - A(s)x(t)]. \quad (15)$$

Подставим (15) в первое уравнение (14) и запишем

$$\left[s^{N-\gamma} A(s) + kB(s)A(s)x(t) \right] x(t) = kB(s)B(s)x_s(t). \quad (16)$$

В соответствии с (16) передаточная функция замкнутой системы с градиентным алгоритмом управления

$$\Phi(s, k) = \frac{X(s)}{X_s(s)} = \frac{kB(s)B(s)}{s^{N-\gamma}A(s) + kB(s)A(s)}. \quad (17)$$

Следует отметить, что наибольший порядок производной выходной координаты в выражении для определения управляющей функции $u(t)$ равен $\gamma = n - m - 1$, т.е. при степени m числителя передаточной функции объекта управления $W_o(s)$ на единицу меньшей степени n знаменателя $\gamma = 0$ и алгоритм робастного управления (14) примет вид

$$u(t) = k[x_m(t) - x(t)], \quad x_m(t) = \frac{1}{s^N} [B(s)x_s(t) - A'(s)x(t)].$$

В данном случае для вычисления управляющей функции достаточно информации только о выходной регулируемой координате объекта управления $x(t)$. Если условие $m = n - 1$ не выполняется, потребуется измерение соответствующего количества производных выходной координаты, что не представляет существенной сложности.

Источники

1. N.A. Malev, O.V. Pogoditsky, A.M. Cvetkovich. "Features of application of sensitivity theory for analysis of influence of parametric disturbances on dynamic properties electromechanical converters", Power engineering: research, equipment, technology, 21(6), pp. 101-110, November, 2019.
2. N. Malev, A. Vasiliev and A. Cvetkovich. "Analysis of the Dynamic Characteristics of an Asynchronous Motor under Parametric Disturbances Using Sensitivity Equations", 2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2023, pp. 1-5.
3. B. C. Levy, R. Nikoukhah. "Robust state-space filtering under incremental model perturbations subject to a relative entropy tolerance", IEEE Trans. Automat. Control, 58 (2013), pp. 682–695.
4. A.A. Voda, I.D. Landau. A method for the autocalibration of PID controllers // Automatica. – 1995. – V. 31. – № 1. – P. 41–53.
5. V.E. Lysov, Y.I. Peshev. Synthesis of corrective device for a closed-loop speed control with digital speed regulator for the precision position-tracking servo drive // Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series. – 2018. – Vol. 26. – № 2. – P. 118–127.

6. S. Preitl, R.E.Precup. An extension of tuning relations after symmetrical optimum method for PI and PID controllers // Automatica. 1999. V. 35. № 10. P. 1731–1736.
7. A. O'Dwyer. PI and PID controller tuning rules for time delay processes: a summary // Proc. of the Irish signals and systems conference. N.U.I., Galway, 1999. P. 331–346.
8. J. Chandrasekar, L. Liu, D. Patt, P.P. Friedmann and D.S. Bernstein. Adaptive harmonic steady-state control for disturbance rejection. Control Systems Technology, IEEE Transactions on, 14(6), pp. 993-1007, 2006.
9. H. D. Taghirad and P. R. Belanger, "Modeling and parameter identification of harmonic drive systems, "Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, vol. 120, № 4, pp. 439–444, 1998.
10. P.D. Krutko, G.A. Chkheidze. Synthesis of control algorithms for tracking systems of high dynamic accuracy // Izv. Russian Academy of Sciences. Technical cybernetics. 1992. № 2. P. 3 – 13.
11. T. Umeno and Y. Hori, "Robust speed control of dc servomotors using modern two degrees-of-freedom controller design, "IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 38, № 5, pp. 363–368, Oct 1991.
12. Kang-Zhi Liu, Yu Yao. Robust Control: Theory and Applications. John Wiley & Sons, 2016. 460 pp.

УДК 621-31

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ В СРЕДЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИРОВАНИЕ SIMINTECH

Мартынов Александр Олегович

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Евгений Сергеевич Андреевков

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Смоленск, Россия

martinov.aleksandr.2812@gmail.com

Аннотация: Моделирование систем электроснабжения в среде SIMINTECH может помочь в исследовании работы систем электроснабжения, а также ее оптимизации. В статье рассмотрен пример модели выполненной в SIMINTECH с помощью библиотеки «ЭЦ-Динамика», которая может быть использована для выбора оборудования и уставок защит.

Ключевые слова: моделирование; модель электроснабжения; прогнозирование; оптимизация.

INVESTIGATION OF THE POWER SUPPLY SYSTEM WITH A VOLTAGE OF UP TO 1 kV IN A DYNAMIC SIMINTECH SIMULATION ENVIRONMENT

Martynov Alexandr Olegovich

Scientific advisor Andreenkov Evgeniy Sergeevich

Smolensk branch of the National Research University "MPEI", Smolensk, Russia

martynov.aleksandr.2812@gmail.com

Abstract: SIMINTECH simulation of power supply systems can help in the study of the operation of power supply systems, as well as its optimization. The article considers an example of a model made in SIMINTECH using the EC Dynamics library, which can be used to select equipment and protection settings.

Keywords: modeling; power supply model; forecasting; optimization.

Проектирование и анализ систем электроснабжения требует комплексного подхода, который позволяет учесть различные факторы, вследствие чего обеспечивается надежность и безопасность. Одним из таких подходов является динамическое моделирование, которое позволяет проводить исследования системы электроснабжения в режиме реального времени, учитывая различные воздействия.

В данной статье рассматривается система электроснабжения напряжением до 1 кВ с использованием среды динамического моделирования SimInTech. SimInTech – программа, предназначенная для математического моделирования, разработки алгоритмов управления и программирования вычислителей [1]. Расчетные схемы SimInTech представляют собой функционально-блочные диаграммы, описываемые во входо-выходных отношениях в виде систем алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений.

Для исследования системы электроснабжение напряжением до 1 кВ в среде динамического моделирования SimInTech была создана модель (рис. 2), которая включает в себя основные элементы: источник напряжения, трансформатор, автоматический выключатель, линии и нагрузки. Каждый из этих элементов представляется соответствующим блоком, параметры которого задаются в соответствии с реальными характеристиками системы.

Для примера произведем расчёт тока КЗ в точке после трансформатора (рис. 3) для этого подключим амперметр и короткозамыкатель, выберем трёхфазное КЗ (замыкание фаз a, b, c) и подключим вывод с помощью графика.

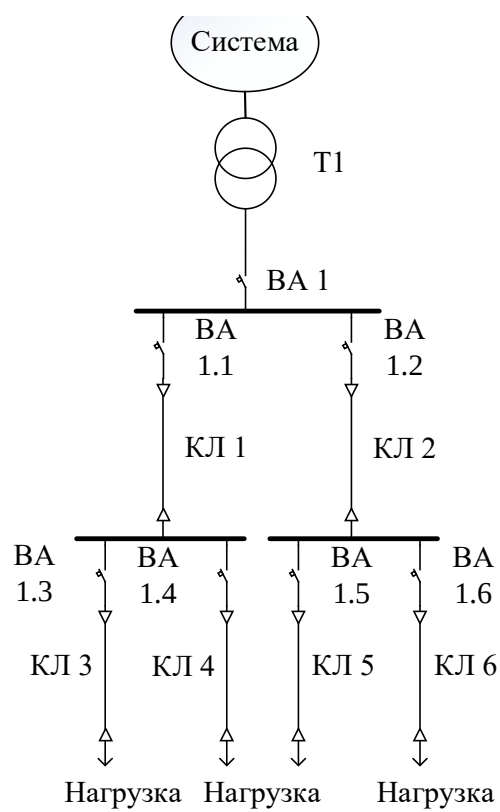


Рис. 1. Схема в обычном виде

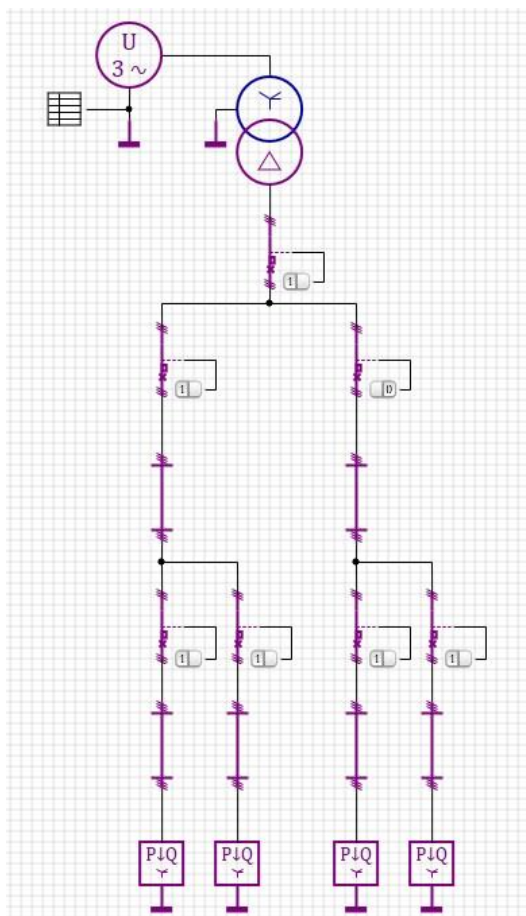


Рис. 2. Схема электроснабжения в SimInTech

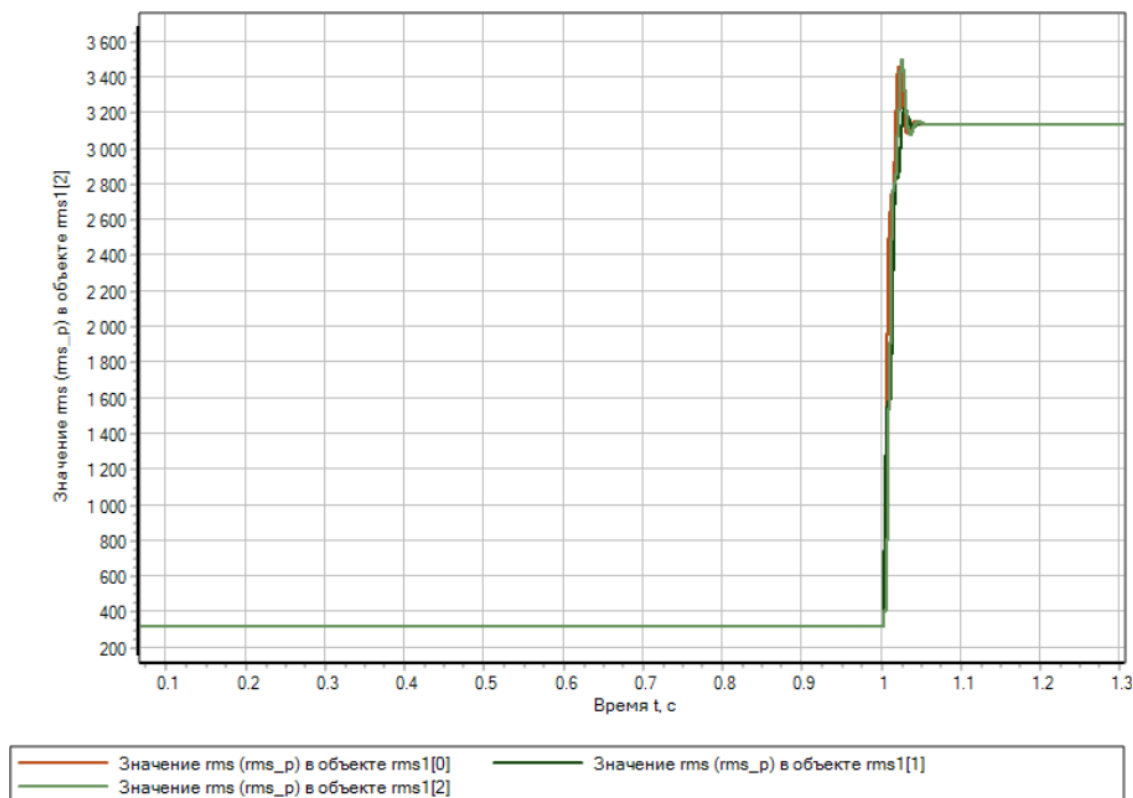


Рис. 3. Вывод результатов моделирования

Данная схема может быть использована для моделирования и анализа электрических сетей низкого напряжения. Что включает в себя:

- Исследование переходных процессов в системе электроснабжения напряжением до 1 кВ.
- Разработку и тестирование систем управления и защиты для обеспечения безопасности и надежности работы системы электроснабжения.
- Анализ влияния изменений в электрической сети на качество электроэнергии и потери энергии.

Источники

1. Справочная система SimInTech [Электронный ресурс]. <https://help.simintech.ru/> (дата обращения: 20.02.2024).
2. Карташов Е.В., Козлов Д.М., Шабает Р.Р. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech. Практикум по моделированию систем. [Текст] / Карташов Е.В., Козлов Д.М., Шабает Р.Р., 2017. 424 с.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Милованов Данила Владиславович

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Мария Евгеньевна Надеждина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

studydmk@gmail.com

Аннотация: В последние годы компьютерное зрение превратилось в революционную технологию, имеющую применение в различных отраслях. Одним из секторов, который может получить значительную выгоду от его интеграции, является топливно-энергетический сектор. От повышения мер безопасности до оптимизации процессов. Компьютерное зрение может произвести революцию в том, как мы добываем, перерабатываем и распределяем энергетические ресурсы.

Ключевые слова: машинное обучение; компьютерное зрение; топливно-энергетический комплекс; цифровая трансформация; искусственный интеллект; энергетика; инновации; оптимизация.

DIGITAL TRANSFORMATION IN THE FUEL AND ENERGY SECTOR USING COMPUTER VISION

Danila Vladislavovich Milovanov

Scientific advisor Maria Evgenievna Nadezhkina

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

studydmk@gmail.com

Abstract: In recent years, computer vision has emerged as a transformative technology with applications across various industries. One sector that stands to benefit significantly from its integration is the fuel and energy sector. From enhancing safety measures to optimizing processes, computer vision holds the potential to revolutionize how we extract, refine, and distribute energy resources.

Keywords: machine learning; computer vision; fuel and energy complex; digital transformation; artificial intelligence; energy; innovation; optimization.

Компьютерное зрение – это отрасль искусственного интеллекта, которая может автоматически анализировать и извлекать информацию из изображений. Благодаря алгоритмам компьютерного зрения можно

оптимизировать многие производственные процессы: повысить безопасность труда, снизить затраты на производство и рационально использовать человеческие ресурсы.

Технологии компьютерного зрения находят широкое применение в топливно-энергетическом секторе, облегчая удаленное наблюдение и обследование эксплуатационной инфраструктуры, такой как трубопроводы, нефтеперерабатывающие заводы и электростанции [1]. Компьютерное зрение помогает повысить безопасность, особенно в опасных средах, таких как нефтяные вышки или угольные шахты, благодаря постоянному мониторингу деятельности работников и выявлению потенциальных рисков в режиме реального времени. Используя алгоритмы на основе видео, компьютерное зрение может обнаруживать небезопасное поведение или ситуации, требующие немедленного вмешательства для предотвращения несчастных случаев [2]. Более того, интеграция таких систем в машины и производственное оборудование позволяет проводить профилактическое обслуживание, упреждающе выявляя потенциальные неисправности до того, как они проявятся [3]. Такой упреждающий подход не только сводит к минимуму время простоя, но и снижает затраты на ремонт, одновременно продлевая срок эксплуатации критически важных активов.

Также, системы компьютерного зрения могут быть применены для мониторинга окружающей среды, при котором спутниковые изображения анализируются для отслеживания изменений в землепользовании, темпах вырубки лесов и уровнях загрязнения. Эти данные оказываются полезны для информирования процессов принятия решений, оказания помощи энергетическим предприятиям в смягчении воздействия на окружающую среду и соблюдении нормативных стандартов [4].

Однако, эти достижения сопряжены с присущими им рисками. Использование передовых технологий, таких как компьютерное зрение, требует накопления и изучения огромных объемов визуальных данных – процесс для которого требуется значительное время. Кроме того, организации должны принимать строгие меры по защите целостности данных и обеспечивать соблюдение соответствующих норм, гарантируя тем самым конфиденциальность информации [5].

Интеграция технологии компьютерного зрения требует тщательного планирования, чтобы смягчить потенциальные сбои и одновременно максимально использовать ее преимущества. Её использование обещает произвести революцию в энергетическом секторе, оптимизировать процессы и смягчить воздействие на окружающую среду. Используя передовые технологии, энергетические компании могут добиться беспрецедентного прогресса. Однако такие проблемы, как проблемы конфиденциальности

данных и сложности интеграции, требуют тщательного рассмотрения, чтобы раскрыть весь потенциал компьютерного зрения в этой ключевой отрасли.

Источники

1. Хамитов Р.М., Фахрутдинов Р.Р. Исследование методов распознавания дефектов на изображении для объектов топливно-энергетического комплекса // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. сборник научных статей VIII международной научной конференции. Казань, 2021. С. 126-129.

2. Салтанаева Е.А., Загирева С.И. Метод построения дерева событий при оценке пожароопасных ситуаций в ТЭК // Тинчуринские чтения-2020. Энергетика и цифровая трансформация. международная молодежная научная конференция: в 3 т. Казанский государственный энергетический университет. Казань, 2020. С. 45-47.

3. Тягунов М. Цифровая трансформация и энергетика // Энергетическая политика. 2021. №9. С.74-85.

4. Экологические проблемы в топливно-энергетическом комплексе: учебное пособие // Гайнуллина Л. Р., Тактамышева Р. Р. Казань: КГЭУ, 2020. 99 с.

5. Жданеев О.В. Перспективы технологий индустрии 4.0 в ТЭК России // Энергетическая политика. 2020. №7. С. 16-33.

6. Надеждина М. Е. Типология стратегий организации производства с использованием сквозных цифровых технологий / М.Е. Надеждина, И.А. Зарайченко, А.А. Фаррахова // Труды Самарского научного центра Российской академии наук. 2022. Т. 24, № 6(110). С. 121-126.

УДК 622.6

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Митькин Роман Виталиевич

Науч. рук. доцент, канд. техн. наук Решетняк Сергей Николаевич

ФГАОУ ВО «НИТУ МИСИС», г. Москва, Россия

romn.mit@gmail.com

Аннотация: В статье предложена имитационная модель электромеханической системы шахтной подъемной установки на базе асинхронного двигателя с

короткозамкнутым ротором и двухзвенного преобразователя частоты, в состав которого входят активный выпрямитель и автономный инвертор напряжения под управлением векторной системы управления, в структуре которой включен алгоритм компенсации колебаний головного каната, предназначенного для увеличения его срока службы.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, двухзвенный преобразователь частоты, ресурсосбережение, шахтная подъемная установка, компенсация колебаний канатов.

ENERGY-RESOURCE-SAVING ELECTRIC DRIVE OF THE MINE LIFTING PLANT

Mitkin Roman Vitalievich

Scientific advisor Reshetnyak Sergey Nikolaevich

NUST MISIS, Moscow, Russia

romn.mit@gmail.com

Abstract: The article proposes a simulation model of an electromechanical system of a mine lifting plant based on an asynchronous motor with a short-circuited rotor and a two-link frequency converter, which includes an active rectifier and an autonomous voltage inverter controlled by a vector control system, the structure of which includes an algorithm for compensating vibrations of a lifting rope designed to increase its service life.

Keywords: asynchronous electric drive, two-link frequency converter, resource saving, mine lifting plant, compensation of rope vibrations.

В реальных механических системах абсолютно жестких элементов не существует, а передача механической энергии от приводного двигателя к исполнительному механизму без деформации элементов механической системы невозможна [1]. При работе подъемной установки в упругих элементах (канатах) возникают различные виды колебаний, как продольных, так и поперечных, крутильных. Данные колебания в значительной степени влияют на износ канатов в подъемной установке. Соответственно необходимо создать ЭМС с возможностью демпфирования колебаний в упругих элементах посредством регулирования (корректировки) различных сигналов в системе электропривода подъемной установки [5].

В ранее проведенных исследованиях динамических нагрузок на головные канаты выяснили, что при подъеме груза наблюдается деформация каната в поперечном сечении, вследствие колебаний и вибраций каната. Также повышенный износ канатов вызывают повышенные скорости подъема (опускания) груза либо резкие рывки (резкое торможение или ускорение) и расположение сосудов в стволе при начале движения [2, 4].

Установлено, что при применении систем демпфирования в ЭМС подъемных установок с двигателями постоянного тока позволяет снизить колебания упругого момента нагрузки на 78% и амплитуды тока якоря на 18,1%. [3], что свидетельствует о свойствах энергоэффективности систем.

На основе нижеприведенных уравнений построены имитационные модели двухмассовой механической системы подъемной установки и алгоритма компенсатора колебаний.

Уравнение движения двухмассовой механической системы:

$$\begin{aligned} M_1 - M_{c1} - M_{12} &= J_1 \frac{d\omega_1}{dt}; \\ M_{12} - M_{c2} &= J_2 \frac{d\omega_2}{dt}; \\ M_{12} &= C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2). \end{aligned} \quad (1)$$

где, M_1 – момент на валу двигателя, Нм; M_{c1} – момент нагрузки пустого скипа, Нм; M_{c2} – момент нагрузки груженого скипа Нм; J_1 – моменты инерции двигателя кгм², пустого сосуда, двух направляющих шкивов, барабана; J_2 – момент инерции груженого сосуда кгм²; ω_1 – частота вращения двигателя рад/с; ω_2 – частота вращения барабана рад/с; φ_1 – угол поворота двигателя, рад; φ_2 – угол поворота барабана, рад; M_{12} – упругий момент головного каната Нм; C_{12} – коэффициент упругости головного каната.

Алгоритм компенсации колебаний:

$$\omega^* = \omega^{**} - K_c(\omega_1 - \omega_2), \quad (2)$$

где, ω^{**} – заданная частота вращения задатчика интенсивности рад/с; ω^* – заданная скорректированная частота вращения задатчика интенсивности рад/с; K_c – корректирующий коэффициент.

Сравним результаты моделирования имитационной модели с компенсатором колебаний и без компенсатора.

На периоде разгона наблюдается:

- снижение амплитуды тока статора на 6,2 %;
- снижение амплитуды колебаний частоты вращения на 5 %;
- снижение амплитуды колебаний упругого момента головного каната на 3,7%.

На периоде установившегося режима наблюдается:

- полное прекращение колебаний частоты вращения на 35 секунде (без компенсатора на 45 секунде);

– полное прекращение колебаний упругого момента головного каната на 40 секунде (без компенсатора на 55 секунде).

Таким образом, введение алгоритма компенсации колебаний в состав ЭМС шахтной подъемной установки способствует ресурсосбережению в виде продления срока службы головного каната и энергосбережению в виде снижения амплитуды тока статора.

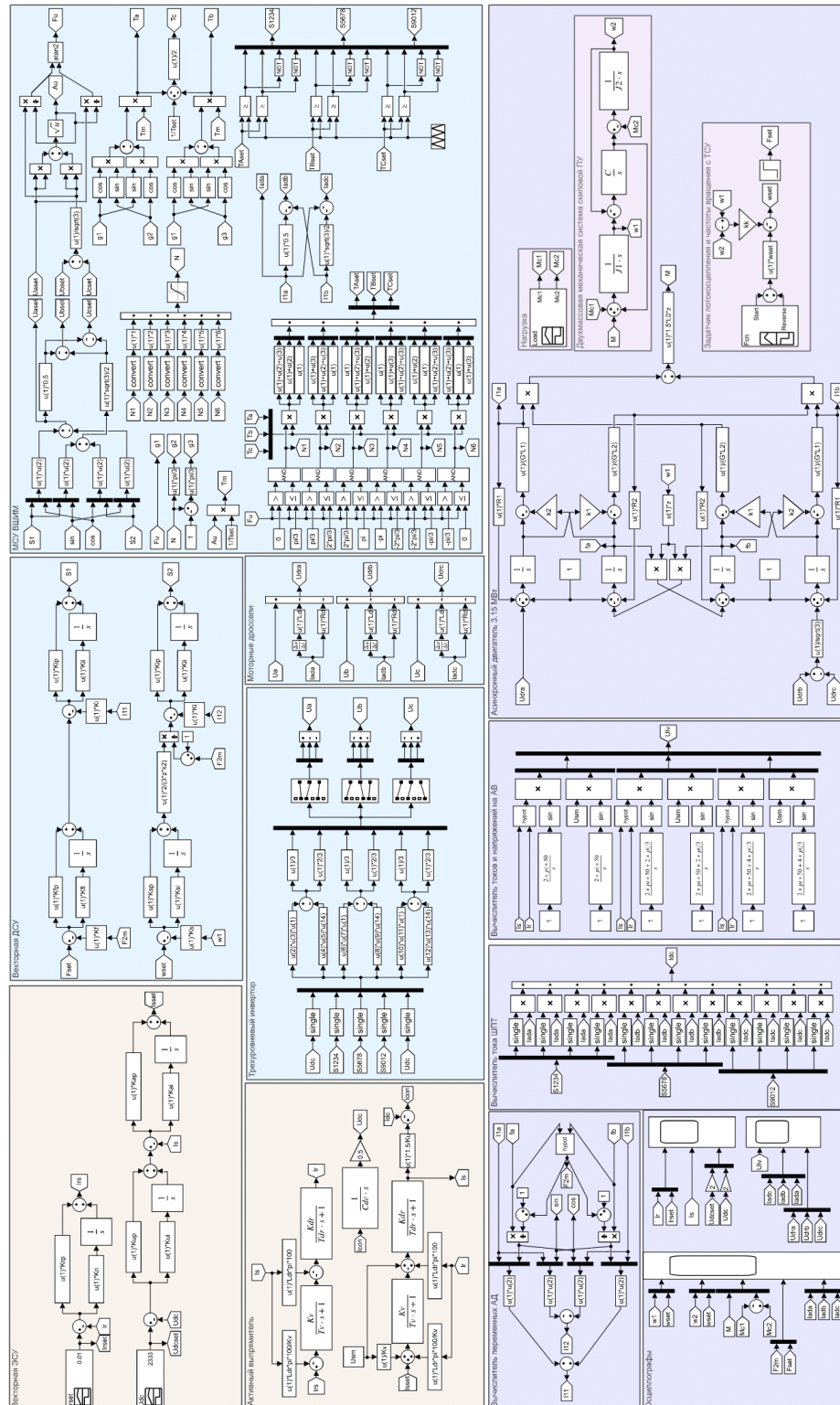


Рис. 1. Имитационная модель электропривода шахтной подъемной установки

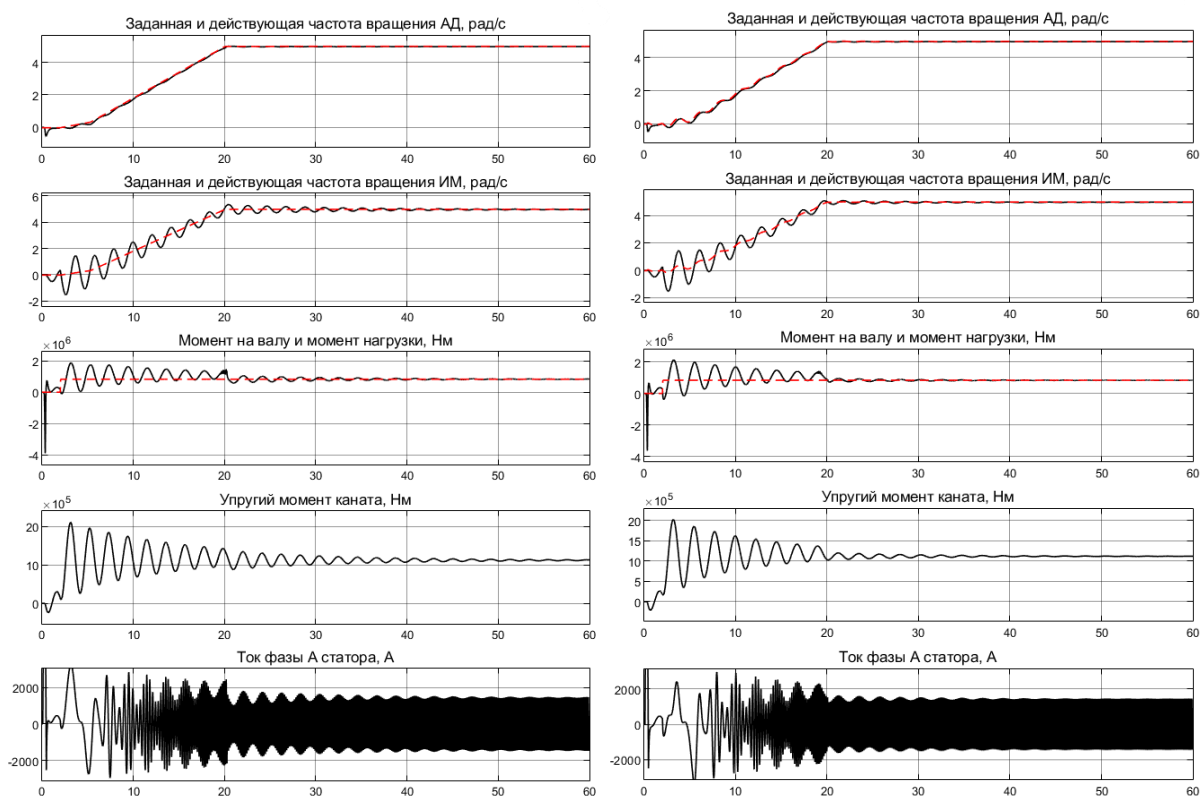


Рис. 2. Результаты имитационного моделирования без компенсатора (слева) и с компенсатором (справа)

Источники

1. Васильев Б.Ю. Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства Том 1. Основы электропривода и преобразовательной техники. СПб.: Лань, 2022. 356 с.
2. Гмызов Д.С., Зорин Д.В., Теребов Д.Н. Канаты грузоподъемных устройств и подъемных сооружений // Международный научный журнал "Инновационная наука". 2016. №4. С. 167-170.
3. Решетняк С.Н. Обоснование и выбор структур системы управления электроприводом шахтной подъемной установки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. М., 2010.
4. Трифанов Г.Д. Повышение срока службы канатов и эффективности эксплуатации шахтных подъемных установок: автореф. дис. ... д-р. техн. наук: 05.05.06. Екатеринбург, 2013.
5. Фацilenко В.Н., Решетняк С.Н. Анализ демпфирующих свойств электропривода подъемной установки с различными способами коррекции координат // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2009. №1 (31). С. 130-134.

ЭВОЛЮЦИЯ РЫНКА КРИПТОВАЛЮТ И ВОЗМОЖНОСТИ ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ

Ильназ Искандэрович Мухаметзянов, Римма Солтановна Зарипова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
Ilnaz.mmm@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрена эволюция рынка частных криптовалют и ее влияние на денежно-кредитную политику. Проанализированы вызовы, такие как нестабильность цен и риски для финансовой стабильности. В то же время подчеркиваются возможности, которые криптовалюты предоставляют для улучшения эффективности платежных систем и повышения доступности финансовых услуг. Рассмотрено влияние криптовалют на традиционные финансовые институты и выделена необходимость разработки гибких стратегий регулирования, способных учитывать динамическую природу этого нового сегмента рынка.

Ключевые слова: криптовалюта, эволюция рынка, денежно-кредитная политика, регулирование, финансовая стабильность, инновации в финансовом секторе, платежные системы, финансовые риски.

THE EVOLUTION OF THE PRIVATE CRYPTOCURRENCY MARKET AND THE POSSIBILITIES OF MONETARY POLICY

Ilnaz I. Mukhametzyanov, Rimma S. Zaripova
KSPEU, Kazan, Russia
ilnaz.mmm@mail.ru

Annotation: The article considers the evolution of the private cryptocurrency market and its impact on monetary policy. Challenges such as price instability and risks to financial stability are analysed. At the same time, the opportunities that cryptocurrencies offer for improving the efficiency of payment systems and increasing the accessibility of financial services are emphasised. The impact of cryptocurrencies on traditional financial institutions is considered and the need for flexible regulatory strategies that can take into account the dynamic nature of this new market segment is highlighted.

Keywords: cryptocurrency, market evolution, monetary policy, regulation, financial stability, innovations in the financial sector, payment systems, financial risks.

В последние десятилетия финансовые рынки претерпели существенные изменения, влияющие на мировую экономику. Среди них заметно выделяется

эволюция рынка частных криптовалют, начавшаяся с появления Bitcoin в 2009 году. Рост популярности криптовалют привел к возникновению новых вызовов и возможностей для денежно-кредитной политики.

Исторический обзор развития рынка криптовалют демонстрирует их стремительный рост и эволюцию с момента появления Bitcoin в 2009 году. Постепенно криптовалюты приобрели широкое признание и стали объектом интереса как для частных инвесторов, так и для корпоративных игроков. Особенно впечатляющим был рост рыночной капитализации криптовалюты, достигнувшей многих миллиардов долларов капитализации.

Этот быстрый рост криптовалютного рынка породил новые вызовы и возможности для денежно-кредитной политики. Одним из главных вызовов является нестабильность курсов криптовалют и их влияние на финансовую стабильность. Регуляторы и центральные банки вынуждены разрабатывать стратегии регулирования, которые бы учитывали эту нестабильность и обеспечивали финансовую стабильность.

Эволюция рынка частных криптовалют представляет собой сложное явление, влияющее на мировую финансовую систему. Несмотря на вызовы, которые они представляют для денежно-кредитной политики и традиционных финансовых институтов, криптовалюты также открывают новые перспективы и возможности для денежно-кредитной политики. Они могут улучшить эффективность платежных систем, снизить транзакционные издержки и повысить доступность финансовых услуг для населения, особенно в странах с развивающимися экономиками.

Важным аспектом является также исследование влияния криптовалют на традиционные финансовые институты, в частности на банки. В условиях растущей конкуренции и появления новых игроков на рынке банковский сектор вынужден адаптироваться к новым условиям и искать инновационные решения. Важно, чтобы регуляторы и участники рынка внимательно изучали динамику криптовалютного сектора, разрабатывали гибкие стратегии регулирования и адаптации. Только таким образом можно обеспечить стабильность и надежность финансовой системы в условиях изменяющейся реальности.

Одновременно криптовалюты стимулируют инновации, поддерживают конкуренцию и могут повысить доступность финансовых услуг для широких масс населения. Поэтому важно использовать потенциал криптовалют для создания более устойчивой и эффективной финансовой системы, способной соответствовать требованиям современной экономики и обеспечить устойчивый экономический рост.

Таким образом, осознание вызовов и возможностей, представляемых криптовалютами для денежно-кредитной политики, позволит регуляторам и

участникам финансового рынка эффективно реагировать на изменения и использовать новые инструменты для развития финансовой системы.

Источники

1. Зарипова Р.С., Кудряков Р.И. Перспективы развития и основные проблемы использования криптовалют // Наука Красноярья. 2023. Т. 12. № 3-3. С. 23-28.

2. Вячина И.Н., Коврижных О.Е. К вопросу о финансовой безопасности и финансовых рисках предприятия / Вестник Академии знаний. 2023. № 1 (54). С. 294-298.

3. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 216-218.

4. Пырнова О.А., Басаргин В.Я., Зарипова Р.С. Современная информационная экономика: использование национальных криптовалют / «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития (Вектор-2018)»: Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей. 2018. С. 299-301.

5. Чудинов Н.В., Халидов А.А. Разработка программного комплекса для защиты программ от нелегального использования / Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы. национальная (с международным участием) научно-практическая конференция. Казань, 2022. С. 140-142.

УДК 621.316

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, КАК НАЧАЛО ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Олег Витальевич Наумов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

311670@list.ru

Аннотация: В настоящее время в мире происходит глобальная энергетическая трансформация. Внедрение комплекса новых решений приводит к увеличению инвестиций и затрат на НИОКР в отрасли, росту венчурного финансирования и иным процессам. Также остро стоит вопрос обеспечения энергетической безопасности. Одним

из перспективных направлений в этой области является создание цифровых двойников электроэнергетических комплексов и систем – программного аналога для моделирования всех внутренних процессов и поведения реального объекта. Разработка позволяет без каких-либо последствий менять режим работы и прогнозировать изменения состояния оборудования, что, в свою очередь, позволяет сделать действующие электрические сети более безопасными на всех стадиях жизненного цикла.

Ключевые слова: цифровой двойник, электроэнергетические сети, безопасность.

DIGITAL RESULTS OF ELECTRIC NETWORKS AS THE BEGINNING OF GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION

Oleg Vitalievich Naumov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

311670@list.ru

Abstract: The world is currently undergoing a global energy transformation. The introduction of a set of new solutions leads to an increase in investments and costs for R&D in the industry, the growth of venture financing and other processes. The issue of ensuring energy security is also acute. One of the promising areas in this area is the creation of digital twins of electric power complexes and systems - a software analogue for modeling all internal processes and behavior of a real object. The development makes it possible to change the operating mode without any consequences and predict changes in the state of equipment, which, in turn, makes it possible to make existing electrical networks safer at all stages of the life cycle.

Keywords: digital twin, power grids, security.

Четвертая промышленная революция, которая стремительно набирает обороты за счет активного внедрения киберфизических систем, автоматизации и роботизации производственных процессов, развития «Интернета вещей» и цифровых технологий, приводит к кардинальной трансформации традиционных и инфраструктурных отраслей. Так, значительные изменения, ставшие результатом перехода к новому технологическому укладу, сегодня наблюдаются в сфере электроэнергетики [1].

Ключевым вызовом для отрасли остается растущая неэффективность электроэнергетического сектора, приводящая к повышению тарифов и цен на электроэнергию для промышленных и коммерческих потребителей. Современные потребители становятся все более требовательными в отношении доступности, надежности и качества электроэнергии [2].

Все это говорит о том, что рыночные предпосылки для развития в Российской Федерации высокотехнологичной электроэнергетики уже сформировались. Концепция цифровой энергетики, разрабатываемая в

настоящее время электроэнергетическими компаниями и направленная на цифровую трансформацию отрасли, представляется несколько ограниченной. Дело в том, что в этой концепции ставятся задачи повышения надежности электроснабжения, наращивания уровня технического состояния производственных фондов электроэнергетики, а также снижения аварийности в энергосистемах. Как следствие, основной упор делается на техническое оснащение энергосистем цифровыми средствами измерения, телекоммуникации и автоматизации [3].

Примером технологии цифровизации является цифровой двойник электрической сети, который представляет собой единую базу данных, содержащую необходимую информацию об электрической сети и интегрированную с другими подсистемами компании. Он автоматически обеспечивает синхронизацию данных, полученных из разных источников таким образом, что единая цифровая модель соответствует физической электрической сети. Цифровой двойник является актуальной темой для современных энергокомпаний, так как в обычной компании существует только одна физическая электрическая сеть, но у нее есть десятки представлений в различных подразделениях. Каждая модель используется для разных целей и с разным программным обеспечением (например, для проведения расчетов сети, диспетчеризации, управления активами, в системе учета и т.д.). Несоответствия данных модели в разных подразделениях могут приводить к неточностям в представлении сети, неоптимальной производительности системы и чрезмерному ручному труду по актуализации данных моделей [4].

Основными преимуществами цифрового двойника являются [5]:

1. Повышение точности и согласованности модели (единого источника информации) для проведения расчетов и эксплуатации, включая: снижение вероятности серьезных эксплуатационных/ плановых ошибок, вызванных некорректными данными в модели; отслеживание изменений модели с возможностью воссоздания случаев после изменений («контрольный журнал»); возможность взаимодействия с ключевыми источниками данных и функциями, например, системой управления активами, геоинформационной системой.

2. Повышение эффективности и оптимизация процессов в планировании и эксплуатации, включая: устранение существующих дублирующих процессов (совместное использование модели сети при планировании и эксплуатации); автоматизация процессов (например, автоматическое построение модели распределительной сети); сокращение сроков технологического присоединения к электрической сети; унифицированный процесс моделирования и управления данными для различных функций.

3. Обеспечение более простой интеграции подсистем в будущем и увеличение общей цифровизации компании, включая: более эффективное

использование ресурсов сети (эксплуатация ближе к возможным предельным значениям); использование адаптивных уставок релейной защиты; избежание/отсрочка необходимости усиления сети; моделирование в режиме реального времени, прогноз на день вперед.

Таким образом, цифровые двойники как для магистральных, так и для распределительных сетей позволяют: создавать единый источник информации о состоянии сети; собирать данные из различных подсистем для создания модели сети, отражающей поведение реальной системы; снижать издержки на создание модели и использовать их для анализа сети; улучшать качество информации об электрической сети; упрощать процесс выдачи заявок на технологическое присоединение; более точно рассчитывать технические потери в сети и оценивать износ оборудования.

Источники

1. Холкин Д.В. Люди цифры. Шесть взглядов на новую энергетику [Монография] / Д.В. Холкин. М.: Литагент Ридеро, 2020. 220 с.
2. Tomcik J., Mento P., Serdula J. Distributed Generation Drives System Planning // Transmission & Distribution World, 2013, № 3 (18).
3. Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года // Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации.
4. Куприяновский В.П., Тищенко П.А., Секнин А.А., Магдеев. Р.А., Герасимов С.И., Басин М.Б. Влияние моделей данных стандарта CIM на ГИС-моделирование сетевых энергетических предприятий // ArcReview, 2012, №2 (61).
5. Ховалова Т. Инновации в электроэнергетике: виды, классификация и эффекты внедрения // Стратегические решения и управление рисками. 2019. №3. Т. 10. С. 274-283.

УДК 004.738.5

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЧАТ-БОТА ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ АПИ НГТУ

Алёна Викторовна Нестерова, Марина Алексеевна Кожевяткина, Егор Сергеевич Кечин
АПИ НГТУ, г. Арзамас, Россия
alena.nester04@gmail.com, 777werona@gmail.com, egorkechin@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена разработке и внедрению интеллектуального чат-бота для абитуриентов АПИ НГТУ. Авторы подробно описывают выбор подходящей платформы для создания чат-бота, особенности настройки диалоговых цепочек и принципы работы искусственного интеллекта в контексте обработки запросов пользователей.

Ключевые слова: интеллектуальный чат-бот, Watson Assistant, обработка естественного языка.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT CHAT BOT FOR NSTU API APPLICANTS

Alena Viktorovna Nesterova, Marina Alekseevna Kozhevyatkina, Egor Sergeevich Kechin
API NSTU, Arzamas, Russia
alena.nester04@gmail.com, 777werona@gmail.com, egorkechin@mail.ru

Abstract: The article is devoted to the development and implementation of an intelligent chat bot for NSTU API applicants. The authors examined in detail the choice of platform for creating a chatbot, the features of setting up dialog chains and the principles of artificial intelligence when processing a large number of user requests.

Keywords: Intelligent chatbot, Watson Assistant, natural language processing.

В современном мире, где технологии стремительно развиваются, ключевую роль в информационной поддержке абитуриентов начинают играть интеллектуальные чат-боты.

Цель данной статьи – осветить процесс создания и внедрения такого чат-бота для абитуриентов АПИ НГТУ, который будет способствовать эффективному поиску информации о вступительных экзаменах, документах и специальностях.

Первым шагом в создании чат-бота стал выбор подходящей платформы. После детального анализа возможностей различных сервисов было решено остановиться на IBM Watson Assistant [1]. Этот выбор обусловлен гибкостью платформы, её способностью к глубокому анализу естественного языка и удобством интеграции с различными системами и приложениями [2].

Основная задача чат-бота – обеспечение быстрого и точного ответа на запросы пользователей. Для этого был осуществлен тщательный подбор вопросов и ответов, которые могут потребоваться абитуриентам. Кроме того, особое внимание уделялось построению логичных и понятных диалоговых цепочек, чтобы общение с ботом было максимально естественным.

Чат-бот основан на алгоритмах искусственного интеллекта, способных анализировать естественный язык [3]. Это позволяет не только отвечать на прямые вопросы, но и понимать общий контекст обращения. Важным аспектом является и самообучение системы: чат-бот постоянно анализирует запросы пользователей и улучшает качество своих ответов.

Для поддержания актуальности информации и обеспечения стабильной работы, чат-бот требует регулярного обновления базы данных и технической поддержки. В этом вопросе ключевую роль играет администратор, который отвечает за внесение изменений в структуру ответов и обновление информации [4].

Разработка такого бота для абитуриентов подразумевает несколько ключевых этапов, каждый из которых играет важную роль в создании эффективного виртуального помощника [5].

Первым шагом в разработке является создание рабочей области в системе Watson Assistant. Это начинается с нажатия на кнопку Launch Watson Assistant, где разработчик создает помощника и определяет параметры разговора. Этот процесс является фундаментом для дальнейшей настройки чат-бота.

Основной задачей этого этапа является создание вкладки "Намерения", которая помогает чат-боту понимать запросы пользователя. Намерения связывают вопросы пользователя с ключевыми словами, позволяя боту адекватно реагировать на различные запросы.

Следующим этапом является создание вкладки "Сущность". Здесь задаются синонимы ключевых слов, что позволяет увеличить точность и гибкость ответов чат-бота. Это значительно расширяет спектр понимания запросов пользователями.

На этапе работы с вкладкой "Диалог" создаются узлы разговора, которые привязываются к "Намерениям" и "Сущностям". Здесь происходит настройка реакции чат-бота на определенные вопросы и формулировка подходящих ответов. Заключительным пунктом является настройка логики последующего общения: чат-бот может предложить дополнительную информацию или ожидать следующего сообщения пользователя.

В результате этих этапов создается чат-бот, способный имитировать разговор с пользователем. Такой бот может стать надежной базой для интеграции с официальным сайтом университета и быть связан с базой данных для доступа к необходимым знаниям. На данном этапе чат-бот уже способен приветствовать пользователя, отвечать на вопросы и предоставлять информацию о ВУЗе.

Разработка и внедрение интеллектуального чат-бота для абитуриентов АПИ НГТУ является важным шагом в области информационной поддержки

образовательного процесса. Использование IBM Watson Assistant позволило создать мощную и гибкую систему, способную обеспечить эффективное взаимодействие с пользователем и повысить доступность необходимой информации для будущих студентов.

Источники

1. Малыгина Л.Е. Чат-боты и искусственный интеллект: перспективы развития телевизионного промодискурса // Актуальные проблемы филологии и педагогической лингвистики. 2018. №4 (32). С. 47-54.

2. Епрынцева Н.А., Соколова А.В., Руднева А.А. Искусственный интеллект в сфере недвижимости // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах, 2018, №4 (14). С.47-50.

3. Саймон Дж.П. Искусственный интеллект: сфера применения, игроки, рынки и география. Цифра. Правила политики. Правительство 2019, 21, С.208-237.

4. Масюк Н.Н., Бушуева М.А., Васюкова Л.К., Диденко П.С. Чат-бот как инновационный инструмент применения нейронных сетей при оптимизации процесса продаж // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т.8. №4(29). С. 184-188.

5. Минина В.Н. HR-боты в управлении человеческими ресурсами организации // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Менеджмент. 2019. №3. С. 400-418.

УДК 537.9

ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ АСФАЛЬТЕНОВ И ПАРАФИНОВ В СЫРОЙ НЕФТИ С МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВО ВЬЕТНАМЕ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПРОТОННОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Нгуен Дык Ань, Кашаев Р. С.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

navypro1991@gmail.com, kashaev2007@yandex.ru

Аннотация: Белый Тигр – первое нефтегазовое месторождение Вьетнама, введенное в эксплуатацию совместным предприятием «Вьетсовпетро» в 1986 году. После

почти 30 лет эксплуатации добыча на месторождении постепенно снижается, а доля тяжелой нефти, содержащей большое количество асфальтенов и парафинов, значительно возросла. Поэтому быстрый контроль содержания асфальтенов и парафинов на буровой установке является актуальной задачей. В данной статье авторы представляют решение с использованием протонного магнитного резонанса (ПМР) для экспресс-контроля содержания асфальтенов и парафинов с целью оптимизации процесса и повышения эффективности добычи и транспортировки нефти.

Ключевые слова: асфальтен, парафин, содержание, ПМР, спин-спиновой, время релаксации.

EXPRESS CONTROL OF ASPHALTENE AND PARAFFIN CONTENT IN CRUDE OIL FROM THE OIL- FIELD IN VIETNAM USING PROTON MAGNETIC RESONANCE METHOD

Nguyen Duc Anh, Kashaev R.S.

KSPEU, Kazan, Russia

navypro1991@gmail.com, kashaev2007@yandex.ru

Annotation: The White Tiger is the first oil and gas field in Vietnam, put into operation by the Vietsovpetro joint venture in 1986. After almost 30 years of mining, production of the deposit was gradually decreasing, and the proportion of heavy oil containing large amounts of asphaltenes and paraffins has increased significantly. Therefore, rapid monitoring of asphaltene and paraffin content on the oil-well is an urgent job. In this article, the authors present a solution of the task using proton magnetic resonance (PMR) for express-control of the content of asphaltenes and paraffins in order to optimize the process and increase the efficiency of oil production and transportation at the field.

Keywords: asphalt, paraffin, content, NMR, spin-spin, relaxation time.

Белый Тигр (БТ) – нефтегазовое месторождение, расположенное в блоке 09-1 бассейна Куу Лонг - одного из 5 бассейнов, которые, по оценкам, обладают большим потенциалом добычи нефти и газа во Вьетнаме. Сырая нефть, добываемая из скважин в этом бассейне, является малосернистой (0.02-0.15%), но имеет высокое содержание асфальтенов (11-13.4%) и парафина (18-25.3%) [1]. Из-за структурных особенностей месторождения, разделенного на много пластов, содержание компонентов сырой нефти, включая содержание асфальтенов и парафинов в пластах, также различно. В таблице 1 представлены физико-химические свойства сырой нефти в различных пластах месторождения БТ.

Сырая нефть имеет высокое содержание асфальтенов и парафинов и температуру замерзания, значительно превышающую температуру морского

дна [2], что создает острую проблему регулярного мониторинга содержания этих веществ для оперативного принятия решений по борьбе с отложениями парафино-асфальтенов в технологическом оборудовании, добыче полезных ископаемых и транспортных трубопроводах (Рис. 1).

Таблица 1

Физико-химические свойства нефти в пластах месторождения БТ

Пласты	Нижний миоценовый пласт	Верхний олигоцен-новый пласт	Нижний олигоцен-новый пласт	Фундаментный пласт
Температура замерзания, °С	34.3	36.6	35.3	35.6
Содержание парафина, % кл	22.69	26.54	26.86	28.32
Температура плавления парафина, °С	59.2	59.0	58.1	58.0
Содержание асфальтенов, % кл	11.91	7.94	3.68	3.42



Рис 2. Отложение парафина и асфальтена в нефтепроводах на месторождении БТ

В настоящее время исследовано множество методов обработки отложений в трубопроводах, но не существует способа быстрого контроля параметров асфальтенов и парафинов для выбора подходящего метода обработки отложений. Совместное предприятие «Вьетсовпетро» исследовало множество методов обработки отложений в трубопроводах, однако не существует метода быстрого контроля параметров асфальтенов и парафинов для выбора подходящего метода обработки отложений. Метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР) уже давно используется для многих применений в нефтегазовой, химической, пищевой промышленности, фармацевтике и др.[4-6].

В нефтегазовой промышленности инструменты и оборудование на основе ЯМР используются для быстрого контроля параметров многофазной жидкости в скважинах; содержания и концентрации нефтей и нефтяных эмульсий для исследований и применений на практике.

Недорогое решение на основе оборудования ПМР-анализа для быстрого контроля содержания асфальтенов и парафинов было представлено в своих исследованиях Кашаевым Р.С. и коллегами [7-8]. ПМР-релаксометр (рис. 2) был разработан для измерения и контроля физико-химических характеристик скважинной жидкости, включая концентрации асфальтенов и парафинов в сырой нефти.



Рис 3. Релаксометр ПМР-NP1 используется для измерения параметров скважинной жидкости

Контроль содержания асфальтенов и парафинов осуществляется путем разложения огибающей сигналов спин-эхо (СЭ), полученной используя последовательность импульсов Карра-Парселла-Мейбум-Гилла (КПМГ), в которой времена спин-спиновой T_{2A} , T_{2B} и T_{2C} релаксации, соответствуют группам протонных фаз А, В и С, условно относимых: А – к дисперсионной среде легких алканов (парафинов) и нафтенов с наибольшей молекулярной подвижностью CH_3 – групп и CH_2 – цепочек; В – к среде, состоящей в основном из смол и С – к фазе тяжелых парафинов и смол, сильно подверженной влиянию парамагнетизма асфальтенов.

На рисунке 3 показана зависимость содержания асфальтен-парафинов (АП) = $f(T_{1B}, T_{2B})$ для нефти Ромашкинского месторождения и месторождения БТ.

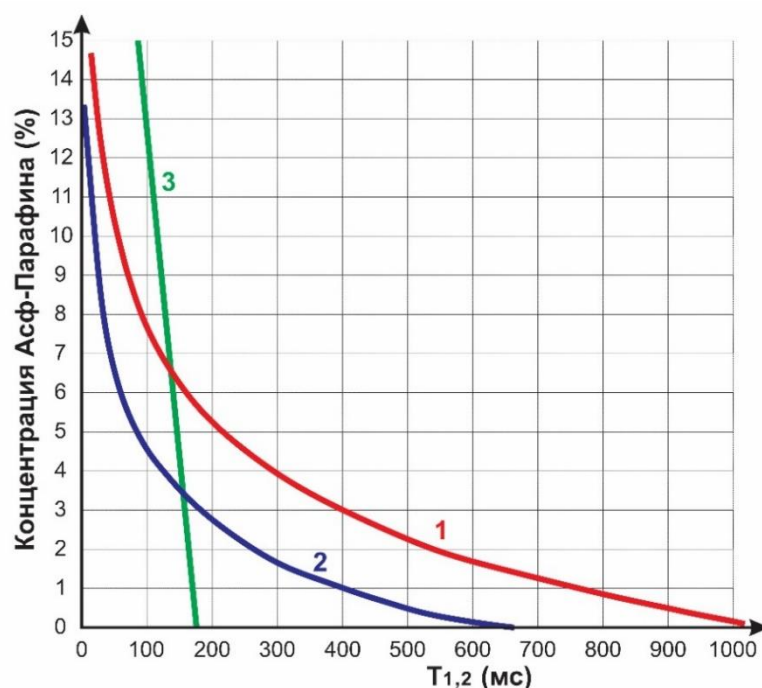


Рис 4. Зависимость содержания асфальтен-парафина от времени спин-решеточной релаксации $T_{1В}$ (кривая 1- красная) и спин-спиновой релаксации протонов $T_{2В}$ (кривая 2 - синяя) для повожской нефти; кривая 3 – зеленая, для нефти месторождения Белый Тигр (Вьетнам)

Исходя из графиков на рисунке 3, определение содержания АП в сырой нефти месторождения БТ основано на времени релаксации фаз А, В, С, определяемом с коэффициентом корреляции $R^2 = 0.99$ и СКО = 0.7 по формуле:

$$\text{АП} = -21.7 \ln(T_{2В}) + 113$$

Из-за небольшого количества измерений абсолютная погрешность с доверительным интервалом 0,9 составит $\gamma_{АС} = \pm 1,2\%$. Чтобы свести к минимуму абсолютную погрешность, необходимо увеличить количество измерений.

Использование метода ПМР позволяет быстро упростить и сэкономить стоимость определения содержания асфальтенов и парафинов в сырой нефти, исходя из этого, предложить разумное решение для устранения асфальтено-парафиновых отложений в трубопроводах для добычи и транспортировки нефти на месторождении Белый Тигр.

Источники

1. Hoàng Đình Tiến, Nguyễn Thúy Quỳnh, 2003. Đặc điểm địa hóa các bồn trầm tích thềm lục địa Việt Nam. Tạp chí Dầu Khí. Số 7: pp. 8 -17.

2. Từ Thành Nghĩa, Nguyễn Thúc Kháng, Nguyễn Hoài Vũ, 2015. Những khó khăn thách thức của Vietsovpetro trong vận chuyển dầu nhiều paraffin bằng đường ống ngầm ngoài khơi. Tạp chí Dầu khí 5. pp. 20-25.
3. Dunn KJ, Bergman DJ, Latorraca GA. Nuclear magnetic resonance: petrophysical and logging applications. New York: Pergamon; 2002.
4. Blümich B. NMR imaging of materials. Oxford: Clarendon Press; 2000.
5. Moudgil, K.D., Rao, D.N. & Narang, B.S. Nuclear magnetic resonance and its applications in medicine. Indian J Pediatr 52, 231–241 (1985).
6. Shi L, Zhang N. Applications of Solution NMR in Drug Discovery. Molecules. 2021 Jan 22;26(3): 576.
7. Кашаев Р.С. Экспресс-анализ концентрации парафина и температуры застывания топлива методом ЯМР // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 8. С. 31-35.
8. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Идиятуллин З.Ш., и др. Приборы и методы контроля концентрации парафина в нефти//Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 3-4. С. 159-167.

УДК 004.8

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КИБЕРАТАК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ильназ Искандэрович Мухаметзянов, Римма Солтановна Зарипова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
Ilnaz.mmm@mail.ru

Аннотация: В современном мире киберпреступность представляет серьезную угрозу для организаций и частных лиц, приводя к огромным финансовым потерям и утечке конфиденциальной информации. Для борьбы с этой проблемой широко применяются различные методы и технологии, включая искусственный интеллект. В статье рассматривается роль искусственного интеллекта в прогнозировании и предотвращении кибератак. Анализируются современные достижения и ключевые методы с целью понять, как искусственный интеллект может эффективно защищать информационные системы от киберугроз. Анализ вызовов и перспектив использования искусственного интеллекта в области кибербезопасности помогает сформировать представление о будущем этой технологии в сфере кибербезопасности.

Ключевые слова: кибербезопасность, кибератаки, искусственный интеллект, прогнозирование, предотвращение, машинное обучение, анализ данных, сетевая безопасность.

PREDICTING AND PREVENTING CYBER ATTACKS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Ilnaz I. Mukhametzyanov, Rimma S. Zaripova
KSPEU, Kazan, Russia
ilnaz.mmm@mail.ru

Abstract: In today's world, cybercrime poses a serious threat to organisations and individuals, resulting in huge financial losses and the leakage of confidential information. Various methods and technologies, including artificial intelligence, are widely used to combat this problem. The article discusses the role of artificial intelligence in predicting and preventing cyber attacks. Current advances and key techniques are analysed to understand how artificial intelligence can effectively protect information systems from cyber threats. Analysing the challenges and prospects for the use of artificial intelligence in cybersecurity helps shape the future of this technology in cybersecurity.

Keywords: cybersecurity, cyber attacks, artificial intelligence, forecasting, prevention, machine learning, data analysis, network security.

С ростом зависимости человечества от цифровых технологий киберпреступность стала неотъемлемой частью жизни общества [1]. Каждый год миллионы организаций и частных лиц подвергаются кибератакам, что приводит к огромным финансовым потерям, утечке конфиденциальной информации и даже нарушению жизненно важных систем [2, 3]. Эта проблема стала настолько серьезной, что многие эксперты называют ее одной из главных угроз в современном мире. Данное исследование не только позволит понять важность использования искусственного интеллекта (ИИ) в сфере кибербезопасности, но и поможет сформировать представление о будущем этой технологии в борьбе с киберугрозами.

Исторически кибератаки стали одним из наиболее серьезных вызовов для информационной безопасности [4]. Начиная с зарождения интернета в 1960-х годах, когда компьютерные системы были относительно малочисленными и изолированными, киберугрозы постепенно эволюционировали вместе с развитием технологий. Однако наиболее значительный рост киберпреступности пришелся на последние десятилетия, когда виртуальные атаки стали осуществляться на государственные организации, крупные корпорации и даже на отдельных пользователей.

Прогнозирование и предотвращение кибератак стали приоритетными задачами для многих компаний и правительственных структур. В начале 2000-х годов, с появлением технологий машинного обучения и ИИ, исследователи и специалисты в области кибербезопасности начали

экспериментировать с использованием этих технологий для обнаружения и предотвращения кибератак [5].

Одним из первых успешных примеров применения ИИ для борьбы с киберугрозами был проект «Intrusion Detection Expert System» (IDES), разработанный в начале 1990-х годов. IDES использовал нейронные сети для анализа сетевого трафика и выявления аномалий, указывающих на возможные кибератаки. Этот проект стал одним из предвестников современных систем обнаружения вторжений (IDS), которые широко применяются в настоящее время.

С развитием технологий машинного обучения и глубокого обучения, также появилась возможность анализировать огромные объемы данных и обнаруживать скрытые закономерности, что значительно улучшило эффективность систем прогнозирования и предотвращения кибератак [6, 7]. Современные системы могут автоматически адаптироваться к новым типам угроз и обучаться на основе опыта предыдущих атак, что делает их более надежными и эффективными [8]. Использование ИИ в борьбе с киберпреступностью продолжает развиваться, и с каждым годом появляются новые методы и технологии, направленные на повышение безопасности в цифровой среде.

Применение ИИ в прогнозировании и предотвращении кибератак играет ключевую роль в обеспечении безопасности информационных систем. Исторические примеры и современные достижения показывают, что использование ИИ позволяет эффективно обнаруживать и предотвращать кибератаки, способствуя защите данных и сохранности информационных ресурсов. Стремительное развитие технологий ИИ и их интеграция в системы кибербезопасности обещают еще более надежную защиту в будущем.

Источники

1. Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. Актуальность проблемы обеспечения информационной безопасности организаций / Наука: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск, 2023. С. 114-119.

2. Шкиндеров М.С., Нуриев М.Г., Гизатуллин З.М. Сквозное прогнозирование помехоустойчивости систем контроля и управления при внешних электромагнитных воздействиях / Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2016. № 2 (30). С. 26-37.

3. Дадашова А.С., Николаева С.Г., Джабагова С.С. Информационная безопасность и системный анализ: стратегии защиты и анализ рисков // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 239-241.

4. Гибадуллин Р.Ф., Вершинин И.С., Глебов Е.Е. Разработка приложения для ассоциативной защиты файлов // Инженерный вестник Дона. 2023. № 6 (102). С. 118-142. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8462.

5. Gibadullin R.F., Nikonorov V.V. Development of the system for automated incident management based on open-source software // Proceedings – 2021 International Russian Automation Conference, RusAutoCon. 2021. pp. 521-525.

6. Пырнова О.А. Информационная безопасность в эпоху квантовых технологий / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной конференции. Казань, 2023. С. 439-443.

7. Аникин И.В., Катасёв А.С., Черняков А.С. Модель и программный комплекс анализа атак на web-приложения // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 7. С. 17-20.

8. Нгуен Фук Хау, Ле Дюк Хуи, Нгуен Тхуй Чанг, Зарипова Р.С. Обнаружение уязвимостей и применение методов обеспечения безопасности веб-сайта // Инженерный вестник Дона. 2024. №2. С. 118-127. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9017.

УДК 338.2

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ: ОТ ЦИФРОВИЗАЦИИ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ

Пехова Елена Андреевна, Сухарева Евгения Викторовна
Науч. рук. д-р экон. наук, проф. Сухарева Евгения Викторовна
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва, Россия
pekhovalena@mail.ru, sukharevayevv@mpei.ru

Аннотация: В статье рассмотрен процесс цифровой трансформации электроэнергетики через анализ технологических укладов. Предложена систематизация энергетических укладов с технологическими, включающих в себя исторические этапы развития электроэнергетики, технологические тренды, экономическое состояние рынка за выделенный период. Представлены результаты анализа перспективы внедрения искусственного интеллекта в электроэнергетику России.

Ключевые слова: электроэнергетика; технологический уклад; энергетический уклад; цифровизация; искусственный интеллект, цифровая трансформация.

TRANSFORMATION OF ELECTRICAL ENERGY INDUSTRY: FROM DIGITALIZATION TO INTELLECTUALIZATION

Pehova Elena Andreevna, Sukhareva Evgenia Viktorovna

Scientific advisor Sukhareva Evgenia Viktorovna

MPEI, Moscow, Russia

pekhovalena@mail.ru, sukharevayevv@mpei.ru

Abstract: The article considers the process of digitalization of the electrical energy industry through the analysis of technological paradigms. The systematization of energy paradigms with technological ones is proposed, including historical stages of electrical energy industry, technological trends, economic state of the market for the allocated period. The results of analyzing the prospects for the introduction of artificial intelligence in the electrical energy industry are presented.

Keywords: electrical energy industry; technological paradigm; energy paradigm; digitalization; artificial intelligence, digital transformation.

Для анализа развития электроэнергетики предлагается использовать понятие «технологического уклада». Технологический уклад (ТУ) – это совокупность сопряжённых производств, имеющих единый технический уровень и развивающихся синхронно. Смену доминирующих в экономике технологических укладов предопределяет не только ход научно-технического прогресса, но и инерция мышления общества: новые технологии появляются значительно раньше их массового освоения [1]. Большое распространение получила «Концепция технологических укладов» С.Ю. Глазьева, где чередование циклов принято связывать со сменой укладов в общественном производстве. Применительно к электроэнергетике предлагается выделить энергетические уклады (ЭУ), основанные на ретроспективном анализе процессов развития электроэнергетики, представленные в таблице 1.

В результате рассмотренной периодизации, можно увидеть определенные закономерности смены укладов. Каждому укладу присущи свои особенности социальной жизни общества, роли государства в управлении производством, перспективные научные направления, их степень значимости в производстве и появление новых методик и подходов [2]. Формирование нового уклада – это длительный процесс, в рамках которого происходит два этапа: появление ключевого фактора/ядра, имеющего перспективу к доминированию в следующем укладе с исчерпанием экономических возможностей текущего уклада, и замещение уклада на новую длину волны экономической конъюнктуры. С ускорением научно-технического прогресса, сокращается длительность доминирования уклада.

Сегодня энергетика России постепенно переходит к новому укладу, основой которого будет использование искусственного интеллекта (далее – ИИ) в рамках продолжающейся цифровой трансформации электроэнергетики.

Таблица 1

Соответствие технологического и энергетического уклада

ТУ	ЭУ	Период	Характеристика уклада
Первый	–	1770-1820 гг.	Энергия воды. Текстильная промышленность
Второй	–	1830-1870 гг.	Уголь. Транспорт
Третий	Первый	1880-1920 гг.	Электроэнергия, машиностроение
Четвертый	Второй	1930-1960 гг.	Ресурс – энергия углеводородов. План ГОЭЛРО
	Третий	1970-1980 гг.	Единая энергосистема
Пятый	Четвертый	1980-2010 гг.	Атомная энергетика, ПГУ
Шестой	Пятый	2010-2025 гг.	Цифровизация, ВИЭ
	Шестой	2030г.-будущее	Искусственный интеллект

Основные ожидания отрасли от внедрения ИИ включают следующее:

- 1) сокращение уровня аварийности и несчастных случаев;
- 2) уменьшение расходов на обслуживание;
- 3) снижение потерь и аналитика их причин;
- 4) повышение качества оперативно-диспетчерского управления [3].

Наиболее востребованными технологиями были выделены: технологии IoT для сбора показателей режимов работы/состояния оборудования, использование мобильных телефонов и планшетов для решения задач по контролю персонала, осмотров оборудования, «цифровые двойники» как модель системы для выполнения расчетов, прогнозов, Big Data и предиктивная аналитика [4].

Внедрение ИИ в электроэнергетику предполагает прежде всего использования его для формирования планового потребления электроэнергии, оптимизации режимов работы энергосистемы, прогнозирование спроса и ценовой ситуации на рынке электроэнергии, повышение эффективности использования оборудования, предсказание критических ситуаций на объектах [3] и обеспечение кибербезопасности системы [5].

Таким образом, процесс перехода электроэнергетики России к новому укладу, основанному на «интеллектуализации» цифровых технологий, приведет к изменению бизнес-модели, а также к появлению новых вызовов.

Источники

1. Форум «Технопром»: официальный сайт [Электронный ресурс]. <https://форумтехнопром.рф/> (дата обращения: 02.02.24).
2. Левин В.М., Гужов Н.П., Боярова Д.А. Риск-ориентированный подход к выбору стратегии управления производственными активами энергетической компании // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2023. Т.25. № 6. С. 29-42.
3. Бадалова А., Галиева Л., Оразов С. Применение искусственного интеллекта в приоритетных отраслях экономики [Электронный ресурс]. https://innopolis.university/filespublic/patentnyj_landshaft.pdf (дата обращения: 14.02.24).
4. НЦРИИ при Правительстве РФ Аналитический доклад [Электронный ресурс]. https://digital.mosreg.ru/uploads/material/analytics_report.pdf (дата обращения: 13.02.24).
5. Гурина Л.А. Методический подход для оценки киберустойчивости объектов информационной инфраструктуры в условиях цифровизации ЭЭС // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №4 (56). С. 133-141.

УДК 66.087

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ СТОКОВ

Тимофей Алексеевич Аввакумов, Марина Вячеславовна Одоевцева
ФГБОУ ВО НИУ МЭИ, г. Волжский, Волгоградская область
avvakumovtimofeu1109@gmail.com, odoevcevamv@mail.ru

Аннотация: Рассмотрено совместное влияние длительности и температуры обработки ливневых стоков электрокоагуляцией. Проведено сравнение показателей качества сточных воды, до и после электрокоагуляции. Выявлено, что максимальный эффект очистки электрокоагуляцией ливневых стоков от органических веществ и солей достигается при температуре от 10 до 15°C, при продолжительности обработки 12-15 минут.

Ключевые слова: электрокоагуляция, ливневые стоки, солесодержание, органические вещества.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION ELECTROCOAGULATION FOR CLEANING STORMWATER JUICES

Timofey Alekseevich Avvakumov, Marina Vyacheslavovna Odoevtseva

MPEI, Volzhsky, Volgograd region

avvakumovtimofeu1109@gmail.com, odoevcevamv@mail.ru

Abstract: The combined effect of the duration and temperature of storm water treatment by electrocoagulation is considered. The comparison of wastewater quality indicators before and after electrocoagulation was carried out. It was revealed that the maximum effect of purification by electrocoagulation of storm drains from organic substances and salts is achieved at a temperature from 10 to 15 ° C, with a treatment duration of 12-15 minutes.

Keywords: electrocoagulation, storm drains, salinity, organic substances.

К наиболее важным задачам повышения технического уровня промышленных и энергетических предприятий, можно отнести и обеспечение своевременного и целенаправленного сбора и отведения атмосферных осадков с последующей их очисткой от загрязнений. В городской и в пригородной зоне поверхностные сточные воды приобретают значительные объемы, которые без очистки поступают в близко расположенные водные объекты и на прилегающие территории. Ливневые стоки содержат разнообразные примеси: нефтепродукты, их производные, минеральные соли и так далее. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ превышают нормируемые показатели. В то же время целесообразным является использование этих стоков в городской и промышленной средах [1, 3-5].

В работе анализировалось качество ливневых стоков города Волжского, в феврале 2023 года. Очистка осуществлялась методом электрокоагуляции. При проведении очистки учитывалось температура и продолжительность обработки.

Известен реагентный метод очистки поверхностных вод с использованием сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и сульфата двухвалентного железа FeSO_4 . Образующиеся в результате коагуляции катионы Al^{3+} и Fe^{2+} обеспечивают формирование труднорастворимых гидроксидов алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ и железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

$\text{Al}(\text{OH})_3$ или $\text{Fe}(\text{OH})_3$ возможно получить с помощью электрохимического способа, который заключается в анодном растворение металла в воде при прохождении постоянного электрического тока [2].

Установка для электрокоагуляции состоит из алюминиевых пластин, подключенными к источнику постоянного тока. При проведении

электрокоагуляции контролировали температуру стоков (15 - 30 °С) и время воздействия (5 - 15 минут). Результаты испытаний приведены в таблице 1 и на рисунках – 1, 2.

Ливневые стоки, в анализируемый период содержат: соли – 456 мг/дм³; органические вещества (окисляемость) – 11 мг КМnО₄/дм³. Прозрачность по шрифту, рассматриваемых стоков – 20 см. Влияние двух факторов (X₁ – температура и X₂ – время нахождения стоков в электрокоагуляторе) на технологические параметры очищенных стоков оценивали с использованием двухфакторной регрессии. Полученное при планировании уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$R = b_0 + b_1 \times X_1 + b_2 \times X_2 + b_{12} \times X_1 \times X_2 + b_{11} \times X_1^2 + b_{22} \times X_2^2; \quad (1)$$

где b₀, b₁, b₂, b₁₁, b₂₂, b₁₂ – коэффициенты уравнения, X₁ (температура), X₂ (время). Проверка адекватности уравнений и значимости его коэффициентов регрессии осуществлялась с использованием критериев Фишера и Стьюдента.

Из графиков (рис. 1) видно, что концентрация органических веществ после электрокоагуляции снижается в 1,8 раза. Максимальный эффект достигается при времени обработки 11 – 15 минут.

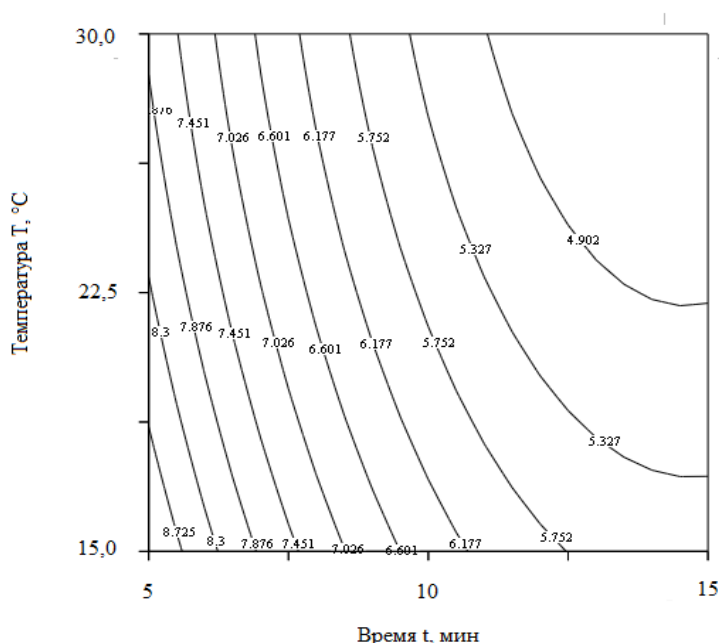


Рис. 1. Зависимость окисляемости от температуры и времени нахождения ливневых стоков в электрокоагуляторе

Общее солесодержание обрабатываемой воды (рис. 2), снижается на 14,5%. Максимальный эффект проявляется при времени воздействия 11 – 15

минут. Прозрачность по шрифту у осветленных стоков более 30 см. Максимальный эффект осветления ливневых стоков достигается при температуре 25 градусов и продолжительности электрокоагуляции 11 – 15 минут. После такого воздействия качество осветлённых ливневых стоков соответствует качеству речной воды.

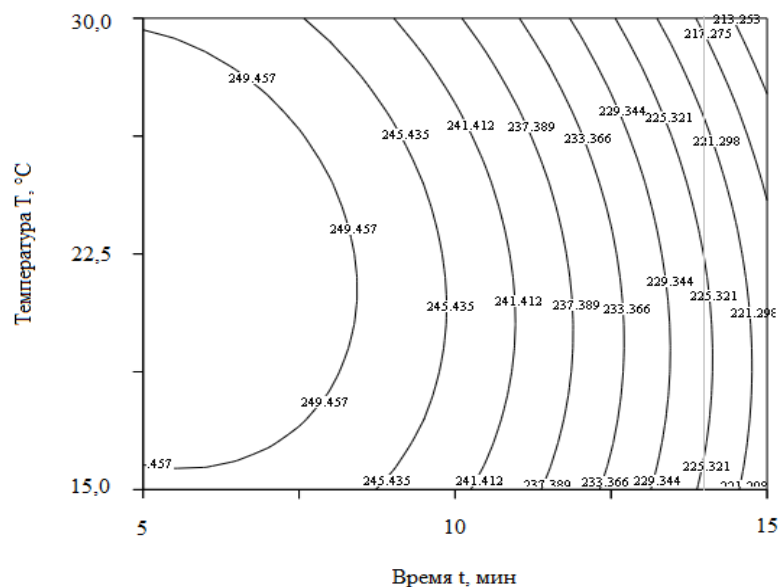


Рис. 2. Зависимость солевого содержания от температуры и времени нахождения ливневых стоков в электрокоагуляторе

Таким образом, доказана эффективность очистки ливневых стоков электрокоагуляцией. Осветлённые ливневые стоки целесообразно направлять на производство и промышленные предприятия, использовать для нужд городской среды и инфраструктуры, например для полива, орошения зелёных насаждений в городе.

Источники

1. Королев В.И., Зверева Э.Р. Российский опыт применения отходов химводоподготовки в хозяйственной деятельности: перспективы использования при обработке осадков сточных вод (обзорная статья) // Проблемы энергетики. 2022. Т.24. № 6 С. 47-62.
2. Копылов А.С. Водоподготовка в энергетике: учебное пособие для вузов / А. С. Копылов, В. М. Лавыгин, В. Ф. Очков. – 2-е изд., стер. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. - 309 с. : ил. - ISBN 5-903072-45-3.
3. Ливневые сточные воды. Образец расчета, очистка, отходы // Консультации по промышленной экологии. [Электронный ресурс]. <https://ecoproverka.ru/> (дата обращения: 06.01.23).

4. Хмельницкий Р. А. Физическая и коллоидная химия. М.: Высшая школа, 1988. С. 200-202. ISBN: 5-06-001257-3.

5. Юрченко В.А., Мельникова О.Г., Бахарева А.Ю., Ячник М.В. Исследование механической очистки ливневых стоков, образованных на объектах автомобильнодорожного комплекса // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. ISSN 1729-3774. 2015. С. 71-77.

УДК 621.231

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Алексей Михайлович Оробинский

ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова, г. Санкт-Петербург, Россия

amorobin2008@mail.ru

Аннотация: Рассмотрена актуальная задача стабилизации параметров выходного напряжения дизель-электрических агрегатов при переменной скорости вращения ротора генератора и переменной нагрузке на основе применение электромагнитных муфт. Приведена перспективная структурная схема и принцип действия дизель-агрегата в зависимости от потребляемой мощности. Обосновано применение электромагнитных порошковых муфт, как допускающих возможность бесступенчатого регулирования скорости вращения вала.

Ключевые слова: дизель-электрический агрегат, стабилизация выходного напряжения, электромагнитная муфта, бесступенчатое регулирование.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY DIESEL-ELECTRIC UNITS BASED ON CONTROLLED ELECTROMECHANICAL GEARBOX

Aleksey Mikhailovich Orobinsky

Baltic State Technical University D.F.Ustinov VOENMEH, St. Petersburg, Russia

amorobin2008@mail.ru

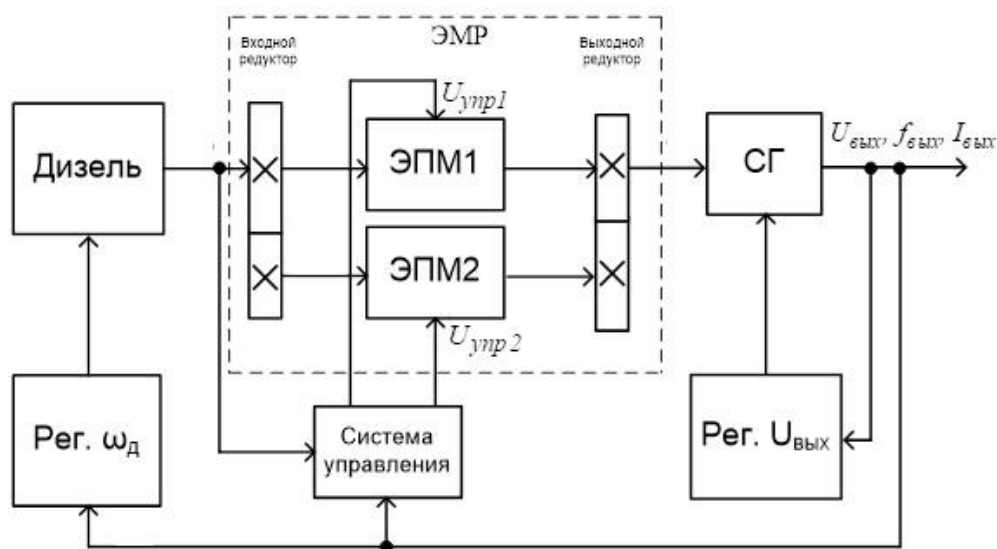
Annotation: The actual task of stabilizing the output voltage parameters of diesel-electric units with variable rotation speed of the generator rotor and variable load based on the use of electromagnetic couplings is considered. A promising block diagram and the principle of operation of a diesel unit depending on the power consumption are presented. The use of

electromagnetic powder couplings is justified, as allowing the possibility of stepless regulation of the shaft rotation speed.

Keywords: diesel-electric unit, output voltage stabilization, electromagnetic coupling, stepless regulation.

Одной из актуальных задач обеспечения энергетической безопасности современных автономных объектов остается стабилизация параметров выходного напряжения дизель-электрических агрегатов (ДЭА) при переменной скорости вращения ротора генератора и переменной нагрузке [1]. Анализ научно-технической литературы показывает, что одним из наиболее эффективных способов решения данной задачи является применение муфт с электрическим управлением [2].

Принцип действия электромагнитной порошковой муфты (ЭПМ) основан на свойстве ферромагнитного вещества под действием магнитного поля увеличивать свою вязкость и прочно прилипать к стенкам намагниченных элементов [3]. ЭПМ целесообразно применять, когда требуется большая частота переключений и высокое быстродействие [4]. Структурная схема ДЭА с ЭПМ показана на рисунке.



Структурная схема ДЭА с синхронным генератором и ЭПМ

Дизель приводит в движение электромеханический редуктор (ЭМР) через входной редуктор, у которого два выходных вала. Первый вал (прямая передача) приводит во вращение электромагнитную порошковую муфту ЭПМ1, второй выходной вал первого редуктора приводит во вращение ЭПМ2. Выходы обоих редукторов соединены со входами выходного редуктора. Выходной вал второго редуктора соединен со входом трехфазного синхронного генератора (СГ).

В зависимости от потребляемой мощности и сигнала управления от системы управления ДЭА функционирует в двух режимах. Первый режим функционирования происходит при потребляемой мощности близкой к номинальной. В этом случае система управления выдает сигнал на включение ЭПМ1, а на ЭПМ2 сигнал не подается. Соответственно вращающий момент с номинальной скоростью передается через прямую передачу на СГ [5].

При уменьшении потребляемой мощности ниже номинальной система управления выдает сигнал на отключение муфты ЭПМ1 и одновременно на включение ЭПМ2 таким образом, чтобы скорость вращения ее выходного вала соответствовала синхронной скорости вращения приводного вала СГ.

Проведенный в данной работе анализ наиболее перспективных из существующих способов стабилизации параметров ДЭА при переменной скорости вращения ротора синхронного генератора (вала дизеля) и переменной нагрузке показал, что в типовых ДЭА целесообразно применять именно электромагнитные порошковые муфты, так как они допускают возможность бесступенчатого регулирования скорости вращения ведомого вала при постоянной скорости ведущего, обладают высоким быстродействием, а также малой мощностью управления по сравнению с другими подобными устройствами.

Источники

1. Шойко В.П. Автоматическое регулирование в электрических системах // Новосибирск: Издательство НГТУ, 2012. 195 с.
2. Мартяшин Ю. В. Молодов С. Н. Комбинированный источник электрической энергии на основе термогенераторов систем автономного электроснабжения // М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2015. 156 с.
3. Непейпиев А.Г. Комплексные решения систем электроснабжения автономных энергетических комплексов// Сборник трудов XXXVI Всероссийской научно-технической конференции филиала ВА РВСН – Серпухов: Филиал ВА РВСН, 2017. С. 172-177.
4. Обухов С. Г. Экспериментальные исследования дизель-генераторной установки на переменной частоте вращения//Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 6. С. 95-102.
5. Оробинский А.М. Проблема повышения времени автономной работы систем электроснабжения мобильных комплексов // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XXI Международной научно-

технической конференции. Под ред. Паршина А.Н. Рязань: Ряз. ин-т (филиал) Моск. пол. ун-та, 2023. 890 с.

УДК 543.544.43

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Андрей Владимирович Павлов, Алина Вячеславовна Танеева
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. Вячеслав Федорович Новиков
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
xeopro@yandex.ru, alinataneeva@mail.ru

Аннотация: В работе обсуждается проблема энергетической безопасности трансформаторного оборудования, которая основана на оперативной диагностике инструментальными методами. В процессе эксплуатации трансформаторного электрооборудования в изоляционном масле накапливаются продукты деструкции бумажной изоляции, а также газообразные вещества, которые при определенных условиях могут привести к взрывам и пожарам трансформаторных подстанций.

Ключевые слова: трансформаторное электрооборудование, хроматография, методы контроля, эксплуатация, деструкция, энергетическая безопасность.

PROBLEMS OF ENERGY SECURITY OF TRANSFORMER EQUIPMENT

Andrey Vladimirovich Pavlov, Alina Vyacheslavovna Taneyeva
Scientific advisor Vyacheslav Fedorovich Novikov
KSPEU, Kazan, Russia
xeopro@yandex.ru, alinataneeva@mail.ru

Abstract: The paper discusses the problem of transformer equipment energy safety, which is based on operational diagnostics using instrumental methods. During the transformer electrical equipment operation, products of paper insulation destruction, as well as gaseous substances, which under certain conditions can lead to explosions and fires of transformer substations, accumulate in the insulating oil.

Keywords: Transformer electrical equipment, chromatography, control methods, operation, destruction, energy safety.

Для диагностики маслонаполненного электрооборудования широко используются хроматографические методы контроля, которые позволяют

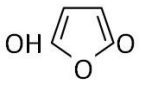
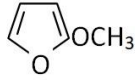
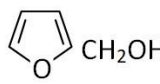
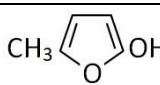
определять фурановые соединения, мигрирующие в энергетическое масло в результате деструкции бумажной изоляции [1]. При этом используют различные варианты хроматографии [2-3].

Из изоляционного масла извлекают фурановые соединения путем жидкостной экстракции органическими растворителями [4-5]. Перспективным направлением является поиск наиболее удобных органических экстрагентов для извлечения фурановых соединений из изоляционного масла.

В таблице приведены физические и хроматографические свойства фурановых соединений.

Таблица

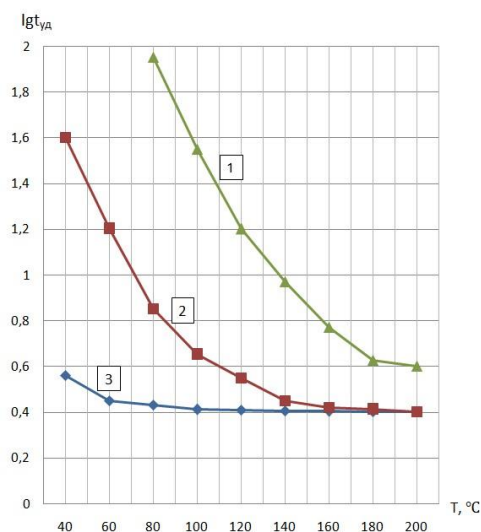
Физические и хроматографические свойства фурановых соединений ($T_{\text{кип}}$, °C – температура кипения; n_d^{20} , г/см³ – плотность; M , г/моль – молекулярная масса, $t_{\text{уд}}$, мин – время удерживания фурановых соединений; $T_{\text{пл}}$, °C – температура плавления; R – факторы удерживания)

№	Фурановые соединения	Структура	$T_{\text{кип}}$ °C	n_d^{20} г/см ³	M г/моль	$t_{\text{уд}}$ мин	$T_{\text{пл}}$ °C	R
1	Оксиметил-фурфурол		114-116	1,29	126,1	6,12	30-34	0,72
2	Фурфурол		162,0	1,16	96,0	8,20	-36,5	0,31
3	Ацетилфуран		168-169	1,10	110,1	11,10	33,0	0,24
4	Фурфуриловый спирт		170,0	1,13	98,1	19,60	-15,0	0,20
5	5-метилфурфурол		187,0	1,10	110,1	13,82	-	-

Для диагностики технического состояния трансформаторного оборудования по деструкции бумажной изоляции модельным веществом может служить фурфуриловый спирт, который является конечным продуктом распада. На рис. приведена зависимость логарифма времени удерживания фурфурилового спирта и экстрагентов от температуры разделения методом газовой хроматографии.

Как видно из рис. с повышением температуры хроматографической колонки логарифм времени удерживания существенно уменьшается. При этом для этилового спирта наблюдается слабая зависимость в области температур от 40°C до 80°C. При более высоких температурах от 80°C до

200°C логарифм времени удерживания этилового спирта практически не зависит от температуры.



Зависимость логарифма времени удерживания фурфурилового спирта (1), изо-амилового спирта (2), и этилового спирта (3) от температуры

Источники

1. Карташова А.А., Новиков В.Ф. Определение фурановых соединений в трансформаторном масле газохроматографическим методом с использованием новых сорбентов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016, №1-2. С. 47-52.

2. Карташова А.А., Новиков В.Ф. Тонкослойная хроматография как метод контроля фурановых соединений в трансформаторном масле // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. №1-2. С. 138-145.

3. Ву Нгок Зан, Новиков В.Ф. Хроматографические методы исследования органических экстрагентов трансформаторного масла. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. №6. С. 202-210.

4. Taneeva A.V., Dmitrieva A.V., Yu Ngon Dan, Nguyen Duy Hung, Novikov V.F. // Evaluation of intermolecular interactions of triphenyl derivatives of elements of the fifth group of the Periodic system by gaz-liquid chromatography // Sorption and chromatography processes. 2019. V. 19. №5. P. 566-573.

5. Ву Нгок Зан, Новиков В.Ф. Изучение сорбционных свойств органических растворителей в условиях тонкослойной и колоночной хроматографии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. №2. С. 19-26.

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С КУСОЧНО-ПОСТОЯННОЙ НАГРУЗКОЙ

Алексей Михайлович Оробинский

ФГБОУ ВО БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова, г. Санкт-Петербург, Россия

amorobin2008@mail.ru

Аннотация: Рассмотрена классификация и сущности современных компенсаторов реактивной мощности, получивших наибольшее распространение в мировой практике. Обоснована необходимость применения компенсаторов с плавным регулированием мощности для систем электроснабжения, работающих с кусочно-постоянной нагрузкой и вариант использования статических тиристорных компенсаторов с активным фильтром.

Ключевые слова: система электроснабжения; реактивная мощность; кусочно-постоянная нагрузка; плавное регулирование; статический тиристорный компенсатор; активный фильтр.

REACTIVE POWER COMPENSATION IN SYSTEMS POWER SUPPLY WITH PIECEWISE CONSTANT THE LOAD

Aleksey Mikhailovich Orobinsky

Baltic State Technical University D.F.Ustinov VOENMEH, St. Petersburg, Russia

amorobin2008@mail.ru

Annotation: The classification and essence of modern reactive power compensators, which have received the most widespread in the world practice, is considered. The necessity of using compensators with smooth power control for power supply systems operating with piecewise constant load and the option of using static thyristor compensators with an active filter is substantiated.

Keywords: power supply system, reactive power, piecewise constant load, smooth control, static thyristor compensator, active filter.

Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения (СЭС) технических объектов позволяет снизить расходы на электроэнергию, уменьшить тепловые потери тока, снизить влияние высших гармоник и несимметрию фаз, подавить сетевые помехи, добиться большей надежности и экономичности распределительных сетей [1]. Наиболее эффективным путем решения данной задачи применение компенсаторов (КРМ). Традиционные схемы КРМ позволяют осуществить ступенчатое

регулирование мощностью с шагом не менее 25 квар. Типичным случаем для многих современных промышленных и инфраструктурных объектов является кусочно-постоянный характер нагрузки с гораздо меньшими значениями перепадов мощности [2]. Поэтому решение вопросов выбора эффективных КРМ для таких СЭС ведет к КРМ с плавным регулированием и является актуальной научно-технической задачей.

Наиболее перспективными сегодня являются динамические КРМ. К ним относятся так называемые FACTS (Flexible AC Transmission System) - устройства, позволяющие осуществлять гибкое регулирование передачи электроэнергии переменного тока. Примером устройств типа FACTS являются статические тиристорные компенсаторы (СТК) реактивной мощности, состоящие из одной или нескольких тиристорно-реакторной групп и набора фильтро-компенсирующих цепей. СТК за счет тиристорного управления обладают очень высоким быстродействием, широким рабочим диапазоном и высокой надежностью [3]. Наибольшее распространение в промышленности получили СТК с тиристорно-управляемыми реакторами (ТУР) и тиристорно-переключаемыми конденсаторами (ТПК). ТПК состоит из батареи конденсаторов (БК) с тиристорным переключением ступеней и дросселей, служащих для ограничения скорости изменения тока тириستоров и/или расстройки БК для предотвращения резонансов [4]. Для работы СЭС с кусочно-постоянной нагрузкой необходим КРМ с плавным регулированием реактивной мощности [5]. Это можно обеспечить путем применения гибридного КРМ, в котором к ТПК последовательно подключен активный фильтр (АФ), как показано на рисунке.

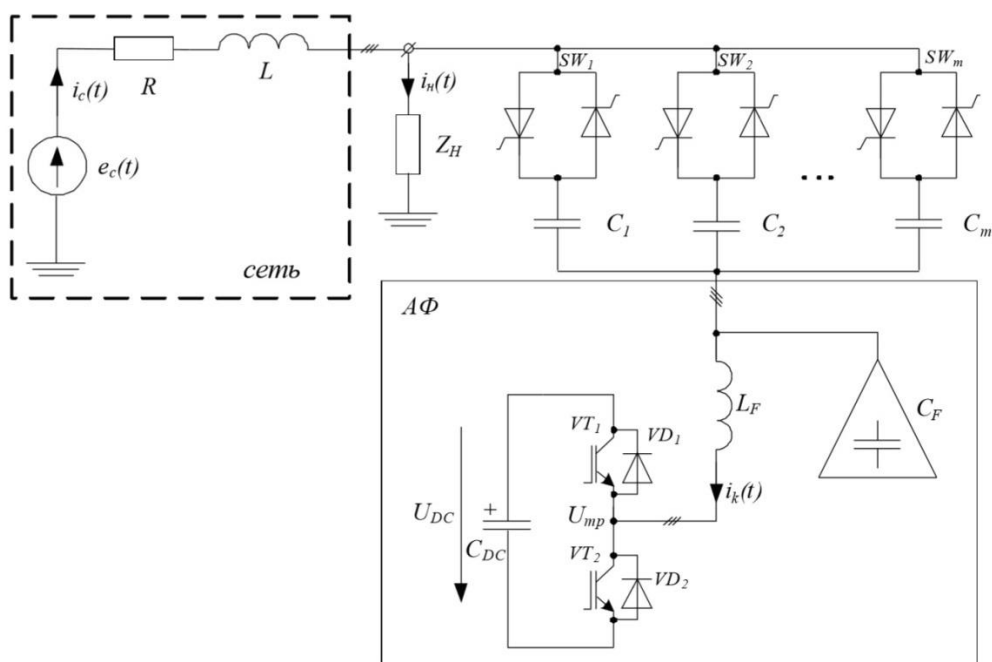


Схема силовой части гибридного КРМ

Эффективность таких систем для СЭС с кусочно-постоянной нагрузкой подтверждается результатами проведенного компьютерного моделирования.

Источники

1. Богаенко И.Н. Регулируемые компенсирующие устройства реактивной мощности // Справочник. Киев: Техника, 2017. 152 с.
2. Добрусин Л.А. Широкополосные фильтрокомпенсирующие устройства для тиристорных преобразователей // Электричество. 2012. №4. С. 27-30.
3. Бортник И.М. Статические тиристорные компенсаторы для энергосистем и сетей электроснабжения // Электричество. 2014. №2. С. 13-19.
4. Аксенов В.В. и др. Компенсация реактивной мощности с фильтрацией токов высших гармоник – реальный путь повышения энергоэффективности передачи и распределения электроэнергии // Электрические станции, 2012. №3. С. 53-60.
5. Оробинский А.М. Проблема повышения времени автономной работы систем электроснабжения мобильных комплексов // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XXI Международной научно-технической конференции. Под ред. Паршина А.Н. Рязань: Ряз. ин-т (филиал) Моск. пол. ун-та, 2023. 890 с.

УДК 621-313.3

МЕТОДЫ МАШИНОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОСЕТЯМИ

Питерский Никита Сергеевич

Науч. рук. к.т.н., доцент Евгений Сергеевич Андреенков

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Смоленск, Россия

9pitpit9@gmail.com

Аннотация: Внедрение методов искусственного интеллекта (ИИ) может стать решением для улучшения контроля и эксплуатации микросетей в интеллектуальных сетях будущего. В статье рассмотрены методы машинного обучения (МО) применительно к микросетям, которые могут быть использованы для повышения их эффективности.

Ключевые слова: управление микросетями, искусственный интеллект, машинное обучение.

MACHINE LEARNING METHODS FOR MICROGRID MANAGEMENT

Piterskiy Nikita Sergeevich

Scientific advisor Andreenkov Evgeniy Sergeevich

Smolensk branch of the National Research University “MPEI”, Smolensk, Russia

9pitpit9@gmail.com

Abstract: The introduction of artificial intelligence (AI) techniques can be a solution to improve the control and operation of microgrids in the smart grid of the future. The article discusses machine learning (ML) methods in relation to microgrids, which can be used to improve their efficiency.

Keywords: Microgrids control, Artificial intelligence, Machine learning.

ИИ — это одна из ключевых областей информационных технологий, ставшая популярной в последние годы. В контексте микросетей ИИ может быть внедрен для повышения эффективности обработки данных, а также принятия решений в динамично меняющихся обстоятельствах для более безопасного и надежного управления микросетями. Обучение ИИ интеллекта для управления микросетью является достаточно сложной технической задачей, однако в настоящее время в этом направлении ведутся активные исследования, в основном базирующиеся МО, которое в свою очередь можно разделить на четыре типа в зависимости от метода обучения, а именно: контролируемое, неконтролируемое, полуконтролируемое и обучение с подкреплением. Ниже кратко изложен обзор этих категорий, включая некоторые примеры исследовательских работ по их реализации в областях интеллектуальных микросетей:

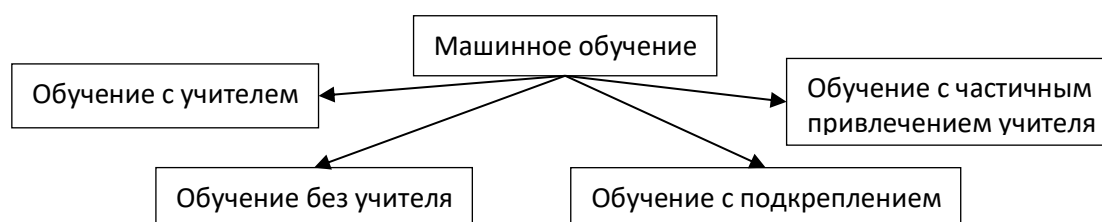


Рис. 1. Классификация МО

Supervised learning (Обучение с учителем, SL) – данный тип контролируемого обучения представляет собой процесс, в котором модель обучается на заранее подготовленных данных, где для каждого входного примера предоставлены «правильные» выходные значения. Классификация и регрессия — две основные категории в этом обучении. Для управления в микросетях задача классификации может применяться для обнаружения

переходных режимов [1] и может быть дополнительно распространена на качество электроэнергии, обнаружение неисправностей. Данный метод также может использоваться для прогнозирования выработки, спроса на электроэнергию, ценообразования на рынке электроэнергии и т. д.

Unsupervised learning (Обучение без учителя, UL) - этот тип алгоритма хорошо работает для анализа и кластеризации неразмеченных наборов данных. Алгоритм обрабатывает закономерности и тенденции, доступные в нетегированном наборе данных, без необходимости контроля со стороны человека. С точки зрения микросетей, кластеризация профиля нагрузки, сегментация потребителей, идентификация топологии сети [2] подпадают под обучение без учителя.

Semi-supervised learning (Обучение с частичным привлечением учителя, SSL) - в последние годы для обучения моделей МО использовались как размеченные, так и неразмеченные данные. Методика создания модели для обучения на размеченных и неразмеченных наборах данных и прогнозирования всех будущих точек определяется как полуконтролируемое обучение. Один из самых популярных алгоритмов этого метода называется «Генеративно-состязательные сети» (GAN) [3]. В контексте микросетей SSL, с архитектурой GAN, можно генерировать обученные данные из шума и минимизировать разрывы между обученными и реальными данными для создания временных рядов профилей выработки электроэнергии, планирования хранения энергии [4].

Reinforcement learning (Обучение с подкреплением, RL) - это алгоритм, состоящий из среды, агента, вознаграждения и действия. RL определяется как процесс обучения, в котором агент активно взаимодействует с окружающей средой для сбора информации, а иногда и влияет на окружающую среду, получая вознаграждение за каждое действие. В совокупности алгоритм направлен на максимизацию общего вознаграждения после прохождения непрерывного процесса получения вознаграждений и наказаний за различные действия. RL имеет потенциал для улучшения управления и эксплуатации микросети на основе принятия решений. Оптимальное управление энергией, автономное участие в рынке электроэнергии, взаимодействие и управление несколькими микросетями [5] являются ключевыми областями, в которых может быть использован RL.

Источники

1. Yousefian R, Kamalasadan S. A Review of Neural Network Based Machine Learning Approaches for Rotor Angle Stability Control. 2017. p. 1–14. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1701.01214>.

2. Razmi P, Ghaemi Asl M, Canarella G, Emami AS. Topology identification in distribution system via machine learning algorithms. PLoS One Jun. 2021; 16(6): e0252436. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252436>.

3. Creswell A, White T, Dumoulin V, Arulkumaran K, Sengupta B, Bharath AA. Generative Adversarial Networks: An Overview. IEEE Signal Process. Mag. 2018; 35(1): 53–65.

4. Gao Y, Hu Y, Li J, Hong M, Man Y. Modeling and simulation analysis of power dispatch of solar photovoltaic microgrid in paper mill. Chem. Eng. Trans. 2020; 81:1237–42. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3303/CET2081207>.

5. Du Y, Li F. Intelligent Multi-Microgrid Energy Management Based on Deep Neural Network and Model-Free Reinforcement Learning. IEEE Trans. Smart Grid 2020; 11(2):1066–76.

УДК 621.3.051

ОБСЛЕДОВАНИЕ ВЛЭП НА НАЛИЧИЕ ПРОБИТЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Рафаилов Кирилл Олегович, Сабитов Айдар Хайдарович

ФГБОУ «КГЭУ», г. Казань, Россия

kirillrafailov1@gmail.com, sabitov_ah@mail.ru

Аннотация: В работе описан тепловизионный способ диагностирования изоляторов воздушных линий электропередач.

Ключевые слова: воздушные линии электропередач, изолятор, ультразвуковые средства контроля, тепловизионный контроль.

INSPECTION OF OVERHEAD POWER LINES FOR THE PRESENCE OF PUNCTURED INSULATORS

Kirill Olegovich Rafailov, Aidar Khaidarovich Sabitov

KSPEU, Kazan, Russia

kirillrafailov1@gmail.com, sabitov_ah@mail.ru

Abstract: The paper describes a thermal imaging method for diagnosing insulators of overhead power lines.

Keywords: overhead power lines, insulator, ultrasonic controls, thermal imaging control.

В настоящее время значительная часть существующих ВЛЭП (воздушных линий электропередач) значительно изношены, что приводит к уменьшению их пропускной способности и влечет за собой снижение эффективности процессов производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. На большинстве воздушных линий электропередач необходимо проведение визуального контроля состояния линий оперативно-выездными бригадами. Надежность работы ВЛЭП во многом зависит от износа подвесных изоляторов, которые являются основным элементом конструкции линий. Существуют два основных типа повреждений изоляторов: электрические сбои и механические повреждения. Помимо этого, на работу оказывает влияние загрязнение поверхности изоляции и т.п. Бывают случаи, когда повреждения на ВЛЭП вызывают проблемы с электроснабжением, что требует незамедлительного поиска неисправностей и их устранения.

На данный момент изучено недостаточное количество методов удаленного определения мест замыканий. В связи с этим, поиск повреждений осуществляется путем последовательного разделения линий с проверкой изоляции при помощи мегаомметра, что требует значительных усилий и может оказаться недостаточно эффективным для устранения неисправностей.

Но существуют средства дистанционного контроля изоляции (инфракрасный, электронно-оптический и ультразвуковой).

Инфракрасные и электронно-оптические приборы достаточно точные и информативные, однако их использование ограничено. Они требуют дорогостоящего оборудования и высокой квалификации персонала, также зависимость от погодных условий и времени суток снижает эффективность их применения.

Поэтому в малых районах электрических сетей напряжением 6–110 кВ длиной до нескольких сотен километров наиболее экономически целесообразно применять ультразвуковые методы контроля. Этот прибор позволяет точно определить место повреждения и оценить уровень опасности каждой обнаруженной неисправности.

Существует два способа поиска неисправностей:

- Проведение регулярных обследований ВЛЭП с целью предотвращения неисправностей;
- Обнаружение места повреждения изоляции при подаче напряжения на поврежденный участок с помощью испытательных установок или РУ подстанций.

Кроме того, прибор позволяет определить тип повреждения: оператор может различить звук "коронирования" по поверхности от начинающихся внутренних частичных разрядов и проанализировать основной спектральный

состав сигнала, что, в свою очередь, помогает исключить сигналы от механических источников (например, вибрации проводов и т.п.). Также имеется возможность сохранить сигнал в память диктофона для создания базы данных различных сигналов и их более глубокого анализа с использованием дополнительных программных и аппаратных средств.

Источники

1. Воркунов О.В. Мониторинг состояния воздушных линий электропередачи / О.В. Воркунов, А.Т. Зайнетдинов // Высокие технологии и инновации в науке: сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. Иркутск: Научное партнерство «Апекс», 2018. С. 72–73.
2. Шуин В.А. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6–10 кВ / В.А. Шуин, А.В. Гусенков. М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2001. 104 с.
3. Козлов А.Н. Диагностика электрооборудования высокого напряжения: учебное пособие / А.Н. Козлов. Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. 44 с.
4. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А.И. Хальясмаа [и др.]. Екатеринбург: Издво Урал. ун-та, 2015. 64 с.
5. Аржанников Е.А. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линиях: учебное пособие / Е.А. Аржанников, А.М. Чухин. Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т, 1998. 74 с.

УДК 621.314

УРОВНИ ВИБРАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА

Полякова Д.А., Козлов В.К.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
rannenkampf@mail.ru

Аннотация: Проанализировано влияние различных факторов на уровень шума и вибраций трансформаторов. Исследовано влияние нагрузки, конструкции, материалов и режимов работы на данные параметры с акцентом на последние. Рассмотрены особенности шумовых характеристик в номинальном режиме, режиме холостого хода, при

параллельной работе и в аварийном режиме. Полученные результаты позволяют более глубоко понять процессы, происходящие в трансформаторах, и предложить меры для оптимизации их работы с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду и повышения их эффективности.

Ключевые слова: магнитная система, частота, гармоники, вибрация, трансформаторы, режимы работы, параметры нагрузки, индукция, магнитострикция.

VIBRATION LEVELS DEPENDING ON THE TRANSFORMER'S OPERATING MODE

Polyakova D.A., Kozlov V.K.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

rannenkampf@mail.ru

Abstract: This article analyzes the influence of various factors on the level of noise and vibrations in transformers. The impact of load, construction, materials, and operating modes on these parameters is investigated, with emphasis on the latter. The peculiarities of noise characteristics are examined in nominal mode, idle mode, during parallel operation, and in emergency mode. The obtained results provide deeper insights into the processes occurring in transformers and suggest measures for optimizing their operation to reduce negative environmental impact and enhance efficiency.

Keywords: magnetic system, frequency, harmonics, vibration, transformers, operating modes, load parameters, induction, magnetostriction.

В современном мире трансформаторы играют ключевую роль в передаче и распределении электроэнергии, обеспечивая необходимую эффективность работы электроэнергетических систем. Однако, несмотря на их важность, эксплуатация трансформаторов сопряжена с различными проблемами, включая износ, потери энергии и вибрации. Вибрации трансформаторов представляют угрозу, поскольку могут привести к повреждению оборудования, снижению его эффективности и даже представлять опасность для персонала и окружающей среды. Исследование уровней вибрации в зависимости от режима работы трансформаторов является актуальной задачей, поскольку его решение направлено на повышение надежности и безопасности энергетических систем [1]. Понимание того, как различные режимы работы влияют на уровни вибрации трансформаторов, позволяет разработать эффективные стратегии управления, направленные на минимизацию рисков и повышение долговечности оборудования.

В работе трансформатора выделяют три основных источника шума. Первый из них - вибрации магнитопровода, которые вызываются явлением магнитострикции. Это физическое явление приводит к изменению размеров материала под воздействием магнитного поля, что в свою очередь может вызвать механические колебания и шум. Вторым источником шума связан с воздействием токов нагрузки. Этот вид шума обусловлен действием электромагнитных сил, возникающих в обмотках и других компонентах трансформатора под воздействием рассеиваемых токов, зависящих от текущей нагрузки. И, наконец, третий источник шума – это шум, порождаемый работой оборудования системы охлаждения, включая вентиляторы и насосы [2].

На вибрационные свойства трансформатора влияют многие факторы помимо режимов работы. Уровень звуковой мощности трансформаторов тесно связан с их массогабаритными параметрами и может меняться под воздействием различных факторов. Этот уровень оценивается с использованием формул, зависящих от длины стержня магнитной системы, площади поперечного сечения и виброскорости. Увеличение длины стержня или резонанс магнитной системы могут приводить к увеличению уровня звука. Например, увеличение вдвое длины стержня повышает уровень звука на 6 дБ. Магнитные системы трансформаторов обладают густым спектром собственных частот в диапазоне 1-3 кГц, что объясняет высокий уровень звука трансформаторов при частоте питающего напряжения 400 Гц и выше.

Уровни звуковой мощности трансформаторов также зависят от их электрической мощности и массы магнитной системы. Прямая зависимость от массы или линейных размеров магнитной системы описывается математическими формулами. Например, уровень звука пропорционален массе магнитной системы и электрической мощности трансформатора в степени $3/4$.

Индукция сопряженного магнитного поля также влияет на уровень звукового шума трансформаторов. При изменении индукции на 10%, уровень шума может измениться на 3 дБ для основной гармоники [3]. Более высокие гармоники более чувствительны к изменениям индукции, что связано с наиболее плавной формой синусоиды индукции.

Характеристики вибрации и шума трансформатора напрямую зависят от распределения магнитных потоков в сердечнике. Например, внутренние углы рамных магнитных систем могут вызывать увеличение вибрации и шума из-за высокой индукции.

Трехфазные магнитные системы обычно характеризуются повышенным уровнем шума 3-й гармоники из-за фазовых сдвигов колебаний стержней и индукции. Это особенно заметно в симметричных трехфазных

системах с навитыми магнитопроводами. Кроме того, бак трансформатора может усиливать уровень шума за счет резонанса его стенок и передачи вибраций от активной части.

Рассмотрев не менее важные параметры, перейдём к исследованию зависимости вибраций от режимов работы трансформатора. Спектральный состав шума и вибраций зависит от частоты питающего напряжения, а также от особенностей конструкции и условий эксплуатации. Например, для стандартных частот сети 50 или 60 Гц гармоника шума и вибрации кратны основной частоте: 100 или 120 Гц, 150 или 180 Гц и т.д. Трёхфазные трансформаторы имеют более выраженные первые три гармоники, в то время как у однофазных это первые две гармоники [4]. Кроме того, трансформаторы, работающие на частоте 400 Гц, имеют гармонические составляющие шума и вибрации на частотах 800, 1600, 2500 Гц и т.д.

Для контроля виброакустических характеристик трансформаторов часто используется режим холостого хода, так как основной источник шума — магнитная система. Нагрузка и индукция обмотки также оказывают влияние на параметры шума и вибрации. Например, ёмкостная нагрузка ухудшает характеристики по сравнению с индуктивной. Электропечные и преобразовательные трансформаторы характеризуются повышенной вибрацией и шумом. В случае электропечных трансформаторов повышение шума связано с прерывистым режимом работы, таким как работа в режиме расплава шихты в печи. При включении трансформатора возможно повышенное количество шума из-за остаточной намагниченности сердечника. Перенасыщение сердечника также может вызвать увеличение уровня шума на 20 дБ выше нормального уровня, а возврат к установившемуся состоянию может занять до 6 часов.

Уровень шума в режиме номинальной нагрузки зависит от интенсивности магнитостриктивных эффектов и механических колебаний внутри трансформатора. Магнитострикция — эффект, при котором изменяются геометрические параметры ферромагнетиков, помещённых в изменяющееся магнитное поле.

В режиме параллельной работы трансформаторов, когда несколько трансформаторов соединяются параллельно, уровень шума может зависеть от согласованности их работы и различий в электрических параметрах. Также частоты и гармоники в этом режиме могут быть суммой частот и гармоник каждого из трансформаторов, вызывая интерференцию и дополнительные шумы [5]. Резонансные явления могут быть более сложными из-за взаимодействия между трансформаторами.

Режим холостого хода трансформатора характеризуется отсутствием или очень низкой нагрузкой, что снижает уровень шума по сравнению с

номинальным режимом. Однако, даже в этом режиме могут присутствовать частоты и гармоники основной частоты тока, вызывая дополнительные шумы. Возможно появление резонансных явлений внутри трансформатора, что также может влиять на уровень шума.

В аварийном режиме трансформатор может работать при условиях, отличных от нормальных, например, при коротком замыкании или перегрузке в системе электроснабжения [6]. Уровень шума в аварийном режиме значительно увеличивается из-за интенсивных нагрузок, возникающих при аварийных ситуациях. Это связано с высокими токами и интенсивными магнитными полями, что вызывает значительные механические колебания и шум.

На основании представленных данных можно сделать вывод о том, что шум и вибрации трансформаторов зависят от различных факторов, таких как нагрузка, режим работы, конструкция и материалы. Уровень шума и вибраций существенно варьируется в зависимости от частоты питающего напряжения, конструктивных особенностей трансформатора и его режима работы. Так, режимы номинальной нагрузки, холостого хода, параллельной работы и аварийные ситуации имеют различное влияние на величину шума и вибраций. Поэтому необходимо учитывать их при проектировании, эксплуатации и обслуживании трансформаторов для обеспечения их эффективной работы и минимизации негативного воздействия на окружающую среду и людей.

Источники

1. Костюков А.В. Экспериментальные исследования акустических характеристик трансформатора // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. №12. С. 127-132.

2. Костюков А.В. Экспериментальные исследования шума силовых трансформаторов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. №2. С. 695-699.

3. Исследование магнитной вибрации асинхронного электродвигателя посредством МКЭмоделирования / А. И. Ермолаев, В. И. Ерофеев, А. С. Плехов, Д. Ю. Титов // Интеллектуальная электротехника. 2021. № 3(15). С. 37-56.

4. Binojkumar A.C., Saritha B., Narayanan G. Acoustic noise characterization of space-vector modulated induction motor drives – an experimental approach // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2020. Vol. 62. No. 6. P. 3362-3371.

5. Ramses Girdis, Jan Anger, Donald Chu. Development of Transformers with Reduced Noise Levels // The Sound of Silence. ABB Review 2/2018. P. 47-51.

6. Pellerey P., Favennec G., Lanfranchi V., Friedrich G. Active reduction of electrical machines magnetic noise by the control of low frequency current harmonics // in proc. IECON 2019 - 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, Oct. 25-28, 2019, Montreal, QC, Canada. IEEE, 2019, pp. 1654-1659.

УДК 338.24

ПОНЯТИЕ «РИСК» В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

Рожкова Анна Константиновна

Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Россия

rannette@mail.ru

Аннотация: В статье делается попытка рассмотрения феномена риска в современном трансформирующемся мире. Автор рассмотрел проблему выделения риска энергетической безопасности как легальную дефиницию национальной безопасности России, определил, чем отличается феномен риска и угрозы.

Ключевые слова: энергетика, риски в области энергетической безопасности, Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации.

THE CONCEPT OF «RISK» IN THE SYSTEM OF ENSURING ENERGY SECURITY OF RUSSIA

Anna Konstantinovna Rozhkova

Baikal State University, Irkutsk, Russia

rannette@mail.ru

Abstract: The article attempts to consider the phenomenon of risk in the modern transforming world. The author examined the problem of identifying the risk of energy security as a legal definition of Russia's national security, and determined how the phenomenon of risk and threat differs.

Keywords: energy, risks in the field of energy security, Doctrine of Energy Security of the Russian Federation.

Современное человечество, находится в парадоксальной ситуации, ее можно охарактеризовать как эпоху катастроф: повышая уровень безопасности, одномоментно увеличивается потенциальное количество опасностей и рисков. Данное обстоятельство актуализирует исследовательские интерес к феномену риска.

Риск вообще можно понимать соотношение шансов и потерь по отношению к определенному решению. Г.Бехманн утверждает, что современные общества предопределяют будущее, прогнозируя и минимизируя риски, и тем самым находят собственный специфический способ обращения с неопределенностью, что отличает их от всех предшествующих обществ. Риск стал предметом изучения таких научных направлений как экономика, юриспруденция, психология, менеджмент и пр.

Наше общество, по мнению ученых, находится на стадии перехода к обществу знаний, информационному обществу. Человечество стремиться просчитать ход развития техногенного общества и свести уровень угроз и рисков при существовании глобальных проблем человечества, нависших над ним словно Дамоклов меч, к минимуму.

Постулатом стала идея, что не существует абсолютной безопасности. С точки зрения лиц, принимающих решения, это значит: принимая любое решение, всегда есть вероятность определенного риска.

В целом понятия «риск», «угроза», «опасность», «вызов» схожи по своему содержанию, нередко их используют как синонимы. По мнению автора, их связывает возможность наступления в будущем ущерба или вреда, но это не тождественные понятия.

Вызов, по мнению Г.А. Атаманова, это воспринятое и осознанное субъектом изменение состояния окружающей среды, оказывающее на него дестабилизирующее воздействие и потому требующее определённой реакции для обеспечения своей жизнеспособности. Это «приглашение» к действию. Если «субъект не увидел тех изменений, которые произошли, или увидел, но не понял их значения, не осознал возможные последствия таких изменений для его дальнейшего существования, не придавал им должного значения, то их нельзя трактовать как вызов» [1].

Вызов очень часто путают с угрозой и опасностью, однако он не всегда сопряжен с последней. Причиной возникновения опасности для объекта становится отсутствие какой-либо реакции или неадекватная и/или несвоевременная реакция на происходящие изменения. Угроза же представляет собой «демонстрацию действующим объектом желания и/или возможности причинить вред объекту воздействия, это явление, и потому всегда предметна, т.е. она может исходить только от предмета (живого или неживого)» [1].

Никлас Луман предложил следующее инструктивное различие опасности и риска: при опасности ущерб возможен по отношению к окружающей среде, а при риске как следствие собственной деятельности или бездействия, поэтому риск предполагает ситуацию принятия решения. Из одной возможности природной катастрофы еще не следует никакого риска, в лучшем случае лишь угроза. Рисковать – значит совершать действие, которое может привести к причинению действующему вреду.

Риск есть «атрибут деятельностного акта, в результате которого, субъекту, его совершающему, может быть причинен вред» [1]. Существование риска обусловлено наличием неопределенности результата деятельности, невозможностью однозначного предсказания конечного результата.

Понятийный аппарат является основой любой научной теории. Понятие «риск» стало рассматриваться и на уровне регулирования самых актуальных и сложных проблем современности, а именно проблем безопасности. «Национальная безопасность сегодня включает в себя такие виды: военная, государственная, общественная, информационная, экологическая, экономическая, транспортная, энергетическая» [3].

Энергетика вносит значительный вклад в обеспечение национальной безопасности и социально-экономического развития страны, однако это «сфера деятельности человека отличается наличием большим количеством рисков» [4].

В 2019 году Президентом России был принят документ стратегического планирования в области энергетической безопасности, в нем отражены официальные взгляды на обеспечение энергетической безопасности, в т.ч. базовые определения, среди которых особое место занимает понятие и сущность «риска».

Риск в области энергетической безопасности – «возможность перерастания вызова энергетической безопасности в угрозу, реализации угрозы энергетической безопасности или наступления иных обстоятельств, оказывающих отрицательное влияние на состояние энергетической безопасности, в зависимости от действий или бездействия субъектов энергетической безопасности» [3].

Как видно из данного определения, законодатель частично отождествляет риск и угрозу, а также связывает наступление неблагоприятных последствий с принятием или непринятием управленческих решений. Что вполне соответствует современным тенденциям в области исследования рисков.

Показательно, что именно в Доктрину энергетической безопасности России законодатель «не просто ввел легальную дефиницию риска, но и

дифференцировал риски» [5], соотнес их в внутренними, внешними и трансграничными угрозами и вызовами в области энергетической безопасности Российской Федерации.

Источники

1. Атаманов Г.А. Азбука безопасности. Исходные понятия теории безопасности и их определения // Защита информации. Инсайд. 2012. № 4. С. 16–21.
2. Рожкова А.К. К вопросу выделения новых видов национальной безопасности: идеологическая безопасность (потенциал Церкви) // Теория государства и права. 2020. № 3. С. 157–169.
3. Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 13.05.2019 № 216 // Российская газета. 15 мая 2019. № 7860.
4. Сендеров С., Рабчук В. Энергетическая безопасность сегодня и основные методики ее обеспечения // Энергетическая политика. 2022. № 11 (177). С. 56–69.
5. Феоничев А.Б., Мелешин К.Ю. Теоретико-методологические особенности анализа базовых понятий современной теории национальной безопасности // Управленческое консультирование. 2021. № 1. С. 32–41.

УДК 332.1

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЭК: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Никита Алексеевич Романовский

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия
nickita.romanovskij@yandex.ru

Аннотация: Статья рассматривает влияние цифровой трансформации на сектор ТЭК. Описываются современные технологии, используемые в этом процессе, проблемы и вызовы при их внедрении, а также перспективы развития сектора.

Ключевые слова: цифровая трансформация, ТЭК, сектор энергетики, технологии, перспективы развития ТЭК.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN DIGITAL TRANSFORMATION OF THE FEC: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Nikita Alexeyevich Romanovskiy

St. Petersburg State Institute of Technology, St. Petersburg, Russia

nickita.romanovskij@yandex.ru

Abstract: The article examines the impact of digital transformations in the fuel and energy sector. About modern modern technologies, their use in this process, problems and challenges in their implementation, as well as prospects for the development of the sector.

Keywords: digital transformation, fuel and energy complex, energy sector, technology, prospects for the development of the fuel and energy complex.

В процессе цифровой трансформации в секторе ТЭК применяются разнообразные современные технологии. Одной из ключевых является технология Интернета вещей (IoT), которая позволяет собирать данные с датчиков и устройств в реальном времени. Это обеспечивает возможность мониторинга и управления различными аспектами производства, такими как состояние оборудования или уровень энергопотребления [1].

Другой важной технологией является искусственный интеллект (ИИ), который используется для анализа данных и предсказания отказов оборудования, оптимизации производственных процессов и прогнозирования спроса на энергоресурсы.

Блокчейн также находит свое применение в секторе ТЭК, обеспечивая безопасное и прозрачное хранение данных и транзакций. Это помогает повысить уровень доверия к процессам управления цепочками поставок и регистрации транзакций, что особенно важно в условиях высокой конкуренции и жестких требований к безопасности.

Кроме того, аналитика данных играет значительную роль в цифровой трансформации ТЭК. С помощью современных методов анализа больших данных компании этого сектора могут извлекать ценную информацию из огромных объемов данных. С увеличением количества собираемых и обрабатываемых данных необходимо разработать эффективные стратегии аналитики данных и обработки информации. Это позволит компаниям принимать обоснованные стратегические решения на основе данных и получать ценную информацию о производственных процессах, рыночных тенденциях и потребительских предпочтениях [2].

Предприятия сектора ТЭК, осуществляющие внедрение и использование новых технологий, сталкиваются с рядом проблемных аспектов. Во-первых, высокие затраты на внедрение технологий являются

значительным фактором ограничения для многих компаний. Инвестиции в приобретение необходимого оборудования, программного обеспечения и обучение персонала могут оказаться финансово нагрузочными, особенно для малых и средних предприятий [3].

Сложность интеграции новых технологий с уже существующими системами также является серьезной проблемой. Старые системы могут быть устаревшими или несовместимыми с новыми технологиями, что требует дополнительных усилий и ресурсов для их совместной работы.

Необходимость обучения персонала является еще одним вызовом при внедрении новых технологий в секторе ТЭК. Обучение сотрудников новым навыкам и методам работы может потребовать значительного времени и ресурсов, что также может отразиться на производственной эффективности и операционных затратах предприятия.

Обеспечение кибербезопасности является критическим аспектом при внедрении новых технологий в секторе ТЭК. В связи с увеличением количества подключенных устройств и обменом большого объема данных, компании становятся более уязвимыми к кибератакам и утечкам данных. В условиях, когда киберугрозы становятся все более сложными и тонкими, компании должны активно инвестировать в разработку и внедрение современных систем защиты данных и информационной инфраструктуры, а также в обучение персонала по вопросам кибербезопасности. Это позволит предотвращать потенциальные угрозы и обеспечивать надежную защиту важной информации и производственных систем [4].

В перспективе цифровой трансформации сектор ТЭК будет сталкиваться с новыми вызовами и тенденциями, в том числе необходимостью адаптации к изменяющимся рыночным условиям. Быстрое развитие технологий, изменения в потребительском спросе и регулировании могут требовать от предприятий ТЭК гибкости и быстрой реакции на новые требования и тренды на рынке. Это может потребовать пересмотра бизнес-моделей, стратегий производства и маркетинговых подходов, чтобы оставаться конкурентоспособными в динамичной рыночной среде [5].

Источники

1. Кулагин, В. Digital @ Scale: настольная книга по цифровизации бизнеса / В. Кулагин, А. Сухаревски, Ю. Мефферт. М.: Интеллектуальная Литература, 2019. – 293 с.
2. Мозохин А.Е. Анализ перспективного развития энергетических систем в условиях цифровой трансформации российской экономики //

Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. №1. С.82-93.

3. Морозов М.М. Институциональные и инфраструктурные ограничения внедрения инновационных технологий в ТЭК России // Финансовые рынки и банки. 2021. №1. С.133-136.

4. Тягунов М. Цифровая трансформация и энергетика // Энергетическая политика. 2021. №9. С.74-85.

5. Жданеев О.В. Перспективы технологий индустрии 4.0 в ТЭК России // Энергетическая политика. 2020. №7. С.16-33.

УДК 338.24

К ВОПРОСУ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОТДЕЛЬНЫЙ ВИД НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

Рожкова Анна Константиновна
ФГБОУ ВО «БГУ», г. Иркутск, Иркутская область
rannette@mail.ru

Аннотация: В статье делается попытка осмысления Стратегии национальной безопасности 2021 года с точки зрения энергетической безопасности. Автор рассмотрел проблему выделения энергетической безопасности как самостоятельного вида национальной безопасности России. В статье подчеркивается непосредственная связь благополучия и развития ТЭК с национальной безопасностью государства.

Ключевые слова: энергетика России; национальная безопасность; Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации.

ON THE ISSUE OF SEPARATING ENERGY SECURITY AS A SEPARATE TYPE OF NATIONAL SECURITY IN RUSSIA

Anna Konstantinovna Rozhkova
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Baikal State University»,
Irkutsk, Irkutsk region
rannette@mail.ru

Abstract: The article attempts to understand the 2021 National Security Strategy from the point of view of energy security. The author examined the problem of identifying energy security as an independent type of national security in Russia. The article emphasizes the direct

connection between the well-being and development of the fuel and energy complex and the national security of the state.

Keywords: Russian energy sector; national security; Doctrine of Energy Security of the Russian Federation.

В XX веке человечество столкнулось с рядом глобальных проблем, совокупностью таких социоприродных проблем, от решения которых зависит прогресс человечества и сохранение самой человеческой цивилизации. К ним можно отнести и проблему сохранения мира, экологическую, сырьевую, продовольственную, демографическую и многие другие. Решить их возможно только приложив усилия всех стран. Сложность состоит еще и в том, что локализовать лишь одну глобальную проблему не представляется возможным, все они взаимосвязаны.

Проблемы в области энергетики также стали глобальными, они затрагивают не только Россию, все страны мира так или иначе с ними сталкиваются, так как развитый ТЭК – залог бесперебойной работы промышленности, технологического прогресса, обеспечения, в конечном итоге, национальной безопасности страны.

Когда речь заходит о природных ресурсах, то эксперты единогласно констатируют, что Россия является богатейшей страной в мире, являясь лидером по количеству запасов природного газа, древесины, второе место в мире по величине месторождений угля, редкоземельных металлов и третье по месторождениям золота. Несмотря на то, что нефтегазовая сфера была была основой советской и российской экономики, то сегодня, в эпоху стремительного внедрения по всему миру так называемых «зеленых технологий», о перспективах обеспечения энергетической безопасности заставляет задуматься исследователей, практиков, политиков.

Внедрение новых технологий, подчеркивает Президент России, «сопровождается трансформацией механизмов производства и потребления, появлением новых рынков товаров и услуг, изменением облика существующих отраслей экономики и технологических стандартов, повышением уровня переработки природных ресурсов, снижением энергоемкости мировой экономики» [1].

Энергетическая безопасность до 2015 года считалась составной частью экономической безопасности. С принятием Указа Президента в 2015г. «Стратегии национальной безопасности РФ», энергетическая безопасность стала самостоятельным видом национальной безопасности, ее составной частью. Действующая Стратегия национальной безопасности, принятая в 2021г. не выделяет отдельные виды национальной безопасности. Она «носит ярко выраженный антропоцентристский характер» [2].

Законодатель раскрывает механизм обеспечения национальной безопасности через отдельно выделенные стратегические национальные приоритеты: сбережение народа России и развитие человеческого потенциала; оборона страны; государственная и общественная безопасность; информационная безопасность; экономическая безопасность; научно-технологическое развитие; экологическая безопасность и рациональное природопользование; защита традиционных российских духовно-нравственных ценностей, культуры и исторической памяти; стратегическая стабильность и взаимовыгодное международное сотрудничество. Приходится констатировать, что отдельно как приоритет энергетическая безопасность не выступает, хоть и в разделе «Экономическая безопасность» в п. 62 подчеркивается, что «переход от экспорта первичных сырьевых ресурсов и сельскохозяйственной продукции к их глубокой переработке, развитие существующих и создание новых высокотехнологичных производств и рынков наряду с технологическим обновлением базовых секторов экономики, использованием низкоуглеродных технологий приведут к изменению структуры российской экономики, повышению ее конкурентоспособности и устойчивости»[1].

Кроме того, правовой основой обеспечения энергетической безопасности выступает Доктрина энергетической безопасности 2019г., в которой содержатся основные понятия, угрозы, вызовы и риски энергетической безопасности. Энергетическая безопасность, согласно данному документу стратегического планирования, «состояние защищенности экономики и населения страны от угроз национальной безопасности в сфере энергетики, при котором обеспечивается выполнение предусмотренных законодательством РФ требований к топливо- и энергоснабжению потребителей, а также выполнение экспортных контрактов и международных обязательств России»[3]. Сендеров С. добавляет, что главное требование энергетической безопасности России – «бесперебойное топливо- и энергоснабжение потребителей необходимыми видами энергоресурсов в нужном объеме, хорошего качества и приемлемой стоимости»[4].

Вопрос о выделении видов национальной безопасности является дискуссионным. До 2021 года четко выделяли 9 видов: «военную, государственную, общественную, информационную, экологическую, экономическую, транспортную, энергетическую безопасность, безопасность личности» [1]. Это был закрытый перечень видов национальной безопасности. На сегодняшний день, четкого понимания, что является видом национальной безопасности нет, хотя они и «существуют объективно, что обусловлено многогранностью такого явления как национальная безопасность» [5]. Соответственно, автор предлагает вернуться к вопросу

конкретизации видов национальной безопасности на законодательном уровне, а также выделить безопасность ТЭК как самостоятельный приоритет стратегического развития России.

Источники

1. Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 // Российская газета. 03 июля 2021.

2. Рожкова А.К. К вопросу о новшествах стратегии национальной безопасности 2021 года: антропоцентричный характер национальных интересов и стратегических приоритетов // Военно-юридический журнал. 2021. № 8. С. 8–11.

3. Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 13.05.2019 № 216 // Российская газета. 15 мая 2019. № 7860.

4. Сендеров С., Рабчук В. Энергетическая безопасность сегодня и основные методики ее обеспечения // Энергетическая политика. 2022. № 11 (177). С. 56–69.

5. Рожкова А.К. К вопросу выделения новых видов национальной безопасности: идеологическая безопасность (потенциал Церкви) // Теория государства и права. 2020. № 3. С. 157–169.

УДК 346.7

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ СТРАН, ВХОДЯЩИХ В ЕВРАЗИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ

Салиева Роза Наильевна

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,

г. Казань, Республика Татарстан

sargus6@yandex.ru

Аннотация: Анализируются программные документы, нормативные правовые акты государств, входящих в Евразийский экономический союз, в которых закреплены принципы обеспечения энергетической безопасности. В результате проведенного анализа выявлено, что принципы обеспечения энергетической безопасности формулируются в законодательстве государств ЕАЭС по-разному. В связи с этим требуется дальнейшая гармонизация законодательства. Основой такой гармонизации могут послужить

Рекомендации по гармонизации законодательства государств - членов ОДКБ в сфере укрепления энергетической безопасности.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, Евразийский экономический союз, гармонизация законодательства.

CONSOLIDATION OF THE PRINCIPLES OF ENSURING ENERGY SECURITY IN THE LEGISLATION OF THE COUNTRIES OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION

Salieva Roza Nailevna

Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Republic of Tatarstan
sargus6@yandex.ru

Abstract: The program documents and regulatory legal acts of the member states of the Eurasian Economic Union, which enshrine the principles of ensuring energy security, are analyzed. As a result of the analysis, it was revealed that the principles of ensuring energy security are formulated in the legislation of the EAEU states in different ways. In this regard, further harmonization of legislation is required. Recommendations on the harmonization of the legislation of the CSTO member states in the field of strengthening energy security can serve as the basis for such harmonization.

Keywords: energy security, the Eurasian Economic Union, harmonization of legislation.

В Договоре о Евразийском экономическом союзе [1] (далее – Договор) определены направления экономического сотрудничества государств, входящих в ЕАЭС, и заложены принципы эффективного использования потенциала топливно-энергетических комплексов государств-членов, а также обеспечения национальных экономик основными видами энергетических ресурсов (электроэнергия, газ, нефть и нефтепродукты). В частности, закреплено, что государства-члены развивают долгосрочное взаимовыгодное сотрудничество в сфере энергетики, проводят скоординированную энергетическую политику, осуществляют поэтапное формирование общих рынков энергетических ресурсов в соответствии с международными договорами. Энергетическая сфера сотрудничества государств требует осуществления и постоянного поддержания мер безопасности, выработки общих согласованных принципов и подходов законодательного обеспечения. Как следует из Договора основными принципами обеспечения энергетической безопасности являются:

1) обеспечение рыночного ценообразования на энергетические ресурсы;

2) обеспечение развития конкуренции на общих рынках энергетических ресурсов;

3) отсутствие технических, административных и прочих препятствий торговле энергетическими ресурсами, соответствующим оборудованием, технологиями и связанными с ними услугами;

4) обеспечение развития транспортной инфраструктуры общих рынков энергетических ресурсов;

5) обеспечение недискриминационных условий для хозяйствующих субъектов государств-членов на общих рынках энергетических ресурсов;

6) создание благоприятных условий для привлечения инвестиций в энергетический комплекс государств-членов;

7) гармонизация национальных норм и правил функционирования технологической и коммерческой инфраструктуры общих рынков энергетических ресурсов.

Вышеперечисленные принципы энергетической безопасности в условиях стремления к гармонизации законодательства несомненно отражаются в нормативных правовых актах государств – участников Евразийского экономического союза, в стратегических и программных документах.

В п. 2 вышеуказанной статьи Договора определено, что к отношениям хозяйствующих субъектов государств-членов, осуществляющих свою деятельность в сферах электроэнергетики, газа, нефти и нефтепродуктов, не урегулированным настоящим разделом, применяется законодательство государств-членов, т.е. по отдельным направлениям сотрудничества применяются нормы национального законодательства, построенного на соответствующих принципах.

Как показывает анализ судебной практики в национальной компетенции государств остается часть полномочий по таможенному регулированию в отношении перемещения товаров [2, 3 и др.], а также в сфере технического регулирования [4, 5 и др.].

Общие подходы к организационному и правовому обеспечению энергетической безопасности в контексте обеспечения национальной безопасности государств и рекомендательные положения по основным принципам обеспечения энергетической безопасности содержатся в ст.4 Модельного закона ОДКБ «Об энергетической безопасности» [6]. В целом государства реализовывают государственную политику, направленную на гармонизацию национального законодательства в указанной сфере.

В Российской Федерации принципы энергетической безопасности закреплены на уровне специальных законов, например, в ст. 4 Федерального закона от 21.07.2011 N 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-

энергетического комплекса» [7]; в ст.6 Федерального закона от 26.03.2003 N 35-ФЗ «Об электроэнергетике» [8]; в ст.4 Федерального закона от 31.03.1999 N 69-ФЗ (ред. от 12.12.2023) «О газоснабжении в Российской Федерации» [9] и в других. Указом Президента РФ от 13.05.2019 N 216 утверждена Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации [10], в которой установлено, что принципами обеспечения энергетической безопасности являются законность, приоритет внутреннего рынка, стабильность налоговой политики и нормативно-правового регулирования в сфере энергетики, сырьевая, финансовая и кадровая обеспеченность организаций топливно-энергетического комплекса, рациональное природопользование и энергетическая эффективность, государственно-частное партнерство, учет интересов всех субъектов энергетической безопасности и населения. В Энергетической стратегии РФ прописаны механизмы обеспечения энергетической безопасности. Так, в частности, определено, что в целях своевременного реагирования на вызовы и угрозы энергетической безопасности создается система управления рисками в области энергетической безопасности [11].

В Республике Беларусь принята концепция энергетической безопасности [12], в которой наряду с общими положениями об энергетической безопасности также определены принципы обеспечения энергетической безопасности: максимальное использование собственных ресурсов, обеспечение экономически и экологически оправданного использования потенциала местных энергоресурсов; повышение уровня диверсифицированности и резервирования, позволяющего бесперебойно функционировать организациям ТЭК продолжительный период при ограничении поставок доминирующим поставщиком ТЭР; сотрудничество с сопредельными странами, основными торгово-экономическими партнерами и международными организациями и принятие коллективных мер по укреплению энергетической безопасности; обеспечение государственного контроля и управления отношениями между субъектами ТЭК; обеспечение равных условий для функционирования, доступа к инфраструктуре частных и государственных компаний; снижение энергоемкости валового внутреннего продукта (ВВП) и повышение энергоэффективности [12]. В специальных законах, регулирующих отношения в сфере энергетики, определены отдельные виды энергетической безопасности: «промышленная безопасность», «ядерная безопасность». Например, в Законе Республики Беларусь от 10 октября 2022 г. № 208-З «О регулировании безопасности при использовании атомной энергии» ядерная безопасность определена как состояние защищенности жизни и здоровья населения и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения ядерной установки и

(или) пункта хранения, пункта захоронения, обеспеченное достижением надлежащих условий их эксплуатации, а также надлежащим обращением с ядерными материалами и радиоактивными отходами [13]. Также в статье 7 вышеназванного закона определены элементы системы обеспечения безопасности при использовании атомной энергии (установление требований, лицензирование, контроль, надзор и т. д.).

По авторитетному мнению профессора В.С. Каменкова, в сфере правового регулирования энергетической безопасности необходима более тесная координация государственных органов, представляющих различные ветви государственной власти, а также негосударственных организаций, научных учреждений по вопросам обеспечения таких стратегических тем, как национальная безопасность, включающая энергетическую безопасность [14].

В Республике Казахстан утверждена Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года [15], которая содержит основные принципы и общие подходы развития в сфере энергетических отраслей экономики. Действует также Закон Республики Казахстан от 12 января 2016 года № 442-V ЗРК «Об использовании атомной энергии» [16], в котором закреплены принципы государственного регулирования в области использования атомной энергии: обеспечение безопасности жизни и здоровья людей, охраны окружающей среды при использовании атомной энергии; приоритетность обеспечения безопасности над другими аспектами использования атомной энергии; обязательность и непрерывность государственного контроля за обеспечением безопасности объекта использования атомной энергии и др. Закон Республики Казахстан от 6 января 2012 года «О национальной безопасности Республики Казахстан» закрепляет принципы обеспечения национальной безопасности: приоритет прав и свобод человека и гражданина; приоритетность предупредительно-профилактических мер при обеспечении национальной безопасности; соблюдение законности при осуществлении деятельности по обеспечению национальной безопасности и др. [18].

В Республике Кыргызстан разработан проект Концепции развития топливно-энергетического комплекса КР на период до 2030 г., главной целью которой является обеспечение энергетической безопасности страны и регионов, энергоэффективности экономики, доступности энергоносителей для потребителей по качеству и ценам и снижения техногенного воздействия на окружающую среду [19]. Принята Национальная стратегия развития Кыргызской республики на 2018-2040 г. [20]. С 1 августа 2023 года в энергетической отрасли Кыргызстана начал действовать режим ЧС [21].

Причины — снижение выработки на ГЭС из-за низкого уровня воды, изношенность генерации и резкий рост спроса на электроэнергию.

В Республике Армения принята Стратегия национальной безопасности [22], в которой закреплены фундаментальные ценности национальной безопасности Республики Армения: независимость, защищенность государства и народа, мир и международное сотрудничество и др.

В целях обеспечения единства правоприменения в Постановлении N 8-15 Парламентской Ассамблеи Организации Договора о коллективной безопасности «О проекте Рекомендаций по гармонизации законодательства государств - членов ОДКБ в сфере укрепления энергетической безопасности» [23] изложены важнейшие принципы: взаимная ответственность личности, общества и государства в сфере обеспечения безопасности объектов энергетического комплекса; гарантированность и надежность энергообеспечения экономики и населения страны в полном объеме в обычных условиях и в минимально необходимом объеме при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций различного характера; контроль со стороны государства, государственных (федеральных) органов исполнительной власти и местных органов управления за надежным энергоснабжением объектов, обеспечивающих безопасность государства; обеспечение антитеррористической защищенности объектов топливно-энергетического комплекса; интеграция в международные системы безопасности; диверсификация используемых видов топлива и энергии (экономика не должна чрезмерно зависеть от какого-либо одного энергоносителя); учет требований экологической безопасности (развитие энергетики должно соответствовать возрастающим требованиям охраны окружающей среды); предотвращение нерационального использования энергоресурсов (взаимосвязь с политикой энергетической эффективности); создание экономических условий (прежде всего за счет налоговых и таможенных мер), обеспечивающих равную выгоду поставок энергоресурсов на внутренний и внешний рынки и рационализацию структуры экспорта; устойчивость энергетического сектора экономики к угрозам различного характера, его способность минимизировать ущерб, вызванный проявлениями различных дестабилизирующих факторов, неукоснительное обеспечение надлежащего уровня технологической безопасности объектов энергетического комплекса.

Данные рекомендательные положения могут быть основой для гармонизации законодательства в сфере регулирования отношений по обеспечению энергетической безопасности государств, входящих в ЕАЭС.

Источники

1. Договор о Евразийском экономическом союзе (Подписан в г. Астане 29.05.2014) (ред. от 24.03.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.04.2023) // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. <http://pravo.gov.ru>, 16.01.2015.
2. Постановление Девятого арбитражного апелляционного суда от 13.03.2019 №09АП-3506/2019 по делу №А40-241520/18 // СПС КонсультантПлюс.
3. Решение Арбитражного суда г. Москвы от 17.12.2018 по делу N А40-241520/18-139-2470 // СПС КонсультантПлюс.
4. Решение Арбитражного суда Красноярского края от 22.04.2022 по делу №А33-2681/2022 // СПС КонсультантПлюс.
5. Решение Арбитражного суда Свердловской области от 05.05.2021 по делу №А60-12104/2021 // СПС КонсультантПлюс.
6. Постановление N 10-4.1 Парламентской Ассамблеи Организации Договора о коллективной безопасности «О модельном законе ОДКБ «Об энергетической безопасности» (Принято в г. Санкт-Петербурге 13.10.2017) // Сайт Парламентской Ассамблеи Организации Договора о коллективной безопасности [Электронный ресурс]. <http://www.paodkb.ru/>.
7. Федеральный закон от 21.07.2011 №256-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» // Собрание законодательства РФ, 25.07.2011, №30 (ч. 1), ст. 4604.
8. Федеральный закон от 26.03.2003 №35-ФЗ (ред. от 14.02.2024) «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства РФ, 31.03.2003, №13, ст. 1177.
9. Федеральный закон от 31.03.1999 №69-ФЗ (ред. от 12.12.2023) «О газоснабжении в Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ, 05.04.1999, N 14, ст. 1667.
10. Указ Президента РФ от 13.05.2019 N 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ, 20.05.2019, №20, ст. 2421.
11. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 N 1523-р (ред. от 28.02.2024) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» // Собрание законодательства РФ, 15.06.2020, №24, ст. 3847.
12. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь, утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 23.12.2015 №1084. [Электронный ресурс]. www.expert.by (дата обращения: 20.03.2024).

13. Закон Республики Беларусь от 10 октября 2022 г. №208-З «О регулировании безопасности при использовании атомной энергии» // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 13 октября 2022 г., 2/2928. [Электронный ресурс]. <https://etalonline.by/document/?regnum=N12200208> (дата обращения: 20.03.2024).

14. Каменков В.С. Профессионально об актуальном: Правовое регулирование, судебная практика и научные исследования о проблемах энергетической безопасности в Республике Беларусь // <https://pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2020/april/48536/> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь.

15. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. [Электронный ресурс]. <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/45069?lang=ru> (дата обращения: 20.03.2024).

16. Закон Республики Казахстан от 12 января 2016 года №442-V ЗРК «Об использовании атомной энергии». [Электронный ресурс]. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1600000442> (дата обращения: 20.03.2024).

17. О Концепции внешней политики Республики Казахстан на 2020—2030 годы [утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 6 марта 2020 г. № 280]. [Электронный ресурс]. https://www.akorda.kz/ru/legal_acts/decrees/o-koncepcii-vneshnei-politikirespubliki-kazahstan-na-2020-2030-gody (дата обращения: 20.03.2024).

18. Закон Республики Казахстан от 6 января 2012 года «О национальной безопасности Республики Казахстан». [Электронный ресурс]. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1200000527> (дата обращения: 20.03.2024).

19. Концепции развития топливноэнергетического комплекса КР на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. <http://cawater-info.net/library/rus/concept-energo-kg.pdf> (дата обращения: 20.03.2024).

20. Национальная стратегия развития Кыргызской Республики на 2018–2040 годы. [Электронный ресурс]. <https://mineconom.gov.kg/storage/directs/documents/209/15421950795bec078718fff.pdf>.

21. Указ Президента Кыргызской Республики от 24 июля 2023 года № 178 О чрезвычайной ситуации в энергетической отрасли Кыргызской Республики. [Электронный ресурс]. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=34922079 (дата обращения: 20.03.2024).

22. Стратегия национальной безопасности Республики Армения. [Электронный ресурс]. <https://www.jscsto.org/upload/iblock/3ac/3ace383bb5a7143b700bd600d53b0ddb.pdf> (дата обращения: 20.03.2024).

23. Постановление №8-15 Парламентской Ассамблеи Организации Договора о коллективной безопасности «О проекте Рекомендаций по гармонизации законодательства государств – членов ОДКБ в сфере укрепления энергетической безопасности» (Принято в г. Санкт-Петербурге 26.11.2015) // Сайт Парламентской Ассамблеи Организации Договора о коллективной безопасности [Электронный ресурс]. <http://www.paodkb.ru/>.

УДК 621.3.072.2

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Сабиров Р.Р., Воркунов О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
Sabirovrisat005@gmail.com

Аннотация: В данной работе рассматриваются методы и устройства регулирования напряжения в электрических сетях, позволяющих решать проблемы современной электроэнергетики. Перечисляются наиболее популярные методы и устройства регулирования напряжения в электрических сетях.

Ключевые слова: электроэнергетика, регулирование напряжения.

VOLTAGE REGULATION IN MEDIUM VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS

Sabirov R.R., Vorkunov O.V.
KSPEU, Kazan, Russia
Sabirovrisat005@gmail.com

Abstract: This article discusses methods and devices for regulating voltage in electrical networks that allow solving the problems of modern electric power industry. The most popular methods and devices for regulating voltage in electrical networks are listed.

Keywords: electric power industry, voltage regulation.

С течением времени в электрической системе происходят изменения потребления мощности. Поток мощности, передаваемые по сети,

соответствуют различным режимам работы потребителей, что влечет за собой разные потери напряжения. В режиме наивысших нагрузок сеть обычно сильно перегружена, и в ее элементах имеются большие потери напряжения. В других нормальных режимах они уменьшаются, а в режиме незначительных нагрузок потери напряжения могут быть совсем маленькими.

Одним из устройств, который позволяет нам регулировать напряжение является трансформатор с встроенным устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). РПН регулирует число витков обмотки трансформатора для настройки коэффициента трансформации, что позволяет нам оперативно поддерживать необходимый уровень напряжения. Значение коэффициента трансформации может меняться в пределах от ± 10 до $\pm 16\%$ в процессе регулирования под нагрузкой.

Для регулирования напряжения в системе, где нет возможности переключать ответвления трансформаторов под нагрузкой, могут быть использованы синхронные компенсаторы. Синхронные компенсаторы (СК) представляют собой генераторы реактивной мощности, с помощью которых путем изменения распределения реактивной мощности в сети ведется автоматическое регулирование напряжения на шинах подстанций.

Синхронный компенсатор может работать как с опережающим, так и с отстающим током, выполняя роль как генератора, так и потребителя реактивной мощности. При его использовании возможно регулирование напряжения вверх и вниз от подведенного к нему напряжения.

Для достижения необходимого уровня напряжения в сети, когда регулировочного диапазона устройства РПН силового трансформатора недостаточно, применяются линейные регуляторы (ЛР). ЛР создает дополнительное ЭДС в сети, которая влияет на вектор напряжения и позволяет его регулировать.

В зависимости от спецификации потребителя выделим три подтипа регулирования напряжения: стабилизация напряжения, двухступенчатое регулирование напряжения, встречное регулирование.

Электроприемники с почти неизменным графиком нагрузки в течение суток (трехсменные предприятия) могут использовать стабилизацию напряжения.

Двухступенчатое регулирование применяется для потребителей с выраженным двухступенчатым характером изменения нагрузки, таких как односменные предприятия.

Встречным регулированием является изменение напряжения в зависимости от изменения графика нагрузки, этот тип регулирования является самым распространенным в случаях переменной суточной нагрузки.

Согласно ПУЭ, напряжение на шинах низшего напряжения должна держаться выше номинального на 5% в периодах максимальной нагрузки.

Подводя итоги можно сказать, что контроль и регулирование напряжения в электрических сетях является важной задачей для электроэнергетических компаний и органов надзора. Это важная задача, которая позволяет обеспечить стабильную и безопасную работу электрооборудования, а также предотвратить возможные аварии и повреждения.

Источники

1. Хафизов Л.А. Регулирование напряжения в питающих и распределительных сетях // Тинчуринские чтения – 2022 "Энергетика и цифровая трансформация": Сборник статей по материалам конференции. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. С. 153-158.

2. Электротехнический справочник: 4 т. Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. 8-е изд. испр. и доп. М.: Изд-во МЭИ, 2002. Т. 3. 964 с.

3. Костин В.П. Передача и распределение электроэнергии: учеб, пособие / В.Н. Костин, Е.В. Распопов, Е.А. Родченко. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2003. 147 с.

4. Система мониторинга регуляторов напряжения трансформаторов под нагрузкой Маклецов А.М., Галиев И.Ф., Галиев Р.И. В сборнике: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах. Казань, 2020. С. 378-380.

5. Тамсир А., Маклецов А.М. Проблемы регулирования напряжения в распределительных сетях // Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»: материалы Международной молодежной научной конференции. Казань, 2020. С. 114-116.

6. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса / Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы международной научно-технической конференции. Казань, 2023. С. 138-140.

7. Воркунов О.В., Загидуллина Л.Ф. Методы диагностики кабельных линий / Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. XIV Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция. 2019. С. 216-220.

8. Богучарсков В.А., Воркунов О.В. Концепция Smart Grid как решение текущих проблем отечественной электроэнергетики / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 108-110.

УДК 620.9

ЯДЕРНЫЙ РАСПАД – ПУТЬ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Снежинская Ева Сергеевна

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Литвиненко Руслан Сергеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

s.theses@mail.ru

Аннотация: В свете необратимых изменений климата и ограниченности времени до того, как серьезные последствия станут неизбежными, поиск альтернативных источников энергии приобретает крайнюю важность. В настоящее время существует множество перспективных альтернативных источников энергии, но лишь немногие из них обладают потенциалом полностью удовлетворить энергетические потребности нашей планеты в краткосрочной перспективе. В современном мире ядерный распад играет ключевую роль как основной источник альтернативной энергии, предлагая потенциальное решение для актуальных проблем, стоящих перед энергетическим сектором. Потенциал ядерного распада огромен, и его возможный вклад в энергетический переход заслуживает более пристального рассмотрения.

Ключевые слова: ядерные технологии, энергетический сектор, радиоактивные элементы.

NUCLEAR DECAY – PATH TO ENERGY TRANSFORMATION

Eva Sergeevna Snezhinskaya

Scientific advisor Ruslan Sergeevich Litvinenko

KSPEU, Kazan, Russia

s.theses@mail.ru

Abstract: In light of irreversible climate changes and the limited time before serious consequences become unavoidable, the search for alternative energy sources becomes of utmost importance. Currently, there are numerous promising alternative energy sources, but only a few of them have the potential to fully satisfy the energy needs of our planet in the short term. In the

modern world, nuclear fission plays a key role as a primary source of alternative energy, offering a potential solution to the pressing issues facing the energy sector. The potential of nuclear fission is enormous, and its possible contribution to the energy transition deserves closer examination.

Keywords: nuclear technologies, energy sector, radioactive elements.

Большинство современных реакторов используют в качестве источника энергии уран-235. Уран-235 не имеет высокой вероятности естественного распада, поэтому с ним сталкивается нейтрон. Это приводит к образованию урана-236, который затем распадается на два фрагмента, часто рубидий-93 и цезий-141, и два нейтрона. Образовавшиеся нейтроны могут затем активировать еще больше урана-235, что позволяет реакции поддерживать себя и генерировать стабильный поток энергии. Распад одного атома урана-235 генерирует примерно 200 МэВ энергии, что делает его идеальным материалом из-за его высокой энергетической плотности [1].

Нейтроны, высвобождающиеся в результате распада, обладают избыточной энергией, которую необходимо умеренно контролировать для поддержания реакции. Тяжелая вода, обогащенная дейтерием, помогает снизить энергию нейтронов, что позволяет эффективно вызывать дальнейшие распады урана-235. Если среднее производство нейтронов от каждой реакции распада превышает единицу, реакция может экспоненциально выйти из-под контроля. Поэтому для контроля колебаний в скорости реакции распада используется стержень из кадмия, тем самым снижая риск неконтролируемых реакций.

Хотя ядерный распад предлагает альтернативу с низким содержанием углерода, оно не обходится без экологических последствий. Утилизация радиоактивных продуктов создает проблемы в области управления и хранения отходов [4]. Более того, ограниченное наличие урана-235 в природе подчеркивает важность развития устойчивых практик добычи и сохранения ресурсов. Несмотря на эти вызовы, передовые технологии переработки и повторного использования обещают минимизировать ядерные отходы и продлить срок службы доступных топливных ресурсов.

По мере того как мировой энергетический сектор претерпевает быстрые изменения, ядерный распад стоит на позициях, чтобы сыграть ключевую роль в удовлетворении растущего спроса на энергию и смягчении изменений климата. Однако, чтобы полностью реализовать потенциал ядерного распада, необходимы совместные усилия в области исследований, инноваций и инвестиций [3].

Ядерный распад предлагает эффективное решение для многочисленных вызовов, стоящих перед сферой энергетики. Путем использования обширного энергетического потенциала урана-235 и решения проблем, связанных с ним,

ядерный распад становится ключом к созданию устойчивого и надежного энергетического будущего [2]. Ядерный распад является эффективным решением для множества вызовов, стоящих перед энергетикой. Используя обширный потенциал урана-235 и решая связанные с ним проблемы, ядерный распад становится ключом к прочному и надежному энергетическому будущему. Этот процесс обеспечивает стабильный поток энергии и имеет значительный потенциал, который требует дополнительного изучения его вклада в энергетический переход.

Источники

1. Ильгисонис В. Термоядерные исследования как существенная составляющая технологической платформы энергетической безопасности // Энергетическая политика. 2023. №. 2 (180). С. 12-31.
2. Романов М.И. Международная конкурентоспособность атомной энергетики России // Инновации и инвестиции. 2020. №. 11. С. 85-90.
3. Плакиткин Ю. Глобальный энергетический переход и современные мировые трансформации в прогнозах развития энергетики // Энергетическая политика. 2023. №. 8 (187). С. 8-25.
4. Овчинников В.М., Самодум Ю.Г., Макеев В.В. Основы эколого-энергетической устойчивости производства. 2023.

УДК 629.1.01:004.896

ПРИМЕНЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ROS В РАЗРАБОТКЕ НАЗЕМНОЙ БЕСПИЛОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Сафиуллин Булат Ирекович, Аухадеев Авер Эрикович, Вахитов Халил Фаритович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

gougle2011@yandex.ru, auhadeev.ae@kgeu.ru, lilah20@mail.ru

Аннотация: В настоящее время одним из перспективных направлений развития наземного беспилотного транспорта является создание компактных систем автоматического следования. Данные системы способны проводить техническую разведку, диагностику и анализ оборудования в опасных для людей условиях. В данном исследовании рассматривается вопрос разработки системы машинного зрения для таких систем на основе лидаров и камер с применением программного пакета ROS.

Ключевые слова: беспилотная платформа, лидар, robot operation system, машинное зрение, система навигации.

APPLICATION OF THE ROS OPERATING SYSTEM IN THE DEVELOPMENT OF A GROUND UNMANNED PLATFORM

Bulat I. Safiullin, Aukhadeev A. Erikovich, Khalil F. Vakhitov

KSPEU, Kazan, Russia

gougale2011@yandex.ru, aukhadeev.ae@kgeu.ru, lilah20@mail.ru

Abstract: Currently, one of the promising areas for the development of ground-based unmanned transport is the creation of compact automatic following systems. These systems are capable of conducting technical reconnaissance, diagnostics and analysis of equipment in conditions hazardous to people. This study addresses the development of a computer vision system for such lidar and camera based systems using the ROS software package.

Keywords: unmanned platform, lidar, robot operation system, machine vision, navigation system.

При разработке беспилотной платформы главной задачей ставилось создать систему, позволяющую гибко настроить системы управления, машинного зрения и человеко-машинный интерфейс, способную работать со сторонними устройствами, необходимых для реализации задач диагностики оборудования [1]. В ходе анализа возможных решений и доступных ресурсов была выбрана связка, в основе которой лежит микрокомпьютер, работающий на основе операционной системы Ubuntu 18.04 и надстройкой в виде программ ROS [2, 3]. Данное оборудование и ПО, которое является базой для разработки беспилотной платформы, позволило нам реализовать системы 4-х колесного привода с независимой системой управления поворота и скорости вращения каждого колеса, системой навигации и графического построения облака точек окружающей среды, получаемых с лидаров, организовать сеть 2.4 ГГц с дальностью действия в 20км, возможность подключения дополнительного оборудования по протоколам как: ComPort (USB); HTTP, MQTT и TSP_IP (RJ-45); UART, SPI и I²C (интегрированные в микрокомпьютер). Данная интеграция возможна за счет внедрения исходных кодов драйверов устройств в систему ROS, а в случае их отсутствия имеется возможность реализовать собственные драйвера на языках Python, C++ и C [4].

На рисунке 1, в виде связанного ациклического графа представлен алгоритм передачи данных от внешних устройств навигации и систем управления, в микрокомпьютер и систему управления тягового привода.

В данной системе в фигурах в виде овалов представлены устройства в виде лидаров и камер (левый ряд), данные с которых предаются в главный микрокомпьютер (/unity_endpoint) планшет управления, подключенный в

единую сеть с беспилотной платформой. Информация о необходимом угле поворота и скорости вращения колес передается в /control_node в пакете данных /steer_joystick.

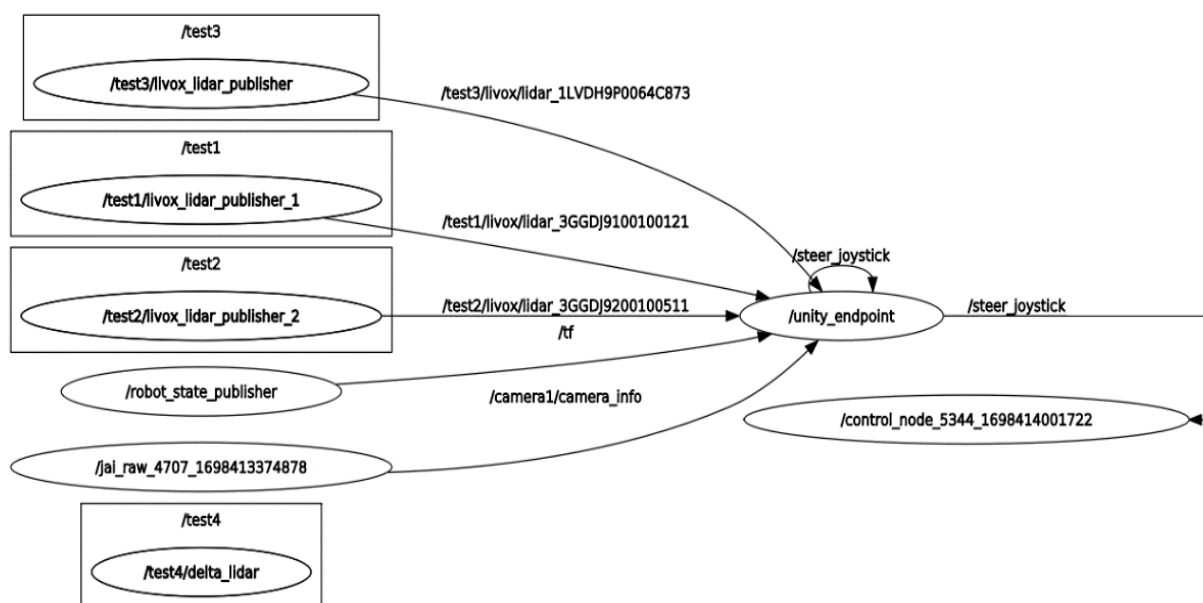


Рис. 1. Алгоритм передачи данных в системе беспилотной платформы

Полученные данные с устройств навигации визуализируются с помощью подпрограммы rviz (рисунок 2) [5].

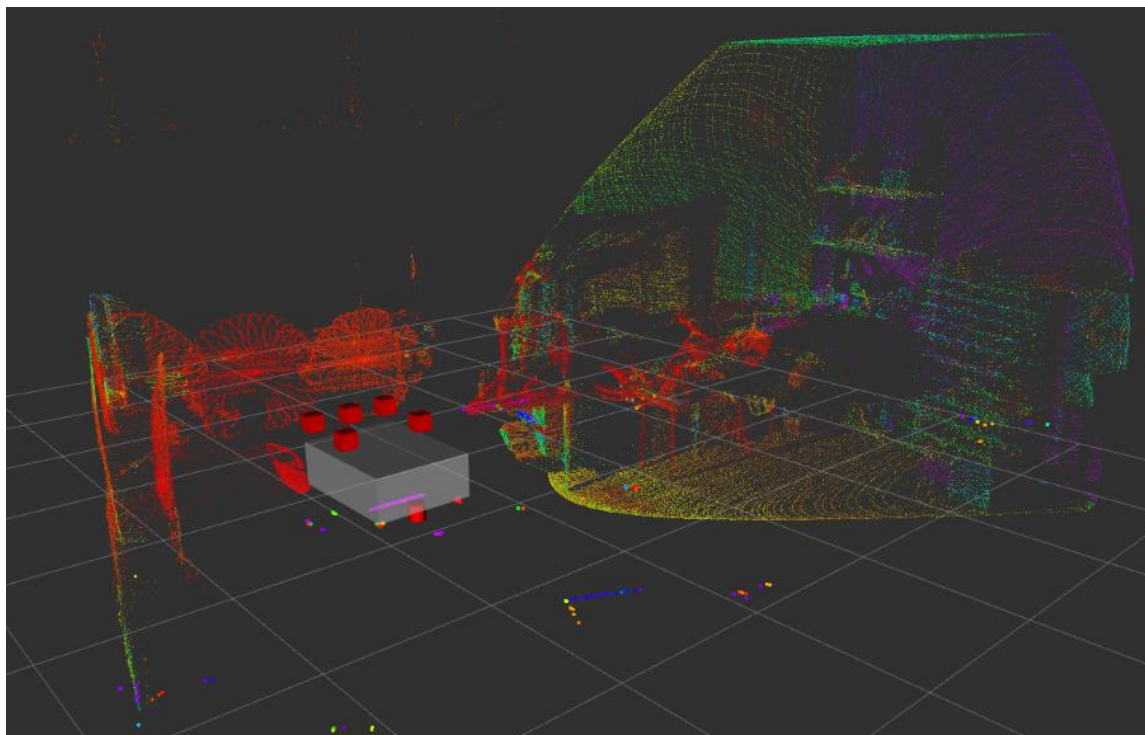


Рис. 2. Трехмерная визуализация информации, передаваемая с системы лидаров

Источники

1. Благовещенская М. М., Макаров В. В. Идентификационный аспект в методологии создания систем управления технологическими объектами с нестационарными параметрами / Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. №1. С. 85-90.
2. ROS-Industrial [Электронный ресурс]. <https://rosindustrial.org/> (дата обращения: 30.10.2023).
3. Пшеничный, А. Д. Использование Robot Operating System (ROS) для изучения робототехники, автоматизации производства и эксплуатации сервисных роботов / А. Д. Пшеничный // Достижения вузовской науки 2022: сборник статей XXI Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. С. 47-50.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619534 Российская Федерация. Программа для системы автоматизированного контроля и регистрации технологических параметров мобильных электротехнических комплексов транспортного назначения: № 2022618934: заявл. 05.05.2022: опубл. 23.05.2022 / А. Э. Аухадеев, П. П. Павлов, Р. С. Литвиненко [и др.].
5. Введение в robot operation system [Электронный ресурс]. <http://docs.voltbro.ru/starting-ros/> (дата обращения: 30.10.2023).

УДК 004.89

РОЛЬ ИНТЕГРАЦИИ РОБОТОТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННОЕ ОБЩЕСТВО

Раниль Рамилевич Салимов, Римма Солтановна Зарипова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
salimov-02@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается тема сотрудничества между роботами и людьми в различных областях, таких как промышленное производство, медицина, образование и бытовые задачи. В основе анализа лежит идея о важности интеграции робототехники в современное общество для повышения эффективности, улучшения качества жизни и снижения рисков. В статье обозначаются основные аспекты сотрудничества человека и робота, приводятся конкретные примеры взаимодействия и оцениваются перспективы развития этой области.

Ключевые слова: робототехника, сотрудничество, промышленность, медицина, образование, бытовые роботы, автоматизация, коллаборация.

THE ROLE OF ROBOTICS INTEGRATION IN MODERN SOCIETY

Ranil Ramilevich Salimov, Rimma Soltanovna Zaripova

KSPEU, Kazan, Russia

salimov-02@mail.ru

Abstract: This paper examines the topic of cooperation between robots and humans in various fields such as industrial production, medicine, education, and household tasks. The analysis is based on the idea of the importance of integrating robotics into modern society to increase efficiency, improve quality of life and reduce risks. The article outlines the main aspects of human-robot cooperation, provides specific examples of interaction and assesses the prospects for the development of this field.

Keywords: robotics, cooperation, industry, medicine, education, household robots, automation, collaboration.

Современный мир переживает быстрое развитие технологий, приносящих значительные изменения в производственные процессы и повседневную жизнь. Одним из важнейших направлений этого развития является сотрудничество между роботами и людьми. Это взаимодействие проникает в различные сферы, включая промышленность, здравоохранение, образование, и даже домашнее хозяйство.

Промышленные предприятия постоянно стремятся к совершенствованию своих производственных процессов, и внедрение робототехники становится ключевым шагом в этом направлении [1]. Роботы не только способны выполнять рутинные и опасные задачи, которые ранее были поручены людям, но и повышают эффективность и качество продукции [2, 3]. Они освобождают человеческий ресурс от монотонных операций, что позволяет перераспределить трудовые усилия к более творческим и аналитическим задачам.

Важным аспектом внедрения роботов на производстве является обеспечение безопасности для работников. Технологии коллаборативной робототехники, предполагающие тесное взаимодействие роботов и людей, играют ключевую роль в этом процессе. Эти технологии разработаны таким образом, чтобы роботы могли безопасно работать в присутствии людей, соблюдая установленные безопасные протоколы и минимизируя риск возможных травм.

Роботы в медицинской сфере играют ключевую роль, преобразуя способы оказания медицинской помощи. В сфере хирургии они используются для выполнения сложных операций с высокой точностью и меньшими рисками для пациентов. Роботизированные системы позволяют хирургам осуществлять манипуляции с микроскопической точностью, что уменьшает риск повреждения окружающих тканей и улучшает результаты операций. Кроме того, роботы могут быть задействованы в реабилитационных процедурах, помогая пациентам восстанавливаться после травм и операций.

Использование роботов также обеспечивает доступ к медицинской помощи в удаленных и труднодоступных регионах. Телемедицинские системы, включающие роботизированные устройства [4], позволяют врачам удаленно консультировать и даже проводить осмотры пациентов, не выходя из своего местоположения. Это значительно сокращает время и расстояние, которое нужно преодолеть, чтобы получить квалифицированную медицинскую помощь, что особенно важно для пациентов, нуждающихся в срочной или специализированной помощи.

Робототехника в образовательных процессах не только представляет собой эффективное средство преподавания, но и стимулирует учащихся к активному обучению и развитию интереса к науке и технике. Использование роботов в качестве учебных помощников позволяет создать учебные сценарии, которые подходят для всех возрастных групп и уровней подготовки. Учащиеся могут экспериментировать с различными роботами, программировать их и наблюдать за результатами своих действий, что способствует более глубокому пониманию принципов работы технологий [5].

На ранних этапах обучения робототехника помогает детям развивать навыки программирования и инженерии. С помощью простых и понятных роботов дети могут осваивать основы алгоритмического мышления и логики, а также учиться решать проблемы и задачи, используя технологические инструменты [6]. Этот подход делает обучение более интересным и увлекательным, а также готовит детей к цифровой эпохе, в которой технологии играют все более важную роль.

Роботы, становясь все более распространенными в бытовых условиях, значительно упрощают повседневные задачи. Они эффективно выполняют уборку помещений, позволяя экономить время и усилия хозяев. Благодаря автоматизированным системам, роботы способны самостоятельно ориентироваться в помещении, определять загрязнения и осуществлять чистку, обеспечивая тем самым чистоту и порядок в доме.

Кроме того, роботы принимают на себя функции по приготовлению пищи и уходу за домашними животными, освобождая людей от рутины и

повышая комфорт быта. Это позволяет семьям уделять больше времени друг другу, улучшая качество жизни и создавая условия для отдыха и релаксации.

Сотрудничество между роботами и людьми становится неизбежным элементом современного общества, охватывая различные сферы деятельности. Несмотря на значительные достижения, перед нами стоят вызовы, такие как разработка этических стандартов в области робототехники, обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, а также вопросы социальной адаптации. Однако, благодаря динамичному развитию технологий и усилиям научного сообщества, сотрудничество между роботами и людьми открывает перед нами широкие перспективы для улучшения качества жизни и развития общества в целом.

Источники

1. Байнов А.М., Зарипова Р.С. Робототехника и компьютерное моделирование: задачи и перспективы применения / *International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering*. 2018. № 2. С. 4-7.
2. Смирнов Ю.Н., Каляшина А.В. Роль математического моделирования при цифровизации технологических процессов // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2023. № 12. С. 116-119.
3. Овсеенко Г.А. Автоматическая система управления процессами добычи и подготовки нефти на основе нейронной сети / *Энергия-2022: материалы Семнадцатой всероссийской (девятой международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Иваново, 2022. С. 20.
4. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Применение робототехники в медицине / *XX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета: сборник статей*. 2018. С. 384-386.
5. Gibadullin R.F., Nikonorov V.V. Development of the system for automated incident management based on open-source software / *Proceedings - 2021 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021*. 2021. С. 521-525.
6. Богучарсков В.А., Воркунов О.В. Концепция Smart Grid как решение текущих проблем отечественной электроэнергетики / *Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция*. Казань, 2023. С. 108-110.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЭК С УЧЕТОМ СОХРАНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА

Соболева Виктория Константиновна

Науч. рук. д-р экон. наук, Сухарева Евгения Викторовна

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва, Россия

sobolevavk@icloud.com

Аннотация: В статье отражено влияние современных вызовов на развитие отечественных компаний топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в условиях усиления международных внешнеэкономических санкций, способствовавшее активизации процессов цифровизации их производственно-хозяйственной деятельности. Приведены приоритетные стратегические направления современного развития отечественных компаний ТЭК, которые позволят адаптироваться бизнес-сообществу к выделенным вызовам, повлиявшим на функционирование предприятий отрасли ТЭК.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, вызовы и перспективы, условия цифровизации, автоматизация производственной системы, отечественные компании, политика импортозамещения, международные санкции.

THE POTENTIAL OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE FUEL AND ENERGY SECTOR IN TERMS OF THE PRESERVATION OF TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY

Soboleva Victoria Konstantinovna

Scientific advisor Sukhareva Evgeniya Viktorovna

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia

sobolevavk@icloud.com

Abstract: The article describes the influence of global challenges on the development of domestic companies in the energy industry under the conditions of strengthening international economic sanctions, which contributed to the digitization process of the industrial and economic sector. The priority strategic directions of domestic companies' future development were stated, which will allow the business community to adapt to global challenges that have affected the functioning of the companies in the fuel and energy sector.

Keywords: fuel and energy complex, challenges and prospects, digitalization conditions, automation of the production system, domestic companies, import substitution policy, international sanctions.

Предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) за последние годы столкнулась с беспрецедентными вызовами, которые подтолкнули их к необходимости оперативного пересмотра сценариев стратегического развития, на первый план вышли задачи по реализации политики импортозамещения и сохранения технологического суверенитета, повышению объёма инвестиционных вложений в российское программное обеспечение, развитие инструментов и систем кибербезопасности [1].

В топливно-энергетической отрасли в связи с развитием автоматизированных систем управления производством на базе сквозных цифровых технологий произошли серьезные структурные сдвиги, которые были стимулированы практической реализацией политики импортозамещения: в существенной мере повысились инвестиционные вложения в формирование российского программного обеспечения, включая специализированные прикладные IT-продукты, осуществлялась разработка автоматизированных систем производственного менеджмента, реализовывались проекты внедрения и адаптации технологии Интернета вещей.

Кроме того, увеличилось количество кибератак на предприятия ТЭК. В связи с этим в некоторых вертикально интегрированных корпорациях отрасли наблюдалось активное создание и обновление среднесрочных IT-стратегий. Переход корпораций ТЭК на российское программное обеспечение потребовал практического использования стратегических направлений, основанных на гармонизации имеющихся и инновационных IT-решений [4].

В 2023 году стратегии развития отечественных компаний ТЭК вновь претерпели существенные изменения, усилив внимание на необходимость формирования внутренних цифровых платформ и создания цифровых объектов инфраструктуры. Отмечался высокий интерес к практическому использованию цифровых двойников. В первую очередь решались задачи по формированию собственных систем бизнес-аналитики и управления данными, укреплялась система кибербезопасности [2].

Тенденция на практическую реализацию политики импортозамещения способствовала тому, что руководство российских компаний переосмыслили существующие проблемы, с которыми столкнулись при усилении международных санкций, и вместо практического применения уже готовых проектных решений перешли к формированию цифровой системы, которая смогла бы учитывать требования и производственные особенности современной экосистемы топливно-энергетических объектов.

Новые приоритетные стратегические направления состоят в автоматизации бизнес-процессов, увеличении эффективности при помощи

технологии машинного обучения, облачных технологий. Создаются консорциумы с целью практической реализации совместных проектов сложных прикладных продуктов [2].

Для компаний-заказчиков ТЭК приоритетные стратегические направления сместились в сторону формирования IT-продуктов, способных удовлетворить потребительские предпочтения рассматриваемой отрасли. Наиболее крупные корпорации ТЭК осуществляют разработку проектных решений самостоятельно либо совместно с индустриальными партнёрами, чтобы сформировать индивидуальное цифровое решение, подходящее под используемую ими бизнес-модель [3]. Не менее важным приоритетом выступает и практическое применение искусственного интеллекта в сфере производственного управления и мониторинга в условиях реализации политики импортозамещения [5].

Таким образом, современное развитие ТЭК обусловлено беспрецедентными вызовами, с которыми столкнулись компании данной отрасли, а также стратегическими приоритетными направлениями, выделенными в этом исследовании. Несмотря на имеющиеся сложности в практической реализации проектов внедрения и практического использования цифровых технологий, отечественные компании ТЭК могут адаптироваться к вызовам и в среднесрочной перспективе достичь результативности в использовании проектных решений.

Источники

1. Жилкина Ю.В. Цифровизация электроэнергетики как «окно возможностей» для повышения эффективности энергосистем государственных участников СНГ // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №. 4 (56). С. 142-155.

2. Цифровизация ТЭК [Электронный ресурс]. https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%A2%D0%AD%D0%9A._%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80_TAdviser_2023 (дата обращения: 21.02.2024).

3. Трегубенко Ф.В. Устойчивое развитие ТЭК России в условиях санкций коллективного Запада // Российский внешнеэкономический вестник. 2024. №. 1. С. 107-117.

4. Спиридонова Л.Н. Управление транспортно-логистическими рисками при реализации энергетических проектов в России в условиях санкций // Экономика и парадигма нового времени. 2024. №. 1 (22). С. 43-54.

5. Ившин И.В., Галяутдинова А.Р., Владимиров О.В., Низамиев М.Ф., Карпов Е.Н., Мельник Э.П. Интеллектуальная система оценки технического состояния трансформаторной подстанции 35/6 (10) кВ //Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. №2. С. 24-35.

УДК 004.8

ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Раниль Рамилевич Салимов, Римма Солтановна Зарипова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
salimov-02@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается проблема этики в контексте развития и применения искусственного интеллекта. Проводится анализ ключевых этических аспектов, связанных с использованием искусственного интеллекта, таких как прозрачность и объяснимость принимаемых решений, защита данных и приватности, а также возможность возникновения предвзятости и дискриминации. Делается акцент на необходимости учета этических принципов при разработке и применении алгоритмов искусственного интеллекта, а также на значимости обсуждения данных вопросов для обеспечения справедливого и этичного использования искусственного интеллекта в интересах общества. Подчеркивается важность принятия мер по обеспечению этичного использования искусственного интеллекта в различных сферах человеческой деятельности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, этика, прозрачность, объяснимость, защита данных, приватность, предвзятость, дискриминация.

ETHICAL ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

Ranil Ramilevich Salimov, Rimma Soltanovna Zaripova
KSPEU, Kazan, Russia
salimov-02@mail.ru

Abstract: This article addresses the issue of ethics in the context of the development and application of artificial intelligence. Key ethical issues related to the use of AI are analyzed, such as transparency and explainability of decisions, data protection and privacy, as well as the possibility of bias and discrimination. Emphasis is placed on the need to consider ethical principles in the development and application of AI algorithms, and the importance of discussing these issues to ensure fair and ethical use of AI in the public interest. The conclusions of the article emphasize the importance of taking measures to ensure ethical use of artificial intelligence in various spheres of human activity.

Keywords: Artificial Intelligence, ethics, transparency, explainability, data protection, privacy, bias, discrimination.

С развитием искусственного интеллекта (ИИ) возникают новые этические вопросы, требующие серьезного обсуждения и внимания со стороны общества. Перспективы использования ИИ охватывают широкий спектр областей, включая медицину, транспорт, финансы, образование и многие другие [1, 2]. Однако вместе с этим развитием ИИ возникают некоторые нравственные и социальные дилеммы, которые требуют глубокого анализа и обсуждения.

В контексте использования ИИ, одним из ключевых этических вопросов является прозрачность и объяснимость принимаемых ИИ решений. Когда алгоритмы ИИ принимают решения, часто бывает сложно понять, как именно они пришли к этим выводам [3]. Это вызывает серьезные этические вопросы о прозрачности и объяснимости таких решений. Например, в медицине важно понимать, почему алгоритм рекомендует определенное лечение или диагноз [4], чтобы медицинские специалисты и пациенты могли доверять этим решениям. Отсутствие прозрачности может вызвать недоверие к ИИ и препятствовать его широкому принятию.

Более того, непонимание того, как ИИ принимает решения, может привести к серьезным последствиям, особенно в случаях, когда эти решения критически влияют на жизнь и здоровье людей. Например, если алгоритм ИИ решает, кому предоставить приоритетное лечение, непонятно, какие факторы были учтены при принятии этого решения. Это может вызвать обвинения в произволе или даже дискриминации, если критерии принятия решений не будут ясно определены и объяснены. Поэтому обеспечение прозрачности и объяснимости ИИ решений становится ключевым этическим аспектом, который необходимо учитывать при разработке и применении алгоритмов ИИ.

Другим важным аспектом является вопрос о защите данных и приватности [5-7]. С развитием технологий сбора и анализа данных возникает потребность в большом объеме информации для обучения

алгоритмов ИИ. Однако использование чувствительных персональных данных может стать источником нарушения приватности и потенциального злоупотребления. В сферах, таких как медицина и финансы, где обрабатываются данные о здоровье и финансовом положении людей, необходимо обеспечить высокий уровень защиты информации от несанкционированного доступа и утечек.

Более того, сбор и использование персональных данных для обучения алгоритмов ИИ может вызвать опасения относительно недостаточной анонимизации данных и возможности их применения в целях массового наблюдения или дискриминации. Например, алгоритмы машинного обучения могут использоваться для анализа поведения людей и выявления их личных предпочтений или характеристик без их согласия. Это подчеркивает необходимость разработки и применения строгих правил и нормативов по защите данных и приватности при разработке и использовании алгоритмов ИИ. Только так можно обеспечить доверие общества к ИИ и минимизировать потенциальные риски, связанные с его применением.

Также следует учитывать возможность возникновения предвзятости и дискриминации при разработке и применении алгоритмов ИИ. Это связано с тем, что алгоритмы машинного обучения обучаются на основе исторических данных, которые могут содержать предвзятые или дискриминационные шаблоны. Например, если данные, на которых обучается алгоритм, отражают предвзятые или дискриминационные решения, алгоритм может научиться воспроизводить эти предвзятости в своих решениях.

Такие проблемы представляют серьезные этические и социальные риски, особенно в сферах, где принятие решений ИИ может оказывать существенное влияние на жизнь людей, например, в сфере судебной системы [8], при принятии кредитных решений или в рекрутинге. В этом контексте важно внимательно мониторить и анализировать данные, на которых обучаются алгоритмы ИИ, а также внедрять механизмы контроля и коррекции, направленные на выявление и устранение предвзятости и дискриминации. Только так можно обеспечить справедливое и этическое применение ИИ в различных областях жизни.

Развитие и применение ИИ представляет собой огромный потенциал для улучшения жизни людей и развития общества. Однако для успешной реализации этого потенциала необходимо серьезное обсуждение и учет этических аспектов, связанных с его использованием. Прозрачность, защита данных и борьба с предвзятостью должны быть в центре внимания при разработке и применении алгоритмов ИИ. Только так можно обеспечить справедливое и этическое использование ИИ в интересах общества в целом.

Источники

1. Зарипова Р.С., Рочева О.А., Гайсин И.Т. Перспективы развития искусственного интеллекта в условиях развития цифровой экономики / Наука Красноярья. 2023. Т. 12. № 1-3. С. 42-46.
2. Овсеенко Г.А. SMART-решения и системы искусственного интеллекта / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 2 (24). С. 71-74.
3. Коданева А.В., Зарипова Р.С. Опасности искусственного интеллекта / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 3 (21). С. 34-37.
4. Петросянц Д.Г., Катасёв А.С. Технология построения интеллектуальных моделей оценки функционального состояния человека / Математические методы в технологиях и технике. 2023. №3. С. 90-93.
5. Пырнова О.А. Информационная безопасность в эпоху квантовых технологий / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной конференции. Казань, 2023. С. 439-443.
6. Гибадуллин Р.Ф., Вершинин И.С., Глебов Е.Е. Разработка приложения для ассоциативной защиты файлов / Инженерный вестник Дона. 2023. № 6 (102). С. 118-142.
7. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Нуриев М.Г., Назметдинов Ф.Р. Снижение электромагнитных помех и защита информации в вычислительной технике с помощью экранирующих стекол / Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 3 (35). С. 46-57.
8. Хомик А.В., Зарипова Р.С. Использование искусственного интеллекта в юридической практике / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 4 (22). С. 51-53.

УДК 621-313.3

ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНОГО БЕТОНА С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ НЕПЕРЕРЕБАТЫВАЕМЫХ ОТХОДОВ

Рощина Светлана Ивановна, Мясников Даниил Олегович, Лукин Михаил Владимирович

ФГБОУ ВО «ВлГУ», г. Владимир, Россия

rsi3@mail.ru, daniil.miasnikov.96@mail.ru, lukin_mihail_22@mail.ru

Аннотация: В научной статье представлены результаты испытаний физико-механических свойств композитного бетона с использованием наполнителя из промышленных неперерабатываемых отходов. В ходе исследования проведен анализ влияния использования таких наполнителей, как металлическая пыль, мраморная пыль, силикатная крошка, отходы смоляных литейных форм, на прочностные характеристики бетона. Полученные результаты позволяют сделать вывод о потенциале использования промышленных отходов, как альтернативного материала, для производства строительных композитов.

Ключевые слова: композитный бетон, промышленные отходы, наполнитель, неперерабатываемые материалы, строительные материалы, прочность.

RESEARCH OF THE ACTUAL PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE CONCRETE FILLED FROM INDUSTRIAL NON-RECYCLED WASTE

Roshchina Svetlana Ivanovna, Myasnikov Daniil Olegovich, Lukin Mikhail Vladimirovich
VIGU, Vladimir, Russia
rsi3@mail.ru, daniil.miasnikov.96@mail.ru, lukin_mihail_22@mail.ru

Abstract: The scientific article presents the results of tests of the physical and mechanical properties of composite concrete using filler from industrial non-recyclable waste. The study analyzed the influence of the use of fillers such as metal dust, marble dust, silicate chips, waste resin casting molds on the strength characteristics of concrete using destructive and non-destructive methods. The results obtained allow us to conclude about the potential of using industrial waste as an alternative material for the production of building composites.

Keywords: composite concrete, industrial waste, filler, non-recyclable materials, building materials, strength.

За последнее время возник спрос на использование неперерабатываемых промышленных отходов, так как захоронение отходов наносит вред экологии, а их переработка экономически невыгодна, либо вообще невозможна[1]. Ввиду чего использование композитного бетона с наполнителем из неперерабатываемых промышленных отходов для конструкционного применения весьма перспективно, так как происходит использование отходов [2].

Решение задачи разработки эффективных технологий получения материалоемких бетонов за счет комплексного использования техногенного сырья как многофункционального компонента высококачественного бетона [3], с одновременным существенным снижением значительного

экологического ущерба, является актуальной проблемой современного строительного материаловедения по стране и миру в целом.

В исследовательской работе применяются следующие добавки из отходов производства: металлическая стружка, мраморная пыль, силикатная крошка, отходы отработанных песчано-смоляных литейных форм [4]. Приведено описание инструментального обеспечения, методика проведения экспериментальных исследований и их результаты.

Добавки в процентном соотношении 10-30% с шагом 10% вводятся в бетон взамен наполнителя – песка.

Определение прочностных свойств бетона с наполнителем из промышленных неперерабатываемых отходов производится разрушающими и неразрушающими методами испытаний, а именно определение прочности [5], также предусматривается сравнение с эталонными образцами бетона, представлено в табл. 1, табл. 2, рис. 1, рис. 2.

В частности, для неразрушающего и разрушающего метода было использовано специальное оборудование: ИПС МГ4.03 методом ударного импульса (неразрушающий метод), УКС МГ4 ультразвуковым методом (неразрушающий метод), и Оникс-1 методом отрыва со скалыванием (разрушающий метод).

За базовый образец принят образец-куб с размером рабочего сечения 150x150 мм для исследований разрушающим методом и 100x100 мм для исследований неразрушающим методом.

Таблица 1

Сравнительная таблица средних значений прочности 7 суточных образцов
неразрушающим методом, прибором УКС МГ 4

№ п/п	Обозначение	Наименование образца	Замена песка отходами, %	УКС МГ 4
1	БО	Бетон обыкновенный В15	0%	30,65
2	БП	Бетон с металлической стружкой	10%	25,2
			20%	16,18
			30%	7,22
3	БМ	Бетон с мраморной пылью	10%	29,3
			20%	18,43
			30%	9,47
4	БС	Бетон с силикатной крошкой	10%	17,52
			20%	7,32
			30%	5,4
5	БЛ	Бетон с отходами, смоляных литейных форм	10%	17,53
			20%	14,82
			30%	6,4

Таблица 2

Сравнительная таблица средних значений прочности 7 суточных образцов
разрушающий метод, прибором ОНИКС-1

№ п/п	Обозначение	Наименование образца	Замена песка отходами, %	ОНИКС-1
1	БО	Бетон обыкновенный В15	0%	17,5
2	БП	Бетон с металлической стружкой	10%	9,9
			20%	8,3
			30%	6,6
3	БМ	Бетон с мраморной пылью	10%	16,1
			20%	11,2
			30%	9,6
4	БС	Бетон с силикатной крошкой	10%	3,1
			20%	2,6
			30%	2,2
5	БЛ	Бетон с отходами, смоляных литейных форм	10%	7,5
			20%	6,2
			30%	5,3

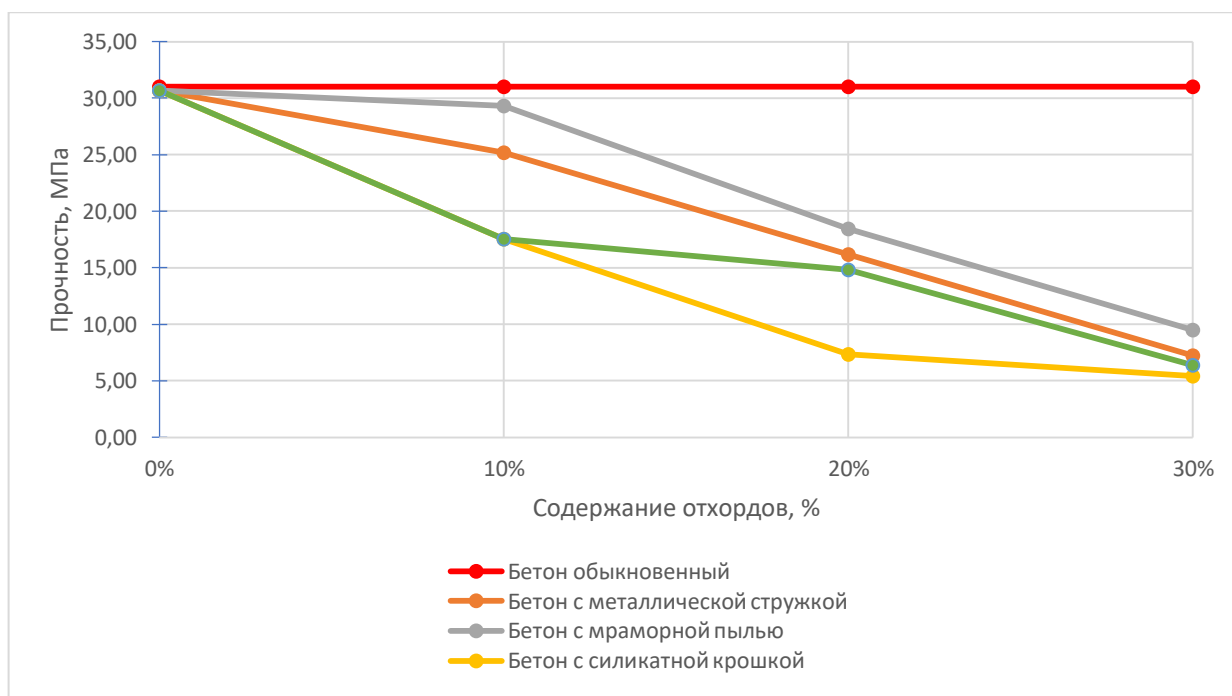


Рис. 1. Сравнительная диаграмма средних значений прочности 7 суточных образцов
неразрушающим методом, прибором УКС МГ 4

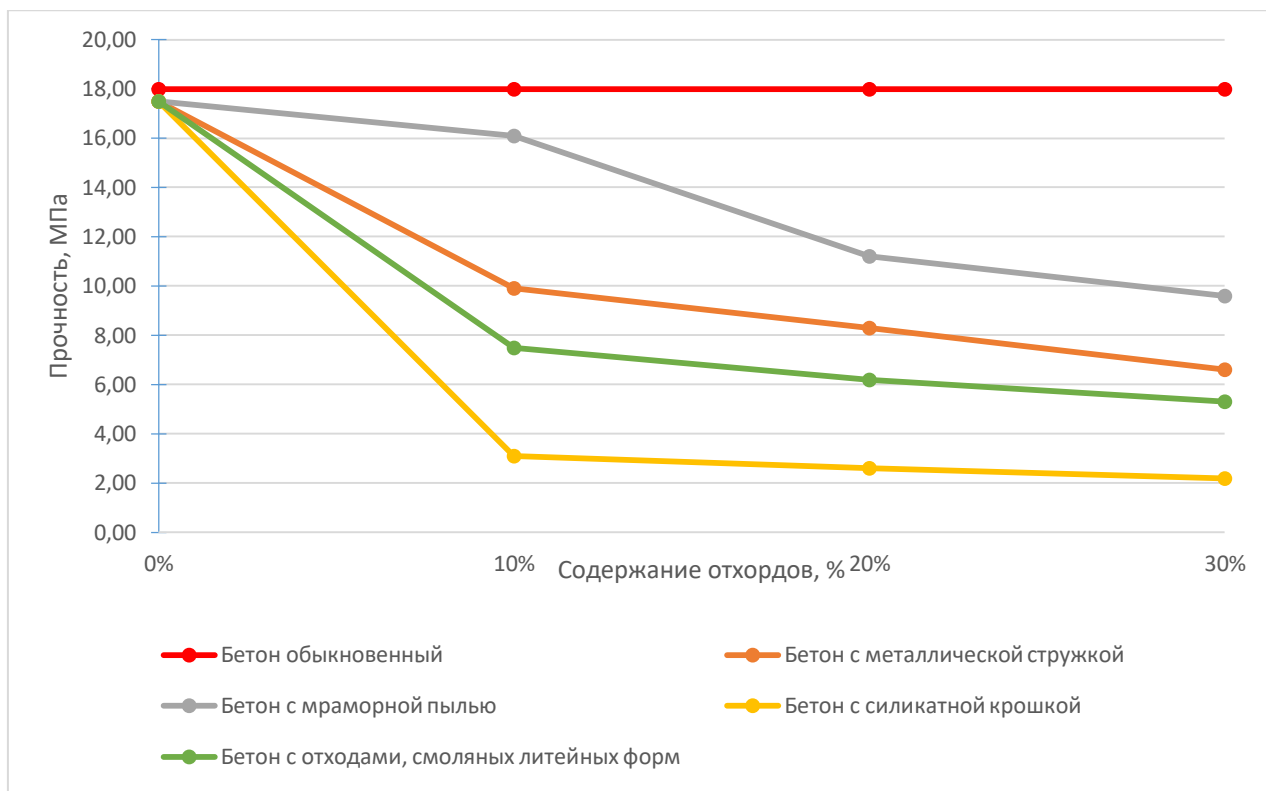


Рис. 2. Сравнительная диаграмма средних значений прочности 7 суточных образцов разрушающим методом, прибором ОНИКС-1

Таким образом, в результате проведённых исследований, а именно определение прочностных свойств бетона с наполнителем из промышленных неперерабатываемых отходов, произведённых разрушающими и неразрушающими методами испытаний, можно сделать вывод о том, что замена песка металлической стружкой, мраморной пылью, силикатной крошкой, отработанными песчано-смоляными литейными формами, в соотношении 10-30% с шагом 10% в составе бетона снижает прочностные характеристики бетона. При этом, при 10% добавки в бетон, класс прочности бетона уменьшается на 1-2 порядка по марке, при большем процентом соотношении — снижение прочности и соответственно марки бетона критично.

Лучшие прочностные характеристики показали образцы бетона с 10% содержанием добавок отходов производств, с добавками мраморной пыли имеет класс бетона В12,5.

Бетоны с 10% содержанием добавок отходов производств могут найти широкое применение не только во не несущих элементах конструкций (таких как отмостки, бетонные подготовки, элементы благоустройства и т.д.), но и в несущих элементах конструкций, таких как балки перекрытия, плиты, фундаменты и т.д., при соответствующем обосновании.

Ввиду злободневности проблемы загрязнения окружающей среды и связанной с этим, необходимостью переработки отходов бетона с применением добавок - отходов производств, являются актуальным вектором развития строительной и производственной отраслей.

Замена 10% сыпучих составляющих при производстве бетона даст существенное сокращение добычи традиционных материалов (песок) при производстве бетона, тем самым снизив нагрузку на экосистему страны, и частично решит вопрос с утилизацией не перерабатываемых промышленных отходов.

Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUN-2024-0004, госзадание ВлГУ).

Источники

1. Химические проблемы экологии / И.П. Добровольский, О.В. Васильев, Ш.Ш. Ягафаров // Изд-во Челяб. гос.ун-та, 2012. 28-29 с.
2. Композиционный материал на основе техногенных отходов / А. А. Баруздин, Л. В. Закревская, К. А. Николаева // Эксперт: теория и практика. 2023. №2(21). С. 17-23.
3. Дефекты и повреждения слоистых кладок стен на примере обследования жилого многоквартирного дома во Владимирской обл / С. И. Рощина, М. В. Лукин, Е. В. Кардаш, Н. Э. Нармания // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2016. – № 5(981). – С. 33-34.
4. Патент № 2690983 С1 Российская Федерация, МПК С04В 28/30, С04В 40/00, С04В 14/40. Состав композиционного строительного материала универсального назначения: № 2018106360: заявл. 20.02.2018: опубл. 07.06.2019 / К. А. Андреева, А. А. Гавриленко, Л. В. Закревская, Е. В. Шишкина.
5. ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 сентября 2015 г. N 1378-ст межгосударственный стандарт [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/1200124396> (дата обращения: 12.03.2024).

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Столяров Илья Сергеевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Зарипова Римма Солтановна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

ilya.stolyarov.2002@mail.ru

Аннотация: В статье обсуждаются различные направления применения искусственного интеллекта (ИИ), включая автоматизацию производственных процессов, аналитику и поддержку принятия решений, а также инновации и развитие в отрасли. Авторы подчеркивают преимущества внедрения ИИ, такие как повышение производительности, безопасности и экологичности, однако также указывают на проблемы, включая нехватку квалифицированных кадров, недостаток данных и стандартов, а также вопросы регуляции и этики. Общий вывод статьи состоит в том, что ИИ является мощным инструментом для улучшения работы топливно-энергетического комплекса (ТЭК), но его внедрение требует комплексного подхода к решению выявленных проблем.

Ключевые слова: искусственный интеллект, топливно-энергетический комплекс, автоматизация, эффективность, проблемы внедрения.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE FUEL AND ENERGY SECTOR: CURRENT STATE AND PROSPECTS

Stolyarov Ilya Sergeevich

Scientific advisor Rimma Soltanovna Zaripova

KSPEU, Kazan, Russia

ilya.stolyarov.2002@mail.ru

Abstract: The article discusses the various applications of artificial intelligence (AI), including process automation, analytics and decision support, as well as innovation and development in the industry. The authors emphasize the benefits of AI adoption, such as increased productivity, safety, and environmental friendliness, but also point out challenges, including a shortage of skilled labor, lack of data and standards, and regulatory and ethical issues. The overall conclusion of the article is that AI is a powerful tool for improving the performance of the fuel and energy industry, but its implementation requires a comprehensive approach to address the challenges identified.

Keywords: artificial intelligence, fuel and energy complex, automation, efficiency, implementation problems

Современная эпоха характеризуется активным прогрессом в области искусственного интеллекта (ИИ), который становится ключевым элементом научных и технических разработок. ИИ занимается созданием и применением машин и программ, способных выполнить разнообразные задачи, которые ранее требовали человеческого интеллекта: от распознавания образов до принятия решений [1]. Эта технология стала неотъемлемой частью нашей жизни и находит применение в различных сферах, включая топливно-энергетический комплекс (ТЭК).

Исследование и применение искусственного интеллекта в топливно-энергетическом комплексе представляет собой множество различных направлений и форм. Оно обнаруживает свою ценность в автоматизации и оптимизации производственных процессов, где ИИ способен эффективно управлять и контролировать этапы добычи, переработки и транспортировки энергии и топлива [2].

Применение искусственного интеллекта в аналитике и поддержке принятия решений также играет ключевую роль. Алгоритмы ИИ способны анализировать большие объемы данных из различных источников, таких как датчики, спутники, исследования геофизических данных и т.д. Это позволяет выявлять скрытые закономерности, тренды и аномалии, а также делать прогнозы и рекомендации для принятия решений [3].

Применение искусственного интеллекта в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) обладает рядом значительных преимуществ, которые способствуют его улучшению и совершенствованию.

Искусственный интеллект способен значительно повысить производительность, эффективность и экономию ресурсов в ТЭК. Он помогает увеличить объем и качество добычи, переработки и транспортировки энергии и топлива, сокращает затраты на эти процессы и уменьшает потери, что также помогает избежать простоев и аварий.

Кроме того, применение искусственного интеллекта в ТЭК способствует повышению экологичности и устойчивости отрасли. Он помогает сократить выбросы парниковых газов и других загрязняющих веществ, а также стимулирует использование возобновляемых источников энергии, что способствует борьбе с изменением климата и сохранению биоразнообразия [4].

Однако внедрение искусственного интеллекта в топливно-энергетический комплекс сталкивается с рядом проблем и вызовов, которые заслуживают серьезного внимания.

Недостаток квалифицированных кадров и образовательных программ является одной из таких проблем. Для успешной разработки, внедрения и эксплуатации ИИ-решений в ТЭК требуются специалисты, обладающие не только техническими знаниями, но и пониманием специфики отрасли.

Другой проблемой является недостаток данных и стандартов. Для работы ИИ-решений необходимы качественные и достоверные данные, отражающие реальные условия и ситуации. Кроме того, отсутствуют единые стандарты и протоколы для сбора, обработки и передачи данных, что затрудняет их использование [5, 6].

Искусственный интеллект представляет собой сильный инструмент для улучшения работы топливно-энергетического комплекса, повышения его эффективности, безопасности и экологичности, а также для стимулирования инноваций и развития в данной сфере. Однако внедрение ИИ в ТЭК сопряжено с рядом проблем и вызовов, требующих комплексного и сбалансированного подхода.

Источники

1. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса / Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы международной научно-технической конференции. Казань, 2023. С. 138-140.

2. Богучарсков В.А., Воркунов О.В. Концепция Smart Grid как решение текущих проблем отечественной электроэнергетики / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 108-110.

3. Лучинкин В.Л., Зарипова Р.С. Перспективы применения нейронных сетей в энергетике // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 77-80.

4. Шкиндеров М.С., Нуриев М.Г., Гизатуллин З.М. Сквозное прогнозирование помехоустойчивости систем контроля и управления при внешних электромагнитных воздействиях / Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2016. № 2 (30). С. 26-37.

5. Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С. Возможность применения нейронной сети в автоматической системы управления процессами добычи и подготовки нефти / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 1 (27). С. 48-53.

6. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Применение искусственного интеллекта в сфере энергетики / Энергетика, инфокоммуникационные

технологии и высшее образование: материалы Международной научно-технической конференции. Казань, 2023. Т.2. С. 551-554.

УДК 62-9

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ МАГИСТРАЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ ГАЗА

П. А. Стрельцов¹, В.Б. Шлейников²

¹Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, Оренбургский филиал, Россия

²Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

¹strelcof@rambler.ru

Аннотация: Статья посвящена применению технологии дополнительного охлаждения газа в аппаратах воздушного охлаждения газа на компрессорных станциях в процессе транспортирования по системе магистральных трубопроводов. Применение альтернативного процесса охлаждения газа в АВО уменьшит энергетические затраты (электроэнергия), что приведет к экономии ресурсов на транспортировку газа по трубопроводу.

Ключевые слова: Аппараты воздушного охлаждения газа; магистральный транспорт газа; процесс охлаждения; эффект Ранка-Хилша.

REDUCTION OF ENERGY CONSUMPTION OF AIR-COOLING APPARATUSES DURING GAS TRUNK TRANSPORTATION

P. A. Streltsov¹, V.B. Shleinikov²

¹Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkin, Orenburg Branch, Russia

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹strelcof@rambler.ru

Abstract: The article is devoted to the application of the technology of additional gas cooling in air-cooled gas apparatuses at compressor stations in the process of transportation through the trunk pipeline system. The application of alternative process of gas cooling in AHEs will reduce energy costs (electricity), which will result in saving of resources for gas transportation through the pipeline.

Keywords: Air-cooled gas apparatuses; main gas transportation; cooling process; Rank-Hilsh effect.

Осуществляя процесс транспортировки газа по системе магистральных газопроводов на всем протяжении линейных участков и компрессорных станций, протекают теплообменные процессы – нагревание, сопровождается повышением температуры и охлаждение.

Для качественного и экономного способа транспортировки природного газа по системе магистральных трубопроводов необходимо предварительно осуществить энергетический аудит. Одним из основополагающих факторов является процедура исследования распределения энергии на выполнение технологических операций, так как значительные затраты энергии относятся на теплообменные аппараты.

Повышение энергоэффективности процесса охлаждения газа представляется путем применения вихревой трубы с применением эффекта Ранка-Хилша.

Эффект Ранка-Хилша является наименее энергозатратным в виду того, что вихревая труба представляет собой отрезок обычной трубы, куда с одной стороны внутрь под углом - тангенциально вводится поток газа, а на противоположном торце устанавливается кольцевая диафрагма. Из внутреннего кольцевого сопла диафрагмы выходит охлаждённая часть вводимого в трубу потока, а из кольцевого отверстия между внешним краем диафрагмы и внутренней поверхностью трубы — протекает горячий поток. Процесс представлен схематично на рисунке 1.

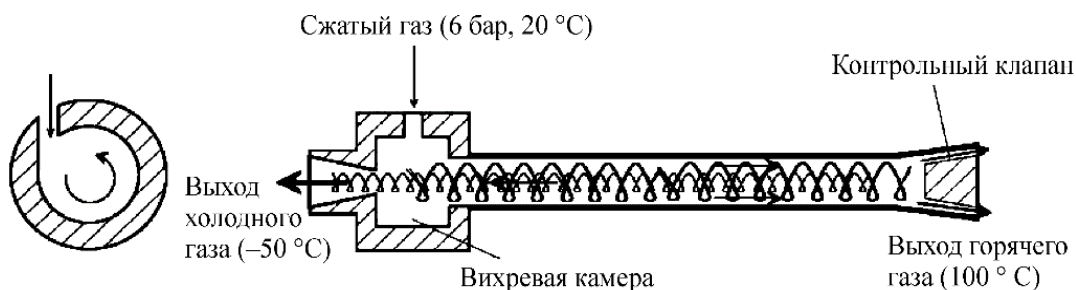


Рис. 1. Разделение газа в вихревой трубе на холодный и горячий потоки

На схеме рис. 1 холодный поток выходит из центра вихреобразования через диафрагму в левой части, а горячий выходит в противоположном направлении в правой части, проходя регулятор соотношения потоков.

В системе охлаждения может использоваться вихревая труба с направлением холодного потока на холодильный теплообменник, тогда как горячий поток вихревой трубы на вышеописанные нужды.

Процесс охлаждения газа на компрессорной станции с применением предлагаемой энергосберегающей схемы происходит в двух различных вариантах.

На рис. 2 представлена схема применения вихревой трубы в системе охлаждения газа на компрессорной станции.

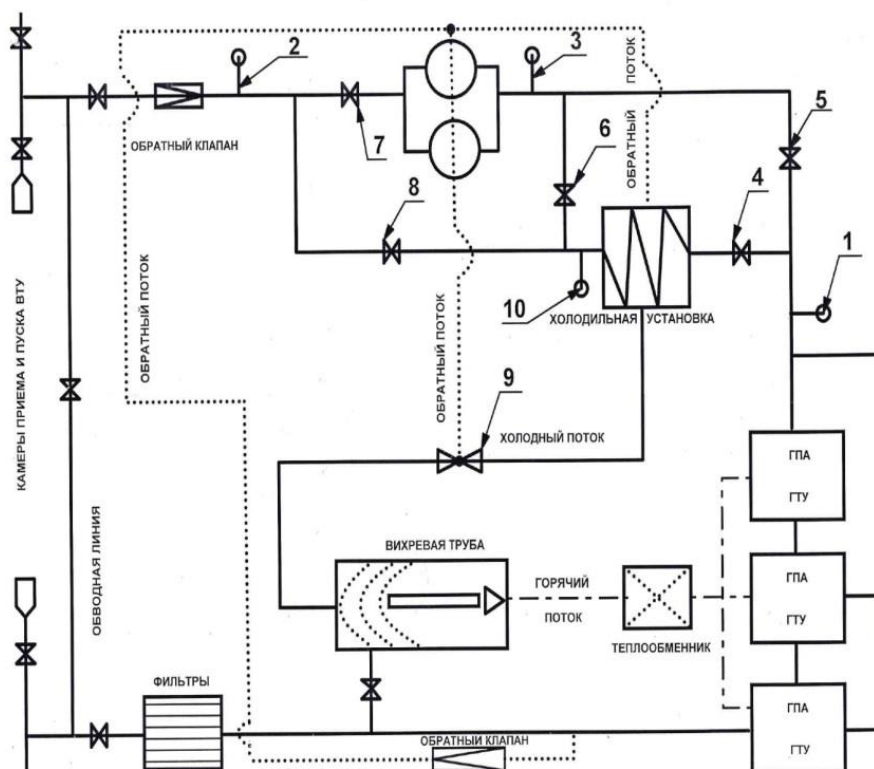


Рис. 2. Схема применения вихревой трубы для охлаждения газа

Газ после процесса компримирования из газоперекачивающих аппаратов – газотурбинных установок с повышенной температурой попадает в сборный коллектор, в котором установлен датчик измерения температуры № 1 на структурной схеме.

Информация о показателях температуры газа после компрессора поступает на пульт управления диспетчера и на систему автоматизированного управления процессом охлаждения газа.

Вариант охлаждения в холодный период времени года. Газ движется по коллектору, кран № 5 открыт и он попадает в аппараты воздушного охлаждения газа, в которых происходит охлаждение при помощи нагнетания воздушного потока из окружающей среды. В зависимости от температуры окружающей среды включаются секции вентиляторов, нагнетающих холодный воздух. С целью понижения температуры при недостаточно холодной внешней среде, открывается 9 кран и поток холодного воздуха, создаваемый вихревой трубой, проходя по системе трубопроводов в зоне диффузора снижает температуру нагнетаемого воздуха.

После охлаждения в АВО газ поступает на выходной коллектор, в котором датчик температуры № 2 контролирует температуру подачи газа в

магистральный газопровод с целью транспортирования его к следующей компрессорной станции.

Вариант охлаждения газа в теплый период времени года. С целью снижения температуры газа применяется эффект Ранка-Хилша, создаваемый в вихревой трубе, путем разделения газа на два потока: холодный и горячий. Холодный поток через открытый кран попадает в холодильную установку, в которой осуществляет охлаждение газа после процесса компримирования. Горячий поток направляется в теплообменник, в котором осуществляет как подогрев топливного газа, так и полностью используется в качестве топливного газа в газотурбинной установке.

Процесс охлаждения идет по схеме: газ на выходе из центробежных нагнетателей (компрессоров) с повышенной температурой движется по газовому коллектору. Датчик температуры № 1 передает на автоматизированную систему управления охлаждением газа информацию о его температуре. Система перекрывает краны № 5, 6 и 7, открывает краны № 4 и 8, направляя поток газа с повышенной температурой в холодильник. При выходе из холодильника датчик температуры № 10 определяет температуру охлажденного газа.

Если температура охлажденного газа соответствует заданным параметрам технологического процесса транспортировки, краны № 6 и 7 остаются в закрытом положении и охлажденный газ поступает в магистральный газопровод минуя аппараты воздушного охлаждения газа, которые будут находиться в отключенном состоянии.

Если температура охлажденного газа не соответствует заданным параметрам технологического процесса транспортировки, краны № 6 и 7 открываются, а кран № 8 закрывается и охлажденный газ поступает в аппараты воздушного охлаждения газа, секции которых начнут поэтапно включаться с целью снижения температуры для требуемых параметров. Порядок включения количества секций зависит от показателей датчика температуры № 3 и № 2.

При заданном процессе холодный газ из вихревой трубы постоянно поступает в диффузорную зону аппаратов воздушного охлаждения, в которой осуществляет дополнительное охлаждение атмосферного воздуха и таким образом снижает время работы электродвигателей, приводящих в движение вентиляторы, нагнетающие охлажденный воздух, с целью снижения температуры транспортируемого газа.

Газ, циркулирующий на компрессорной станции по системе технологических газопроводов для целей энергосбережения от вихревой трубы через холодильник и диффузорную зону АВО нагревается, после чего возвращается обратной в газовый коллектор в месте его присоединения к

газопроводу очищенного газа после фильтров, перед газотурбинной установкой ГПА.

С целью избежания процесса передавливания газа и изменения его направления на обратных газопроводах устанавливаются обратные клапаны

В заключении можно сделать выводы: Достоинствами предложенного способа снижения энергопотребления является применение доступного и несложного по конструкции оборудования, которое работает с максимальной отдачей в виду простоты и надежности конструкции.

Источники

1. Алимов С.В., Лифанов В.А., Миатов О.Л. Аппараты воздушного охлаждения газа: опыт эксплуатации и пути совершенствования // Газовая промышленность. 2006. № 6. С. 54–57.

2. Артюхов И.И. [и др.]. Ресурсосберегающая технология охлаждения газа на компрессорных станциях // Вестник СГТУ. 2011. № 1 (54), вып. 3. С. 25–32.

3. Аршакян И.И., Тримбач А.А. Повышение эффективности работы установок охлаждения газа // Газовая промышленность. 2006. № 12. С. 52–55.

4. Аршакян И.И. и др. // Применение частотно-регулируемого электропривода вентиляторов в системах воздушного охлаждения компримированного газа. // Электроприводы переменного тока: тр. Международ. XIII науч.-техн. конференция (Екатеринбург, 15–18 марта 2005 г.). Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. С. 289–292.

5. Крупников А.В, Ваняшов А.Д., Январев И.А. Анализ эффективности регулирования режимов работы аппаратов воздушного охлаждения газа на компрессорных станциях // Хим. и нефтегазовое машиностроение. 2010. № 1. С. 20–23.

УДК 004.896:621.31

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Сунин Владимир Александрович, Хуснутдинов Азат Назипович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

suninvladimir@yandex.ru, khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

Аннотация: Масштабное проникновение электромобилей на автомобильный

транспорт ставит сложную задачу по обеспечению баланса между спросом и предложением со стороны городских округов. Электромобили, будучи перемещаемыми нагрузками, могут обеспечить гибкость системы. В этой работе исследуется потенциальная роль интеллектуальной зарядки электромобилей в смягчении воздействия интеграции жилой и общественной инфраструктуры зарядки электромобилей в энергосети. Также в статье рассмотрен метод моделирования интеллектуальной зарядки электромобилей, который способствует снижению нагрузки на электросеть в часы пик.

Ключевые слова: зарядные станции; электромобиль; интеллектуальная зарядка; распределительная электросеть; фотоэлектрические системы; аккумуляторные системы хранения.

ENERGY SAVING BY MODELING SMART CHARGING OF ELECTRIC VEHICLE

Sunin Vladimir Alexandrovich, Khusnutdinov Azat Nazipovich

KSPEU, Kazan, Russia

suninvladimir@yandex.ru, khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

Abstract: The large-scale penetration of electric vehicles into road transport poses a difficult task in ensuring a balance between supply and demand on the part of urban districts. Electric vehicles, being moveable loads, can provide flexibility to the system. This work explores the potential role of smart EV charging in mitigating the impact of integrating residential and public EV charging infrastructure into the grid. The article also discusses a method for modeling intelligent charging of electric vehicles, which helps reduce the load on the power grid during peak hours.

Keywords: charging stations, electric vehicle, smart charging, power distribution grid, photovoltaic systems, battery storage systems.

На города приходится более 70-80% выбросов, и электрификация транспортного парка является одним из многообещающих решений по их сокращению. Ожидается, что к 2026 году продажи электромобилей превысят продажи автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, а к концу десятилетия доля продаж электромобилей приблизится к 90%. Такое распространение электромобилей, в свою очередь, приводит к увеличению электрических нагрузок, влияющих на стабильность сети из-за дисбаланса между спросом и предложением и необходимости надежного распределительного оборудования для поддержки увеличенных потоков электроэнергии [1]. Первые пользователи в основном использовали домашнюю зарядку. Однако по мере роста потребления будет возрастать спрос на общественные зарядные устройства, которыми пользуются те, у

кого нет доступа к парковке во дворе, и те, кто живет в многоквартирных домах.

Работа зарядных устройств для электромобилей оказывает существенное влияние на качество электроэнергии, влияние зарядных устройств для электромобилей на систему тестирования шины «IEEE-13» с точки зрения стабильности напряжения, надежности, потерь мощности и экономических потерь. Выяснилось, что размещение новой зарядной станции привело к серьезному ухудшению стабильности напряжения, увеличению потерь и увеличению перебоев в сети. Однако это ограничилось только влиянием размещения в сети станций быстрой зарядки.

Зарядные станции для электромобилей с различными характеристиками нагрузки могут значительно влиять на стабильность напряжения. Например, внедрение новых подключаемых гибридных электромобилей с неконтролируемой зарядкой может увеличить пиковую нагрузку в жилом районе в 1,5 раза, а уровень проникновения электромобилей в транспортную сеть на уровне 20% приводит к увеличению пиковой нагрузки на 35,8% при использовании неконтролируемой зарядки [1-2].

Проблемы, связанные с интеграцией электромобилей, можно уменьшить за счет усиления сети и модернизации конструкции. Спрос на зарядку электромобилей часто меняется в течение дня, и возникающие при этом потери можно компенсировать, перемещая нагрузку с помощью интеллектуальной зарядки. Чтобы снизить пиковый спрос и выровнять нагрузки, альтернативным решением является внедрение скоординированной зарядки электромобилей. Внедрение интеллектуальной зарядки адаптирующаяся к ценам на электроэнергию, привела к значительному снижению пикового спроса в вечерние часы пик, что привело к снижению стоимости зарядки на 15%, в то время как потери были снижены до 5% в смоделированных условиях [3]. Такие показатели ограничивались влиянием только медленных зарядных устройств для электромобилей мощностью 3,496 кВт, в то время как большинство зарядных устройств, устанавливаемых сегодня в коммерческом секторе, являются быстрыми зарядными устройствами, чтобы сократить время зарядки.

Интеграции электромобилей на надежность энергосистемы, значительное снижение инвестиций и эксплуатационных затрат возможно с помощью интеллектуальной зарядки с помощью внедрения интеллектуальной зарядки с распределенной инфраструктурой зарядки, поскольку она имеет больший потенциал для предоставления гибких услуг и генерирует меньший пиковый спрос по сравнению с «умной» зарядкой. Энергетическая гибкость электромобилей и бытовой техники имеет большой

потенциал для участия в диспетчерском управлении энергосистемой. Модель DR (Demand Response) представляет собой инновационный подход к управлению потреблением энергии, основанный на возможности менять потребление энергии в зависимости от запросов системы или рыночных условий. Применение модели DR позволяет интегрировать гибкость потребителей, таких как электромобили и бытовая техника, в работу энергосистемы. Например, с помощью DR можно управлять временем зарядки электромобилей, чтобы снизить пиковую нагрузку на сеть или использовать резервные мощности в периоды пикового спроса. Также можно настраивать работу бытовой техники, чтобы оптимизировать потребление энергии в соответствии с целями энергосистемы. Используя потенциал гибкости сменных приборов, потребление можно выровнять до 25% на совокупном уровне жилых помещений.

Масштабное проникновение электромобилей на автомобильный рынок ставит сложную задачу по обеспечению энергетического баланса между спросом и предложением со стороны городских агломераций. Электромобили, являясь «перемещаемыми» нагрузками, могут обеспечить гибкость системы. Потенциальная роль интеллектуальной зарядки электромобилей в смягчении воздействия интеграции жилой и общественной инфраструктуры зарядки электромобилей в энергосети очень важна составляющая [4]. Солнечные фотоэлектрические и аккумуляторные системы хранения энергии (BESS) улучшают самопотребление фотоэлектрических систем и способствует снижению пиковых нагрузок в часы пик. Ежегодные потери, перегруженность трансформаторов и оценка стоимости импорта электроэнергии - это основные проблемы, с которыми сталкиваются электросети по всему миру.

Рассмотрим методику расчета внедрения интеллектуальной зарядки, фотоэлектрических систем и BESS в электросеть [5].

Уравнение (1) представляет собой целевую функцию для оптимального решения с потерями, а уравнение (2) представляет собой целевую функцию для экономически оптимального решения.

$$\sum_{t_0=1}^t \left(\sum_{i_0=0}^i P_{i,t}^{EG} \right) \quad (1)$$

$$\sum_{t_0=1}^t \left(\sum_{i_0=0}^i P_{i,t}^{EG} \square C_0 \right) \quad (2)$$

где $P_{i,t}^{EG}$ – это мощность подоваемая из внешней сети, кВт; t – время работы, ч; C_0 – цена на электроэнергию, руб/кВт · ч; i – количество подстанций.

Ограничение сети с номинальной мощностью трансформатора,

ограничивает предел сети, который определяется следующим уравнением:

$$P_{\text{быт}} + P_{EV} \leq P_{\text{ТП}} \quad (3)$$

где $P_{\text{быт}}$ – потребность в бытовых нагрузках, кВт; P_{EV} – потребность в зарядке электромобилей, кВт; $P_{\text{ТП}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВт.

Энергетический баланс системы представлен уравнением (4):

$$P_{EG} = P_{\text{быт}} + P_{EV}, \forall t \quad (4)$$

где P_{EG} – мощность поступающая из сети, кВт.

Чтобы рассчитать уровень энергии батареи на каждом временном этапе, предполагается, что процесс зарядки будет иметь некоторую неэффективность, поэтому для учета данного фактора: η^c (коэффициент эффективности зарядки), будем учитывать в уравнении (5):

$$E_t^{EV} = \eta^c \cdot P_{EV} + SOC_{t-1}^{EV} \cdot C_{\text{аккумулятор}} \quad (5)$$

где $C_{\text{аккумулятор}}$ – емкость аккумулятора электромобиля, кВт · ч; SOC_{t-1}^{EV} – состояние заряда аккумулятора электромобиля в момент времени «t»; E_t^{EV} – уровень энергии аккумулятора электромобиля в каждый час, кВт · ч.

Основная цель солнечной фотоэлектрической энергии - уменьшить зависимость от сети и снизить потребление электроэнергии из сети. Вся электроэнергия, вырабатываемая фотоэлектрическими батареями, будет использоваться для зарядки электромобилей и удовлетворения спроса на базовую нагрузку.

Уравнение ограничения мощности трансформатора включает в себя генерацию фотоэлектрических элементов, заданную уравнением [6].

$$P_{\text{быт}} + P_{EV} - P_{PV} \leq P_{\text{ТП}} \quad (6)$$

где P^{PV} – выработка электроэнергии фотоэлектрическими источниками, кВт · ч.

Уравнение баланса сети задается уравнениями:

$$P_{EG} + P_{PV} = P_{\text{быт}} + P_{EV}, \forall t \quad (7)$$

С добавлением BESS уравнение баланса сети примет следующий вид:

$$P_{EG} + P_{PV} = P_{\text{быт}} + P_{EV} + P_{\text{BESS}} - D_{\text{BESS}}, \forall t \quad (8)$$

где P_{BESS} – мощность зарядки, кВт; D_{BESS} – мощность разряда, кВт.

С добавлением BESS из сети будет импортироваться больше энергии, что отразится на ограничениях номинальной мощности трансформатора.

Источники

1. Fault Isolation in Digital Instruments and Devices Used in Power-Engineering Systems / P. Pavlov, V. Butakov, A. Khusnutdinov [et al.] // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2022.

2. Gogoi D., Bharatee A., Ray P. K. Implementation of battery storage system in a solar PV-based EV charging station //Electric Power Systems Research. 2024. V. 229. P. 110113.

3. Диагностика трансформаторов электротехнических комплексов с использованием бесконтактных лазерных виброметров / М. Ф. Низамиев, В. Р. Басенко, И. В. Ившин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 5. С. 97-109.

4. Хуснутдинов А.Н. и др. Повышение эффективности работы энергосистемы на основе развития зарядной инфраструктуры электромобилей // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы-2022. 2022. С. 319-323.

5. Khalid M. et al. Impact of public and residential smart EV charging on distribution power grid equipped with storage //Sustainable Cities and Society. – 2024. P. 105272.

6. Стержанов М.В., Григорьев А.А., Гридасов А.И. Технологии децентрализованного управления реагированием на запросы для зарядки электромобилей Р2Р. 2023.

УДК 62-6:532

ПРИЛОЖЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОТЕНЦИАЛА К ОПИСАНИЮ ДИНАМИКИ ДИСПЕРСНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЦИОНАРНОМ ТЕЧЕНИИ ИДЕАЛЬНОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

Дмитрий Алексеевич Тукмаков

ФГБУН ИММ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия

tukmakovda@imm.knc.ru

Аннотация: В статье представлено приложение теории функций комплексного переменного к математическому моделированию динамики дисперсной частицы в потоке

сплошной среды. В рамках предположения о несжимаемости несущей среды для описания течения жидкости применялась теория потенциального течения идеальной несжимаемой невязкой жидкости. Динамика дисперсного включения описывалась линейными уравнениями с учетом воздействия жидкости на динамику частицы. Для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений получено точное решение методом Лагранжа.

Ключевые слова: математическая модель, аналитические методы, комплексный анализ, несжимаемая жидкость, многофазные среды.

APPLICATION OF THE COMPLEX POTENTIAL TO THE DESCRIPTION OF THE DYNAMICS OF DISPERSED INCLUSIONS IN THE STATIONARY FLOW OF AN IDEAL INCOMPRESSIBLE FLUID

Dmety Alekseevich Tukmakov

IME RAS, Kazan, Russia

tukmakovda@imm.knc.ru

Abstract: The article presents the application of the theory of functions of a complex variable to the mathematical modeling of the dynamics of a dispersed particle in a continuous medium flow. Under the assumption that the carrier medium is incompressible, the theory of potential flow of an ideal incompressible inviscid fluid was used to describe the fluid flow. The dynamics of the dispersed inclusion were described by linear equations taking into account the effect of the liquid on the dynamics of the particle. For a system of linear ordinary differential equations, an exact solution was obtained by the Lagrange method.

Keywords: mathematical model, analytical methods, complex analysis, incompressible fluid, multiphase media.

Одним из видов исследований промышленной теплоэнергетики является изучение тепло-массопереноса в установках и промышленных процессах [1-6]. В ряде случаев описываются не обычные процессы гидродинамики, а процессы динамики неоднородных сред. Одним из видов неоднородных сред являются многофазные среды – многокомпонентные среды, в которых компоненты имеют разное агрегатное состояние [7-9]. Такими средами могут быть суспензии – взвешенные в жидкости твердые частицы. Или газозвеси – взвешенные в газе твердые частицы или жидкие капли. Исследование течений газозвесей может происходить в установках промышленной фильтрации газодисперсных сред [9]. Для описания таких течений могут применяться как аналитические методы [10], так и методы, основанные на конечно-разностном предоставлении дифференциальных уравнений [10-14]. Преимуществом аналитических методов решения [8, 15,

16] является то, что такого рода решения уравнений математической модели не требуют затрат больших вычислительных мощностей.

Работа выполнялась в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра Казанского научного центра Российской академии наук.

Источники

1. Лымбина Л.Е. Особенности тепло - массообменных процессов в технических водоемах // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. 2016. Т. 4. № 1. С. 160-163.

2. Лаптев А.Г., Лаптева Е.А. Определение эффективности насадочных газосепараторов капельных аэрозолей с учетом неравномерности профиля скорости газа // Теоретические основы химической технологии. 2021. Т. 55. № 2. С. 235-241.

3. Лаптев А.Г., Лаптева Е.А. Численная модель тепломассообмена и сепарации дисперсной фазы в высокоскоростных дисперсно-кольцевых потоках газа и жидкости // Журнал технической физики. 2022. Т. 92. № 9. С. 1319-1326.

4. Замалиева А.Т., Беляева Г.И. Изменение аэродинамических свойств и эффективности в циклонных аппаратах посредством численных и натурных исследований // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 4. С. 134-137.

5. Азаров В.Н., Кошкарев С.А. К модели улавливания пыли в сепарационных устройствах с фильтрующе-взвешенным слоем в стройиндустрии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 2. С. 73-79.

6. Ингель Л.Х. Нелинейное взаимодействие двух составляющих движения при осаждении тяжелой частицы в сдвиговом течении // Журнал технической физики. 2012. Т. 82. № 11. С. 122-125.

7. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. Москва: Наука, 1978. С. 464.

8. Губайдуллин Д.А. Динамика двухфазных парогазокапельных сред. Казань: Издательство Казанского математического общества. 1998. С. 154.

9. Кутушев А.Г. Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах / А.Г. Кутушев СПб.: Недра. 2003. С. 284.

10. Тукмаков Д.А. Точное решение для системы уравнений нестационарной динамики одномерного потока несжимаемой

теплопроводной среды с дисперсной компонентой // Амурский научный вестник. 2019. №1. С.63-69.

11. Тукмаков Д.А. Одномерная нестационарная численная модель волновой динамики дисперсного потока в электрическом поле // Continuum. Математика. Информатика. Образование. 2019. №1. С. 13-19.

12. Тукмаков Д.А. Численное моделирование обтекания пластины потоком электрически заряженной двухфазной среды // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2019. № 1. [Электронный ресурс]. <http://mathmod.esrae.ru/24-80>.

13. Тукмаков Д.А. Численное моделирование массопереноса дисперсной фазы аэрозоля в нелинейных волновых полях для осесимметричной квазитрехмерной геометрической постановки // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. 2019. № 1. С. 49-63.

14. Тукмаков Д.А. Численное исследование влияния учёта изменения сечения канала на параметры динамики среды при математическом моделировании одномерных стационарных течений // Вестник Таганрогского государственного педагогического института. 2019. №1. С. 363-368.

15. Лаврентьев М.А. Шабат В.Б. Проблемы гидродинамики и их математические модели. Москва: «Наука», 1973. С. 416.

16. Лоицянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Москва: Дрофа, 2003. С. 784.

УДК 621.316

РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ МЕТОДОВ ОБЩЕГО ПЕРВИЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

Виктория Александровна Фёдорова, Виктор Фёдорович Кириченко

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Глеб Владимирович Глазырин

ФГБОУ ВО «НГТУ», г. Новосибирск, Россия

win.victoria08@mail.ru, viktorkirichenko-v@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается процесс общего первичного регулирования частоты (ОПРЧ), направленный на снижение отклонения параметра от номинального значения. В процессе выполнения ОПРЧ существует проблема: при регулировании частоты в энергосистеме несколькими электростанциями с различными типами регуляторов, при определенных аварийных ситуациях имеет место некорректное

регулирование, сопровождающееся незатухающими колебаниями частоты. Особенно данная ситуация усугубляется при настройке уставок регуляторов согласно ГОСТ. Цель данной работы – создание базиса в виде математической модели энергосистемы для детального исследования процесса ОПРЧ и переходных процессов при нем. Научная новизна исследования связана с тем, что в дальнейшем на базе данной модели будут разработаны усовершенствованные алгоритмы первичного управления частотой генераторов.

Ключевые слова: частота; электроэнергетическая система; регуляторы; алгоритм регулирования; генераторы; колебания частоты; переходные процессы.

DEVELOPMENT OF IMPROVED METHODS OF GENERAL PRIMARY FREQUENCY REGULATION IN POWER SYSTEMS

Viktoriya Alexandrovna Fyodorova, Viktor Fedorovich Kirichenko

Scientific advisor Gleb Vladimirovich Glazyrin

NSTU, Novosibirsk, Russia

win.victoria08@mail.ru, viktorkirichenko-v@mail.ru

Abstract: This paper discusses the process of general primary frequency regulation (GPFR), which is aimed at reducing the deviation of a parameter from its nominal value. There is a problem in the process of GPFR: when frequency regulation in the power system is performed by several power plants with different types of regulators, in certain emergency situations there is incorrect regulation accompanied by undamped frequency fluctuations. Especially this situation is aggravated when adjusting the regulator settings according to Standard. The purpose of this work is to create a basis in the form of a mathematical model of the power system for a detailed study of the process of GPFR and transients at it. Scientific novelty of the research is connected with the fact that in the future on the basis of this model will be developed improved algorithms of primary control of the frequency of generators.

Keywords: frequency; power system; mathematical model; regulation controllers; control strategy; generator; frequency fluctuations; grid stability.

Общее первичное регулирование частоты (ОПРЧ) энергосистемы осуществляется в целях ограничения отклонений частоты от номинального значения для безопасной эксплуатации электростанций и минимизации риска отключения потребителей электроэнергии действием противоаварийной автоматики [1]. Требования к первичному регулированию частоты изложены в ГОСТ 55890-2013. В частности, регламентируется статизм, который должен находиться в пределах от 4 до 6 %, и минимальное время набора/сброса мощности электростанциями [2]. Вместе с тем практика показывает, что в некоторых случаях аварийные возмущения в энергосистемах приводят к

незатухающим колебаниям частоты с последующим излишним отключением потребителей и генерации. Например, при наладке групповых регуляторов активной мощности в энергосистеме НТЭК (Норильско-Таймырской энергетической компании) устойчивого ОПРЧ удалось добиться только при статизме, равном 25 %, что не соответствует ГОСТ. Таким образом, имеется необходимость детального анализа процессов при ОПРЧ и разработки новых усовершенствованных методов регулирования [3].

Регулирование частоты в энергосистемах имеет решающее значение для поддержания стабильности системы и обеспечения баланса между производством и потреблением электроэнергии. К поддержанию частоты в электроэнергетических системах (ЭЭС) предъявляются повышенные требования, так как следствием больших отклонений могут являться выход из строя оборудования станций, понижение производительности двигателей, нарушение технологического процесса и брак продукции. Поэтому автоматизации данного процесса и использование в нем усовершенствованных стратегий управления крайне важна для обеспечения возможности управления режимами энергосистем в темпе протекающих в них процессов [4].

В рамках работы разработана математическая модель в виде цифрового прототипа энергосистемы с двумя гидроэлектростанциями для её дальнейшей верификации на основании осциллограмм реальной аварийной ситуации. Для моделирования объединенной энергосистемы на ЭВМ использована программа Matlab [5].

На основе полученных с помощью математической модели зависимостей, можно выявить недостатки используемых законов управления и выдвинуть критерии для создания усовершенствованных алгоритмов регулирования частоты. Разработка и внедрение передовых алгоритмов управления помогут адаптивно регулировать параметры управления в зависимости от состояния системы в реальном времени для оптимизации управляющих воздействий и улучшения реакции системы.

Источники

1. Барзам А.Б. Системная автоматика. 4-е изд., перераб. доп. М.: Энергоатомиздат, 1989. С. 446.
2. Фёдорова В.А. Разработка математической модели для исследования переходных процессов при общем первичном регулировании частоты в энергосистемах / В. А. Федорова, В. Ф. Кириченко, Г. В. Глазырин // Интеллектуальная электротехника. 2023. № 4(24). С. 90-107. DOI 10.46960/2658-6754_2023_4_90.

3. V. A. Fyodorova. Mathematical model development for the study of the general primary frequency control in the power systems // 24 International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM–2023): proc., Novosibirsk.

4. Fyodorova V., Kirichenko V. and Glazyrin G. Development of a mathematical model for the study of transients in general primary frequency control in power systems // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2023. vol. 470, p. 01048.

5. V. A. Fyodorova, V. F. Kirichenko, A. G. Rusina and G. V. Glazyrin. The Process of Primary Frequency Control of the Power Systems Investigation Using Modeling Methods // 2023 IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), 2023, pp. 360-365. The research funding from the Russian Science Foundation, research project № 22-79-0018.

УДК 621

ЭТАНОЛАМИННЫЙ ВОДНЫЙ РЕЖИМ И ХИМКОНТРОЛЬ ВТОРОГО КОНТУРА АЭС С ВВЭР

Елена Геннадьевна Ухалова, Ксения Владимировна Зотова

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Андрей Борисович Ларин

ФГБОУ ВО «ИГЭУ им В.И. Ленина», г. Иваново, Россия

Lena.uxalova@mail.ru, yaandy_81@mail.ru

Аннотация: Применение этаноламина (ЭТА) для коррекции водно-химического режима второго контура АЭС с ВВЭР снижает коррозию металла водопарового тракта, прежде всего парогенератора, но увеличивает объем химического контроля и ставит задачу разработки автоматических анализаторов. Имея существенно меньший коэффициент распределения по сравнению с аммиаком: 0,66 против 3,23 при $t=300\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1] ЭТА способен накапливаться в «котловой воде» парогенератора до концентрации 5-7 мг/дм³ и обеспечивать нормативные значения pH=9,2-9,6 [2], при этом переходят в пар примерно в той же концентрации, что и в питательной воде: от 0,5 мг/дм³ до 1,5 мг/дм³. При практическом отсутствии аммиака в воде парогенератора солевого отсека (менее 40 мкг/дм³) появляется возможность оперативного контроля концентрации ЭТА измерением удельной электропроводности ($\chi_{\text{н}}$) охлажденных проб, которая может быть реализована автоматическими анализаторами, в частности, анализатором «Лидер АПК» российского производства.

Ключевые слова: водный режим, этаноламин, химический контроль, 2й контур энергоблока АЭС с ВВЭР.

ETHANOLAMINE WATER REGIME AND CHEMICAL CONTROL OF THE SECOND CIRCUIT OF NUCLEAR POWER PLANTS WITH VVER

Elena Gennadiievna Ukhlova, Ksenia Vladimirovna Zotova

Scientific advisor Andrey Borisovich Larin

IGEU named after V.I. Lenin, Ivanovo, Russia

Lena.uxalova@mail.ru, yaandy_81@mail.ru

Abstract: The use of ethanolamine (ETA) to correct the water-chemical regime of the second circuit of a nuclear power plant with VVER reduces the corrosion of the metal of the water vapor tract, primarily the steam generator, but increases the volume of chemical control and sets the task of developing automatic analyzers. Having a significantly lower distribution coefficient compared to ammonia: 0.66 versus 3.23 at $t=300\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1], ETA is able to accumulate in the "boiler water" of the steam generator to a concentration of 5-7 mg /dm³ and provide regulatory pH values of 9.2-9.6 [2], while converting to steam at approximately the same concentration, as in feed water: from 0.5 mg/dm³ to 1.5 mg/dm³. With the practical absence of ammonia in the water of the salt compartment steam generator (less than 40 micrograms / dm³), it becomes possible to quickly control the concentration of ETA by measuring the specific electrical conductivity (χ , xN) of cooled samples, which can be implemented by automatic analyzers, in particular, the analyzer "Leader APK" of Russian production.

Keywords: water regime, ethanolamine, chemical control, 2nd circuit of a nuclear power plant unit with VVER.

В настоящее время на большинстве энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000 России реализуется аммиачно-этаноламинный водный режим второго контура [1]. В условиях замены материала трубок конденсаторов паровых турбин на легированные стали или титановые сплавы основное назначение аммиака (NH₃) и этаноламина (ЭТА) состоит в поддержании pH питательной воды в диапазоне 9,5÷9,7 и «котловой воды» солевого отсека – 9,2÷9,6 единиц pH [2]. Концентрация аммиака в питательной воде должна быть на уровне 1500 мкг/дм³ и более, ЭТА – 400-600 мкг/дм³. Преимуществом такого водно-химического режима (ВХР) считается минимальная скорость коррозии стали конденсатно-питательного тракта.

Особенностью аммиачно-этаноламинного ВХР, является практическое отсутствие аммиака в «котловой воде» парогенераторов солевого отсека (ПГ, с/о), при значительном накоплении ЭТА (5÷6 мг/дм³), что позволяет поддерживать оптимальные значения pH. Концентрация

этанолamina в паре (Пар ПГ) равна или больше, чем его концентрация в питательной воде (ПВД).

Высокая затратность лабораторных химических анализов с периодическим отбором проб теплоносителя в лабораторию делает правомерным поиск автоматических анализаторов, способных заменить если не полностью, то частично большой объем химического контроля качества воды и пара на АЭС. Отечественным аналогом перспективных приборов автоматического химического контроля (АХК) является анализатор «Лидер-АПК», разработанный ИГЭУ совместно с предприятием «НПП «Техноприбор» (г. Москва) [3].

Возможность использования анализатора «Лидер-АПК» для контроля концентрации аммиака, этаноламина и раствора их смеси, приготовленных на глубокообессоленной воде ($\chi^{25}_{\text{H}_2\text{O}} < 0,1$ мкСм/см), проверялось в лабораторных условиях на мембранно-ионообменном стенде [4-5]. Некоторые результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные определения рН и концентраций модельных растворов аммиака (NH_3), этаноламина (ЭТА) и их смеси ($\text{NH}_3 + \text{ЭТА}$) в пересчете на NH_3 по измерениям электропроводности прямой (χ) и Н-катионированной (χ_{H}) пробы

Вещество	Концентрация		Измерения		Расчет «Лидер-АПК»		
	мкг/дм ³	мкмоль/дм ³ (сумма)	χ^{25}	χ^{25}_{H}	рН	Концентрация	
						мкг/дм ³	мкмоль/дм ³ (сумма)
NH_3	305	17,9	2,85	0,308	8,96	301	17,7
	610	35,9	4,52	0,363	9,22	571	33,6
ЭТА	517	8,48	1,64	0,325	8,75	524	8,59
	1034	17,0	2,87	0,342	8,95	1087	17,8
	4136	67,8	7,13	0,409	9,42	4194	68,8
$\text{NH}_3 + \text{ЭТА}$	732+413	49,8	5,48	0,377	9,25	На NH_3	45,6
	1472+1664	113,9	9,98	0,398	9,58	770 1952	114,8

Из табл.1 следует, что в монорастворах аммиака и этаноламина и в растворе их смеси возможно косвенное (расчетное) определение их концентраций (для раствора смеси $\text{NH}_3 + \text{ЭТА}$ в пересчете на аммиак) по измерениям удельной электропроводности прямой и Н-катионированной пробы с ошибкой менее 10%, что можно считать приемлемым для условий оперативного химического контроля.

Таким образом, подтверждена возможность поддержания рН «котловой воды» солевого отсека парогенератора на уровне 9,2÷9,6 дозировкой ЭТА в питательную воду. Концентрация ЭТА в солевом отсеке ПГ составляет 5÷7

мг/дм³ при различных концентрациях его в питательной воде. Концентрация ЭТА в паре примерно равна концентрации в питательной воде. Возможен оперативный контроль показателя рН, суммарной концентрации аммиака и ЭТА в питательной воде и паре ПГ и концентрации ЭТА в «котловой воде» парогенератора по измерениям удельной электропроводности охлажденных проб.

Источники

1. Тяпков В.Ф., Ерпылева С.Ф. Водно-химический режим II контура АЭС с водо-водяным энергетическим реактором // Теплоэнергетика. 2017. №5. С. 48-55.
2. СТО 1.1.1. 7.003.0818-2016. Водно-химический режим второго контура АЭС с ВВЭР-1000. Нормы качества рабочей среды и средства их обеспечения.
3. Ларин А.Б. Расчетные методы на основе измерений удельной электрической проводимости и рН в системах химического контроля водного теплоносителя // Теплоэнергетика. 2023. №6. С. 82-88.
4. Патент РФ на полезную модель №177955. Устройство калибровки рН-метров/ Киет В.Г., Киет С.В., Ларин Б.М., Ларин А.Б. Опубл. 16.03.2018. Бюл. №8.
5. Патент на изобретение РФ №2658020. МПК C02F1/44, C02F9/00, G01N1/10, G01N35/08, G01N33/18, G09B23/24. Лабораторная установка обратного осмоса и химического обессоливания / Ларин А.Б., Трухин Д.С., Сорокина (Иванова) А.Я., Власов Н.В.; заявл. №2016147131 от 24.03.2016; опубл. 19.06.2018. Бюл. №17.

УДК 342.951

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Юрий Александрович Фионин

Науч. рук. канд. техн. наук, Илья Викторович Королев

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва, Россия

curandero@rambler.ru

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы цифровизации контрольно-надзорной деятельности в энергетике в рамках цифровой трансформации. Предусматривается

внедрение современных технологий в энергетическую отрасль, проводится цифровизация энергетики. Проведен анализ основных направлений цифровизации контрольно-надзорной деятельности в электроэнергетике, выявлены недостатки, предложены пути решения.

Ключевые слова: цифровая экономика; цифровая трансформация; контрольно-надзорная деятельность.

DIGITIZATION OF CONTROL AND SUPERVISION ACTIVITIES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Yuri Alexandrovich Fionin

Scientific advisor Ilya Viktorovich Korolev

National Research University "MPEI", Moscow, Russia

curandero@rambler.ru

Abstract: The article discusses the issues of digitalization of control and supervisory activities in the energy sector as part of digital transformation. It is planned to introduce modern technologies into the energy industry and digitalize the energy sector. An analysis of the main directions of digitalization of control and supervisory activities in the electric power industry was carried out, shortcomings were identified, and solutions were proposed.

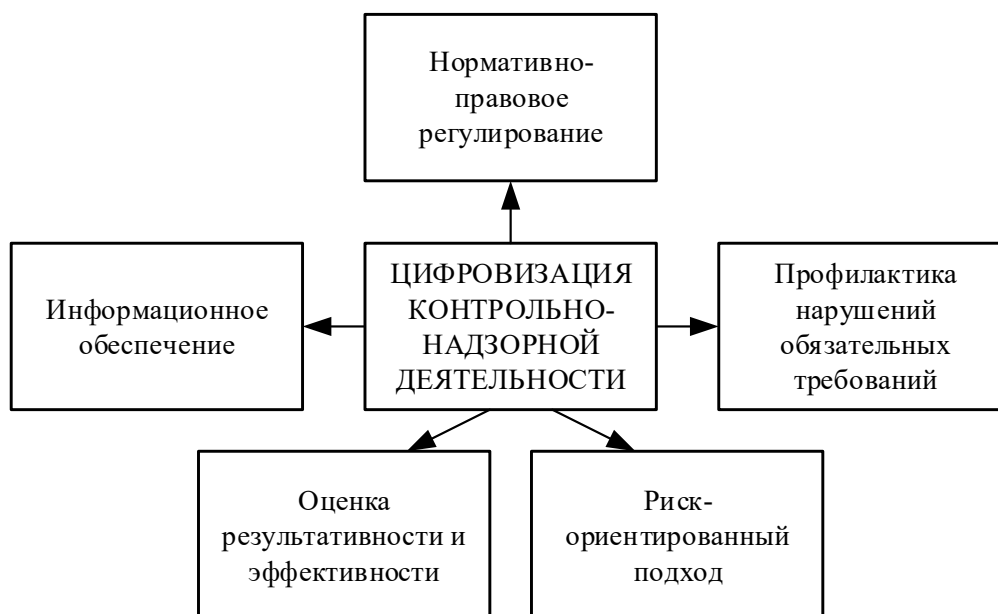
Keywords: digital economy; digital transformation; control and supervisory activities.

В последние годы цифровизация стала одним из ключевых направлений развития Российской Федерации. На текущий момент все отрасли экономики активно внедряют цифровые технологии. В соответствии с Концепцией Цифровой Трансформации 2030 цифровая экономика, включающая в себя различные отрасли, в том числе энергетику, играет важную роль в повышении эффективности бизнеса, улучшении качества услуг и обеспечении устойчивого развития страны [1].

Реформа контроля в России сопровождается активным внедрением новых цифровых решений. Они направлены на усовершенствование единой модели данных, а также на ускорение, упрощение и прозрачность взаимодействия контролируемого лица и контролёра.

Одной из важных инициатив в области цифровой экономики является Федеральный закон, определяющий основные принципы и механизмы развития цифровой инфраструктуры в энергетической отрасли России [2]. Ведомственный проект «Цифровая энергетика» был создан в целях цифровой трансформации отраслей ТЭК, создания условий для внедрения в них цифровых технологий и платформенных решений, с учетом приоритетов, обозначенных Президентом Российской Федерации [3].

В рамках цифровой трансформации идёт создание цифровой платформы для обмена данными между участниками энергетического рынка. Эта платформа обеспечивает прозрачность и открытость взаимодействия между производителями, потребителями и операторами энергетических систем. Она позволяет автоматизировать процессы сбора и анализа данных, оптимизировать управление энергосистемами и повысить эффективность использования ресурсов. Цифровизация контрольно-надзорной деятельности предусматривает решение ряда задач (рис.).



Цифровизация контрольно-надзорной деятельности

Также предусматривается внедрение современных технологий в энергетическую отрасль, таких как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ) и большие данные (Big Data). Эти технологии позволяют собирать и анализировать большие объемы данных, предсказывать потребление энергии, оптимизировать процессы управления и решать проблемы в реальном времени [4, 5].

Основными результатами цифровизации в электроэнергетике станут как повышение эффективности и снижение себестоимости, так и повышение качества энергоснабжения потребителей, создание новых интеллектуальных систем.

В рамках исследования проведен анализ основных направлений цифровизации контрольно-надзорной деятельности в электроэнергетике, в ходе которого выявлены следующие недостатки.

Старая инфраструктура. Большой объем устаревших систем контроля и наблюдения, которые не поддерживают цифровые возможности. Замена такой инфраструктуры является сложной и дорогостоящей задачей.

Интеграция различных систем. Интеграция различных систем контроля и наблюдения, работающих на разных протоколах и платформах, является сложной задачей из-за несовместимости и различных форматов данных.

Большой объем данных. В электроэнергетике генерируется огромное количество данных, которые требуют обработки и анализа. Управление и хранение такого объема данных может быть вызовом и поиском решений для систем контроля и наблюдения.

Кибербезопасность. Цифровизация повышает риск кибератак и несанкционированного доступа к системам. Обеспечение безопасности данных и защита от киберугроз становятся приоритетными задачами.

Обучение персонала. Внедрение новых цифровых технологий требует обучения персонала, чтобы они могли эффективно работать с новыми системами контроля и наблюдения. Недостаток квалифицированных специалистов и необходимость переквалификации основной вызов в рассматриваемом вопросе.

Для поиска решения данных проблем выполнено их детальное рассмотрение с учетом особенности электроэнергетической отрасли. По результатам исследования сформированы предложения по модернизации инфраструктуры, разработке стандартов и протоколов для интеграции систем, обеспечению кибербезопасности, использованию аналитики данных для более эффективного управления и обучение персонала.

Источники

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 год: Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474 [Электронный ресурс]. <https://de.yanao.ru/documents/active/81189/> (дата обращения: 01.03.2024).

2. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 июля 2020 года №248-ФЗ [Электронный ресурс]. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (дата обращения: 01.03.2024).

3. Ведомственный проект «Цифровая энергетика» [Электронный ресурс]. <https://minenergo.gov.ru/activity/project-activities/projects/departmental-project-digital-energy> (дата обращения: 01.03.2024).

4. Korolev, I.V., Zakrevsky, A.A., Kravchenko, M.V., Zavyalova, A.A., Vasileva, N.V. Information technologies in the training of qualified personnel to ensure the requirements of labor protection in the field of electrical safety // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2023, 12564, 1256414.

5. Текслер. А.Л. Цифровизация энергетики: от автоматизации процессов к цифровой трансформации отрасли // Энергетическая политика. 2018. №5.

УДК 620.98.338.4

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА 4.0 И ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Каптел Елена Валерьевна, Фролова Ирина Александровна
Науч. рук. канд. экон. наук, доцент Шильдт Лилия Абулаисовна
ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Башкортостан
lenakaptel@gmail.com, irina.frolova.03@mail.ru

Аннотация: В статье представлена взаимосвязь четвертого энергетического перехода и цифровизации экономики. Важность взаимодействия энергетического и цифрового секторов для эффективного развития экономики и создания устойчивой энергетической системы в контексте современных вызовов.

Ключевые слова: энергетический переход; цифровизация; экономика; источники энергии; экосистема; трансформация; углекислый газ.

THE RELATIONSHIP OF ENERGY TRANSITION 4.0 AND DIGITALIZATION OF THE ECONOMY

Kaptel Elena Valerievna, Frolova Irina Aleksandrovna
Scientific advisor Liliya Abulaisovna Shildt
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan
lenakaptel@gmail.com, irina.frolova.03@mail.ru

Abstract: The article presents the relationship between the fourth energy transition and the digitalization of the economy. The importance of interaction between the energy and digital sectors for the effective development of the economy and the creation of a sustainable energy system in the context of modern challenges.

Keywords: energy transition; digitalization; economy; energy sources; ecosystem; transformation; carbon dioxide.

Энергетика играет важную роль в мировой экономике и будет определяющим фактором ее развития в будущем. Переход к новым источникам энергии приведет к изменениям во всех аспектах мировой

экономики, что, вероятно, существенно изменит будущее человечества (приведет к кардинальным изменениям в обозримом будущем) [1].

Выделяют четыре энергоперехода. Первые три представляют собой переход от биомассы (дров) к внедрению природного газа в энергетику в виде газовых турбин. В настоящее время мир находится в начале четвертого энергоперехода. [2]. На рис. 1 представлена доля возобновляемых источников энергии по видам топлива.

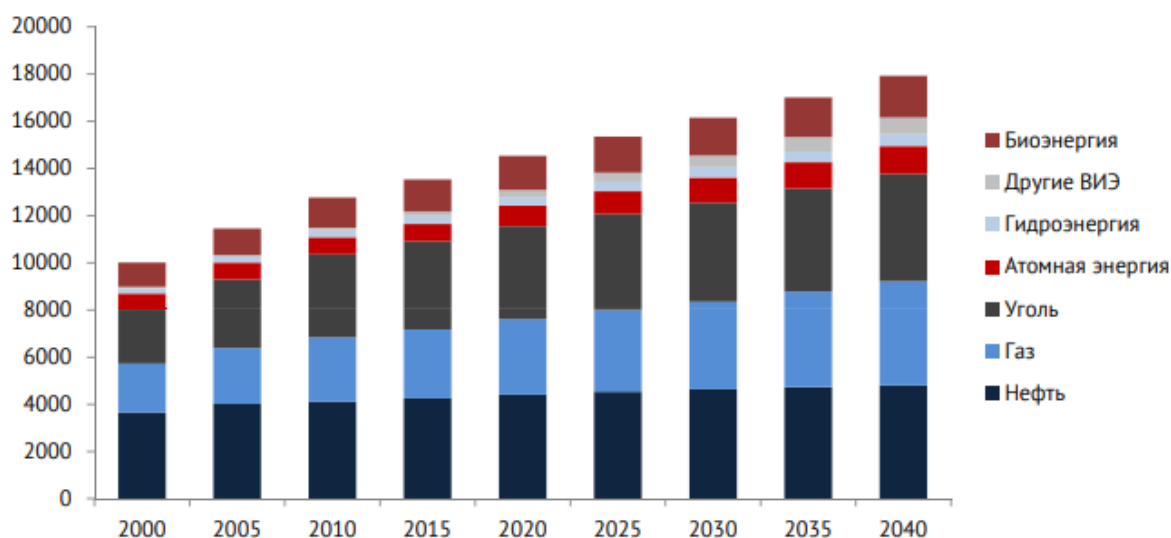


Рис. 1. Потребление первичной энергии в мире по видам топлива, базовый сценарий, млн. т. н. э. [3]

Центральным элементом четвертого этапа энергетической трансформации становится глобальная инициатива по борьбе с глобальным потеплением, осуществляемая на уровне государственных органов по всему миру. Основным инструментом в процессе является уменьшение уровня углекислого газа, выделяемого в атмосферу, что предполагает глубокую модернизацию систем энерго- и теплоснабжения. Одновременно ключевую роль играет процесс цифровой трансформации, цель которого - повышение эффективности управления энергетическими системами и изменение передовых технологий в областях производства, распределения и использования [4].

В настоящее время цифровизация активно проникает во все сферы жизни человечества. Данный процесс затронул и сферу энергетики. Не исключением стала и экономическая область, так как цифровизация оказывает положительное влияние на финансовое состояние, как отдельного предприятия, так и государства в целом.

Взаимное влияние цифровизации и энергетического перехода обусловлено пересечением принципов [5]. Цифровые технологии играют важную роль в развитии энергетического сектора, позволяя модернизировать

системы и создавать новые бизнес-модели, с приоритетом на клиентоориентированность. Взаимодействие с потребителями, поставщиками и партнерами является важным аспектом этого процесса.

Если говорить о воздействии энергетического перехода, то важными факторами являются декарбонизация и энергосбережение в различных отраслях промышленности. Однако, в контексте цифровизации, следует отметить, что она приводит к появлению новых конкурентных преимуществ (включая возможность генерации дополнительных прибылей через использование цифровых активов) и уменьшению издержек обмена, основанных на функционировании цифровых платформ и экосистем в новых условиях взаимодействия экономических агентов.

Источники

1. Еремин В.В. Четвертый энергетический переход - барьеры и пути преодоления // Экономика. Налоги. Право. 2023. С. 35-44.
2. Кочетов А. Идеи для энергетики [Электронный ресурс] <https://plus.rbc.ru/specials/idei-dlya-ehnergetiki> (дата обращения: 04.03.2024).
3. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ МИРА И РОССИИ до 2040 года // Институт энергетических исследований РАН Аналитический центр при Правительстве РФ [Электронный ресурс] <https://www.hse.ru/data/2014/01/23/1325658082/prognoz-2040.pdf?ysclid=lted5h1kxx794357868> (дата обращения: 04.03.2024).
4. Терентьев Н.Е. О перспективах развития «зеленых» энергетических технологий в условиях нестационарной экономики и глобальных сдвигов // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. Том 223. № 3. С 213-218. DOI: 10.38197/2072-2060-2020-223-3-213-218.
5. Степнов И.М., Колесникова Т.В. Энергопереход и цифровизация экономики: современная повестка и конкуренция стран // Научные труды Вольного экономического общества России. 2023. С.437-446.

УДК 517.977

СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ НЕСИММЕТРИЧНОСТИ НАГРУЗОК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,4 КВ

Хайруллин Рафаэль Ильдарович, Воркунов Олег Владимирович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
vorcunov_oleg@mail.ru

Аннотация: На данный момент существует проблема несоответствия качества поставляемой электроэнергии энергосбытовыми и сетевыми компаниями, особенно остро данная проблема обстоит с электроснабжением отдаленных населенных пунктов, расположенных в сельской местности. В большей части данная проблема обусловлена физическим износом и моральным устареванием элементов электрических сетей. В данной работе рассматривается возможность устранения несимметричности нагрузок в сетях 10/0,4 кВ путем использования адаптивных систем контроля и управления параметрами электрической сети.

Ключевые слова: электрические сети, качество электроэнергии, адаптивные системы.

WAYS TO ELIMINATE LOAD ASYMMETRY IN 0.4 KV ELECTRIC LINES

Khairullin Rafael Ildarovich, Vorkunov Oleg Vladimirovich
KSPEU, Kazan, Russia
vorcunov_oleg@mail.ru

Abstract: At the moment, there is a problem of inconsistency in the quality of electricity supplied by retail and grid companies, this problem is especially acute with the power supply of remote settlements located in rural areas. For the most part, this problem is caused by physical wear and obsolescence of elements of electrical networks. In this paper, we consider the possibility of eliminating load asymmetry in 10/0.4 kV networks by using adaptive control systems and controlling the parameters of the electrical network.

Keywords: electrical networks, power quality, adaptive systems.

Обеспечение заявленных показателей качества электрической энергии (ЭЭ) является одной из основных причин проведения мероприятий, направленных на повышение надежности и эффективности работы распределительных электрических сетей. Контроль качества электроэнергии подразумевает под собой определение и измерение параметров состояния электрической сети, полученные данные сравнивают с нормами, прописанными в ГОСТ 32144-2013. Однако на сегодняшний день качество электроэнергии в сетях 10/0,4 кВ со стороны электроснабжающих организаций практически никак не контролируется, при этом ответственности за данное несоблюдение в нормативно-правовых документах не закреплена.

В качестве решения описанной проблемы, рассмотрим адаптивную систему устранения несимметричности электрической нагрузки фаз, которая послужит основой комплексного контроля качества электроэнергии сети

10/0,4 кВ (рис. 1). Предлагаемое решение подразумевает под собой построение информационно-коммуникационного комплекса электрической сети, который будет иметь тесную взаимосвязь с физической инфраструктурой сети.

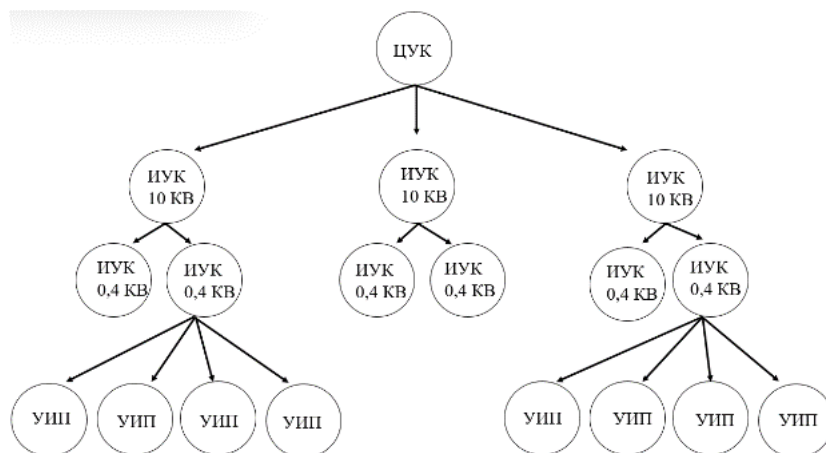


Рис. 1. Структурная схема комплексного управления качеством ЭЭ в сетях 10/0,4 кВ. ЦУК (центральный управляющий комплекс), ИУК (управляющий измерительный комплекс), УИП (удаленные измерительные пункты)

Как результат интегрирования данной системы, распределение электрической нагрузки по фазам трехфазной сети становится более равномерным, повышается эффективность работы электрической сети.

Рассмотрим структурную схему участка распределительной сети (рис. 2а).



Рис. 2. а) структурная схема управления для устранения несимметричности сети 10/0,4 кВ, АМ (адаптационный модуль управления энергоснабжением потребителя), П (электрическая нагрузка потребителя); б) структурная схема УИК 0,4(10) кВ; в) структурная схема УИП 0,4(10) кВ

Управляющий измерительный комплекс (рис. 3) устанавливают на опорах ВЛ-0,4 кВ для выполнения следующих функций: мониторинг показателей качества электроэнергии, обработка и передача данных в центральный управляющий комплекс. Функцию равномерного распределения однофазной нагрузки трехфазной сети выполняет адаптационный модуль управления электроснабжением, который состоит из коммутатора, устройств измерения, связи, управления и передачи данных, пульта дистанционного управления (рис. 3) [1, 2].



Рис.3. Структурная схема АМ

Рассмотренная адаптивная система позволяет отслеживать потребление электроэнергии каждым потребителем, тем самым определяя уровень нагрузки на каждой фазе. На основании данных о нагрузке происходит переключение определенных потребителей на фазы с меньшей загруженностью для симметрирования. Рассмотренная система позволит повысить надежность электроснабжения, а также обеспечит подачу качественной электроэнергии.

Источники

1. Клименко Ю.А., Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Адаптивная система управления для устранения несимметричности нагрузки фаз в трёхфазной сети ВЛ (КЛ) – 0,4 Кв. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019;7(4).
2. Цифровизация в энергетике / Ю. С. Валеева, Р. С. Зарипова, К. А. Сарыев [и др.]. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. 229 с. ISBN 978-5-89873-621-7.

3. Воркунов О.В., Загидуллина Л.Ф. Методы диагностики кабельных линий / Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. XIV Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция. 2019. С. 216-220.

4. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса / Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы международной научно-технической конференции. Казань, 2023. С. 138-140.

УДК 621.316.721:723

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО РЕЗИСТОРА ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В ТОКЕ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

Маргарита Дмитриевна Харабурова

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Елена Николаевна Рыжкова

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва, Россия

KharaburovaMD@mpei.ru

Аннотация: Оперативное устранения однофазного замыкания на землю является обязательной мерой для обеспечения требуемого уровня надежности потребителей. Этот процесс осложняется при значительной доле высших гармоник в токе замыкания. В работе описано воздействие высших гармоник на систему электроснабжения, экономический ущерб от данного неблагоприятного явления и меры по минимизации его влияния.

Ключевые слова: ток замыкания на землю; высшие гармоники; управляемый резистор; режимы заземления.

USING A CONTROLLED RESISTOR TO COMPENSATE FOR HIGHER HARMONIC COMPONENTS IN THE EARTH FAULT CURRENT

Margarita Dmitrievna Kharaburova,

Scientific advisor Elena Nikolaevna Ryzhkova

National Research University «MPEI», Moscow, Russia

KharaburovaMD@mpei.ru

Abstract: Prompt elimination of single-phase earth faults is a mandatory measure to ensure the required level of customer reliability. This process is complicated by a significant

share of higher harmonics in the fault current. The paper describes the impact of higher harmonics on the power supply system economic damage from this adverse phenomenon and measures to minimize its impact.

Keywords: capacitive earth fault current; higher harmonics; controlled resistor; mode of neutral.

Процесс устранения однофазного замыкания на землю осложняется при наличии в токе замыкания высших гармоник, оказывающих негативное воздействие на время гашения дуги по причине возрастания величины тока в месте повреждения [1]. Отсутствие в нейтрали сети устройств компенсации и подавления гармонических составляющих приводит к еще более отрицательным последствиям. Так, например, остаточный ток ОЗЗ повышает вероятность прожигания междупазной изоляции кабельных линий или витков обмотки трансформатора.

Исследования показали, что уровень гармонических составляющих в токе замыкания будет напрямую зависеть от назначения сети [2]. В сетях с изолированной нейтралью собственных нужд электростанций со значительным количеством асинхронных двигателей гармонический ток искажения был практически равен половине величины емкостного тока промышленной частоты. Для промышленных сетей также характерна ситуация с существенной долей высших гармоник в токе замыкания, что объясняется наличием в питаемой нагрузке инверторов и частотных преобразователей.

Кроме того, присутствие высших гармоник негативно сказывается на величине потерь мощности сети, так как появляются дополнительные потери в проводниках и обмотках оборудования, которые в свою очередь приводят к увеличению скорости ухудшения свойств изоляции и ее старению по причине регулярного воздействия теплового нагрева. Данные процессы вынуждают электротехнический персонал чаще проводить обслуживание и осмотр установок, не дожидаясь нормативных интервалов проверок, потому что повышается вероятность аварийных случаев и повреждения системы электроснабжения.

Величина экономического ущерба от высших гармоник может быть определена по формуле:

$$C_{har} = C_{\Delta P} + C_{ins}$$

где $C_{\Delta P}$ – составляющая экономического ущерба от дополнительных потерь мощности, вызванных гармоническими составляющими;

C_{ins} – экономические издержки, вызванные ускоренным износом изоляции.

В свою очередь, дополнительные потери мощности будут зависеть от длительности воздействия гармонических составляющих и включать в себя потери в линиях электропередач, синхронных, а также асинхронных машинах, трансформаторах и конденсаторных батареях [3].

Резистивный режим заземления нейтрали способствует минимизации влияния гармонических искажений тока и сокращает время протекания однофазного замыкания. Актуализированные правила технической эксплуатации электрических станций и сетей допускают применение низкоомного резистора в сетях с кабелем, изоляция которого выполнена из сшитого полиэтилена, а также когда необходимо селективно отключить ОЗЗ за минимальное время [4]. Высокоомный резистор необходимо использовать при условии равенства или преобладания активной составляющей тока замыкания на землю над емкостной составляющей тока замыкания. Однако, применение сопротивления неизменной величины приводит к существенным потерям энергии вследствие нагрева самого резистора при постоянном включении в сеть и снижения эффективности его эксплуатации из-за искажения напряжения нейтрали высшими гармоническими составляющими.

Использование управляемого резистора позволяет регулировать сопротивление в зависимости от изменяющихся условий работы сети, обеспечивая более точную компенсацию, минимизацию влияния составляющих высших гармоник в токе замыкания, а также снизить потери электроэнергии, так как его подключение будет происходить только внутри каждого цикла срабатывания системы автоматики [5].

Источники

1. Федотов А.И., Ахметвалеева Л.В., Басыров Р.Ш., Вагапов Г.В., Федотов Е.А. Нормирование амплитуды высших гармоник при определении фидера с однофазным замыканием на землю //Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. №. 1. С. 58-68.
2. Ширковец А.И. Гармонические искажения сигналов тока и напряжения при замыканиях на землю в электрической сети 6–10 кВ //Промышленная энергетика. – 2023. – №. 10. – С. 34-44.
3. Рыжкова Е.Н., Младзиевский Е.П., Цырук С.А. Методика определения показателей эффективности сетей 6-35 кВ в зависимости от состояния нейтрали //Промышленная энергетика. 2021. №. 1. С. 2-12.
4. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утв. приказом Минэнерго России от 04.10.2023 г. № 1070.

5. Харабурова М.Д., Рыжкова Е.Н. Технические решения по повышению надежности сетей с компенсацией емкостных токов замыкания на землю // Фёдоровские чтения. 2022. С. 199-205.

УДК 004.8

ЗАЩИТА КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ильназ Искандэрович Мухаметзянов

Науч.рук. канд. техн. наук, доц. Римма Солтановна Зарипова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Ilnaz.mmm@mail.ru

Аннотация: Данная статья исследует применение алгоритмов искусственного интеллекта для защиты критической инфраструктуры. Подчеркивается важность использования искусственного интеллекта в современных системах безопасности, таких как энергетика, транспорт и связь, с учетом разнообразных угроз. В статье рассматриваются методы применения алгоритмов машинного обучения для обнаружения аномалий и прогнозирования потенциальных угроз. Особое внимание уделяется роли обучения моделей на исторических данных для эффективного выявления угроз и адаптации к новым сценариям. Подчеркивается, что использование искусственного интеллекта способствует укреплению безопасности критической инфраструктуры при условии грамотного управления данными и ресурсами.

Ключевые слова: защита критической инфраструктуры, искусственный интеллект, алгоритмы машинного обучения, обнаружение аномалий, прогнозирование угроз, обучение на исторических данных, безопасность, управление данными, ресурсы.

PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS

Ilnaz I. Mukhametzyanov

Scientific advisor Rimma Soltanovna Zaripova

KSPEU, Kazan, Russia

ilnaz.mmm@mail.ru

Abstract: This article explores the application of artificial intelligence algorithms to protect critical infrastructure. The importance of using AI in modern security systems such as energy, transport and communications is emphasized, taking into account a variety of threats.

The article discusses the methods of applying machine learning algorithms to detect anomalies and predict potential threats. Special attention is paid to the role of training models based on historical data to effectively identify threats and adapt to new scenarios. In conclusion, it is emphasized that the use of artificial intelligence contributes to strengthening the security of critical infrastructure, provided that data and resources are managed competently.

Keywords: critical infrastructure protection, artificial intelligence, machine learning algorithms, anomaly detection, threat prediction, historical data training, security, data management, resources.

В современном мире критическая инфраструктура играет ключевую роль в обеспечении функционирования общества. Это включает в себя системы энергетики, транспорта, связи, финансов, здравоохранения и другие, которые являются неотъемлемыми составляющими нашего повседневного быта. Однако как и любые другие технологические системы, критическая инфраструктура подвержена различным угрозам, включая кибератаки, природные катастрофы и человеческий фактор.

Искусственный интеллект (ИИ) играет все более значимую роль в современных системах безопасности, включая защиту критической инфраструктуры [1]. Его способность анализировать и обрабатывать огромные объемы данных в реальном времени позволяет выявлять аномалии или подозрительные действия [2], которые могут свидетельствовать о потенциальных угрозах. При этом ИИ обладает гибкостью и адаптивностью, что позволяет эффективно реагировать на новые типы атак и изменяющиеся сценарии угроз.

Одним из наиболее распространенных подходов к использованию ИИ в защите критической инфраструктуры является применение алгоритмов машинного обучения для обнаружения аномалий. Эти алгоритмы обучаются на основе нормального функционирования системы и могут автоматически выявлять отклонения, которые могут указывать на наличие кибератаки или другой угрозы. Например, алгоритмы машинного обучения могут анализировать трафик сети и обнаруживать необычные или подозрительные паттерны передачи данных, что может указывать на атаку типа DDoS или попытку несанкционированного доступа.

Еще одним важным способом использования ИИ для защиты критической инфраструктуры является анализ данных для прогнозирования потенциальных угроз. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать различные источники данных, такие как данные о предыдущих кибератаках, информацию о погодных условиях, политические события и т.д., чтобы предсказывать вероятность возникновения определенных угроз в будущем. Например, алгоритмы машинного обучения могут использовать данные о

предыдущих кибератаках и текущих уязвимостях в системе для выявления потенциальных точек атаки и рекомендации мер по их устранению [3].

Одним из ключевых аспектов успешного применения алгоритмов ИИ для защиты критической инфраструктуры является обучение моделей на исторических данных. Это позволяет алгоритмам машинного обучения узнавать типичные паттерны и поведение системы в нормальных условиях, что в свою очередь позволяет им эффективно выявлять аномалии и потенциальные угрозы [4]. Кроме того, регулярное обновление моделей на основе новых данных позволяет им адаптироваться к изменяющимся условиям и угрозам, что повышает общий уровень безопасности критической инфраструктуры.

ИИ представляет собой мощный инструмент для защиты критической инфраструктуры от различных угроз [5, 6]. Путем анализа данных в реальном времени и прогнозирования потенциальных угроз алгоритмы машинного обучения могут помочь обнаруживать и предотвращать атаки, обеспечивая более высокий уровень безопасности и устойчивости. Развитие и применение таких технологий становится все более важным в условиях растущих угроз кибербезопасности и необходимости обеспечения непрерывного функционирования критической инфраструктуры.

Источники

1. Зарипова Р.С., Рочева О.А., Гайсин И.Т. Перспективы развития искусственного интеллекта в условиях развития цифровой экономики // Наука Красноярья. 2023. Т. 12. № 1-3. С. 42-46.
2. Овсенко Г.А. SMART-решения и системы искусственного интеллекта // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 2 (24). С. 71-74.
3. Пырнова О.А. Культура информационной безопасности // Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 153-157.
4. Коданева А.В., Зарипова Р.С. Опасности искусственного интеллекта // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 3 (21). С. 34-37.
5. Дадашова А.С., Николаева С.Г., Джабагова С.С. Информационная безопасность и системный анализ: стратегии защиты и анализ рисков // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 239-241.
6. Смирнов Ю.Н., Фатыхов Р.И. Об информационной безопасности промышленных предприятий в условиях цифровизации // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и

жилищно-коммунальном хозяйстве. материалы IV Национальной научно-практической конференции. Казанский государственный энергетический университет. 2019. С. 43-46.

УДК 621.316.1

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА ПЕРЕХОДНОЙ СИГНАЛ

Хузяшев Рустэм Газизович, Тухфатуллин Искандер Радикович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
142892@mail.ru, iskander.tukhfatullin@mail.ru

Аннотация: В статье исследуется формирование сигнала переходного процесса в имитационной модели распределительной сети напряжением 10 кВ в условиях неоднородной линии. Проводится оценка коэффициента корреляции фазных сигналов напряжения для крайних случаев неоднородной линии в различных точках сети.

Ключевые слова: сигнал переходного процесса, PSCAD, передний фронт, крутизна и длительность переднего фронта, коэффициент корреляции.

INFLUENCE OF DISTRIBUTION NETWORK INHOMOGENEITIES ON THE TRANSIENT SIGNAL

Khuzyashev R.G., Tukhfatullin I. R.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
142892@mail.ru, iskander.tukhfatullin@mail.ru

Abstract: The paper studies the formation of transient signal in the simulation model of 10 kV distribution network in the conditions of inhomogeneous line. The estimation of correlation coefficient of phase voltage signals for extreme cases of inhomogeneous line in different points of the network is carried out.

Ключевые слова: transient signal, PSCAD, leading edge, leading edge steepness and duration, correlation coefficient.

Моделирование распространения сигнала переходного процесса (СПП) вдоль электрической сети среднего класса напряжения отображено в работах [1 – 3].

Исследование возникновения СПП в распределительных сетях вследствие аварийной коммутации имеет научно-практический интерес. Более 60% потерь приходится на однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) в сетях с изолированной нейтралью, что обуславливает потери на мероприятия по скорейшему устранению аварийного режима с целью предотвратить переход ОЗЗ в междуфазное замыкание и ремонт оборудования. Быстрое и точное определение мест повреждений с помощью волнового метода позволяет сократить ресурс на ликвидацию последствий СПП. С целью развития программного аппаратного комплекса волнового определения мест повреждений (ПАК ВОМП) исследуется формирование переднего фронта бегущей волны СПП, генерируемой в сегментированной на 1,25 км линии длиной 10 км и напряжением 10 кВ с идеальным источником питания при отсутствии (рис. 1а) и наличии (рис. 1б) неоднородностей.

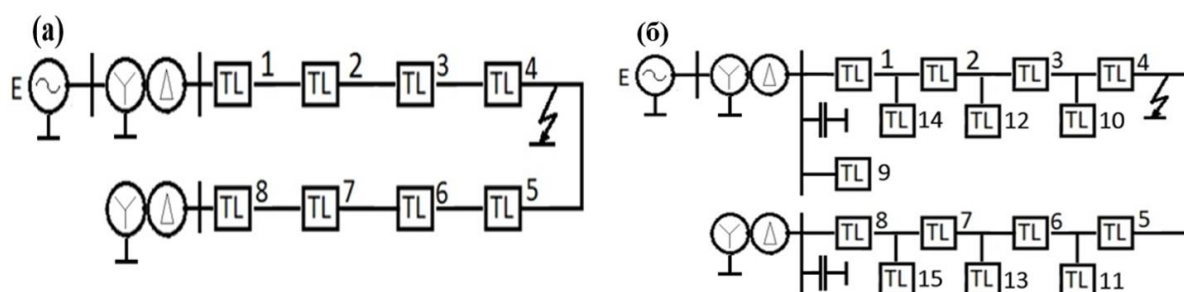


Рис. 1. а) – схема линии 10 кВ без неоднородностей; б) – схема линии 10 кВ с неоднородностями

В пакете PSCAD [4] моделируется замыкание фазы «А» на землю в середине линии 10 кВ, схемы которой указаны на рис. 1. Вольтметрами были получены фазные сигналы в конце линии и конце фидера при отсутствии неоднородностей (рис. 1а) и при наличии всех возможных неоднородностей в виде емкостей 1 нФ, моделирующих емкость шин подстанции, смежного фидера, ответвлений на каждом 1,25 км (рис. 1б).

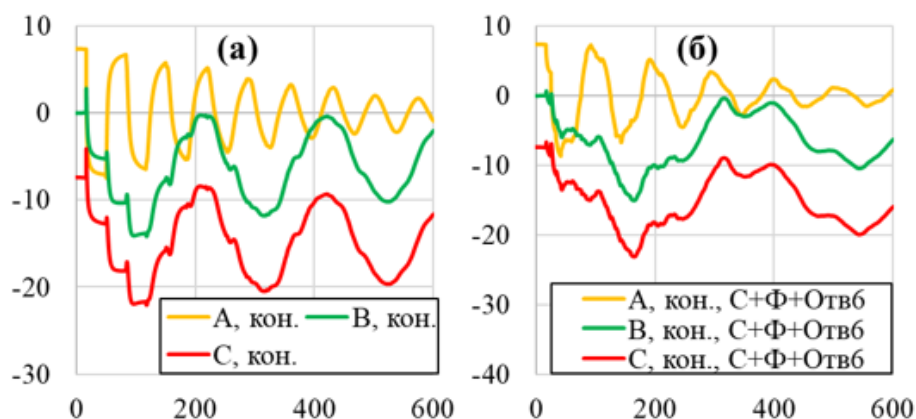


Рис. 2. Осциллограммы вольтметра при отсутствии (а) и наличии (б) неоднородностей

По результатам моделирования видно (рис. 2), что наибольшей крутизной переднего фронта обладает первая зарегистрированная бегущая волна. Крутизна обуславливает наличие высокочастотной составляющей, которую можно выделить высокочастотным фильтром.

По коэффициентам корреляции [5], рассчитанным между всеми парами фазных сигналов, видно, что в конце линии здоровые фазы практически полностью коррелируют друг с другом, в то время как поврежденная фаза крайне слабо коррелирует с здоровыми. Это объясняется тем, что при ОЗЗ на поврежденной фазе период колебаний равен четырехкратному прохождению расстояния между местом повреждения и концом линии. На здоровых фазах период колебаний равен четырехкратному прохождению расстояния между началом и концом линии. В конце фидера все три фазы коррелируют между собой, что может быть объяснимо удаленностью смежного фидера от места ОЗЗ.

Таким образом, в пакете PSCAD можно смоделировать неоднородную линию электропередач, получив точностные осциллограммы СПП. Результаты могут быть использованы при модернизации ПАК ВОМП.

Источники

1. Model and experimental research of the transient process for the improvement of the traveling wave fault location. Rustem Khuziashev, Iskander Tukhfatullin, Danil Smirnov, Iluza Irkagalieva. E3S Web Conf. 461 01037 (2023).

2. Хузяшев Р.Г., Тухфатуллин И.Р. Влияние параметров линии на параметры волнового канала распространения сигнала переходного процесса // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тридцатая междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. М.: ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга», 2024. 1342 с.

3. Лачугин В.Ф., Панфилов Д.И., Смирнов А.Н. Реализация волнового метода определения места повреждения на линиях электропередачи с использованием статистических методов анализа данных // Известия РАН. Энергетик. 2013 №6. С. 137 – 146.

4. PSCAD [Электронный ресурс]. pscad.com (дата обращения: 29.09.23).

5. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. 10-е издание, стереотипное. Москва: Высшая школа, 2004. 479 с. ISBN 5-06-004214-6.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА КАК КОМПОНЕНТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Алексей Михайлович Черняев
ВЮИ ФСИН России, г. Владимир, Владимирская область
a.m.chernyaev@yandex.ru

Аннотация: Технологический суверенитет является неотъемлемым элементом экономической безопасности современной России. Его формирование и укрепление возможно только в результате плодотворного сотрудничества государства и бизнеса. Автор анализирует нормативную базу, рассматривает точки зрения исследователей, а также практический опыт в этой области, обозначает некоторые проблемные вопросы, а также формулирует рекомендации по их решению.

Ключевые слова: технологический суверенитет, экономическая безопасность, государство, бизнес, цифровая трансформация, цифровизация.

INTERACTION BETWEEN THE STATE AND BUSINESS IN THE FORMATION OF TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY AS A COMPONENT OF ECONOMIC SECURITY

Alexey Mikhailovich Chernyaev
Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Vladimir, Vladimir region
a.m.chernyaev@yandex.ru

Abstract: Technological sovereignty is an integral element of the economic security of modern Russia. Its formation and strengthening is possible only as a result of productive cooperation between the state and the business community. The author analyzes the regulatory framework, examines the points of view of researchers, as well as practical experience in this field, identifies some problematic issues and also formulates recommendations for their solution.

Keywords: technological sovereignty, economic security, state, business, digital transformation, digitalization.

В современном мире остро стоит вопрос обеспечения национальной безопасности, понимание сущности которой отражено в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации [1]. Одним из наиболее актуальных направлений деятельности по обеспечению национальной

безопасности является построение цифровой экономики. Принцип суверенности лежит в основе цифрового экономического строительства.

Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года [2] включает технологическое развитие как неотъемлемый элемент укрепления конкурентоспособности отечественного продукта на мировом рынке. Названный программный документ включает широкий перечень задач по поддержанию и развитию технологического потенциала.

Центральным принципом и определяющим вектором технологического развития выступает технологический суверенитет, под которым принято понимать «способность государства обеспечить научно-техническое и промышленное развитие для создания и поддержания на своей территории собственных технологий и инфраструктуры, достаточных для того, чтобы гарантировать независимость своей политики, экономики и обороноспособности от иностранных технологий в критических, жизненно важных сферах» [3].

Представляется, что самой эффективной и наиболее прогрессивной моделью взаимодействия государства и бизнеса здесь будет синергия, взаимопомощь и сотрудничество. Как отмечает Наталья Попова, основная нагрузка по формированию технологического суверенитета России в настоящее время приходится на относительно небольшое число компаний. Конечно, эта деятельность требует системной последовательной поддержки со стороны государства [4].

И такая поддержка оказывается. Действует Федеральный проект «Нормативное регулирование цифровой среды» направленный на снижение порога вхождения в цифровую экономическую деятельность, создание благоприятных юридических условий для осуществления хозяйственных операций в цифровой среде, определение статуса и порядка взаимодействия участников соответствующих процессов.

В данном федеральном проекте не нашла отражения задача Стратегии экономической безопасности по улучшению норм и нормативов применения инновационных технологий и материалов в производственной и хозяйственной деятельности, хотя по мнению автора, могла и должна была бы найти здесь варианты решения.

Кроме того, остро стоит вопрос сохранения хрупкого баланса между обеспечением технологического суверенитета, политикой импортозамещения [5] с одной стороны и объективной необходимостью технологического сотрудничества с более развитыми в этом направлении зарубежными партнерами.

Наряду с поддержкой компаний-драйверов технологического развития на внутреннем рынке, требуются государственные меры по поддержке в рамках внешнеэкономической деятельности, обоснованная политика протекционизма [6], направленная на защиту отечественного бизнеса от давления со стороны иностранных компаний.

Если точка зрения на излишнее государственное регулирование как препятствие для экономического развития уже давно известна и обсуждаема, то о противоположном явлении стали говорить лишь недавно. Речь идет о явлении корпоративизма, замещения выполнения государственных функций в некоторых областях крупными частными субъектами.

Деятельность транснациональных корпораций на уровне документов стратегического планирования в качестве угрозы не воспринимается. По мнению автора, осознание этого фактора как угрожающего, а также выработка мер по противодействию его влиянию является залогом построения эффективной системы технологической безопасности.

Источники

1. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2021. № 27 (часть II), ст. 5351.
2. О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 № 208 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2021. № 20, ст. 2902.
3. Лосев А. Ядерная энергетика и технологический суверенитет [Электронный ресурс]. <https://svop.ru/main/26081/> (дата обращения 29.02.24).
4. Как быстро стать большим [Электронный ресурс]. <https://innopraktika.ru/smi-o-nas/2618/> (дата обращения 29.02.24).
5. Караваева И.В., Лев М.Ю. Экономическая безопасность: технологический суверенитет в системе экономической безопасности в современной России // Экономическая безопасность. 2023. Т. 6, № 3. С. 905-924.
6. Миэринь Л.А., Погодина В.В., Смирнов А.А. Технологический суверенитет как условие долгосрочной национальной экономической безопасности // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2023. № 6-1(144). С. 63-70.

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ГЕНЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Шевченко Михаил Евгеньевич

Науч.рук. д-р техн. наук, проф. Иваницкий Максим Сергеевич

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Волжский, Россия

m.e.shevchenko@vfmei.ru

Аннотация: В работе представлены результаты разработки и апробации новой методики оценки уровней безопасности энергетических объектов генерирующих систем на примере типовых энергоблоков ТЭС. В рамках рассматриваемого подхода определены основные индикаторы безопасности энергетического объекта, сформулированы требования к формированию комплексного (интегрального) показателя безопасности и энергетической эффективности генерирующих систем. Предложены пороговые значения показателей безопасности энергетических предприятия в целях определения их фактического характера (нормальный (стабильный), предкризисный, кризисный) по каждому индикатору.

Ключевые слова: безопасность, надежность, генерирующие системы, индикаторы, пороговые значения.

ASSESSMENT OF SAFETY LEVELS OF ENERGY FACILITIES OF GENERATING SYSTEMS

Shevchenko Mikhail Evgenevich

Scientific advisor Ivanitskii Maksim Sergeevich

Branch of National Research University "MPEI", Volzhsky, Russia

m.e.shevchenko@vfmei.ru

Abstract: The paper presents the results of development and testing of a new methodology for assessing the safety levels of energy facilities of generating systems on the example of typical power units of TPPs. Within the framework of the considered approach the main indicators of energy facility safety are defined, requirements to the formation of a complex (integral) indicator of safety and energy efficiency of generating systems are formulated. Threshold values of safety indicators of energy enterprises are proposed in order to determine their actual nature (normal (stable), pre-crisis, crisis) for each indicator.

Keywords: safety, reliability, generating systems, indicators, threshold values.

Выполнение требований по обеспечению энергетической безопасности критической инфраструктуры функционирования генерирующих систем основано на сохранении работоспособности ресурсопределяющего оборудования функциональных узлов и систем с учетом их технического состояния. Значительное внимание при этом необходимо уделять сохранению наблюдаемости и управляемости энергетического оборудования [1, 2].

В соответствие с новой разработанной методикой оценки уровней энергетического оборудования выполнена апробацию предложенных методических положений на примере типовых энергоблоков тепловых электроцентралей [3, 4]. В таблице 1 представлены результаты оценки индикаторов энергетической безопасности на примере региональной тепловой электростанции.

Таблица 1

Оценка состояния по индикаторам энергетической безопасности ТЭС

№	Индикатор	Значение	Состояние
1	Коэффициент износа оборудования энергоблока ТЭС	0,6	кризисное
2	Коэффициент обновления оборудования энергоблока	1,5	кризисное
3	Коэффициент отношения электрической мощности энергоблока к электрической мощности станции	0,38	кризисное
4	Коэффициент запаса топлива	0,21	предкризисное 1 уровня
5	Коэффициент, учитывающий климатические факторы	0,04	Стабильно-нормальное СНС
6	Коэффициент, учитывающий наличие предписаний Ростехнадзора при нарушении требований промышленной безопасности	2	предкризисное 1 уровня
7	Коэффициент, характеризующий вероятность безотказной работы энергоблока	0,83	предкризисное 1 уровня
8	Коэффициент, учитывающий недовыработку электрической энергии	0,05	Стабильно-нормальное СНС
9	Коэффициент, учитывающий недовыработку тепловой энергии	0,07	предкризисное 1 уровня
10	Коэффициент информационной безопасности	0	Стабильно-нормальное СНС
11	Комплексный (интегральный) показатель уровня безопасности энергоблока	0,48	предкризисное 1 уровня

Анализ данных, представленных в таблице 1, по оценке индикаторов уровней безопасности ТЭС показал, что рассчитанные значения индикаторов

соответствуют предкризисному состоянию первого уровня в части износа оборудования, но для индикаторов обновления оборудования энергоблока, отношения мощностей, запаса топлива выявлен кризисный уровень состояния безопасности энергоблока ТЭС. На основе результатов расчета индикаторных показателей и их весовых коэффициентов определены пределы изменения комплексного показателя уровня безопасности энергоблока с учетом влияния износа оборудования, величины обновления оборудования энергоблока, запаса топлива на ТЭС, климатических факторов, наличия предписания по нарушению требования промышленной безопасности, безотказной работы основного оборудования, величины недоотпуска электрической и тепловой энергии, а также внешнего воздействия кибератак и других информационных угроз [5].

Преимущества методического подхода состоит в возможности уточнения факторов, влияющих на уровень безопасности энергетического предприятия, на основе новой информации о технологических параметрах энергетического оборудования с целью повышения надежности и безопасности функционирования генерирующих систем.

Источники

1. Грабчак Е.П., Логинов Е.Л. Цифровые подходы к управлению объектами электро- и теплоэнергетики с применением интеллектуальных киберфизических систем // Надежность и безопасность энергетики, 2019, том 12. № 3. С. 172–176.
2. Веселов Ф.В., Дорофеев В.В. Интеллектуальная энергосистема России как новый этап развития энергетики в условиях цифровой экономики // Энергетическая политика, 2018. № 5. С. 43–52.
3. Султанов М.М. и др. Оценка уровней безопасности энергетических объектов с использованием комплексов сбора, обработки и управления данными // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. 2023. С. 547-556.
4. Благодичиннов А.В., Султанов М.М., Курьянова Е.В. Методика расчета энергетической эффективности, безопасности и надежности тепловых сетей // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. №3 (59). С. 45-56.
5. Крупенев Д.С. и др. Моделирование тепловых электростанций при исследовании надёжности энергоснабжения и энергетической безопасности // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, №2. С. 12-25.

КОРПОРАТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ТЕПЛОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Шипиловских Никита Александрович
Науч. рук. ассистент Базин Дмитрий Александрович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
retman41@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается важность корпоративных информационных систем для повышения эффективности в тепловой промышленности. Исследуется, как современные информационные технологии могут оптимизировать управление производственными процессами, улучшить мониторинг и контроль тепловых систем, повысить производительность предприятий данной отрасли.

Ключевые слова: корпоративные информационные системы, тепловая промышленность, эффективность, управление производственными процессами, мониторинг, контроль тепловых систем, сокращение издержек.

CORPORATE INFORMATION SYSTEMS TO IMPROVE EFFICIENCY IN THE THERMAL INDUSTRY

Shipilovskih Nikita Aleksandrovich
Scientific advisor Bazin Dmitry Alexandrovich
KSPEU, Kazan, Russia
retman41@mail.ru

Abstract: The article considers the importance of corporate information systems for increasing efficiency in the thermal industry. It investigates how modern information technologies can optimize the management of production processes, improve the monitoring and control of thermal systems, and increase the productivity of enterprises in this industry.

Keywords: corporate information systems, thermal industry, efficiency, production process management, monitoring, control of thermal systems, cost reduction.

Теплоэнергетика играет ключевую роль в удовлетворении энергетических потребностей промышленных предприятий [1], коммунальных служб и жилых домов. В России теплостанции составляют около 17-20% общего объёма производства энергии за счёт не дорогого сырья, таких как уголь, нефть и газ. Главная цель теплостанций заключается

в эффективном и экономичном использовании тепловой энергии, сокращении негативного воздействия на окружающую среду и создании комфортных условий для проживания и работы. Однако, компании и организации, работающие в данной сфере [2], ежедневно сталкиваются с рядом проблем, таких как нестабильность цен на энергоносители, увеличение спроса на энергию, развитие новых технологий и увеличение численности населения. Важно также обратить внимание на рост цен на энергоносители обусловлен нестабильностью цен на сырье, повышением заработной платы, налоговой политикой и постоянным ростом спроса на энергию.

Ряд этих проблем можно решить благодаря внедрению корпоративных информационных систем в данную отрасль.

Корпоративные информационные системы (КИС) – это комплекс программно-аппаратных средств [3], используемых в крупных организациях для сбора, хранения, обработки и передачи информации, необходимой для управления процессами и принятия управленческих решений. В их состав [4] входят различные информационные технологии, такие как базы данных, сети передачи данных, прикладные программы, системы управления контентом, системы поддержки принятия решений.

В тепловую промышленность можно внедрить следующие КИС:

1. Система управления энергетическими ресурсами (ERM - Energy Resource Management) представляет собой программный комплекс [5] в области управления теплом и энергией. Она помогает организациям контролировать и управлять энергетическими потоками, осуществлять мониторинг энергопотребления в реальном времени, оптимизировать системы отопления, прогнозировать и планировать энергопотребление. Анализ данных позволяет оптимизировать затраты на энергию и улучшить финансовую эффективность предприятия.

2. Система мониторинга и прогнозирования рынка энергоресурсов (MMS - Market Monitoring Systems) является важным инструментом [6] для теплоэнергетических компаний. Она анализирует цены на энергоресурсы на мировом рынке, данные о потреблении и прогнозирует его развитие. Это помогает компаниям принимать решения о закупках ресурсов, формировании цен на энергию, планировать деятельность, оптимизировать производственные процессы и адаптироваться к изменениям на рынке.

Корпоративные информационные системы имеют значительное влияние на современные организации. Они облегчают [7] процессы управления, оптимизируют бизнес-процессы и повышают эффективность деятельности компании. Использование КИС позволяет улучшить коммуникацию внутри организации, повысить скорость и точность передачи информации между разными подразделениями, улучшить принятие

управленческих решений на основе надёжных данных и аналитики. Кроме того, корпоративные информационные системы способствуют сокращению издержек, оптимизации производственных процессов, созданию более гибкой и конкурентоспособной структуры организации. Таким образом, корпоративные информационные системы играют ключевую роль в успешном функционировании современных компаний, обеспечивая им конкурентные преимущества и возможность адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка.

Источники

1. Вилданов Р.Р. Введение в теплоэнергетику / Р.Р. Вилданов, А.Ш. Низамова. Казань: КГЭУ, 2014. 181 с.
2. Thermal Power Plants: Advanced Applications / Thermal Power Plants: Advanced Applications. – Croatia: InTech, 2013. 188 с. – ISBN 9789535110958.
3. Elcomrevue [Электронный ресурс]. <https://elcomrevue.ru/blog/mrp/korporativnyie-sistemyi-upravleniya-cha?ysclid=lsrtgykpxh612697328> (дата обращения: 18.02.2024).
4. Крылович А.В. Информационные технологии в управлении предприятием / А. В. Крылович. [Электронный ресурс]. <http://www.interface.ru/fset.asp7UrH/case/defs6.htm>.
5. OSP [Электронный ресурс]. <https://www.osp.ru/cw/1999/16-17/35145?ysclid=lsrtjnl0sz247002347> (дата обращения: 18.02.2024).
6. ИНДАСОФТ [Электронный ресурс]. https://indusoft.ru/products/indusoft/I_EMS/?ysclid=lsru1q9fkf900391923 (дата обращения: 18.02.2024).
7. Luvai, Motiwalla Enterprise Systems for Management / Motiwalla Luvai, Thompson Jeff. New Jersey: Pearson Education, 2009. 356 с.

УДК 629.331

РАБОТА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ В РАЗЛИЧНЫЕ ВРЕМЕНА ГОДА И ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУР НА ЗАПАС ХОДА

Аделя Егоровна Юдина

Науч. рук. канд. техн. наук Айдар Хайдарович Сабитов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

adelya.yudina@inbox.ru

Аннотация: В данной работе рассматриваются режимы работы электродвигателей в автомобилях, работающих от батареи. Определяется влияние времени года и температур на ресурс батареи и запас хода электромобиля.

Ключевые слова: электромобиль, батарея, запас хода, электродвигатель, температурный режим, режим работы.

THE OPERATION OF AN ELECTRIC CAR IN DIFFERENT SEASONS AND THE EFFECT OF TEMPERATURES ON THE POWER RESERVE

Adelya Egorovna Yudina

Scientific advisor Aidar Khaidarovich Sabitov

KSPEU, Kazan, Russia

adelya.yudina@inbox.ru

Abstract: In this paper, the modes of operation of electric motors in battery-powered cars are considered. The influence of the time of year and temperatures on the battery life and power reserve of an electric vehicle is determined.

Keywords: electric vehicle, battery, power reserve, electric motor, temperature mode, operating mode.

В настоящее время уделяется значительное внимание экологии и уход от традиционных источников энергии для работы автотранспортных средств (дизель, бензин). Именно поэтому в последнее десятилетие активно развивается электромобильный транспорт.

Развитие электромобилей объясняется тем, что многие автомобилисты сталкиваются с проблемами обслуживания, желают получить высокую безопасность и мгновенный крутящий момент при езде.

Силовой установкой электромобиля чаще всего являются двигатели постоянного или переменного тока, самые последние модели оснащены вентильными электродвигателями (ВЭД), асинхронными частотно-управляемыми электродвигателями (АЧУЭД) [1]. Важно отметить, что данные электродвигатели имеют способность к рекуперации – генерации электроэнергии за счёт холостого хода автомобиля. Данная функция позволяет генерировать вплоть до 35% затрачиваемой электроэнергии.

Важно отметить, что выбор электродвигателей для каждого автомобиля индивидуален, т.к. необходимо учитывать все условия эксплуатации и потенциальные нагрузки на батарею, а также энергетическую инфраструктуру.

В Российской Федерации достаточно большие перепады температур в летнее и зимнее время ($+20^{\circ}\text{C}$ и -12°C соответственно), такая разность в

температурах существенно влияет на запас хода электромобиля, но зарядная инфраструктура постепенно развивается. На примере Казани можно сказать, что в городе активно развивается зарядная инфраструктура, что позволяет без проблем использовать электромобиль (рис. 1).

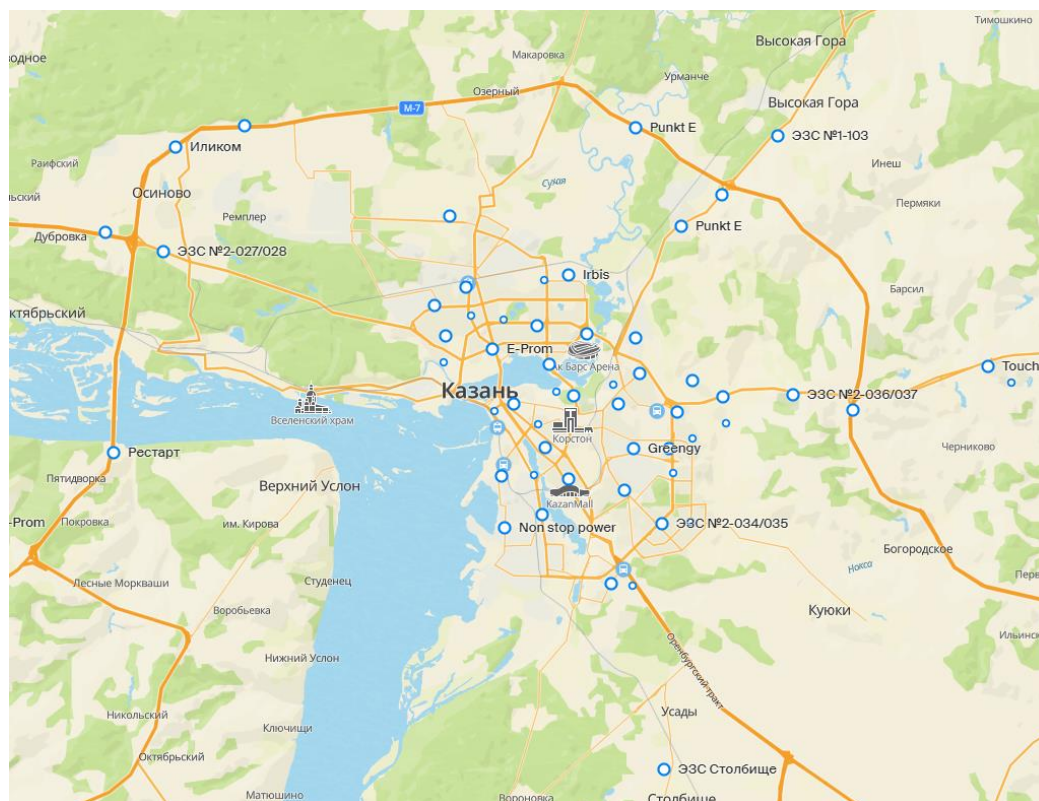


Рис. 1. Зарядная инфраструктура Казани

Автором проведён практический эксперимент по эксплуатации электромобиля Volkswagen ID.4 X Prime с целью определения запаса хода данного транспортного средства в разные температурные режимы и времена года. С целью увеличения срока эксплуатации автор не заряжал батарею до 100% ёмкостью 83,4 кВт·ч, а до 80% (примерно 66,72 кВт·ч). Зарядка батареи осуществлялась через разъем Type 2 с средней мощностью 80 кВт и продолжительностью зарядки до 40 минут.

Так как электродвигатель развивает мощность 313 лошадиных сил (230 кВт), то в летнее время пробег на батарее с неполным зарядом составлял примерно 400 километров (при температуре +25°C), а зимой до 300 км в зависимости от температуры (в диапазоне от -5°C до -12°C). В ходе исследования ходовых характеристик выделено, что заряда батареи хватает на 10-12 дней летом и 7-8 дней зимой [2-3].

Такая разность в пробеге обусловлена тем, что зимой у батареи есть необходимость осуществлять подогрев элементов во избежание более глубокого разряда, а летом такой необходимости нет. В ходе

эксплуатационного эксперимента определено, что в режиме простоя зимой аккумулятор автомобиля разряжался от 5 до 10%, а летом от 3 до 5%.

Подводя итоги, можно сказать, что технологии автомобилестроения и электродвигателей не стоят на месте. В ходе исследования выявлено, что современные технологии электромобилей позволяют без проблем эксплуатировать транспортное средство в различные температурные режимы и времена года.

Источники

1. Хабибуллин И.И. Влияние отклонений параметров напряжения на работу асинхронного двигателя / И. И. Хабибуллин, А. М. Маклецов // Фундаментальные и прикладные исследования: концепты, методики, новации: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12–13 мая 2022 года. Ростов-на-Дону: Профпресслит, 2022. С. 290-292.

2. Валиуллина Д.М. Внедрение цифровых решений / Д. М. Валиуллина, Д. М. Чиркова // Современные исследования в контексте трансформации и цифровизации: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 20 февраля 2023 года. г. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. С. 26-30.

3. Хазиева Р.Т., Мухаметшин А.В. Разработка и исследование схемы измерения тока утечки при испытании изоляции повышенным выпрямленным напряжением // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 4. С. 145-155. DOI: 10.30724/1998-9903-2021-23-4-145-155.

УДК 620.92

УМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Кристина Витальевна Чепелева

Науч. рук. канд. техн. наук Елена Борисовна Королева

ФГБОУ ВО «ПГУПС», г. Санкт-Петербург, Россия

kristina.chepelewa80@yandex.ru

Аннотация: На сложных производственных объектах работает автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) на базе

программно-аппаратного комплекса, которая увеличивает их энергетическую эффективность и повышает безопасность функционирования. За счёт более точного регулирования улучшаются технико-экономические показатели, что приводит к минимализации энергетической составляющей себестоимости выпускаемой продукции.

Ключевые слова: «Умная электростанция», АСУТП, генерация, ТЭС, система.

SMART POWER PLANT

Kristina Vitalievna Chepeleva
Scientific advisor Elena Borisovna Koroleva
PGUPS, St. Petersburg, Russia
kristina.chepelewa80@yandex.ru

Abstract: An automated process control system (ACS) based on a hardware and software complex works at complex production facilities, which increases their energy efficiency and increases the safety of operation. Due to more precise regulation, technical and economic indicators are improved, which leads to minimizing the energy component of the cost of production.

Keywords: "Smart power plant", automated control system, generation, thermal power plant, system.

Объединение систем малой и большей генерации создают единую систему, выполняющую функции диспетчеризации, интеграции с системой отпуска генерации, с системой учёта на клиентской стороне (город). Построение интеллектуальных систем как систем, действующих рационально и оптимально, создаёт благоприятные условия для применения основной идеи «Промышленность 4.0» - широкое внедрение IP – технологий и максимально возможная автоматизация со степенью интеллектуальности 0,45-0,5.

Вопрос создания «Умной электростанции», обоснованно использующей современные цифровые технологии, - достаточно актуальная проблема. Отличительной особенностью данной станции является то, что она должна интегрировать информацию от всех реализованных на ТЭС систем и систем автоматического управления. Затем удовлетворительным образом организовать их взаимосвязь между собой, включая технологический объект и оперативный, ремонтный и управленческий персонал. При внедрении данного объекта будут реализованы функции современных АСУТП и их подсистем.

«Умная электростанция» – информационно-управляющая система, интегрированная и взаимодействующая с (рис.1):

- автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУТП) ТЭС с локальными системами;
- системами обеспечивающими оптимальное управление технологическими процессами ТЭС, систему диагностики, мониторинга, прогнозирования и оптимизации режимов или решений, в том числе экспертные системы;
- автоматизированной системой управления предприятия и её подсистемами (системами планирования ремонтов с учётом системы технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО / ТОиР), системой электронного документооборота и др.);
- автоматизированной системой управления инженерными системами ТЭС (вентиляция, пожаротушение и так далее) с автоматизированной системой управления и диспетчеризации (АСУД);
- информационными базами данных, включая единую автоматизированную информационную систему (ЕАИС), систему сбора, передачи и расчёта технической информации (ССПРТИ), архивные станции АСУТП, и архивы документов ТЭС (проектная документация, технические отчёты, акты и т.д.)
- программами, обеспечивающими ведение финансово-экономической деятельности и бизнес-процессов ТЭС;
- системами, обеспечивающими надёжность и безотказность, а также информационную безопасность работы агрегатов.

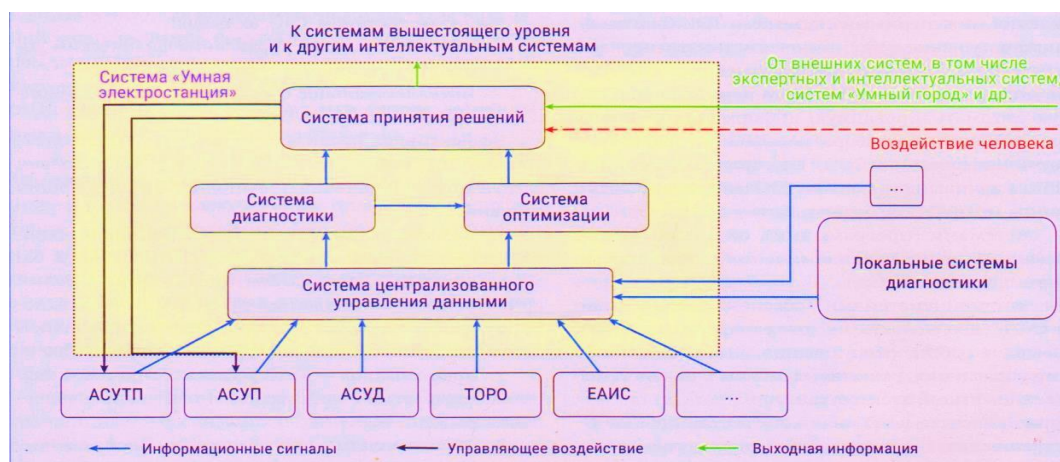


Рис.1. Принципиальная структурная схема «Умная электростанция»

Источники

1. Фельдбаум А.А. Вычислительные устройства в автоматических системах / А.А. Фельдбаум. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 2017. С. 800.

2. Мельцер М. И. Разработка алгоритмов АСУП / М.И. Мельцер. М.: Статистика, 2014. С. 240.

3. Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский. М.: Энергия, 2015 С. 512.

4. Воропай Н.И., Стенников В.А. Централизованная и распределенная генерация – не альтернатива, а интеграция [Электронный ресурс]. http://energystrategy.ru/projects/Energy_21/4-2.pdf. (дата обращения: 23.02.2024).

5. Воропай Н.И. Распределенная генерация в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]. <http://www.combienergy.ru/stat/983-Raspredelennaya-generaciya-v-elektroenergeticheskikh-sistemah> (дата обращения: 23.02.2024).

УДК 004

БЛОКЧЕЙН-ИНОВАЦИИ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИ ВАЖНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА

Регина Ильдаровна Юсупова

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Римма Солтановна Зарипова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

regjnayusupova2805@yandex.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются основные проблемы, стоящие перед нефтегазовым сектором, такие как безопасность производственных процессов, оптимизация цепочек поставок и снижение издержек. Анализируются потенциал и преимущества блокчейн-технологий для улучшения производственных процессов и развития отрасли.

Ключевые слова: водород, риформинг, электролиз, газификация угля, методы производства, экологичность, эффективность.

BLOCKCHAIN INNOVATIONS AS A STRATEGICALLY IMPORTANT TOOL FOR THE DEVELOPMENT OF THE OIL AND GAS SECTOR

Regina Ildarovna Yusupova

Scientific advisor Rimma Soltanovna Zaripova

KSPEU, Kazan, Russia

regjnayusupova2805@yandex.ru

Abstract: This article examines the main challenges facing the oil and gas sector, such as the safety of production processes, optimization of supply chains and cost reduction. The potential and advantages of blockchain technologies for improving production processes and industry development are analyzed.

Keywords: hydrogen, reforming, electrolysis, coal gasification, production methods, environmental friendliness, efficiency.

В современных условиях необходимо гарантировать безопасность и прозрачность любых производственных процессов, внедрять методы оптимизации управления цепочками поставок и снижать издержки. Существует множество вызовов, связанных с устойчивым развитием и поиском инновационных решений в нефтегазовом секторе. Блокчейн-технологии – это перспективное средство, которое способствует развитию нефтегазового сектора и дает новые возможности для улучшения производственных процессов [3]. Целью исследования является изучение основных проблем нефтегазовой индустрии, определение преимуществ и возможностей использования технологии блокчейн для их решения.

Цифровые технологии обеспечивают нефтегазовую отрасль новыми возможностями, такими как разработка труднодоступных месторождений, оптимизация сложных бизнес-процессов, повышение эффективности производства и торговли. Oxford Economist прогнозирует о том, что к 2025 году использование цифровых технологий увеличит мировой ВВП на 0.8%, а это в свою очередь огромный потенциал для нефтегазовой отрасли [5].

Рассмотрим текущие проблемы в нефтегазовой индустрии, одной из них является большое количество документации, которую необходимо обрабатывать и передавать ежедневно. В качестве примера возьмем популярную и крупную компанию «Газпром», которая обрабатывает более 20 000 документов каждый месяц [2], что требует значительных затрат как электроэнергии, так и человеческих ресурсов. Одной из проблем является сложность и стоимость логистики в рамках международных поставок. Компания «Royal Dutch Shell» активно взаимодействует с различными странами, что сопровождается высокими административными расходами и рисками. Существуют сложности в проведении платежных операций, трансграничные операции всегда больше усилий и времени, что может негативно сказаться на эффективности работы предприятия.

Блокчейн подобно цифровой бухгалтерии обеспечивает безопасность и надежность данных благодаря децентрализованной системе, в которой отдельная транзакция проверяется множеством компьютеров. К преимуществам использования новой технологии можно отнести автоматизацию финансового сектора, увеличение прозрачности на всех

этапах производства и продажи, а также снижение издержек для всех участников [1]. Использование блокчейна упрощает координацию между подрядчиками, позволяет находить риски, определять ответственных за ошибки и контролировать денежные потоки.

Развитие технологий позволит увеличить добычу нефти в мире на 35% к 2050 году, достигнув объема 4,8 трлн баррелей нефтяного эквивалента. Аналитики Markets and Markets прогнозируют, что рынок блокчейн вырастет с 210,2 млн долларов в 2016 году до 2312,5 млн долларов к 2021 году, с годовым темпом роста (CAGR) в 61,5%. Ранее нефтегазовые компании смотрели скептически на применение блокчейн-технологии, однако сейчас активно ищут способы внедрения этой технологии на своих предприятиях. Однако, Россия не входит даже в двадцатку лидеров применения блокчейн технологии с общей долей менее 0,5% blockchain-стартапов, это связано с отсутствием совместимого программного обеспечения [4]. К тому же, большинство существующих блокчейнов не обладают достаточной масштабируемостью для обработки объемов транзакций, присущих корпорациям. Многие компании предпочитают не рисковать новыми подходами, что характерно не только для блокчейна, но и для других инновационных технологий.

Таким образом, можно сделать вывод, что в нефтегазовой индустрии существует ряд проблем, а блокчейн-технологии представляют собой перспективное средство для их решения. Развитие цифровых технологий и внедрение блокчейна значительно повышают эффективность работы нефтегазовой отрасли, поэтому становится необходимым поиск новых подходов к внедрению блокчейна для оптимизации и поддержки устойчивого развития нефтегазовой отрасли в целом.

Источники

1. Овсеенко Г.А. Возможность применения нейронных сетей в мехатронном устройстве для анализа проб в нефтегазовой отрасли / XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика. материалы конференции. Казань, 2022. С. 569-573.
2. Мустафин Р.Ф., Зарипова Р.С. Перспективы применения технологии блокчейн в финансовом секторе экономики / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 4 (30). С. 129-131.
3. Овсеенко Г.А. Автоматическая система управления процессами добычи и подготовки нефти на основе нейронной сети / Энергия-2022: материалы Семнадцатой всероссийской (девятой международной) научно-

технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Иваново, 2022. С. 20.

4. Николаева С.Г., Ахунова И.Р. Интеграция SQL с технологиями блокчейн и искусственный интеллект / Современные цифровые технологии. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Барнаул, 2023. С. 182-184.

5. Кондратьев А.А. Цифровая трансформация в нефтегазовой сфере // Вестник науки. 2023. №11 (68).

УДК 621-313.3

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ТАРИФООБРАЗОВАНИИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

Ольга Ивановна Юркевич¹, Павел Алексеевич Кабанов²

¹ УО «БГЭУ», г. Минск, Республика Беларусь

^{1,2} РУП «Витебскэнерго», г. Витебск, Республика Беларусь

² УО «БНТУ», г. Минск, Республика Беларусь

¹oi.yurkevich@yandex.by, ²pkabanov@gmail.com

Аннотация: В статье рассматриваются актуальность и возможности перехода к динамическому тарифообразованию на электроэнергию в интеллектуальных энергосистемах с учетом растущей доли возобновляемых источников энергии. Приводятся аргументы о перспективах использования искусственного интеллекта, открывающих новые возможности для создания гибких и эффективных динамических тарифов, которые учитывают изменения спроса и предложения в реальном времени.

Ключевые слова: ИИ, тарифообразование, электроэнергия, прогнозирование, оптимизация, персонализация, потери, счетчики, микрогенерация, ВИЭ.

POSSIBILITIES OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DYNAMIC TARIFF SETTING FOR ELECTRIC ENERGY

Olga Ivanovna Yurkevich¹, Pavel Alekseevich Kabanov²

¹ UO "BSEU", Minsk, Republic of Belarus

^{1,2} RUP "Vitebskenergo", Vitebsk, Republic of Belarus

² UO "BNTU", Minsk, Republic of Belarus

¹oi.yurkevich@yandex.by, ²pkabanov@gmail.com

Abstract: The article discusses the relevance and possibilities of transition to dynamic tariff setting for electricity in smart energy systems, taking into account the growing share of renewable energy sources. Arguments are given about the prospects of using artificial intelligence, which opens up new opportunities for creating flexible and efficient dynamic tariffs that take into account changes in supply and demand in real time.

Keywords: AI, tariff setting, electricity, forecasting, optimisation, personalisation, losses, meters, microgeneration, RES.

Оценка возможностей использования искусственного интеллекта (ИИ) при динамическом тарифообразовании стоимости электрической энергии представляет собой перспективное направление в управлении энергоснабжением. В современном мире, где потребление энергии становится всё более динамичным и непредсказуемым, применение ИИ может стать ключевым фактором в оптимизации распределения энергетических ресурсов и формировании справедливых цен для конечных пользователей.

Одно из ключевых применений искусственного интеллекта в динамическом ценообразовании – прогнозирование будущего спроса и предложения электроэнергии. ИИ-модели на основе машинного обучения могут анализировать большие объемы исторических данных о потреблении, погоде, экономических факторах и на их основе предсказывать потребление электричества с высокой точностью [1]. Это позволяет энергокомпаниям оптимизировать загрузку генерирующих мощностей и предлагать динамические тарифы, отражающие реальную ситуацию на рынке.

ИИ-алгоритмы способны динамически корректировать цены на электроэнергию в зависимости от текущего баланса спроса и предложения. Такая оптимизация тарифов в реальном времени помогает сглаживать пики потребления, снижать расходы потребителей и повышать эффективность работы энергосистемы в целом [2]. Например, в периоды избытка генерации от ВИЭ цены могут автоматически снижаться, стимулируя потребление, и наоборот.

Интеллектуальный анализ профилей энергопотребления разных групп клиентов с помощью ИИ позволяет создавать персонализированные тарифные планы. Такой подход дает возможность предлагать потребителям выгодные условия с учетом их индивидуальных особенностей и мотивировать к энергосбережению [3]. Например, для домохозяйств с электромобилями могут быть предложены специальные ночные тарифы для зарядки.

Применение методов машинного обучения для анализа данных интеллектуальных счетчиков помогает энергокомпаниям выявлять аномалии

в потреблении, которые могут быть вызваны неисправностями оборудования или хищениями электроэнергии [4]. Своевременное обнаружение и предотвращение таких потерь снижает издержки поставщиков и в конечном итоге положительно влияет на динамические тарифы для добросовестных потребителей.

С развитием микрогенерации на основе ВИЭ у потребителей появляется возможность не только покупать, но и продавать электроэнергию в сеть. ИИ-системы могут прогнозировать выработку распределенной генерации и оптимально интегрировать ее в энергосистему.

Необходимо отметить, что внедрение ИИ в процесс динамического тарифообразования сталкивается с рядом вызовов. Среди них – необходимость обеспечения безопасности и защиты данных, а также разработка нормативно-правовой базы, регулирующей использование ИИ в энергетике. Тем не менее, потенциал применения ИИ в этой области огромен, и его реализация может привести к значительным улучшениям в эффективности и устойчивости энергосистем.

Таким образом, ИИ предоставляет значительные возможности для оптимизации динамического тарифообразования стоимости электрической энергии. Однако для успешного внедрения необходим комплексный подход, учитывающий технические, экономические и социальные аспекты. С учетом быстрого развития технологий ИИ, можно ожидать, что в ближайшем будущем системы динамического ценообразования будут получать все большее распространение в энергетической отрасли.

Источники

1. Raza, M.Q. Forecasting electricity consumption using machine learning models / M.Q. Raza, A. Khosravi // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2020. – Vol. 50. – P. 1352-1365. – DOI: 10.1016/j.rser.2015.04.065.
2. Shen, Y. Real-time pricing for smart grid based on alternating direction method of multipliers / Y. Shen, W. Hu, M. Zeng // *IEEE Transactions on Smart Grid*. – 2018. – Vol. 9, № 5. – P. 4613-4623. – DOI: 10.1109/TSG.2017.2672939.
3. Zhou, K. Personalized electricity pricing: A data-driven approach / K. Zhou, C. Yang, S. Guo // *Applied Energy*. – 2020. – Vol. 269. – 115098. – DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.115098.
4. Yip, S.C. Detection of energy theft and defective smart meters in smart grids using linear regression / S.C. Yip, K.S. Wong, W.P. Hew, M.T. Gan, R.C.W. Phan, S.W. Tan // *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. – 2019. – Vol. 91. – P. 230-240. – DOI: 10.1016/j.ijepes.2017.04.005.

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦИКЛОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Регина Ильдаровна Юсупова

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Римма Солтановна Зарипова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

regjnayusupova2805@yandex.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются цифровые двойники как ключевой фактор оптимизации производственных процессов в энергетическом секторе. Анализируются преимущества данного подхода, а также будущее развитие и интеграция цифровых двойников с другими цифровыми технологиями.

Ключевые слова: цифровой двойник, информационные технологии, энергетика, предприятие, эффективность.

DEVELOPMENT OF DIGITAL TWINS TO OPTIMIZE PRODUCTION CYCLES IN ENERGY ENTERPRISES

Regina Ildarovna Yusupova

Scientific advisor Rimma Soltanovna Zaripova

KSPEU, Kazan, Russia

regjnayusupova2805@yandex.ru

Abstract: This article examines digital twins as a key factor in optimizing production processes in the energy sector. The advantages of this approach are analyzed, as well as the future development and integration of digital twins with other digital technologies.

Keywords: digital twin, information technology, energy, enterprise, efficiency.

В условиях динамично развивающейся энергетической отрасли, задача внедрения различных цифровых технологий становится актуальной для современных производств. Одним из перспективных инструментов являются цифровые двойники, которые могут кардинально изменить сферу управления энергетическими процессами и повысить эффективность производства [2]. Традиционные методы управления, которые основаны на ручном управлении, статических расписаниях и отзывных системах, становятся малодейственными в условиях растущей конкуренции, меняющихся нормативных требований и технологического прогресса. Такие методы не

могут реагировать на современные вызовы, что повышает актуальность вопроса внедрения инновационных подходов.

Целью является исследование потенциала цифровых двойников для оптимизации производственных циклов, а также анализ текущего состояния и тенденций развития.

Цифровой двойник (Digital Twin) – это виртуальная копия реального объекта или системы, которая может имитировать поведение данного объекта в режиме реального времени [4]. Применяются для мониторинга, анализа, прогнозирования и оптимизации работы систем. Основные принципы работы цифровых двойников включают: создание виртуальной модели объекта, интеграцию с реальными данными, отражение текущего состояния объекта, мониторинг и анализ данных, а также прогнозирование будущих состояний.

Цифровой двойник постоянно обучается, поэтому способен анализировать, находить, предсказывать, предотвращать проблемы при эксплуатации. Он играет важную роль в энергетике, поскольку предоставляет обзор жизненного цикла системы, объединяя компоненты энергосистемы в единое целое [1]. Цифровой двойник позволяет энергетикам точно знать, сколько энергии потребляет каждый клиент в режиме реального времени, и позволяет регулировать температуру, устанавливая комфортный уровень, к тому же, помогает планировать ремонт и обслуживание оборудования на электростанциях [3].

Экономическая эффективность от внедрения интеллектуальных систем полностью оправдывает ожидания, в качестве примера рассмотрим автоматизированную теплоэлектростанцию «Академическая» в Екатеринбурге. При использовании цифровых двойников за год повреждаемость тепловых сетей снизилась на 10%, тепловые потери сократились на 1,5%. В следствии чего пропала необходимость отключать горячую воду в домах во время летних гидравлических испытаний.

Использование цифровых двойников в энергетической отрасли обеспечивает оптимизацию процессов, снижение затрат, улучшение качества продукции и повышение эффективности работы предприятия. Однако, одним из главных преимуществ использования виртуальных двойников является безопасность, так как это позволяет изменять параметры работы оборудования быстрее и безопаснее, по сравнению с экспериментами на реальных объектах [5]. Система предиктивного анализа Schneider Electric на одном из европейских объектов предсказала выход из строя компрессора за три недели до реального события, в следствии был предотвращен масштабный технологический сбой и компания сохранила 3,2 миллиона долларов.

Ожидается интеграция цифровых двойников с другими цифровыми технологиями. В перспективе развитие технологий машинного обучения и искусственного интеллекта будет способствовать совершенствованию возможностей и цифровых двойников, делая их более точными, адаптируемыми и самообучаемыми.

Таким образом, разработка цифровых двойников с целью оптимизации производственных циклов на энергетических предприятиях представляет собой важное направление для повышения эффективности, надёжности и устойчивости энергетических отраслей.

Источники

1. Богучарсков В.А., Воркунов О.В. Концепция Smart Grid как решение текущих проблем отечественной электроэнергетики / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 108-110.

2. Юртаев В.В., Николаева С.Г. Базы данных как уязвимость организации / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 256-260.

3. Смирнов Ю.Н., Марданова А.М. О проектировании цифрового двойника системы нефтепродуктообеспечения / Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 5. С. 161-164.

4. Зарипова Р.С., Ильина Д.И. Применение реинжиниринга бизнес-процессов на энергетическом предприятии / Естественно-гуманитарные исследования. 2023. № 5 (49). С. 108-111.

5. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Применение искусственного интеллекта в сфере энергетики / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной научно-технической конференции. Казань, 2023. Т.2. С. 551-554.

УДК 338.24

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Абрамова Анастасия Валерьевна
АО «Сетевая компания», г. Казань, Россия
abramova19191@rambler.ru

Аннотация: В статье осуществлена постановка проблемы необходимости обеспечения качественного функционирования электроэнергетического комплекса. Описаны тренды развития отрасли. Выделены перспективные направления управления устойчивым развитием, в том числе: применение технологий научной организации управления, формирование отраслевых кластеров, развитие социального капитала.

Ключевые слова: устойчивое развитие электроэнергетики, технологии научного управления электроэнергетикой, электроэнергетический кластер, бережливое производство, развитие социального капитала.

MODERN TECHNOLOGIES FOR MANAGING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ELECTRIC POWER COMPLEX

Abramova Anastasia Valerievna
JSC «Grid Company», Kazan, Russia
abramova19191@rambler.ru

Abstract: The article presents the problem of the need to ensure the high-quality functioning of the electric power complex. The trends of the industry development are described. Promising areas of sustainable development management are highlighted, including: the use of technologies for scientific management organization, the formation of industry clusters, and the development of social capital.

Keywords: sustainable development of the electric power industry, technologies of scientific management of the electric power industry, electric power cluster, lean manufacturing, development of social capital.

Постановка проблемы. В экономике РФ электроэнергетический комплекс занимает роль базовой инфраструктуры, поставщика для всех других отраслей народного хозяйства и основы научно-технологического развития. От состояния и развития субъектов электроэнергетического комплекса зависит динамика макроэкономических показателей и показателей качества жизни населения. По нашему мнению, в условиях объективной реальности, для обеспечения устойчивого развития электроэнергетического комплекса, как ключевого фактора обеспечения устойчивого развития государства, целесообразно комплементарно применять современные эффективные научные технологии управления.

Текущее состояние. В настоящее время электроэнергетический комплекс РФ находится на этапе зрелости кривой жизненного цикла развития. Серьезные изменения общемировой парадигмы (пандемия COVID-19 и геополитическая ситуация 2022 года), в сочетании с накопившимися фундаментальными проблемами отрасли (старение основных производственных фондов,

ограниченный бюджет, диспропорция между заявляемой при техприсоединении и фактической мощностью, недостаточный уровень автоматизации процессов и пр.), ставят под сомнение возможность планомерного устойчивого развития отрасли.

В текущий момент трендами развития электроэнергетического комплекса являются: повышение энергоэффективности (для сдерживания темпов роста энергопотребления), реализация энергосберегающих мероприятий и развитие альтернативных (возобновляемых) источников энергии в целях декарбонизации, децентрализация объектов основного электроэнергетического производства (развитие объектов распределенной малой генерации, развитие электрозарядной инфраструктуры для электротранспорта), диджитализация (цифровизация) электроэнергетики (развитие интеллектуальных приборов учета потребления электроэнергии, умных сетей, диспетчеризации, информационно-технологических решений с разработкой механизмов защиты объектов критически важной информационной инфраструктуры от сопутствующих киберугроз) [1, 2].

Направления устойчивого развития. 1. Внедрение элементов научной организации труда, в том числе инструментов аналитики для прогнозирования трендов развития внутренней и внешней среды организации, метода форсайт-моделирования для разработки адаптивных стратегий развития организаций, элементов технологии бережливого производства для повышения эффективности использования ресурсов и реализации проектов развития, технологии разработки и коммерциализации собственных технологических разработок) [2].

2. Формирование технологического суверенитета посредством формирования и развития территориальных отраслевых кластеров. Это позволит обеспечить: воспроизводство всего комплекса качественной продукции для нужд электроэнергетического комплекса; доступ к высокотехнологичной качественной инфраструктуре; воссоздание высокого уровня технологической оснащенности и организации производства; интенсификация научно-исследовательской и образовательной деятельности; образование новых востребованных организаций; создание дополнительных рабочих мест; увеличение налогооблагаемой базы [3].

3. Развитие социального капитала посредством активизации человеческого потенциала работников электроэнергетического комплекса РФ. Ключевым ресурсом динамичного развития ЭК РФ являются люди. Целями развития человеческого потенциала, согласно Энергетической стратегии развития РФ, являются: рост охвата численности работников основных видов деятельности утвержденными профессиональными стандартами (с 75% в 2024

году - до 100 % в 2035 году) и отношение затрат на обучение персонала к фонду заработной платы (в год) (с 70% в 2024 году - до 100% в 2035 году) [1].

Для формирования качественных человеческих ресурсов наиболее эффективны: методики эмпирического обучения: приобретение установок и компетенций через практическое выполнение заданий; методики эвристического обучения (самостоятельное нахождение ответов в сознании посредством побуждения к размышлениям). На практике данные методики реализуются в форматах практических заданий: симуляций, интерактивных игр, абстрактной концептуализации, активного экспериментирования.

Источники

1. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. N 1523-р «Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035г».

2. Прогноз развития энергетики мира и России. Москва, 2019 год ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН». НОУ «Центр энергетики МШУ Сколково».

3. Абрамова А.В. Методологические аспекты внедрения и развития бережливого производства в электроэнергетической организации как технология перспективного развития деятельности на основе внедрения процессного подхода к управлению и организации деятельности групп качества // Современные проблемы науки. 2013. № 2.

4. О.Н. Вишнякова, А.В. Абрамова. Структура энергетического кластера: организационно-управленческий аспект // Энергетика Татарстана. 2010. № 1 (17). С. 64-71.

УДК 004

УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ КАК ИНСТРУМЕНТ АКТИВИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Алиса Ростиславовна Гимаева, Римма Солтановна Зарипова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

zarim@rambler.ru

Аннотация: Статья посвящена исследованию технологий управления знаниями в контексте инновационной деятельности предприятия. Проанализированы современные подходы к управлению знаниями и их влияние на инновационные процессы в организации. Рассмотрены основные инструменты, методы и технологии, которые

способствуют эффективному управлению знаниями и стимулируют инновационную активность предприятия.

Ключевые слова: инновации, управление знаниями, инновационная деятельность.

KNOWLEDGE MANAGEMENT AS A TOOL FOR ACTIVATION OF INNOVATIVE ACTIVITY OF THE ENTERPRISE

Alisa Rostislavovna Gimaeva, Rimma Soltanovna Zaripova

KSPEU, Kazan, Russia

zarim@rambler.ru

Abstract: The article is devoted to the research of knowledge management technologies in the context of innovation activity of the enterprise. Modern approaches to knowledge management and their influence on innovation processes in the organisation are analysed. The main tools, methods and technologies that contribute to effective knowledge management and stimulate the innovation activity of the enterprise are considered.

Keywords: innovation, knowledge management, innovation activity.

В современном бизнесе успешное управление знаниями играет стратегическую роль в обеспечении конкурентоспособности и инновационной деятельности предприятия [1]. Управление знаниями направлено на эффективное использование информации и опыта для стимулирования инноваций. Оно включает в себя процессы сбора, хранения, передачи и применения информации и опыта сотрудников, клиентов и партнеров. Вместе с тем инновационная активность предприятия зависит от эффективного использования этого знания для разработки новых и модернизированных продуктов, услуг и бизнес-процессов [2].

Управление знаниями в контексте инновационной деятельности предприятия позволяет создать среду, где информация и опыт, как ключевые ресурсы, могут быть эффективно использованы для развития новых и улучшенных продуктов и услуг [3, 4]. Целью управления знаниями является не только сохранение и передача знаний, но и их преобразование в ценные инновации, способные приносить конкурентные преимущества.

Для успешной инновационной деятельности предприятия необходимо использовать современные технологии управления знаниями. Это включает в себя системы управления содержанием, базы данных, интерактивные платформы для обмена знаниями, аналитические инструменты для оценки информации и многие другие [5, 6]. Такие технологии позволяют эффективно организовывать, хранить и распространять знания внутри предприятия.

Рассмотрим основные инструменты, методы и технологии, которые способствуют эффективному управлению знаниями и стимулируют инновационную активность предприятия:

- системы управления знаниями, позволяющие организовывать, хранить и обмениваться знаниями внутри предприятия, включая базы данных, документооборот, системы коллаборации и др.;
- базы данных и цифровые архивы, обеспечивающие централизованное хранение информации и оперативный доступ сотрудников;
- интеллектуальные системы поддержки решений, используемые для анализа и принятия решений на основе накопленных знаний и опыта;
- экспертные системы, позволяющие моделировать решения, привлекая экспертные знания и опыт для решения конкретных проблем;
- интерактивные платформы для обмена знаниями, включающие в себя системы внутренних социальных сетей, форумы, вики-платформы и другие средства для обмена знаниями и опытом;
- аналитические инструменты и методы, используемые для оценки и анализа данных, выявления тенденций и паттернов, что способствует принятию более обоснованных решений на основе знаний;
- обучение и развитие кадров. Сюда входят: организация обучающих программ, коучинг, менторинг и другие методы развития персонала, направленные на передачу и накопление знаний в предприятии. Все эти инструменты, методы и технологии помогают предприятиям эффективно управлять знаниями, стимулируя инновационную активность и способствуя развитию бизнеса.

Преимущества управления знаниями в инновационной деятельности:

- улучшение процессов инноваций. Эффективное управление знаниями способствует более быстрой и качественной разработке новых продуктов и услуг;
- сокращение времени на внедрение. Доступ к актуальной информации и опыту позволяет сократить время, необходимое для внедрения инноваций на предприятии;
- повышение конкурентоспособности. Инновационные решения, основанные на системном управлении знаниями, могут быть ключевым фактором в формировании конкурентных преимуществ на рынке.

Управление знаниями играет важную роль в стимулировании инноваций и развитии предприятия. Современные технологии управления знаниями позволяют эффективно организовывать информацию и опыт сотрудников с целью создания важных аспектов для бизнес-индустрии. Внедрение систем управления знаниями становится необходимостью для

предприятий, стремящихся к постоянному развитию и достижению успеха на рынке.

Источники

1. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Роль новых технологий в экономике XXI века: угрозы и вызовы цифровой экономики / «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития (Вектор-2018)»: Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей. 2018. С. 331-334.
2. Тасуева Х.З.А., Албогачиева Л.А., Николаева С.Г. Автоматизация бизнес-процессов с использованием системного подхода // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 393-395.
3. Шкиндеров М.С., Нуриев М.Г., Гизатуллин З.М. Сквозное прогнозирование помехоустойчивости систем контроля и управления при внешних электромагнитных воздействиях / Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2016. № 2 (30). С. 26-37.
4. Мустахитдинова Ю.А., Зарипова Р.С. Развитие инновационного предпринимательства в России / Наука и творчество: вклад молодежи. Сборник материалов всероссийской молодежной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Махачкала, 2022. С. 314-317.
5. Смирнов Ю.Н., Каляшина А.В. Роль математического моделирования при цифровизации технологических процессов // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 116-119.
6. Юртаев В.В., Николаева С.Г. Базы данных как уязвимость организации / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 256-260.

УДК 004

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Ильназ Искандэрович Мухаметзянов, Римма Солтановна Зарипова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
Ilnaz.mmm@mail.ru

Аннотация: Данная статья посвящена рассмотрению применения машинного зрения в области контроля качества производства. Проблема обеспечения высокого уровня контроля качества в условиях современного производства очень актуальна в настоящее время. Рассмотрена технология машинного зрения, ее возможности и преимущества, а также основные задачи, которые можно решить с ее помощью, включая обнаружение дефектов и классификацию продукции. Обозначены перспективы использования машинного зрения для оптимизации производственных процессов и повышения конкурентоспособности компаний.

Ключевые слова: машинное зрение, контроль качества, производство, дефекты, автоматизация, обнаружение дефектов, классификация продукции, технологии контроля качества.

APPLICATION OF MACHINE VISION IN THE FIELD OF QUALITY CONTROL

Ilnaz I. Mukhametzyanov, Rimma S. Zaripova
KSPEU, Kazan, Russia
ilnaz.mmm@mail.ru

Annotation: This article is devoted to the consideration of the application of machine vision in the field of production quality control. The problem of providing a high level of quality control in the conditions of modern production is very actual nowadays. The technology of machine vision, its possibilities and advantages, as well as the main tasks that can be solved with its help, including defect detection and product classification, are considered. The prospects of using machine vision to optimise production processes and improve the competitiveness of companies are outlined.

Keywords: machine vision, quality control, production, defects, automation, defect detection, product classification, quality control technologies.

В современном мире производственные процессы становятся все более сложными и требовательными к качеству выпускаемой продукции. Один из ключевых аспектов, определяющих успех на рынке, – это обеспечение высокого уровня контроля качества. Однако с ростом объемов производства и разнообразием изготавливаемых товаров, традиционные методы контроля могут оказаться недостаточными. Здесь на сцену выходит машинное зрение – перспективная технология, позволяющая автоматизировать процессы контроля качества и повысить их эффективность.

Машинное зрение – это технология, позволяющая компьютерам анализировать и интерпретировать изображения и видео, аналогично или даже лучше, чем человеческий глаз. В контексте контроля качества

машинное зрение может быть применено для обнаружения дефектов, измерения размеров и формы объектов, а также для классификации продукции.

Одним из ключевых преимуществ использования машинного зрения в области контроля качества является его высокая скорость и точность. В отличие от ручного контроля, который может быть подвержен человеческим ошибкам и требует значительных временных затрат, системы машинного зрения способны работать непрерывно и анализировать большие объемы данных в реальном времени.

Одной из наиболее распространенных задач контроля качества, решаемых с помощью машинного зрения, является обнаружение дефектов на поверхности изделий. Это могут быть как визуальные дефекты, такие как царапины или трещины, так и скрытые дефекты, которые не видны невооруженным глазом. Системы машинного зрения могут быстро сканировать поверхность объекта и автоматически выявлять любые несоответствия заданным стандартам качества.

Кроме того, машинное зрение позволяет автоматизировать процесс сортировки продукции на основе их внешних характеристик. Например, в производстве фруктов и овощей системы машинного зрения могут классифицировать продукцию по размеру, форме, цвету и другим параметрам, что позволяет оптимизировать процесс упаковки и доставки.

В заключение следует отметить, что применение машинного зрения в области контроля качества имеет огромный потенциал для улучшения производственных процессов и повышения конкурентоспособности компаний. Эта технология позволяет не только обнаруживать дефекты более эффективно, но и улучшать производственные процессы в целом за счет автоматизации и оптимизации.

Источники

1. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Применение системы машинного зрения для распознавания данных об электрооборудовании / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной научно-технической конференции. Казань, 2023. Т.1. С. 382-386.

2. Кашаев Р.С., Овсенко Г.А. Применение искусственного интеллекта для решения задач классификации дефектов деталей в отрасли приборостроения / Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве:

материалы VI Национальной научно-практической конференции, в 2 т. Казань, 2020. С. 12-14.

3. Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. Тенденции в развитии искусственного интеллекта / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 3 (21). С. 63-65.

4. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 216-218.

5. Воркунов О.В., Загидуллина Л.Ф. Методы диагностики кабельных линий / Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. XIV Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция. 2019. С. 216-220.

УДК 004

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Камиля Равилевна Гимазетдинова, Римма Солтановна Зарипова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
zarim@rambler.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается тема применения имитационного моделирования в управлении энергетическими системами. Анализируются преимущества и потенциал применения имитационного моделирования для оптимизации процессов управления энергетическими системами, а также его влияние на повышение эффективности производства и улучшение устойчивости энергетических систем.

Ключевые слова: имитационное моделирование, энергетические системы, модели, эффективность, производство, цифровизация.

APPLICATION OF SIMULATION MODELLING IN MANAGEMENT OF POWER SYSTEMS

Kamilya Ravilevna Gimazetdinova, Rimma Soltanovna Zaripova
KSPEU, Kazan, Russia
zarim@rambler.ru

Abstract: This article deals with the topic of application of simulation modelling in the management of energy systems. Advantages and potential of application of simulation modelling for optimization of processes of management of power systems, and also its influence on increase of efficiency of production and improvement of stability of power systems are analysed.

Keywords: simulation modelling, energy systems, models, efficiency, production, digitalisation.

В условиях постоянно растущего спроса на энергию и стремительно меняющихся технологических требований применение имитационного моделирования в управлении энергетическими системами становится все более актуальным. Это обусловлено необходимостью повышения производительности, оптимизации расхода ресурсов, сокращения затрат и обеспечения устойчивости в работе энергетических систем [1].

Особенностью применения имитационного моделирования является его способность учитывать множество вариативных факторов и сценариев, что позволяет проводить более точные и эффективные расчеты, а также прогнозировать реакцию энергетических систем на различные изменения и воздействия в реальном времени [2].

Современные энергетические системы сталкиваются с множеством вызовов, включая увеличение потребления энергии, нестабильность цен на энергоносители, а также требования по сокращению выбросов и повышению эффективности использования ресурсов [3]. Применение имитационного моделирования в управлении энергетическими системами представляет собой перспективный подход, способствующий оптимизации процессов управления и обеспечению устойчивости в работе энергетических систем.

Применение имитационного моделирования в управлении энергетическими системами обладает как преимуществами, так и недостатками. Перечислим преимущества:

- точность и реалистичность. Имитационное моделирование позволяет учитывать различные параметры и взаимодействия между компонентами энергетической системы, создавая более реалистичные сценарии;
- оптимизация решений. Моделирование позволяет проводить оптимизацию стратегий управления энергетическими системами, что помогает снизить риски и улучшить эффективность;
- прогнозирование и анализ. Имитационное моделирование способствует прогнозированию реакции энергетических систем на изменения и воздействия в реальном времени, облегчая анализ рисков и принятие обоснованных решений;

- экономия времени и ресурсов. Моделирование позволяет производить тестирование различных сценариев без необходимости проведения реальных экспериментов, что экономит ресурсы и время.

Недостатки применения имитационного моделирования:

- сложность создания моделей. Подготовка и настройка моделей для имитационного моделирования может требовать значительных трудозатрат, особенно для сложных энергетических систем;

- необходимость валидации. Проверка достоверности и точности модели требует проведения подробной валидации и тестирования, что также может быть трудоемким процессом;

- ограничение точности. Моделирование всегда носит приближенный характер, и точность результатов может зависеть от точности входных данных и параметров модели;

- сложность интерпретации результатов. Интерпретация результатов моделирования может потребовать специализированных знаний, особенно в случае сложных и объемных моделей;

- специальная подготовка педагогов и специалистов. Педагоги и другие специалисты, занимающиеся обучением студентов и сотрудников в области энергетики, должны быть ознакомлены с основными принципами имитационного моделирования, пониманием его особенностей и возможностей. Специальное обучение педагогов позволит им успешно интегрировать имитационное моделирование в образовательный процесс, обеспечивая профессиональный рост и развитие компетенций в области управления энергетическими системами.

Для имитационного моделирования в управлении энергетическими системами могут применяться различные программные пакеты. Например:

- AnyLogic – мощное программное обеспечение, позволяющее создавать имитационные модели для моделирования поведения операций, транспорта, производства и других систем. В случае управления энергетическими системами AnyLogic может быть использовано для создания комплексных моделей, учитывающих разные аспекты производства и распределения энергии;

- Simulink (MATLAB) является инструментом для математического моделирования, анализа и симуляции динамических систем. Он может быть применен для моделирования и управления разными аспектами энергетических систем, включая электрические, тепловые и гибридные системы;

- EnergyPlus представляет собой мощную программу для имитационного моделирования энергетических систем и зданий. Она

используется для моделирования энергопотребления, комфортности, качества воздуха и долговечности зданий и систем;

- TRNSYS – программа для моделирования и исследования энергетических систем, позволяющая создавать детальные имитационные модели, учитывая теплопередачу, солнечное излучение, электричество, воду и др.;

- EnergyPLAN – программное обеспечение, предназначенное для создания комплексных имитационных моделей, которые позволяют оценить влияние различных факторов на работу энергетических систем, провести анализ энергетических потоков, стоимости и эмиссий, а также оптимизировать структуру и управление энергетическими системами;

- HOMER – это программа для оптимизации проектирования и эксплуатации децентрализованных энергетических систем. Она предоставляет возможности по созданию имитационных моделей для исследования работы гибридных систем, включая ветряные генераторы, солнечные панели, батарейные системы и др.

Каждый из этих пакетов обладает своими уникальными возможностями и применим к моделированию различных аспектов управления энергетическими системами. Выбор конкретного пакета может зависеть от специфики задачи, доступных ресурсов и требуемого уровня детализации модели. В целом, применение имитационного моделирования в управлении энергетическими системами может быть очень полезным, однако требует осознанного подхода и учета ограничений данного метода.

Источники

1. Никоноров Д.П., Зарипова Р.С. Визуализация и компьютерное моделирование энергетических систем / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной научно-технической конференции. Казань, 2023. Т.2. С. 584-587.

2. Нуриев М.Г., Гизатуллин З.М. Физическое моделирование преднамеренного электромагнитного воздействия на вычислительную технику через металлоконструкции здания // Информация и безопасность. 2017. Т. 20. № 3. С. 456-459.

3. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса / Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы международной научно-технической конференции. Казань, 2023. С. 138-140.

4. Богучарсков В.А., Воркунов О.В. Концепция Smart Grid как решение текущих проблем отечественной электроэнергетики / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 108-110.

5. Загидуллин Н.М., Филимонова Т.К. Разработка имитационной модели управления запасами в среде компьютерного моделирования AnyLogic / Тенденции развития науки и образования. 2023. № 96-8. С. 46-49.

6. Гибадуллин Р.Ф., Смирнов И. Н., Хевронин Н. В., Никитин А. В., Перухин М. Ю. Разработка аппаратно-программного модуля обнаружения объектов для встраиваемых систем / Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 6. С. 118-122.

7. Филимонова Т.К., Овсенко Г.А., Мустафаев Т.А. Разработка имитационной информационно-математической модели деятельности предприятия // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 11. С. 127-130.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОДСТАНЦИЙ

Садыков М.Ф., Давлетшин Р.Р., Иванов Д.А., Галиева Т.Г., Саидгараева Р.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

sadykov@kgeu.ru

Аннотация: В мире быстрого технологического прогресса и постоянных изменений требований к надежности и производительности энергетических систем, проблема ошибок, связанных с человеческим фактором и необходимость постоянного обучения технического персонала становятся все более актуальными. В связи с этим, в статье представлен анализ существующих решений, а также представлена собственная разработка и ее функциональные возможности.

Ключевые слова: система, мониторинг подстанций, тепловизор, инфракрасная, ультрафиолетовая и ультразвуковая камера.

AUTOMATED UNMANNED SUBSTATION MONITORING SYSTEMS

Sadykov M.F., Davletshin R.R., Ivanov D.A., Galieva T. G., Saidgaraeva R.R.

KSPEU, Kazan, Russia

sadykov@kgeu.ru

Abstract: In a world of rapid technological progress and constantly changing requirements for the reliability and performance of energy systems, the problem of human error and the need for continuous training of technical personnel are becoming increasingly relevant. In this regard, the article presents an analysis of existing solutions, as well as its own development and its characteristics.

Keywords: system, substation monitoring, thermal imager, infrared, ultraviolet and ultrasonic camera.

Автоматизированные беспилотные системы мониторинга подстанций (Системы) представляют собой инновационный подход для решения актуальных проблем, связанных с наличием ошибок человеческого фактора и необходимостью постоянного обучения технического персонала. Благодаря анализу и интерпретации результатов в автоматическом режиме, эти системы обеспечивают надежное и эффективное функционирование подстанций, повышая уровень безопасности и оперативность в процессе мониторинга [1].

В данной работе рассмотрены различные существующие решения, а также представлена модель собственно разработанной системы, осуществляющей мониторинг подстанций.

Одним из решений является автономные мобильные роботы серии «Инспектор». Помимо регулярного обследования система позволяет вести записи тепловизионных исследований, что дает возможность операторам быстро осматривать результаты, не находясь лично рядом с объектом проверки. Управляемая камера PTZ оснащена двумя сенсорами - инфракрасным и видимым спектром, а при необходимости оператор может переключиться на ручное управление для более детального рассмотрения электрооборудования с различных ракурсов [2].

Также существует интеллектуальная система на трансформаторной подстанции 500 кВ в провинции Сычуань. Она осуществляет инфракрасное измерение температуры оборудования, копирует данные счетчиков оборудования и проверяет уровень масла в маслонаполнительном оборудовании без необходимости человеческого вмешательства [3].

Первой подобной отечественной системой стал робот «Валли», над создание которого трудились около 3 лет ученые УрФУ совместно с РТУ МИРЭА. Система может автоматически собирать данные по заданным маршрутам без участия оператора, используя камеры инфракрасного, ультрафиолетового и видимого спектров. Специальное программное обеспечение, разработанное учеными, позволяет заранее спланировать все ракурсы, кроме того, время работы может достигать до 4 часов. После этого данные обрабатываются на сервере с использованием алгоритмов

компьютерного зрения для распознавания дефектов, что повышает точность диагностики состояния оборудования [4].

В отличие от беспилотных летательных аппаратов, использование таких систем выгоднее, так как не требуется привлечение операторов и нет риска потери беспилотного устройства при его падении. Однако у всех представленных выше систем есть общий недостаток – передвижение осуществляется на колесных парах.

В процессе разработки собственной системы было принято заменить колесную пару на гусеничную платформу (см. рис.), так как она имеет больше преимуществ: преодоление неровностей, лучшее сцепление с поверхностью и устойчивость, а также равномерное распределение давления на поверхность. Все это позволяет преодолевать камни, грунтовые участки, сырые и скользкие поверхности, снижает вероятность провалиться под снег или мягкую почву.

Собственная система имеет следующие функциональные возможности: удалённое управление платформой; система автоматического пилотирования платформой; ультразвуковая диагностика состояния оборудования; построение трёхмерных моделей окружающих объектов; зональная инфракрасная съёмка; ультрафиолетовая дефектоскопия (в перспективе); зарядка непосредственно на подстанции; автоматизированный процесс обработки данных с предиктивным анализом, видеораспознаванием и возможностью автоматической подготовки отчёта по результатам мониторинга (в перспективе); возможность задания маршрутов и сценариев обследования в зависимости от решаемых задач и объектов обследования; сбор и хранение диагностических данных с возможностью их загрузки на удалённый сервер через пункт сбора информации на подстанции.



Опытный образец (слева) и последняя версия собственной разработки (справа)

Система рассчитана для внедрения в энергетические компании. Использование автоматизированных беспилотных систем мониторинга подстанций для предотвращения аварийных ситуаций и обесточивания экономически важных предприятий и населенных пунктов является наилучшим вариантом, поскольку, мониторинг с помощью бригад людей считается устаревшим, так как потребляет больше вложений, как времени, ресурсов, сил и т. д.

Источники

1. С.И. Чичёв, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин. Система контроля и управления электротехническим оборудованием подстанций. Москва, 2011 год. С. 140.
2. Мобильный робот для тепловизионных обследований [Электронный ресурс]. <https://www.smprobotics.ru/applications/robot-dlya-teplovizionnogo-obsledovaniya-elektricheskikh-podstantsiy/> (дата обращения: 01.04.2024).
3. Интеллектуальный робот на трансформаторной подстанции 500 кВ в провинции Сычуань [Электронный ресурс]. <http://russian.people.com.cn/n3/2022/0112/c31517-9943982.html> (дата обращения: 01.04.2024).
4. УрФУ и МИРЭА создали первого в РФ робота «Валли» для диагностики оборудования на электростанциях [Электронный ресурс]. <https://www.atomic-energy.ru/news/2023/09/05/138350> (дата обращения: 01.04.2024).

УДК 621.3.048

ПЕРСПЕКТИВЫ БЕСКОНТАКТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Иванов Дмитрий Алексеевич, Вагапов Айдар Ильшатovich
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
ivanov.da@kgeu.ru

Аннотация: В современных условиях высокого уровня износа электросетевого оборудования оценка его технического состояния является обязательным и неотъемлемым требованием организации его надежной эксплуатации, поэтому в практике выполнения диагностики высоковольтного оборудования для дистанционного акустического контроля

находят применение визуально-акустические дефектоскопы. Их использование позволяет локализовать источники разрядной активности и определить их тип.

Ключевые слова: акустический контроль, ЧР, визуально-акустический дефектоскоп.

PROSPECTS FOR NON-CONTACT NON-DESTRUCTIVE TESTING OF HIGH-VOLTAGE SUBSTATION EQUIPMENT USING ACOUSTIC METHODS

Ivanov Dmitry Alekseevich, Vagapov Aidar Ilshatovich

KSPEU, Kazan, Russia

ivanov.da@kgeu.ru

Abstract: In modern conditions of high wear of electrical grid equipment, assessment of its technical condition is an obligatory and integral requirement for the organization of its reliable operation, therefore, visual acoustic flaw detectors are used in the practice of performing diagnostics of high-voltage equipment for remote acoustic monitoring. Their use allows you to localize the sources of discharge activity and determine their type.

Keywords: acoustic control, PD, visual acoustic flaw detector.

В настоящее время наиболее эффективным и распространенным, судя по российским ГОСТам и международным стандартам, является способ, использующий эффект «частичных разрядов» (ЧР), возникающий при неполном пробое изоляционного промежутка между электродами в приложенном электрическом поле. ЧР чаще всего являются следствием повышения локальной напряженности электрического поля на дефектах в изоляции, поэтому по характеристикам ЧР в процессе эксплуатации ВИ можно оценивать процесс развития дефектов и, следовательно, технического состояния ВИ в целом.

ЧР сопровождаются акустическим, оптическим, радиочастотным и тепловым излучением. Акустический метод основан на обнаружении механических колебаний, возникающих от давления расширяющегося канала разряда.

Областями применения акустического контроля являются [1]:

- обнаружение разрядных процессов во внешней и внутренней изоляции подстанционного оборудования;
- обнаружение и локация очагов разрядов как источников акустических, радиопомех и потерь электроэнергии на воздушных линиях электропередачи.

В первой области преобладают контактные [2], а во второй - дистанционные методы акустического контроля разрядов [3, 4] в оборудовании.

В качестве достоинств акустического контроля выделяют [1]:

- возможность диагностирования оборудования без нарушения его нормального рабочего режима;
- возможность диагностирования объектов без их видимого обзора;
- достаточную точность локации дефекта;
- простоту и небольшую стоимость обследования;
- простоту проверки работоспособности в собранной схеме;
- сочетаемость с электрическими и электромагнитными методами.

Среди недостатков акустического метода выделяют [1]:

- трудности локации очага ЧР в сложных конструкциях оборудования;
- низкую по сравнению с электрическим методом чувствительность к ЧР в некоторых видах оборудования;
- невозможность калибровки измерений в единицах кажущегося заряда ЧР по стандарту МЭК 60270.

В современной практике выполнения диагностики высоковольтного оборудования для дистанционного акустического контроля находят применение визуально-акустические дефектоскопы (ВАД) [5].

Использование ВАД позволяет оператору наблюдать наложенную поверх изображения с камеры карту «распределения ультразвука» источника разрядной активности, которая показывает местоположение самого мощного источника ультразвука (режим с одним источником) или несколько источников ультразвука (режим с несколькими источниками). Как правило, цветовой режим местоположения показывает каждый источник ультразвука несколькими разными цветами, от синего до красного. Центр источников разрядной активности отображается красным цветом, в то время как цвет постепенно изменяется через желтый, зеленый и голубой на синий от центра источника звука (рис. 1).

ВАД отображает не только реальные физические источники ультразвука, но и отражения от этих источников. Необходимо убедиться, что источник, отображаемый на дисплее, является фактическим источником звука, а не отражением. Для этого следует посмотреть на локализованный источник разрядной активности с разных сторон, а также необходимо направить ВАД на оборудование, находящееся в противоположной стороне от источника ультразвука. Если уровень сигнала источника остается неизменным и максимальным со всех сторон, то локализованное место является фактическим источником ультразвука. Если на оборудовании,

находящемся в противоположной стороне, уровень сигнала ультразвука выше, то источник сигнала является отражением.

Для анализа результатов и составления отчета об обследовании следует использовать специализированное программное обеспечение, поставляемое производителем ВАД.

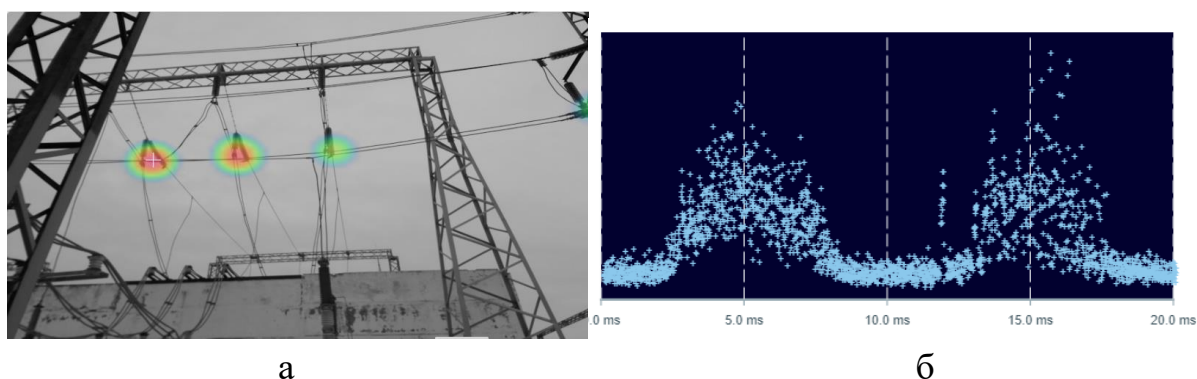


Рис. 1. Карта «распределения ультразвука» (а) локализованных дефектов и амплитудно-фазовое распределение (б), полученные с помощью визуально-акустического дефектоскопа NL-camera

Источники

1. Овсянников А.Г. Частичные разряды и диагностирование оборудования высокого напряжения: монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023. 256 с. DOI: 10.17212/978-5-7782-4907-3.
2. S. M. Markalous, S. Tenbohlen and K. Feser Detection and location of partial discharges in power transformers using acoustic and electromagnetic signals // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2008, vol. 15, no. 6, pp. 1576-1583. DOI: 10.1109/TDEI.2008.4712660.
3. Non-contact methods for high-voltage insulation equipment diagnosis during operation / D. A. Ivanov, M. F. Sadykov, D. A. Yaroslavsky [et al.] // Energies. 2021. Vol. 14, No. 18. DOI 10.3390/en14185670.
4. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей / А.В. Голенищев-Кутузов, Д. А. Иванов, А. А. Потапов, В. И. Кротов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 123-133. DOI 10.30724/1998-9903-2019-21-4-123-133.
5. Визуализация и локализация дефектов изоляции высоковольтного оборудования акустическим методом / К. Мягких, Д. Иванов, Т. Галиева [и др.] // Электроэнергия. Передача и распределение. 2024. № S1(32). С. 2-9.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЭС. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Умирова Нилуфар Равильевна¹, Даваахуу Амармурун², Мироненко Илья Витальевич³

Науч. рук. Никитина И.С., Очков В.Ф.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» г. Москва, Россия

¹nilufarumirova@mail.ru, ²davaakuua@mpei.ru, ³mironenkoiv@mpei.ru

Аннотация: В статье изложены аспекты нового строительства и реконструкции установок для очистки сточных вод тепловых электростанций (ТЭС) в странах: Республика Узбекистан, Монголия и Российская Федерация. Представлены общие проблемы и перспективные экологические технологии водоподготовки. Эксплуатация тепловых электрических станций связана с использованием большого количества воды, более 90% расходуется в системах охлаждения различных аппаратов: конденсаторов турбин, масло- и воздухоохладителей, движущихся механизмов и др. Сточной водой является любой поток воды, выводимый из цикла ТЭС.

Ключевые слова: ТЭС; водоподготовка; отстойник; сорбция; моделирование осадка.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF WASTEWATER TREATMENT AT THERMAL POWER PLANTS. FOREIGN EXPERIENCE

Umirova Nilufar Ravilievna¹, Davaahuu Amarmurun², Mironenko Ilya Vitalievich³

Scientific advisor Nikitina I.S., Ochkov V.F.

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia

¹nilufarumirova@mail.ru, ²davaakuua@mpei.ru, ³mironenkoiv@mpei.ru

Abstract: The article describes aspects of new construction and reconstruction of plants for wastewater treatment of thermal power plants (TPP) in the countries: the Republic of Uzbekistan, Mongolia and the Russian Federation. General problems and perspective ecological technologies of water treatment are presented. The operation of thermal power plants is associated with the use of a large amount of water, more than 90% is consumed in the cooling systems of various apparatuses: turbine condensers, oil and air coolers, moving mechanisms, etc. The water is used in the cooling systems of different devices. Wastewater is any flow of water discharged from the TPP cycle.

Keywords: TPP; water treatment; settling tank; sorption; sludge modelling.

Республика Узбекистан имеет резко континентальный климат. В пределах границ Узбекистана формируется всего 9,6 % от общего потока трансграничных рек бассейна Аральского моря, так как является зависимым в водных ресурсах от своих соседей.

Узбекистан преимущественно обеспечивает свои потребности за счет собственных энергоресурсов. Генерирующая мощность республики составляет 12,9 ГВт, из них на ТЭС приходится – 11 ГВт или 84,7%.

Для нужд энергетики используется вода частично из рек и вода из искусственных гидротехнических сооружений, собранная преимущественно из сезонных осадков и таяния снега. Одно из перспективных направлений исследований – сокращение расхода воды из рек и прекращение сброса сточных вод путем совершенствования технологии производства, за счет внедрения оборотных и повторных систем водоснабжения [1].

Одним из традиционных и перспективных способов извлекать загрязнители из воды является сорбционный [2]. Достоинством сорбционного способа является возможность использовать природные материалы или использовать отходы производства [4], составляющие весомую долю в общем объеме образующихся отходов. Подбор местного материала для сорбции позволит решить важнейшую экологическую проблему – утилизацию отходов.

Монголия имеет климат резко континентальный, температура воздуха колеблется от +40°C летом до -40°C зимой. Осадки выпадают преимущественно в северной и северо-западной частях страны. На юге дождей не бывает годами, особенно это касается районов пустыни Гоби.

Промышленный сектор Монголии специализируется на добыче и переработке ископаемых. Генерация с использованием ТЭС обеспечивает нужды добывающих комплексов и поселений. ТЭС работают на местном сырье с частичным использованием воды из надземных источников. В научной работе используются материалы статических наблюдений ТЭС и Совместного Монголо-Российского предприятия Горно-обогатительного комбината «Эрдэнэт» (ГОК) [3].

Коллаборация технологий очистки сточных вод, полученных от производственных цепочек промышленного предприятия и ТЭС, позволила использовать пруды отстойники для разделения нерастворенного осадка и условно грязной воды. Обратная вода после очистки вторично используется на ТЭС и промышленном предприятии в объеме 74 млн. куб. м. в год, что составляет до 70% общего суммарного потребления воды. Пруды отстойники обеспечивают расчетную очистку стока не более 40 лет, объемом 507 млн. куб. м. на площади 1800 Га [3]. В научной работе оцениваются

альтернативные решения за счет возведения нового или перевооружения текущего гидротехнического сооружения.

Например, для уменьшения габаритов прудов отстойников предполагается применять сорбенты из местных материалов в технологическом процессе разделения воды и нерастворённых загрязнителей.

Российская Федерация в научном исследовании представлена преимущественно регионами, расположенными в умеренном климатическом поясе. На территории РФ имеются достаточно источников пресной воды для нужд ТЭС. Водозабор из поверхностных источников водоемов часто достигает 100% от потребности ТЭС, но регулярно обновляющиеся экологические нормативы, штрафные экологические штрафы, повышающиеся требования к улучшению качества очистки сточных вод мотивируют нас на поиск нетрадиционных решений по применению оборотных вод и отходов водоподготовки [4] без их утилизации. С целью накопления эмпирических данных и создания предпосылок для дальнейшего исследования, результаты фактического учета натурных [5] и лабораторных исследований сточных вод должны автоматически систематизироваться. Основным направлением исследования, позволившего получить цифровую модель для прогнозирования систем очистки сточных вод, является разработка самообучающихся схем итероперабельности между большим объемом результатов фактического учета (Big Data) и математическими расчетами выполненными по нескольким методикам, предполагается исследовать метод машинного обучения в предметной области.

Результаты исследования позволяют:

- уменьшить забор пресной воды для питания оборотной системы охлаждения ТЭС.
- взамен пресной воды для вымывания золы и шлака использовать в системе ТЭС сточные воды из других систем [4].
- разработать проекты нового строительства и перевооружения очистных сооружений технологии ТЭС и ЛОС ливневых и талых вод.
- подобрать экологичные и эффективные материалы для использования сорбционных процессов при финишной очистке сточных вод теплоэнергетических объектов.

Источники

1. Статья 56 «Обязанности водопотребителей, пользующихся водными объектами для промышленных целей и нужд тепловой и атомной

энергетики.», закон Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» от 30 ноября 2021 года № ЗРУ-733.

2. Никитина И.С., Бутакова М.В., Бураков И.А. Очистка сточных вод ТЭС от нефтепродуктов: метод. Рекомендации. Издательство МЭИ, 2023. С. 16-19, 22-27.

3. Нигмет Калирбек. Совершенствование системы оборотного водоснабжения ГОК «Эрдэнэт» (Монголия), Диссертация. Уральский государственный технический университет. Екатеринбург, 2023. С. 5-46.

4. Королев В.И., Зверева Э.Р. Российский опыт применения отходов химводоподготовки в хозяйственной деятельности: перспективы использования при обработке осадков сточных вод (обзорная статья). Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022. №24(6). С. 47-62.

5. Власова А.Ю., Бабилов О.Е. Анализ очистки воды на комбинированных водоподготовительных установках ТЭС УФ-спектрофотометрическим методом // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. №3 (59). С.82-93.

УДК 553.98:620.9

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Е.Е. Стремиллова

Науч. рук. д-р геол.-мин. наук, проф. Михаил Давыдович Хуторской
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
mdkh1@yandex.ru

Аннотация: Изучение теплового поля Земли имеет важное значение для решения прикладных и теоретических задач геологии: анализа энергетического состояния литосферы, выяснения природы геофизических аномалий, прогноза землетрясений, исследования условий формирования месторождений полезных ископаемых и др. В России и за рубежом геотермические исследования давно привлекают внимание специалистов не только к прогнозу перспективных зон нефтегазоносности, но и к поиску оптимальных мест размещения геотермальных электростанций. В данном докладе рассматривается актуальность и необходимость реализации проектов в области геотермальной энергетики.

Ключевые слова: тепловой поток, Балтийский щит, Камчатский край, геотермальная энергетика, геотермия, тектоника.

GEOTHERMAL ENERGY. DEVELOPMENT AND PROSPECTS

E.E. Stremilova

Scientific advisor Mikhail Davydovich Khutorskoy

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

mdkh1@yandex.ru

Abstract: The study of the Earth's thermal field is important for solving applied and theoretical problems of geology: analyzing the energy state of the lithosphere, elucidating the nature of geophysical anomalies, predicting earthquakes, studying the conditions for the formation of mineral deposits, etc. Almost all currently known endogenous processes are accompanied by the release or absorption of heat, which makes the thermal field a universal indicator of geological phenomena and related physical fields. In Russia and abroad, geothermal research has long attracted the attention of specialists not only to the forecast of promising oil and gas zones, but also to the search for optimal locations for geothermal power plants. This report examines the relevance and necessity of implementing projects in the field of geothermal energy.

Keywords: heat flow, Baltic Shield, Kamchatka Territory, geothermal energy, geothermy, tectonics.

Мощный импульс для развития теоретических и прикладных аспектов геотермии был дан в 60-е годы XX века, одновременно с развитием новых геодинамических концепций. Применение геотермальной энергетики требует максимального развития в нашей отрасли, в связи с тем, что в мире все большую актуальность приобретает “зеленая” повестка, переход на альтернативные источники энергии становится максимально востребованной темой.

Мировой опыт использования в экономике геотермальной энергии охватывает более 60 стран и по всему миру ведутся исследования и эксперименты по теоретической и прикладной геотермии. Однако мировым лидером в области геотермической энергетики является США. В 2005 году им удалось произвести около 16млрд кВт·ч возобновляемой электроэнергии. По данным за 2009 год, общие мощности 77-ми американских геотермальных электростанций составляли 3086 МВт. Еще одним лидером в применении геотермальной энергетики является Исландия. Геотермальная энергия играет большую роль в энергетическом балансе страны. Здесь её доля составляет больше 30%. Переход от отопления на основе газа и нефти к геотермальному отоплению сэкономил Исландии примерно 8,2 миллиарда долларов США с 1970 по 2000 год и снизил выбросы двуокиси углерода на 37%.

Прикладные геотермические исследования нацелены на решение двух практических задач. Одна из них – термическая разведка месторождений полезных ископаемых (руд, углеводородов, подземных вод) в комплексе с другими геолого-геофизическими методами, другая – поиск, разведка и оценка геотермальных ресурсов для их теплоэнергетического использования в разных областях экономики. Ярким примером использования прикладного использования геотермальных исследований в России является территория Камчатки. В этом крае известно 150 термопроявлений, из которых 60 имеют температуру воды свыше 60°C, что позволяет их рассматривать как источники энергетических ресурсов. Наиболее крупные и высокотемпературные гидротермальные системы связаны с Восточной вулканической зоной протяжённостью около 350 км и шириной 15-20 км. Исследуя вопрос геотермальной энергетики в России можно заметить, что на сегодняшний день на Камчатке 40 % потребляемой энергии вырабатывается на геотермальных источниках. Мутновская геотермальная электростанция является самой большой по мощности электростанцией, на которой работают два турбогенератора российского производства по 25 МВт*ч. Преимущество бинарных термальных блоков, установленных на ГеоЭС, в том, что они позволяют вырабатывать тепло с максимальной эффективностью.

Теоретическая геотермия рассматривает проблемы, связанные с происхождением источников тепла, условиями теплопередачи в недрах Земли, фазовым состоянием отдельных геосфер, геодинамической эволюцией литосферы и астеносферы, соотношением между тепловым и другими геофизическими полями. Многие из этих проблем решаются путем синтеза эмпирических (экспериментальных) определений геотермических параметров. Территорией в России, где на данный момент на территории Балтийского щита ведутся теоретические исследования в области геотермии, направленные на анализ распределения теплового потока в связи с тектономагматической деятельностью этого блока земной коры, можно констатировать, что здесь проявляется четкая связь величины потока и возраста последней стадии тектономагматической активизации, т.е. области, подвергшиеся в фанерозое влиянию глубинных геодинамических процессов, характеризуются более высоким по сравнению с региональным фоном тепловым потоком. Перспективным методом исследования глубинного строения земной коры Балтийского щита и оценки его энергетики является изучение термического режима недр с целью определения глубинных температур, в том числе, палеотемператур, построение двух- и трехмерных моделей глубинных геотермических параметров, определение глубинных уровней метаморфизма пород в геологическом прошлом.

Объективные факторы и тенденции развития мировой энергетики позволяют предположить, что уже в первой половине этого века произойдет заметная переориентация на нетрадиционные источники энергии. Нефть, уголь, природный газ, горючие сланцы, а тем более древесина и продукты ее переработки практически будут исключены из энергетических ресурсов [1]. Эта тенденция отказа от традиционных источников энергии диктует активное использование тепловой энергии недр Земли.

В заключение отметим, что использование геотермальных источников приносит немало преимуществ, среди которых: фактически неисчерпаемая электроэнергия, независимость от окружающей среды, возможность использования горячей геотермальной воды или пара для горячего водоснабжения или теплоснабжения, отсутствие затрат на топливо и специального дорогостоящего оборудования.

Источники

1. Использование глубинного тепла Земли – мощный вклад в политику энергосбережения и охраны окружающей среды. Хуторской М.Д., 2021.
2. Хуторской М.Д., Гнатусь Н.А., Демежко Д.Ю. и др. Геотермия: XX-XXI век.
3. ГЕОС / Тр. ГИН РАН, вып.636/. 2023. 438 с. Hasterok et al. 2016 [Электронный ресурс]. <http://heatflow.org/data>.
4. Петрущенко В.А., Коршакова И.А. Качественный и количественный анализ тепловой энергетики малых мощностей в России // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2020. №22(5). С. 52-70.
5. Юлдашев З.Ш., Юлдашев Р.З., Касобов Л.С., Раджабов М.Ш., Балобанов Р.Н. Энергокомплекс для энергообеспечения энерготехнологических процессов // Вестник КГЭУ. 2022. Т.14. №4(56). С. 80-90.

УДК 656.1: 004.94

ЭЛЕКТРОБУСЫ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

Екатерина Сергеевна Майорова

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Эдуард Ирекович Беляев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

catmichaelis@yandex.ru

Аннотация: В свете современных вызовов, связанных с изменением климата и энергетической безопасностью, переход к электробусам представляет собой важный шаг в направлении снижения выбросов загрязняющих веществ и создания более чистой и эффективной городской транспортной системы. В статье представлены технологические и социальные аспекты внедрения электробусов, а также актуальные задачи и пути их решения в этой области.

Ключевые слова: электробус; инфраструктура зарядных станций; имитационное моделирование; оптимизация городской транспортной системы.

ELECTRIC BUSES AS A KEY ELEMENT OF SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

Ekaterina Sergeevna Mayorova
Scientific advisor Eduard Irekovich Belyaev
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
catmichaelis@yandex.ru

Abstract: In light of the current challenges related to climate change and energy security, the transition to electric buses represents a significant step towards reducing pollutant emissions and creating a more sustainable and efficient urban transportation system. This article discusses the technological and social implications of introducing electric buses, as well as the current tasks and solutions in this area.

Keywords: electric bus; charging station infrastructure; simulation modeling; optimization of the urban transport system.

В последние десятилетия устойчивое развитие стало приоритетной задачей для многих городов по всему миру. Одним из ключевых аспектов этой концепции является снижение уровня загрязнения и выбросов парниковых газов, связанных с городским транспортом. В этом контексте электробусы становятся все более важным элементом стратегии устойчивого развития городов. Мобильность зарядной инфраструктуры для электротранспорта становится значимой проблемой, которая оказывает влияние на процесс перехода современного общества к использованию электрического транспорта [1].

Электробусы представляют собой электрические автобусы, питающиеся от аккумуляторов или других источников энергии, не использующих ископаемые топлива, и являются ключевым элементом перехода к более устойчивой городской транспортной системе [2]. Развитие этих транспортных средств требует совершенствования технологических решений в нескольких областях.

Первоочередной аспект – это разработка эффективных систем хранения энергии, что включает в себя исследования в области литий-ионных и других типов аккумуляторов, а также их оптимизацию для обеспечения максимальной ёмкости и долговечности. Кроме того, работа над улучшением дизайна и конструкции электробусов направлена на увеличение дальности их хода без необходимости частой перезарядки.

Важным этапом в переходе к электробусам является создание соответствующей инфраструктуры для зарядки и обслуживания. Это включает развёртывание зарядных станций в городах и на маршрутах, оптимизацию процесса зарядки для уменьшения времени, необходимого для поддержания электробусов в работоспособном состоянии, а также обеспечение доступа к сервисным пунктам для ремонта и обслуживания электротранспорта [3]. При этом формирование зарядной инфраструктуры проводится с учётом разрабатываемых научно-обоснованных подходов, которые являются результатом анализа социальных факторов, характеризующих владельцев электромобилей и особенностей планирования территории городов [4].

Однако, несмотря на многочисленные преимущества, при внедрении электробусов можно столкнуться с рядом вызовов, включая высокие затраты на начальное вложение, необходимость развития инфраструктуры зарядных станций, а также ограниченную дальность хода и время зарядки. Решение этих проблем требует комплексного подхода. Одним из инструментов решения этих вызовов может выступить использование систем имитационного моделирования [3, 5]. С помощью таких моделей можно провести анализ эффективности различных стратегий внедрения электробусов, определить оптимальное количество и расположение зарядных станций, а также оценить влияние на работу системы электробусов различных факторов, таких как плотность населения, топография города и потоки транспортного движения. Использование подобных инструментов позволяет учесть множество переменных и провести анализ виртуальных сценариев, что способствует принятию более обоснованных и эффективных решений в процессе внедрения электробусов в городскую инфраструктуру.

Таким образом, использование имитационного моделирования может быть ключевым в определении оптимальной конфигурации инфраструктуры зарядных станций для электробусов. Это позволит значительно снизить операционные расходы и обеспечить более эффективное обслуживание парка электробусов. В конечном итоге, это приведёт к повышению качества общественного транспорта, сокращению негативного воздействия на окружающую среду и поддержанию устойчивого развития городов.

Источники

1. Стимулирование развития электротранспорта как инструмент развития территории / Ю. С. Валеева, М.В. Калинина, Т. Г. Зорина, И. Г. Ахметова // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. № 1(53). С. 155-172.
2. Преимущества и недостатки электробуса [Электронный ресурс]. <https://priem-akkumulyatorov.moscow/blog/preimushchestva-i-nedostatki-ehlektrobusa-plyusy-minusy/> (дата обращения: 24.02.2024).
3. Майорова Е.С., Беляев Э.И. Формирование инфраструктуры зарядных станций для электрического транспорта с использованием имитационного моделирования // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: материалы XI Международной научно-практической конференции. Астана: Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 2023. С. 261-263.
4. Изучение конструктивных особенностей мобильных установок заряда электротранспорта для разработки эскизной конструкторской документации / А. Р. Сафин, И. В. Ившин, А. Н. Цветков [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13. № 3(51). С. 15-24.
5. Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. Оптимизация управления транспортными системами с использованием имитационного моделирования / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной научно-технической конференции. Казань, 2023. Т.2. С. 571-577.

УДК 620.9:621.31

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ

Ольга Владимировна Кудрявцева, Алексей Владимирович Попов

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

olgakud@mail.ru, a-l-ppv@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрены основные типы систем накопления энергии, используемых в России, предложены механизмы стимулирования распространения электромобилей среди населения России.

Ключевые слова: устойчивое развитие, энергетика, системы накопления энергии, литий-ионные аккумуляторы, возобновляемые источники энергии, электромобили.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN NEW CONDITIONS: ENERGY ASPECTS

Olga Vladimirovna Kudryavtseva, Alexey Vladimirovich Popov
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
olgakud@mail.ru, a-l-ppv@yandex.ru

Abstract: The article considers the main types of energy storage systems used in Russia, and suggests mechanisms to stimulate the spread of electric vehicles among the Russian population.

Keywords: sustainable development, energy complex, energy storage systems, lithium-ion batteries, renewable energy sources, electric vehicles.

В условиях турбулентности и продолжающихся вызовов для развития общества все большее внимание отводится обеспечению технологического суверенитета. В новом VI технико-экономическом укладе преимущества имеют страны, обладающие передовыми технологиями, среди которых особое место занимают технологии обеспечения энергией [1, с. 99]. С учетом новых вызовов России необходимо обновление экономического механизма, технологического и технического перевооружения ее промышленности [2]. Особое значение приобретает вид и качество источников энергии. Энергетическому комплексу и его ресурсному обеспечению, а также всему тому, что связано с производством и потреблением электроэнергии, в этой связи отводится основная роль.

Одна из наиболее важных составляющих успешного функционирования системы обеспечения электроэнергией - соблюдение баланса между генерируемой и потребляемой энергией, а также наличие ее гарантированного объема. Атомная энергетика и связанные с ней технологии являются неоспоримым конкурентным преимуществом нашей страны. Вместе с тем в настоящее время в электроэнергетической структуре России усиливается присутствие возобновляемых источников энергии (ВИЭ), имеющих, наряду с преимуществами, ряд недостатков. Генерация электроэнергии от ВИЭ труднопредсказуема, сильно зависит от уровня развития технологий и погодных условий, и необходимый объём резервной электроэнергии в настоящее время пополняется за счёт традиционной генерации, что имеет свои технические и экономические ограничения [3]. Повсеместное внедрение систем накопления электроэнергии – путь решения этой проблемы. Это позволяет выигрывать по многим направлениям, одновременно снижая негативное

влияние на окружающую среду, стабилизируя темпы роста цен на электроэнергию и обеспечивая устойчивое развитие энергетической системы России.

На текущий момент наибольшее развитие среди всех возобновляемых источников энергии в России получили следующие источники, функционирующие на основе использования энергии: солнца (СЭС), ветра (ВЭС), потоков воды (МГЭС), подземных теплоносителей (ГеоГЭС), прилива (ПЭС) и биотоплива (БиоЭС). Взрывной рост совокупной установленной мощности ВИЭ (рис. 1) требует наличия соответствующей инфраструктуры для аккумулирования полученной электроэнергии.

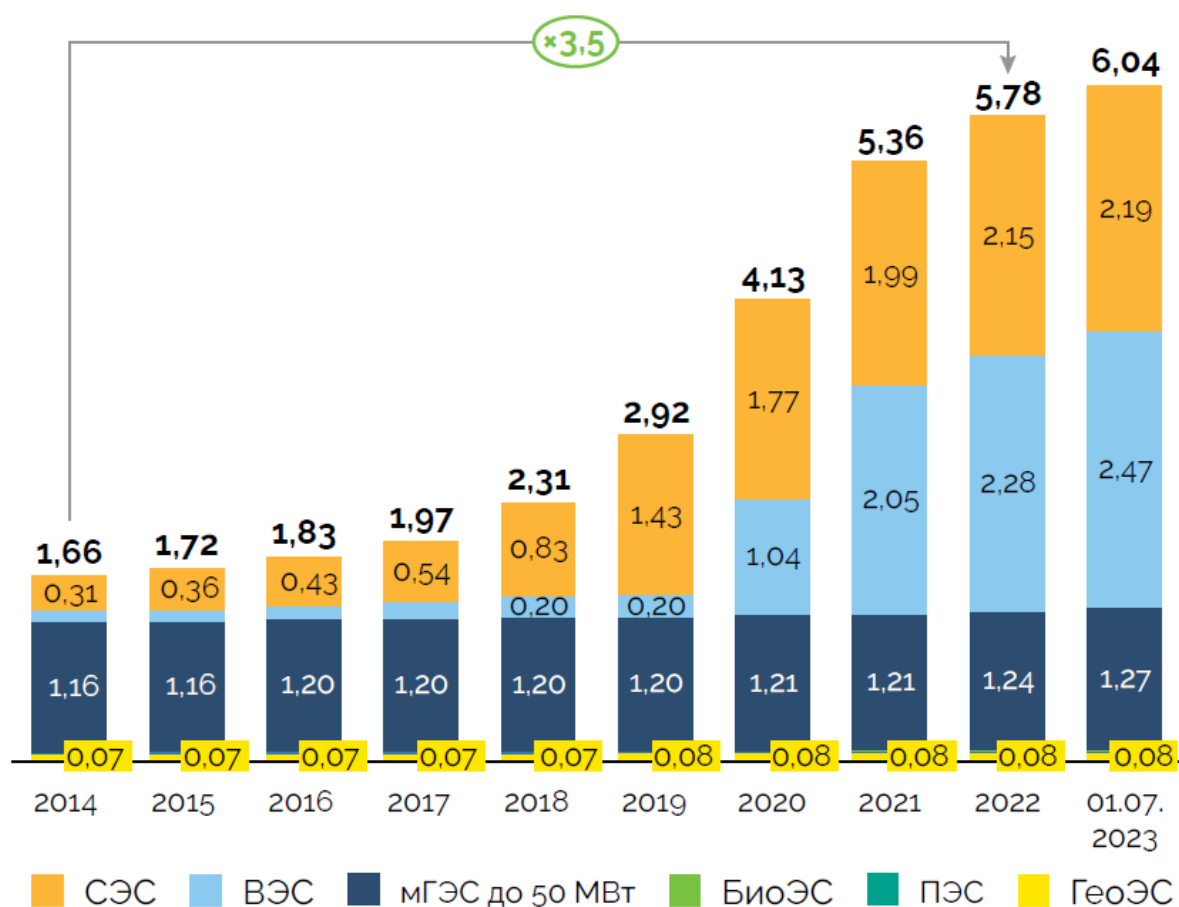


Рис. 1. Совокупная установленная мощность ВИЭ в России, ГВт [4]

В России наиболее распространёнными являются следующие типы системы накопления энергии (СНЭ): механические, электрические, водородные и электрохимические. Наиболее перспективными СНЭ являются электрохимические ввиду их компактности, быстродействия, возможности масштабирования. К настоящему моменту в России эксплуатируется несколько стационарных электрохимических СНЭ общей установленной мощностью 19,5 МВт и энергоемкостью 16,9 МВт-ч, как показано в таблице 1 [6]:

Реализованные проекты СНЭ в РФ

<i>Местоположение СНЭ</i>	<i>Тип используемых аккумуляторов</i>	<i>Суммарная номинальная мощность / энергоёмкость</i>	<i>Год ввода в эксплуатацию</i>
г. Москва	Цинк-бромные	25 кВА / 25 кВт*ч	2011 г.
Инновационный центр «Сколково», Московская обл.	Литий-ионные	1200 кВА / 1000 кВт*ч	2012 г.
г. Сочи	Литий-ионные	600 кВА / 500 кВт*ч	2012 г.
посёлок Красная поляна	Литий-ионные	600 кВА / 500 кВт*ч	2012 г.
г. Сочи	Литий-ионные	1500 кВА / 2500 кВт*ч	2013 г.
г. Санкт-Петербург	Литий-ионные	1500 кВА / 2500 кВт*ч	2014 г.
г. Омск	Литий-ионные	1200 кВА / 1000 кВт*ч	2014 г.
г. Рязань	Литий-ионные	22 кВА / 100 кВт*ч	2016 г.
село Менза, Забайкальский край	Литий-ионные	90 кВА / 300 кВт*ч	2017 г.
посёлок Мугур- Аксы, респ. Тыва	Литий-ионные	400 кВА / 460 кВт*ч	2019 г.
посёлок Кызыл-Хая, респ. Тыва	Литий-ионные	100 кВА / 250 кВт*ч	2019 г.

Источник: Зырянов В.М., Кирьянова Н.Г., Коротков И.Ю. Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт // Энергетическая политика. 2020. № 6. С. 85.

В 2023 г. в России появилась «дорожная карта» СНЭ. Плановый объём финансирования до 2030 года составляет около 127 млрд. руб., из них 76% планируется получить за счет частных инвестиций.

Как видно из Таблицы 1, на долю литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) приходятся наибольшие суммарные мощности и энергоёмкости. Такие преимущества ЛИА как длительный срок службы, компактность, высокая плотность энергии позволяют использовать их в портативной электронике и электромобилях. На последних хотелось бы остановиться подробнее.

Среди преимуществ владения электромобилями (ЭМ) по сравнению с автомобилями-аналогами на основе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) выделяют низкую стоимость топлива, высокий коэффициент полезного действия электродвигателя, наличие государственных субсидий и отсутствие выбросов парниковых газов во время работы электродвигателя [7, 8].

Несмотря на перечисленные выше преимущества, рынок электромобилей в России является недооценённым, что подтверждает рисунок 2. График

демонстрирует годовую динамику распространения электромобилей среди населения России и их долю в общем автомобильном парке. Количество электромобилей, зарегистрированных в России, с 2016 года увеличилось на 18,2 тысячи единиц и сегодня достигает 20,7 тысяч. Однако в процентном соотношении мы получаем не более 0,05% от общего автомобильного парка, что в общемировом разрезе является довольно низким показателем.



Рис. 2. Динамика распространения ЭМ в 2006-2023 гг. и их доля среди всех автомобилей в России. Источник: составлено авторами по данным агентства «Автостат»

Существенные преимущества владения электромобилем не выдерживают давление со стороны издержек, связанных с высокой базовой стоимостью по сравнению с ДВС-аналогами (разница в 30% существенна для автолюбителей). Основным потенциальным решением для снижения себестоимости аккумуляторной батареи и электромобиля в целом должен послужить запуск добычи сырья из собственных запасов, который намечен на 2025-2030 гг., развитие и государственная поддержка отечественных научно-технологических разработок, субсидирование полного цикла производства электромобилей и расширение льгот на владение ими [9]. В частности, в марте 2024 г. в рамках форума «Атомэкспо-2024» было заключено соглашение между «Росатомом» и «Автотором» о создании на мощностях калининградского автозавода сборочного производства батарей для электромобилей: с 2025 г. ежегодно будет производиться 10000 тяговых аккумуляторов для отечественных электромобилей «Амберавто».

Для решения проблемы доступности электромобильной инфраструктуры со стороны государства также важно выделить средства на обустройство стандартных и быстрых зарядных станций, которые должны находиться на

расстоянии не менее, чем в 200 км друг от друга для комфортного передвижения по стране. Экологическая проблема производства и утилизации электромобилей может быть решена путём поддержки научных исследований для разработки более экологичного метода производства и утилизации.

Исследование проведено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 23-28-00508 «Методология формирования механизмов низкоуглеродного развития российской экономики в новых условиях».

Источники

1. Бодрунов С.Д., Глазьев С.Ю. Закономерности формирования основ экономики как грядущего общественного устройства: знать и действовать. СПб.: ИНИР им. С.Ю. Витте; М.: Центркаталог, 2023. 340 с.

2. Kudryavtseva, O., Kurdin, A. (2023). Prospects for Low-Carbon Industrial Policy: The Case of Russia. In: Devezas, T.C., Leitão, J.C.C., Yegorov, Y., Chistilin, D. (eds) Global Challenges of Climate Change, Vol. 2. World-Systems Evolution and Global Futures. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16477-4_13.

3. Дзедик В., Усачёва И., Моткова А. Анализ эффективности применения накопителей энергии в различных типах электроэнергетических систем // Энергетическая политика. 2023. № 3. С. 62-69.

4. Информационный бюллетень Ассоциации развития возобновляемой энергетики = Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития / Ассоциация развития возобновляемой энергетики. 2023.

5. Козлов С.В., Киндяшов А.Н., Соломин Е.В. Анализ эффективности систем накопления энергии // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 2. С. 29-34.

6. Зырянов В.М., Кирьянова Н.Г., Коротков И.Ю. Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт // Энергетическая политика. 2020. № 6. С. 76-87.

7. Барабошкина, А. В., & Кудрявцева, О. В. (2023). Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика, 58(3), 137–156. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-58-3-7>.

8. Alanazi, F. Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation // Applied Sciences. 2023, T.13, C. 56-79.

9. Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 августа г. N 2290-р [Электронный ресурс]. <http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf> (дата обращения: 24.02.2024).

УДК 621-311

ИССЛЕДОВАНИЕ СХОЖЕСТИ ВИДА СТРУКТУРНЫХ ПОЛЕЙ УКРУПНЕННЫХ БАЛАНСОВЫХ ГРУПП РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Надежда Владимировна Грунтович¹, Денис Равильевич Мороз²

¹ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», г. Минск, Республика Беларусь

²Министерство энергетики Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

¹gruntovich@tut.by, ²frostden@list.ru

Аннотация: В публикации представлены результаты исследования формирования суточного потребления газа по укрупненным балансовым группам региональной системы газоснабжения. Все исследования основаны на построении структурных полей суточный расход газа – среднесуточная температура наружного воздуха, где и суточные объемы газа и среднесуточная температура представлены в системе относительных единиц, что позволило произвести оценить схожесть вида структурных полей между различными укрупненными балансовыми группами, а также схожесть полей для одной группы за трехлетний период.

Ключевые слова: региональная система газоснабжения, укрупненные балансовые группы, структурные поля суточного потребления газа, среднесуточная температура наружного воздуха, схожесть вида структурного поля.

RESEARCH OF THE SIMILARITY OF THE TYPE OF STRUCTURAL FIELDS OF INCREASED BALANCE GROUPS OF THE REGIONAL GAS SUPPLY SYSTEM

Nadezhda Vladimirovna Hruntovich¹, Denis Ravilevich Moroz²

¹GIPK "GAZ-INSTITUTE", Minsk, Republic of Belarus

²Ministry of Energy of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

¹gruntovich@tut.by, ²frostden@list.ru

Abstract: The publication presents the results of a study of the formation of daily gas consumption by enlarged balance groups of the regional gas supply system. All studies are based on the construction of structural fields of daily gas consumption - average daily outside air temperature, where both daily gas volumes and average daily temperature are presented in a system of relative units, which made it possible to assess the similarity of the type of structural fields between different enlarged balance groups, as well as the similarity of fields for one groups over a three-year period.

Keywords: regional gas supply system, enlarged balance groups, structural fields of daily gas consumption, average daily outside air temperature, similarity of the type of structural field.

Эффективное управление современной региональной системой газоснабжения (РСГС) должно основываться и развиваться на положениях системного анализа, что предполагает в первую очередь изучение свойств, закономерностей функционирования укрупненных балансовых групп и региональной системы газоснабжения в целом. Для этих целей предложено использовать структурные поля суточного потребления газа от среднесуточной температуры наружного воздуха « $b_{сут}-t_{сут}$ ».

Проведенные ранее исследования [1-5] позволили сформировать подходы к построению структурных полей. Суточная температура наружного воздуха нормируется относительно нулевого значения в °К, что позволило перейти к относительным значениям температуры. В результате весь возможный суточный ряд температуры наружного воздуха за год представлен диапазоном от 0,9 до 1,1 о.е.

Суточные значения объема потребления газа $b_{сут}$ представляются в относительных единицах. За базисное значение суточного расхода газа по каждой укрупненной балансовой группе принято среднесуточное значение на годовом интервале времени. В результате появилась возможность проводить анализ и сравнение структурных полей " $b_{сут}-t_{сут}$ " по различным укрупненным балансовым группам РСГС, а также сохранять конфиденциальность информации.

Анализ балансовой структуры потребления газа по РСГС позволил выделить шесть укрупненных групп: УБГ «Энергетика», УБГ «Промышленность», УБГ «Население и комбыт», УБГ «Сельское хозяйство», УБГ «Прочее», УБГ Жилкомхоз».

Наибольший удельный вес в структуре потребления газа исследуемой РСГС занимает укрупненная балансовая группа УБГ «Энергетика» - 56,49%. Доля промышленности уступает всем УБГ и составляет 4,44%. После УБГ «Энергетика» крупным потребителем в регионе является УБГ «Население и комбыт» – 20,86%.

В табл. 1 приведены значения парных коэффициентов корреляции между суточными расходами газа и среднесуточной температурой наружного воздуха по укрупненным балансовым группам РСГС за 2019-2021 г.

Таблица 1

Значения парных коэффициентов корреляции $R(b_{\text{сут}}-t_{\text{сут}})$ по укрупненным балансовым группам РСГС

Парный коэффициент корреляции $R(b_{\text{сут}}-t_{\text{сут}})$	Реализация (РСГС), о.е. –температура, о.е.	УБГ «Энергетика», о.е. –температура, о.е.	УБГ «Население, комбыт», о.е. – температура, о.е.	УБГ «Сельское хозяйство», о.е. – температура, о.е.	УБГ «Прочие потребители», о.е. –температура, о.е.	УБГ «Минжилкомхоз», о.е. –температура, о.е.	УБГ «Промышленность», о.е. –температура, о.е.
2019	-0,89	-0,53	-0,95	-0,73	-0,63	-0,93	-0,31
2020	-0,80	-0,40	-0,95	-0,67	-0,46	-0,91	-0,39
2021	-0,91	-0,64	-0,96	-0,75	-0,75	-0,94	-0,51

Как видно из табл. 1, традиционно для РСГС в целом, установлена достаточно высокая и устойчивая степень тесноты связи между $b_{\text{сут}}-t_{\text{сут}}$. Высокий коэффициент парной корреляции отмечается и для УБГ «Минжилкомхоз» и УБГ «Население, комбыт». Средний характер связи между $b_{\text{сут}}-t_{\text{сут}}$ УБГ «Сельское хозяйство».

Для УБГ с высокой степенью связи между суточным расходом газа и среднесуточной температурой наружного воздуха структурное поле « $b_{\text{сут}}-t_{\text{сут}}$ » представляется двумя областями, соответствующими рабочему и отключенному состоянию системы отопления и перекрывающимися в зоне неопределенного состояния системы отопления (переходной период). Область, соответствующая рабочему состоянию системы отопления, отличается большим углом наклона относительно температурной оси, что указывает на чувствительность системы к изменению температуры (рис. 1).

Для укрупненных балансовых групп с низкой и средней связью между $b_{\text{сут}}-t_{\text{сут}}$ структурное поле « $b_{\text{сут}}-t_{\text{сут}}$ » представляется одной областью, в которой прослеживается незначительный рост значений $b_{\text{сут}}$ при значительном их разбросе при одинаковых значениях температуры (УБГ «Промышленность», УБГ «Сельское хозяйство») (рис. 2).

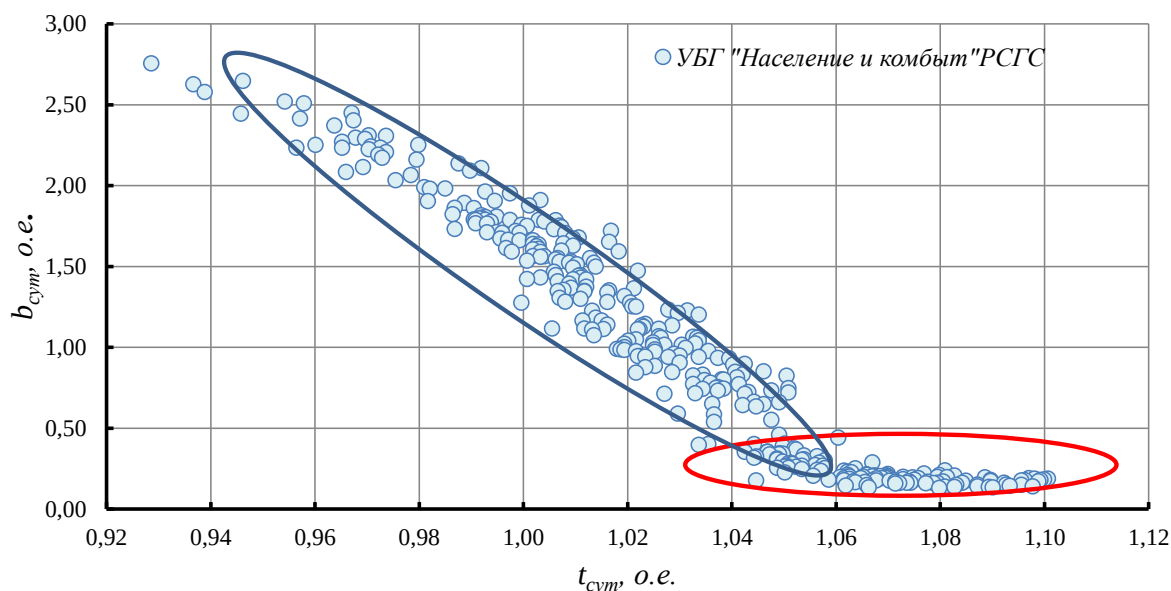


Рис. 1. Структурное поле " $b_{сут}$ - $t_{сут}$ " для укрупненных балансовых групп, подгрупп, структурных элементов РСГС, преимущественно использующих газ для отопления

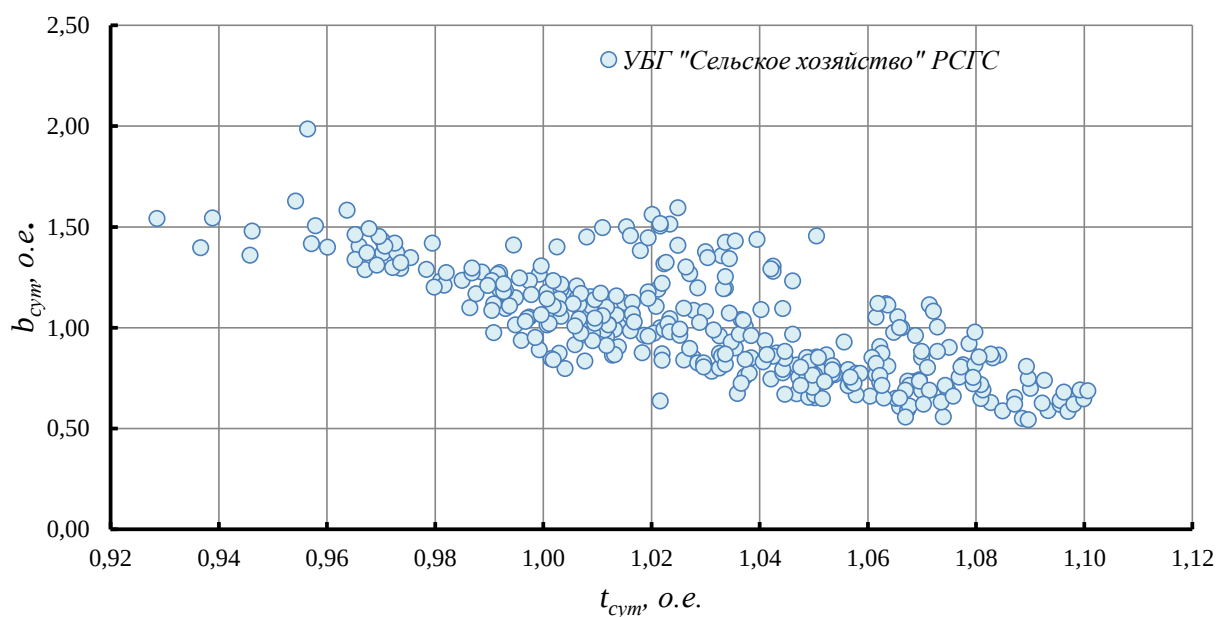


Рис. 2. Структурное поле " $b_{сут}$ - $t_{сут}$ " для укрупненных балансовых групп РСГС, с низкой и средней связью между потреблением газа и среднесуточной температурой наружного воздуха

Произведена оценка схожести вида структурных полей за трехлетний период по каждой УБГ и РСГС в целом (табл. 2).

Оценка схожести вида структурных полей за трехлетний период между полями УБГ и структурным полем РСГС в целом показала, что высокая схожесть видов структурных полей « $b_{сут}$ - $t_{сут}$ » отмечается между следующими парами УБГ: РСГС – УБГ «Энергетика»; РСГС-УБГ «Население и комбыт»; РСГС – «Минжилкомхоз»; УБГ «Население и комбыт» – УБГ

«Минжилкомхоз». Для этих пар отмечается высокий коэффициент корреляции $R(b_{сут,j}-b_{сут,i})$ от 0,8 до 0,93. Самая низкая схожесть видов структурных полей " $b_{сут,j}-b_{сут,i}$ " отмечается между УБГ, в которых одним из полей является поле УБГ «Промышленность». В табл. 3 представлена оценка схожести вида структурных полей по УБГ за 2021 г.

Таблица 2

Сводные данные по оценке схожести вида структурных полей за трехлетний период по УБГ РСГС

Парный коэффициент корреляции по структурным полям УБГ и БП УБГ	2019 г. -2020 г.	2019 г. -2021 г.	2020 г. -2021 г.
РСГС, $R(b_{сут,i}-b_{сут,j})$	0,81	0,84	0,82
УБГ «Энергетика», $R(b_{сут,i}-b_{сут,j})$	0,45	0,36	0,31
УБГ «Промышленность», $R(b_{сут,i}-b_{сут,j})$	0,77	0,70	0,87
УБГ «Население и комбыт», $R(b_{сут,i}-b_{сут,j})$	0,92	0,90	0,92
УБГ «Сельское хозяйство», $R(b_{сут,i}-b_{сут,j})$	0,67	0,52	0,66
УБГ «Прочие» РСГС, $R(b_{сут,i}-b_{сут,j})$	0,42	0,48	0,43
УБГ «Минжилкомхоз» БрестРСГС, $R(b_{сут,i}-b_{сут,j})$	0,98	0,97	0,97

Таблица 3

Оценка схожести вида структурных полей по УБГ исследуемой РСГС

Парный коэффициент корреляции $R(b_{сут,j}-b_{сут,i})$, 2021 г.	БрестРСГС в целом	УБГ «Энергетика»	УБГ «Промышленность»	УБГ «Население и комбыт»	УБГ «Минсельхозпрод»	УБГ «Прочие»	УБГ «Минжилкомхоз»
РСГС в целом	1	0,87	0,53	0,95	0,78	0,78	0,96
УБГ «Энергетика»	0,87	1	0,30	0,69	0,58	0,64	0,71
УБГ «Промышленность»	0,53	0,30	1	0,53	0,65	0,37	0,56
УБГ «Население и комбыт»	0,95	0,69	0,53	1	0,74	0,74	0,98
УБГ «Минсельхозпрод»	0,78	0,58	0,65	0,74	1	0,66	0,77
УБГ «Прочие»	0,78	0,64	0,37	0,74	0,66	1	0,78
УБГ «Минжилкомхоз»	0,96	0,71	0,56	0,98	0,77	0,78	1

Представленные в публикации результаты исследования получены в рамках выполнения задания 1.1.10 «Системные исследования режимов

регионального газоснабжения для обеспечения устойчивого функционирования энергетического комплекса Республики Беларусь» подпрограммы 1.1 «Энергетическая безопасность Республики Беларусь на основе принципов устойчивого развития» ГПНИ «Энергетические и ядерные процессы и технологии» на 2021-2025 г.

Источники

1. Региональная система газоснабжения с позиций системного анализа и закономерности ее функционирования. Мороз Д.Р., Грунтович Н.В. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2018. Т. 61. № 4. С. 359-371.

2. The study of structural fields of daily gas consumption of the balance groups of the regional gas supply system. Moroz D., Hruntovich N., Jhukovets S., Kapansky A., Dolomanyak L. В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. "High Speed Turbomachines and Electrical Drives Conference, HSTED 2020". 2020. С. 01066.

3. Грунтович Н.В., Мороз Д.Р., Шалоник В.Е. О необходимости изучения структуры и закономерностей функционирования региональных систем газоснабжения. «Энергетическая стратегия». 2017. №1. С. 42-46.

4. Regularities of the formation of structural fields of daily gas consumption of the regional gas supply system. Moroz D., Hruntovich N., Kapanski A., Markaryants L., Shakurova Z. В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. "Sustainable Energy Systems: Innovative Perspectives, SES 2020" 2020. С. 01076.

5. Грунтович Н. В., Мороз Д. Р. Исследования суточных режимов потребления газа укрупненной балансовой группы «Промышленность» Региональной системы газоснабжения. В сборнике научных трудов Современные проблемы машиноведения: сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 2 / М-во образования Респ. Беларусь [и др.]; под общ. ред. А. А. Бойко. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. С. 44-46.

УДК 378.147:502

НРАВСТВЕННЫЕ ЦЕННОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ

Кочкорова Гулнур Атамырзаевна, Боркошев Меражидин Маматкулович
Баткенский государственный университет Кызыл-Кийский гуманитарно-педагогический
институт, Кызыл-Кия, Кыргызкая Республика
kochkorova73@bk, borkoshev@mail.ru

Аннотация: Педагогические вузы должны предоставлять студентам возможности для развития и практического применения этих ценностей. Они могут внедрять различные методы и подходы к экологическому воспитанию. Одним из них является интеграция экологических тем в учебные программы различных специальностей. Это позволяет студентам увидеть связь между их будущей профессиональной деятельностью и экологическими проблемами. Одной из ключевых ценностей в экологическом воспитании является этичность. Студентам необходимо осознать, что каждое действие имеет свои последствия для окружающей среды и других живых существ. Значимость этического поведения в отношении природы и ее ресурсов должна быть неотъемлемой частью их ценностной системы.

Ключевые слова: экологическое воспитание, духовные ценности, окружающая среда.

MORAL VALUES IN THE ENVIRONMENTAL EDUCATION OF FUTURE TEACHERS

G.A. Kochkorova, M.M. Borkoshev

Batken State University Kyzyl-Kiya Humanitarian-Pedagogical Institute, Kyzyl-Kiya,
Republic of Kyrgyzstan
kochkorova73@bk, borkoshev@mail.ru

Abstract: Pedagogical universities should provide students with opportunities for the development and practical application of these values. They can implement various methods and approaches to environmental education. One of them is the integration of environmental topics into the curricula of various specialties. This allows students to see the connection between their future professional activities and environmental issues. One of the key values in environmental education is ethics. Students need to realize that every action has its own consequences for the environment and other living beings. The importance of ethical behavior in relation to nature and its resources should be an integral part of their value system.

Keywords: environmental education, spiritual values, environment.

Ценности, связанные с духовностью и нравственностью, помогают студентам развивать глубокое уважение и бережное отношение к природе, проявлять заботу о живых существах, понимать наличие взаимосвязи между человеком и окружающей средой. Эти ценности включают в себя такие качества, как этичность, ответственность, сопереживание, терпимость, справедливость и солидарность.

Они помогают формировать у студентов постоянное стремление к экологическому сознанию и ответственности, что является необходимым вкладом в сохранение нашей планеты для будущих поколений.

Одной из ключевых ценностей в экологическом воспитании является этичность. Студентам необходимо осознать, что каждое действие имеет свои последствия для окружающей среды и других живых существ. Значимость этического поведения в отношении природы и ее ресурсов должна быть неотъемлемой частью их ценностной системы.

В экологическом воспитании студентов педагогических вузов важно обращать внимание на формирование у них нравственных принципов, таких как уважение к жизни и достоинству каждого живого существа, осознание своей собственной роли в сохранении окружающей среды, способность принимать этические решения, ориентированные на благо общества и природы.

Одним из примеров этичного поведения является бережное отношение к природе и сохранение ее ресурсов. Студенты должны осознать, что их роль заключается не только в том, чтобы использовать природные ресурсы для своих потребностей, но и в том, чтобы сохранять их и передавать будущим поколениям в неизменном или лучшем состоянии. Эта ценность помогает им принимать решения, направленные на устойчивое использование и охрану природы.

Другой важной ценностью является ответственность. Студенты должны осознать свою индивидуальную ответственность за сохранение окружающей среды и за принятие активных мер по ее охране. Они должны понимать влияние своих действий на окружающую среду и быть готовыми брать на себя ответственность за последствия своих решений.

Следующая важная ценность - сопереживание. Это значит, что студенты должны развивать понимание и уважение к всем живым существам, их правам на существование и на благополучие. Они должны проявлять заботу и поддержку к животному миру, осознавая свою взаимосвязь и взаимозависимость с ним.

Также важными ценностями являются терпимость и справедливость. Студенты должны понимать, что все люди и существа имеют равные права на жизнь и на защиту своих интересов. Они должны уважать многообразие жизни и признавать право других на существование и использование ресурсов окружающей среды.

В экологическом воспитании студентов педагогических вузов также важным аспектом является формирование понимания взаимосвязи между человеком и природой. Студентам нужно осознать, что мы являемся частью природы и что наше благополучие зависит от состояния окружающей среды. Они должны увидеть свою роль в сохранении природы и работать вместе с ней, а не против нее.

Важно уделить внимание формированию духовных ценностей, таких как гармония с природой, сбалансированность и взаимодействие с живой природой. Это поможет студентам научиться узнавать и оценивать красоту окружающего мира, понимать значимость естественных ресурсов и сохранять их.

Наконец, важной ценностью является социальная ответственность. Студенты должны проявлять заботу и участие в экологических проблемах не только как личная задача, но и как социальная обязанность. Они должны активно участвовать в экологических инициативах, поддерживать их и стимулировать других к действию. Они должны осознавать свою роль в обществе и принимать участие в создании устойчивого будущего для всех.

С целью определения нравственной культуры будущих учителей было проведено анкетирование по шести направлениям. В опросе были заданы следующие вопросы.

1. Необходимость охраны окружающей среды: оценить уровень понимания и разъяснения будущим учителям важности понимания влияния деятельности человека на окружающую среду.

2. Знание экологических проблем и принципов: оценка уровня знаний по наиболее актуальным экологическим проблемам, понимание основных принципов экологического образования и обучения.

3. Ответственность и активность за охрану окружающей среды: оценка мер, которые будущие педагоги готовы предпринять для защиты природы и обучения детей этому принципу, а также показатели личной ответственности и активности в экологическом деле.

4. Готовность к внедрению экологической тематики в учебный процесс: оценить готовность и способность будущих учителей внедрять экологическую тематику в свою деятельность.

5. Личный пример: оценка того, как будущие учителя начального образования должны вести свой собственный экологический образ жизни, контролировать свой экологический след, согласованность слов и действий, личный пример для детей.

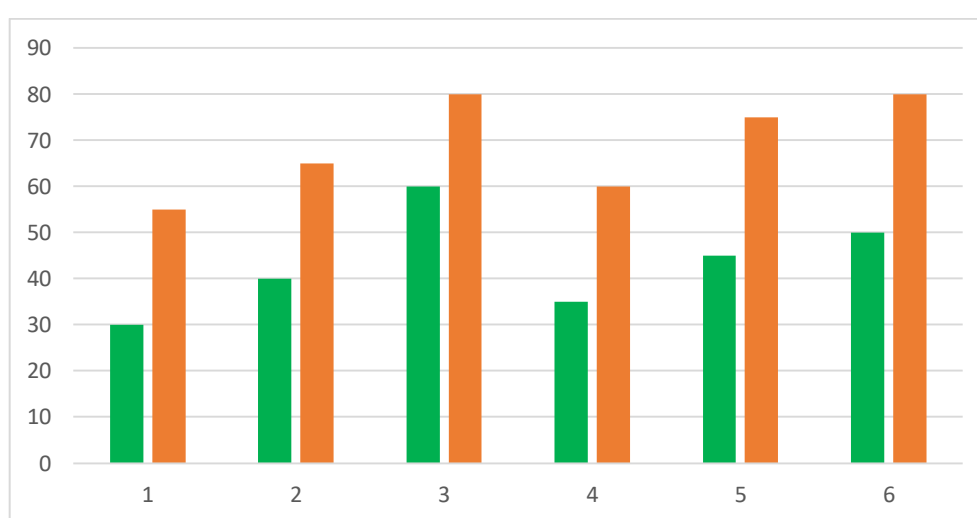
6. Социально-педагогическая активность: оценка участия потенциальных педагогов в экологических проектах, мероприятиях и инициативах, принятых в образовательных учреждениях и обществе в целом.

В опросе приняли участие 320 студента (контрольная группа) 152 студента (экспериментальная группа) направления начального образования факультета педагогики Кызыл-Кийского гуманитарно-педагогического института Баткенского государственного университета.

Таблица 1

Результаты опроса по выявлению нравственной культуры будущих учителей

Критерии	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	Количество студентов	%	Количество студентов	%
1	122	36	74	55
2	165	43	88	65
3	174	62	132	80
4	120	35	86	60
5	161	47	94	75
6	218	5	142	80
всего	320		152	



Контрольная группа



Экспериментальная группа



Рис.1. Результаты опроса по выявлению нравственной культуры будущих учителей

Мы предложили на рис. 2 модель нравственных ценностей, способствующих формированию экологического сознания и экологической ответственности.

Студенты могут применять эти ценности в своей профессиональной деятельности в будущем, будучи педагогами, и передавать их своим ученикам, формируя у них экологическое сознание и ответственность. Они должны понимать, что знания об экологии и природе являются необходимым инструментом для принятия информированных решений в отношении окружающей среды. Они должны стремиться к постоянному обновлению своих знаний и активно искать информацию о текущих экологических проблемах и решениях. Студенты должны развивать умение оценивать необходимость и объем используемых ресурсов, их эффективное использование и поиск альтернативных, более экологических способов

удовлетворения своих потребностей. Они должны стараться избегать излишнего потребления и выбирать продукты и услуги, которые не наносят вреда окружающей среде.

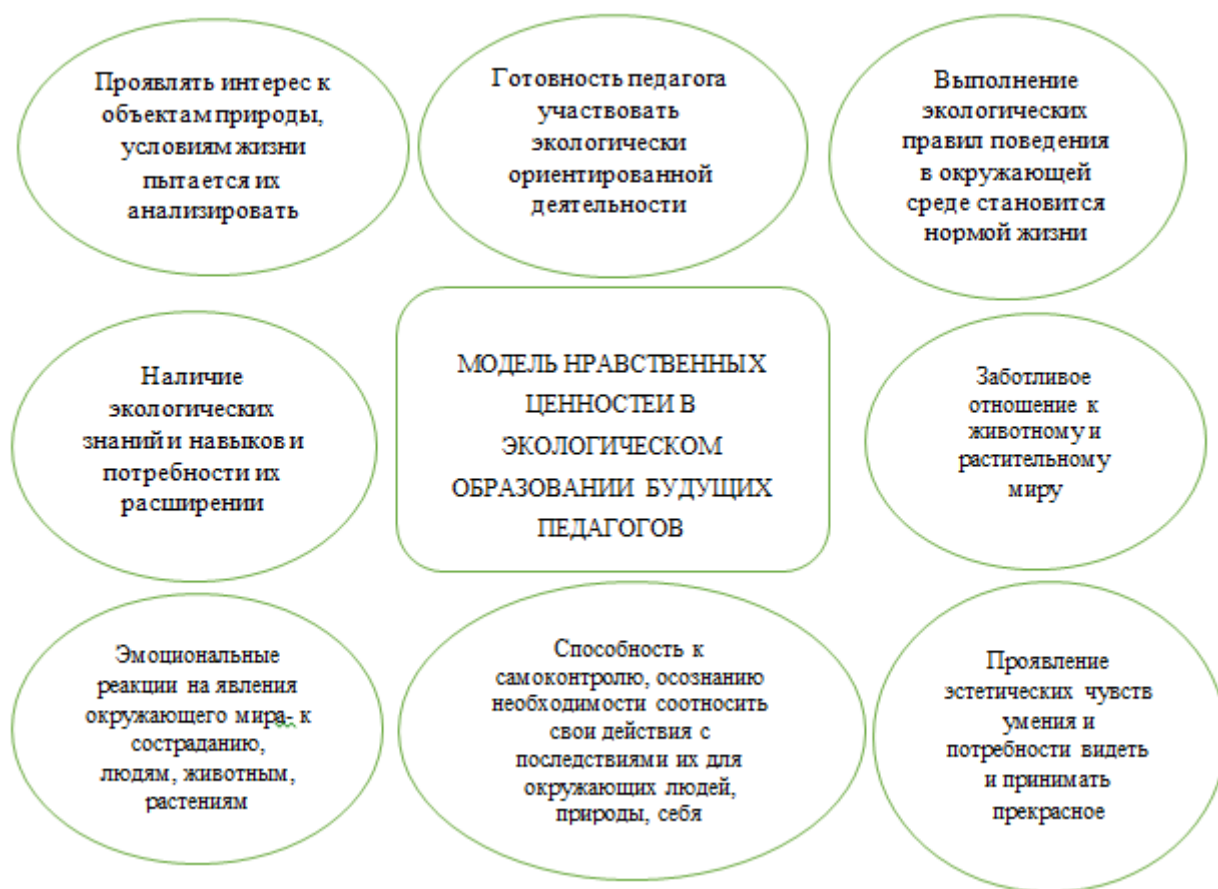


Рис. 2. Модель нравственных ценностей, способствующих формированию экологического сознания и экологической ответственности

Таким образом, все перечисленные духовно-нравственные ценности играют важную роль в экологическом воспитании студентов педагогических вузов. Они помогают формировать у студентов постоянное стремление к экологическому сознанию, заботе о природе и всем живом, почитанию и соблюдению понятий добра и справедливости в отношении окружающей среды и других людей, помогают студентам понимать, что сохранение окружающей среды и забота о природе - это неотъемлемая часть нашей жизни, помогают формировать у студентов глубокое понимание экологических проблем, развивают их ответственность и стремление к устойчивому образу жизни. Интеграция этих ценностей в образовательный процесс содействует созданию осознанных и экологически грамотных специалистов, способных принести пользу окружающей среде и обществу в целом.

Педагогические вузы должны предоставлять студентам возможности для развития и практического применения этих ценностей. Они могут внедрять различные методы и подходы к экологическому воспитанию. Одним из них является интеграция экологических тем в учебные программы различных специальностей. Это позволяет студентам увидеть связь между их будущей профессиональной деятельностью и экологическими проблемами.

Кроме того, вузы могут организовывать экологические мероприятия, такие как семинары, конференции и экологические акции, которые позволяют студентам обсудить и анализировать актуальные экологические вопросы. Такие мероприятия способствуют развитию критического мышления и способности принимать информированные решения.

Важно также проводить практические занятия, направленные на возможности внедрения экологических принципов в повседневную жизнь студентов. Это может включать в себя обучение эффективному использованию ресурсов, устранению отходов и принципам устойчивого развития.

Однако экологическое воспитание студентов вузов не должно ограничиваться только теоретическими знаниями и практическими навыками. Важно внедрять и пропагандировать ценности экологии, такие как уважение к окружающей природе, ответственность перед будущими поколениями и сознательное потребление.

Следует отметить, что экологическое воспитание студентов вузов должно быть системным и учитывать глобальные экологические вызовы, такие как изменение климата, потеря биоразнообразия и истощение природных ресурсов. Это позволит студентам стать активными участниками и побудителем положительных изменений в области экологии.

В целом, экологическое воспитание студентов вузов является неотъемлемой частью их образования, и оно способствует развитию экологической культуры и устойчивого развития общества.

Источники

1. Кыргыз Республикасынын 1999-жылдын 16-июну № 53 «Айлана-чөйрөнү коргоо жөнүндө» мыйзамы.

2. Кыргыз Республикасынын Президентинин «2022-жылды Тоолордун экосистемасын коргоо жана климаттык туруктуулук жылы деп жарыялоо жөнүндө» жарлыгы 31 январь 2022-жыл УП №17.

3. Абдрашитова Н.В. Модель формирования нравственного и эстетического компонентов экологической культуры студентов // Вестник

Казанского государственного университета культуры и искусств. 2013. №3. С. 33–40.

4. Байышова Г.Ж. Мектептердин башталгыч класстарынын сабактан тышкаркы иштеринде элдик салттар аркылуу экологиялык тарбиялоонун илимий негиздери [Текст] / пед. илим. канд. дис. / Г.Ж. Байышова. Б. 2010. 150 б.

5. Боркошев М.М. Экскурсиялар аркылуу эстетикалык жана этикалык тарбия берүүнү уюштуруу. Наука. Новые технологии и инновации Кыргызстана. №10, 20.05.2016. С. 104-107.

6. Дерябо С.Д. Экологическая педагогика и психология / С.Д. Дерябо, В.А. Ясвин. Ростов-на-Дону : Феникс, 1996. 480 с.

7. Дикий В.Н. Нравственное воспитание подростков в процессе общения с природой. Автореф. канд. пед. наук. М., 1967. 14 с.

8. Моисеев Н.Н. Экология и образование / Н.Н. Моисеев. Москва: ЮНИСАМ, 1996. 191 с.

9. Несгораева Н.С. Мотивационно-ценностный компонент в экологической культуре студентов вуза / Н.С. Несгораева, В.Г. Савельев // Омский научный вестник. 2010. № 5. С. 143– 146.

10. Экологическое сознание: теория, методология, диагностика / В.И. Панов, М.О. Мдивани, П.Б. Кодессе, Э.В. Лидская, Ш.Р. Хисанбаев // Психологическая диагностика. 2012. № 1. С. 3-126.

11. Рябова С.С. Ценностное отношение к природе как компонент экологической культуры // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2012. № 4. С. 245–250.

12. Фортунатов А.А. Педагогические условия формирования экологической культуры студентов вуза / А.А. Фортунатов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2012. № 12 (94). С. 136–141.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Абдуллазянов Э.Ю., Ахметова И.Г., Касимов В.А., Мустафин Р.Г.	
Многофункциональный многоканальный локационный мониторинг воздушных линий электропередачи в составе цифровой подстанции	3
Аббас А.Т.	
Применение ПНГ в народном хозяйстве Ирака.....	10
Абдуллина А.Р., Снежинская Е.С.	
Квалиметрия моделей, как экономико-правовые основы энергосбережения.....	13
Алхатиб Д.	
Исследование пленочной конденсации пара в сплюснутых трубах	21
Атажонов М.О.	
Исследование повышения эффективности тонкопленочных солнечных элементов...	24
Ахунова А.Ф., Сабитов А.Х.	
Гибридная изоляция в современных трансформаторах.....	27
Ахунова А.Ф.	
Потери на корону в ЛЭП.....	30
Ахунова А.Ф.	
Сравнение характеристик бумажной изоляции	33
Базыкин Д.А., Ильичев В.А., Бараков А.В.	
Результаты экспериментальных исследований термического разделения потоков в противоточной вихревой трубе	36
Батенков К.А., Козленко А.В., Головачёва П.В.	
Сигналы синхронизации генераторов иерархических узлов транспортных сетей связи	39
Белей В.Ф., Паршина В.Ф., Коротких К.В., Коцарь Г.В., Веселовский К.К., Дурманов А.С.	
Энергетическая безопасность Калининградской области на основе энергетического перехода	43
Белей В.Ф., Коротких К.В.	
Повышение качества электроэнергии в системах электроснабжения в условиях роста искажающих нагрузок	47
Вахитов Х.Ф., Сафиуллин Б.И., Стародубец А.А.	
Анализ формирования и эксплуатации отечественного парка электробусов	51
Гайнутдинова Д.Ф.	
Проблемы интеграции низкоуглеродных технологий на глобальном и региональном уровнях	53
Гаськова Д.А., Массель А.Г., Цыбилов А.Р.	
Проектирование агентов-сервисов для цифрового двойника изолированной энергосистемы на основе онтологического подхода	56
Гимаева А.Р.	
Влияние внедрения цифровизации на общество	60
Глоткина Л.А.	
Стратегическое использование гидроэнергетики для электрификации отдаленных районов: всесторонняя оценка.....	63
Гринцевич Л.В.	
Формы взаимодействия науки и бизнеса для обеспечения технологического суверенитета страны	65
Горбачёв В.А., Быков Д.В., Цебренов А.А.	
Методологическая база декомпозиции задач локализации аварийных ситуаций с оборудованием энергетических установок	68
Грабчак Е.П., Логинов Е.Л.	
Поддержание живучести энергетической суперсистемы России в условиях известных, прогнозируемых и неизвестных угроз в условиях с расширенной	

компонентой неопределенности.....	72
Грунтович Н.В., Петров И.В.	
Физические основы образования микрораковин и выбоин на кольцах подшипников качения	75
Гусев О.Д., Шмелева К.В., Кечин Е.С.	
Бесконтактные пирометры: инструменты будущего для мониторинга энергоэффективности	80
Давыдова Т.Е.	
Технологический суверенитет и специфика его обеспечения в условиях новой реальности.....	82
Жданкин Н.С., Кечин Е.С.	
Возможности и перспективы развития возобновляемых источников энергии в России	85
Залялетдинов А.Г.	
Проблемы и перспективы цифровой трансформации электроэнергетики	87
Зиангиров А.Ф.	
Применение параметризации при создании однотипных 3D моделей	90
Зорина Т.Г., Матюшенко А.Д.	
Изучение факторов, оказывающих влияние на развитие возобновляемых источников энергетики в регионах России	93
Ильина А.А.	
Решение проблем энергоэффективности за счет перехода к альтернативным источникам энергии	96
Капанский А.А.	
Интеграция рекуррентных нейронных сетей для повышения эффективности и надежности систем ресурсоснабжения	99
Куликова Г.А.	
Государственно-частное партнёрство в обеспечении технологического суверенитета РФ.....	105
Зверев Л.О., Липатов Д.В.	
Пути модернизации тепловой схемы ПГУ с увеличением тепловой мощности и сохранением суммарной электрической мощности.....	108
Кенчадзе О.А.	
Водород для производства энергии: проблемы и решения	113
Курзина Т.Д., Крайнов Д.М.	
Выбор мощности нагревателя для теплого подоконника	116
Лаврентьев О.М.	
Оптимизация топливно-энергетического комплекса с помощью машинного обучения..	119
Максимович А.А., Савко Т.К.	
Перспективы внедрения технологии блокчейн в энергетическую отрасль	121
Ладушкин С.И.	
Логико-семантические аспекты понятия «технологический суверенитет».....	124
Михальцов Д.А., Головкин И.А.	
Обеззараживание воздуха в системе вентиляции	127
Комилова М.Е.	
Разработка компьютерной модели для оценки способов повышения технического ресурса электрооборудования насосных станций	130
Куприянов Б.Д.	
Страхование топливно энергетических комплексов в условиях цифровизации рынка	134
Малёв Н.А.	
Исследование динамических характеристик следящего электропривода с градиентным алгоритмом управления	136
Мартынов А.О.	142

Исследование системы электроснабжения напряжением до 1 кВ в среде динамической моделирование SIMINTECH	
Милованов Д.В.	
Цифровая трансформация в топливно-энергетическом секторе с применением технологий компьютерного зрения	146
Митькин Р.В.	
Энергоресурсосберегающий электропривод шахтной подъемной установки	148
Мухаметзянов И.И., Зарипова Р.С.	
Эволюция рынка криптовалют и возможности денежно-кредитной политики	153
Наумов О.В.	
Цифровые двойники электрических сетей, как начало глобальной энергетической трансформации.....	155
Нестерова А.В., Кожевяткина М.А., Кечин Е.С.	
Разработка интеллектуального чат-бота для абитуриентов АПИ НГТУ	158
Нгуен Д.А., Кашаев Р.С.	
Экспресс-контроль содержания асфальтенов и парафинов в сырой нефти с месторождения во Вьетнаме с помощью метода протонного магнитного резонанса	161
Мухаметзянов И.И., Зарипова Р.С.	
Прогнозирование и предотвращение кибератак с использованием искусственного интеллекта	166
Пехова Е.А., Сухарева Е.В.	
Трансформация электроэнергетики: от цифровизации к интеллектуализации	169
Аввакумов Т.А., Огоевцева М.В.	
Оценка эффективности применения электрокоагуляции для очистки ливневых стоков	172
Оробинский А.М.	
Повышение энергоэффективности дизель-электрических агрегатов на основе управляемого электромеханического редуктора	176
Павлов А.В., Танеева А.В.	
Проблемы энергетической безопасности трансформаторного оборудования	179
Оробинский А.М.	
Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения с кусочно-постоянной нагрузкой	182
Питерский Н.С.	
Методы машинного обучения для управления микросетями.....	184
Рафаилов К.О., Сабитов А.Х.	
Обследование ВЛЭП на наличие пробитых изоляторов	187
Полякова Д.А., Козлов В.К.	
Уровни вибрации в зависимости от режима работы трансформатора	189
Рожкова А.К.	
Понятие «риск» в системе обеспечения энергетической безопасности России	194
Романовский Н.А.	
Инновационные технологии в цифровой трансформации ТЭК: вызовы и возможности.....	197
Рожкова А.К.	
К вопросу выделения энергетической безопасности в отдельный вид национальной безопасности России	200
Салиева Р.Н.	
Закрепление принципов обеспечения энергетической безопасности в законодательстве стран, входящих в Евразийский экономический союз	203
Сабиров Р.Р., Воркунов О.В.	
Регулирование напряжения в электрических сетях среднего напряжения	211
Снежинская Е.С.	214

Ядерный распад – путь к энергетической трансформации	
Сафиуллин Б.И., Аухадеев А.Э., Вахитов Х.Ф.	
Применение операционной системы ROS в разработке наземной беспилотной платформы.....	216
Салимов Р.Р., Зарипова Р.С.	
Роль интеграции робототехники в современное общество	219
Соболева В.К.	
Перспективы цифровой трансформации ТЭК с учетом сохранения технологического суверенитета	223
Салимов Р.Р., Зарипова Р.С.	
Этические аспекты внедрения технологий искусственного интеллекта	226
Рощина С.И., Мясников Д.О., Лукин М.В.	
Исследования фактических прочностных свойств композитного бетона с наполнителем из промышленных неперерабатываемых отходов	229
Столяров И.С.	
Применение искусственного интеллекта в топливно-энергетическом комплексе: текущее состояние и перспективы	235
Стрельцов П.А., Шлейников В.Б.	
Снижение энергопотребления аппаратов воздушного охлаждения при магистральном транспорте газа	238
Сунин В.А., Хуснутдинов А.Н.	
Энергосбережение моделированием интеллектуальной зарядки электромобиля	242
Тукмаков Д.А.	
Приложение комплексного потенциала к описанию динамики дисперсных включений в стационарном течении идеальной несжимаемой жидкости.....	247
Фёдорова В.А., Кириченко В.Ф.	
Разработка усовершенствованных методов общего первичного регулирования частоты в энергосистемах.....	250
Ухалова Е.Г., Зотова К.В.	
Этаноламинный водный режим и химконтроль второго контура АЭС с ВВЭР.....	253
Фионин Ю.А.	
Цифровизация контрольно-надзорной деятельности в электроэнергетике.....	256
Каптел Е.В., Фролова И.А.	
Взаимосвязь энергетического перехода 4.0 и цифровизации экономики	260
Хайруллин Р.И., Воркунов О.В.	
Способы устранения несимметричности нагрузок в электрических сетях 0,4 кВ....	262
Харабурова М.Д.	
Использование управляемого резистора для компенсации высших гармонических составляющих в токе замыкания на землю.....	266
Мухаметзянов И.И.	
Защита критической инфраструктуры при помощи алгоритмов искусственного интеллекта	269
Хузяшев Р.Г., Тухфатуллин И.Р.	
Влияние неоднородностей распределительной сети на переходной сигнал	272
Черняев А.М.	
Взаимодействие государства и бизнеса при формировании технологического суверенитета как компонента экономической безопасности	275
Шевченко М.Е.	
Оценка уровней безопасности энергетических объектов генерирующих систем.....	278
Шипиловских Н.А.	
Корпоративные информационные системы для повышения эффективности в тепловой промышленности	281

Юдина А.Е.	
Работа электромобиля в различные времена года и влияние температур на запас хода..	283
Чепелева К.В.	
Умная электростанция	286
Юсупова Р.И.	
Блокчейн-инновации как стратегически важное средство для развития нефтегазового сектора	289
Юркевич О.И., Кабанов П.А.	
Возможности использования искусственного интеллекта при динамическом тарифообразовании на электрическую энергию.....	292
Юсупова Р.И.	
Развитие цифровых двойников для оптимизации производственных циклов в энергетических предприятиях	295
Абрамова А.В.	
Современные технологии управления устойчивым развитием электроэнергетического комплекса	297
Гимаева А.Р., Зарипова Р.С.	
Управление знаниями как инструмент активизации инновационной деятельности предприятия	300
Мухаметзянов И.И., Зарипова Р.С.	
Применение машинного зрения в области контроля качества	303
Гимазетдинова К.Р., Зарипова Р.С.	
Применение имитационного моделирования в управлении энергетическими системами.....	306
Садыков М.Ф., Давлетшин Р.Р., Иванов Д.А., Галиева Т.Г., Саидгараева Р.Р.	
Автоматизированные беспилотные системы мониторинга подстанций.....	310
Иванов Д.А., Вагапов А.И.	
Перспективы бесконтактного неразрушающего контроля высоковольтного оборудования подстанций с помощью акустических методов.....	313
Умирова Н.Р., Даваахуу А., Мироненко И.В.	
Экологические аспекты очистки сточных вод ТЭС. Зарубежный опыт	317
Стремиллова Е.Е.	
Геотермальная энергетика. Развитие и перспективы.....	320
Майорова Е.С.	
Электробусы как ключевой элемент устойчивого развития городов.....	323
Кудрявцева О.В., Попов А.В.	
Устойчивое развитие в новых условиях: энергетическая составляющая	326
Грунтович Н.В., Мороз Д.Р.	
Исследование схожести вида структурных полей укрупненных балансовых групп региональной системы газоснабжения	332
Кочкорова Г.А., Боркошев М.М.	
Нравственные ценности в экологическом образовании будущих педагогов	337
Оглавление	345

Научное издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ
И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

Международная научно-техническая конференция
(Казань, 4 апреля 2024 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

Под общей редакцией ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова

Авторская редакция

Корректор *Е. С. Майорова*
Компьютерная верстка *Р. С. Зариновой*

Электронное издание

Центр публикационной активности КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51

ISBN 978-5-89873-659-0

