

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство образования и науки Республики Татарстан
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Материалы
IV Национальной научно-практической конференции

6–7 декабря 2018 г.

В двух томах

Том 1

Казань
2018

УДК 621.313
ББК 31.261
П75

Рецензенты:

доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «КГЭУ» В.Г. Макаров,
кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «КГЭУ» В.В. Максимов

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), Э.В. Шамсутдинов,
О.В. Козелков, О.В. Цветкова

**П75 Приборостроение и автоматизированный электропривод
в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном
хозяйстве:** матер. IV Национальной науч.-практ. конф. (Казань,
6–7 декабря 2018 г.): в 2 т. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор)
и др. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – Т. 1. – 532 с.

ISBN 978-5-89873-528-9 (т. 1)

ISBN 978-5-89873-527-2

Опубликованы материалы IV Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.
5. Промышленная электроника и светотехника.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-528-9 (т. 1)
ISBN 978-5-89873-527-2

© Казанский государственный энергетический университет, 2018

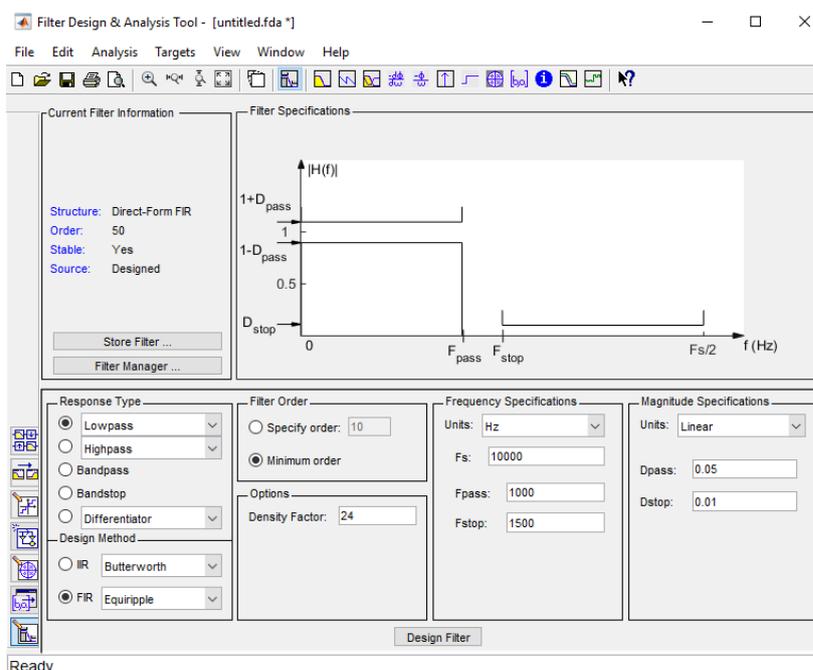


Рис. 3. Окно MATLAB FDATool

По окончании процедуры синтеза автоматически выдаются график АЧХ (характеристика ослабления); структура фильтра – *Direct-Form FIR*; порядок фильтра – 23. Таким образом, синтезирован оптимальный ФНЧ с линейной ФЧХ 23 порядка на базе КИХ-фильтра 2-го типа (нечётного порядка).

Источники

1. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. М.: Изд-во Вильямс, 2004. 992 с.

УДК 620.91

РАЗРАБОТКА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕКТАР» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНЫХ СТАНЦИЙ

Николай Петрович Местников¹, Эльмас Габбасович Нуруллин²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹²ee-kgeu@mail.ru

В статье представлена система работы автономной энергетической установки мощностью 4 кВт для электроснабжения малых фермерских хозяйств Якутии, основанных по Федеральному проекту «Дальневосточный гектар».

Ключевые слова: ионистор, дизель-генератор, солнечные панели, автономная генерация, экономия ГСМ и АСУ.

DEVELOPMENT OF DECENTRALIZED ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM FOR AGRICULTURAL OBJECTS OF THE FEDERAL PROJECT “FAR EASTERN HECTAR” USING HYBRID STATIONS

Nikolai Petrovich Mestnikov, Elmas Gabbasovich Nurullin

The R & D system has developed a system for operating an autonomous power plant with a capacity of 4 kW for power supply to small farms in Yakutia, based on the “Far Eastern hectare” federal project.

Key words: Ionistor, diesel generator, solar panels, autonomous generation, saving fuel and automatic control systems.

Республика Саха (Якутия) (РС(Я)) является уникальным регионом в единой энергетической системе Российской Федерации. Компания ПАО «Якутскэнерго» занимает одно из первых мест в РАО «ЕЭС России» по количеству установленных энергетических источников, площади обслуживания и протяженности линий электропередачи. Площадь ее обслуживания охватывает всю территорию Якутии и составляет 3,2 млн км². (20 % от площади России). Свыше 40 % территории РС(Я) находится за полярным кругом [4].

Якутия обладает значительными запасами минеральных ресурсов: алмазов, золота, цветных и благородных металлов; энергоносителей: нефти, газа, урана; крупным гидроэнергетическим потенциалом [4].

Высокая стоимость топлива в местах потребления, низкие технико-экономические показатели существующих энергетических источников малой мощности приводят к высокой себестоимости производства электроэнергии и тепла (в России ежегодно на завоз топлива в северные регионы затрачивается более 16 млрд рублей, в том числе в северные районы РС(Я) – свыше 7,5 млрд [2] рублей, в котором время доставки топлива до конечного пункта составляет от 500 до 600 суток, износ дизельных генераторов составляет на 40 % – 60 % в большинстве районов северной части Якутии, несмотря на то что на территории РС(Я) за год вводятся в эксплуатацию 7 новых автоматизированных дизельных электростанций (далее – ДЭС) [6].

Использование и внедрение ветроэнергетики на территории Республики Саха (Якутия) развивается на непостоянной основе. В 2019–2020 гг. планируется ввод ВЭС мощностью 3·300 кВт в п. Тикси Булунского района. Эксплуатация ВЭС в Якутии наиболее рациональна с точки зрения технической эксплуатации вдоль береговой линии Моря Лаптевых с глубиной до 200 км и тонкого перешейка вдоль северной части реки Лена.

Постройка ВЭС на данной области экономически нецелесообразна из-за низкой плотности населения. Ведь средний срок окупаемости подобных проектов составляет от 15 до 25 лет. Данный вид энергии невозможен для малонаселенных пунктов Якутии [3].

В начале 2000-х годов объекты возобновляемых источников энергии (ВИЭ) стали активно внедряться энергетической компанией АО «Сахаэнерго» в РС(Я). За 18 лет работы компании было построено более 21 единиц солнечных электростанций и 2 единицы ветровых электростанций в Северном и Южном энергетических районах Якутии. [5] Накопление электроэнергии производится в Li-ion и карбоновых аккумуляторах. Эксплуатация данных видов аккумуляторов сложна, так как срок службы составляет от 2 до 8 лет, вес и габариты установок большие и тяжелые для простого монтажа и утилизация отработанных аккумуляторов является сложным технологическим процессом, так как они представляют опасность для окружающей среды. Значительным проектом АО «Сахаэнерго» является постройка солнечной электростанции (далее – СЭС) в п. Батагай мощностью 1 МВт. За второе полугодие 2016 года было сэкономлено более 40 тонн дизельного топлива. Данные показатели показывают эффективность проекта по экономии горюче-смазочных материалов (далее – ГСМ), но экономическая составляющая имеет свои недостатки, так как срок окупаемости равен от 15 до 20 лет в условиях РС(Я) [6].

Долгота и периодичность солнечных дней в южной части Якутии более высока, чем на северной части. Например, показатель солнечной радиации составляет $4\text{--}4,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / (\text{м}^2 \cdot \text{день})$, продолжительность солнечного сияния равна в среднем от 1700 до 2000 часов в год, суммарная солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность равна $3600\text{--}4000 \text{ МДж} / \text{м}^2$ в год на южную часть Якутии.

Солнечная энергетика в Республике Саха имеет динамичное развитие в увеличении суммарной мощности генерации преимущественно в населенных пунктах децентрализованного электроснабжения. В 2016 г. в п. Батагай была введена в эксплуатацию крупнейшая СЭС мощностью 1 МВт и системой накопления энергии на основе работы Li-ion аккумуляторов. Руководством АО «Сахаэнерго» планировался ввод на полную автономную работу СЭС-1 МВт для 100 %-го электроснабжения п. Батагай без ДЭС на летний период.

Далее топливоснабжение отдаленных потребителей северной Якутии производится при сложной схеме транспортировки:

- Усть-Кут – Якутск (до 30 дней);
- Якутск – Тикси (30-40 дней);
- Тикси – п. Батагай (от 180 до 360 дней).

В ближайшей перспективе планируется ввод на СЭС-50 кВт в п. Охотский Перевоз для уменьшения затрат на топливоснабжение. Данный населенный пункт является центром Охот-Перевозовского наслега Томпонского района. Расположен на правом берегу р. Алдан (правого притока р. Лена), в 120 км к югу от районного центра п. Хандыги (ближайший источник электроэнергии).

В настоящее время по состоянию на 2018 год население данного населенного пункта составляет 124 человек. Электроснабжение производится с помощью ДГУ – 60, 75, 30 и 16 кВт с суммарной мощностью 181 кВт. За 2017 год общий объем потребления ГСМ составило 46,759 т натурального топлива и 67,8 тонн условного топлива. Подвод новых ВЛ 35 кВ является экономически нецелесообразным в виду отсутствия стратегических объектов и малого количества потребителей.

В целях оптимизации затрат ГСМ в п. Охотский Перевоз необходимо построить солнечную электростанцию мощностью 50 кВт.

Приводятся данные однолинейных электрических схем поселка и ДЭС п. Охотский Перевоз.

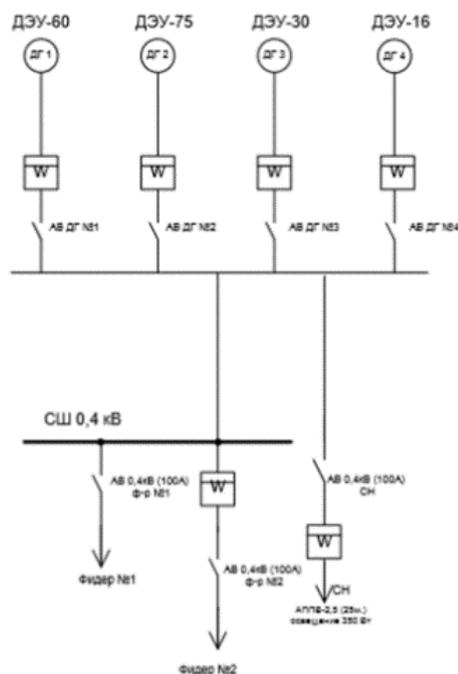


Рис. 1. Оперативная схема ДЭС п. Охотский Перевоз

Класс напряжения, подводимый к потребителям, – 3-фазный 380 В при частоте 50 Гц. Следовательно, установка повышающих трансформаторов 10/0,4 кВ является нецелесообразной из-за малого количества потребителей и малыми расстояниями между станцией и потребителями.

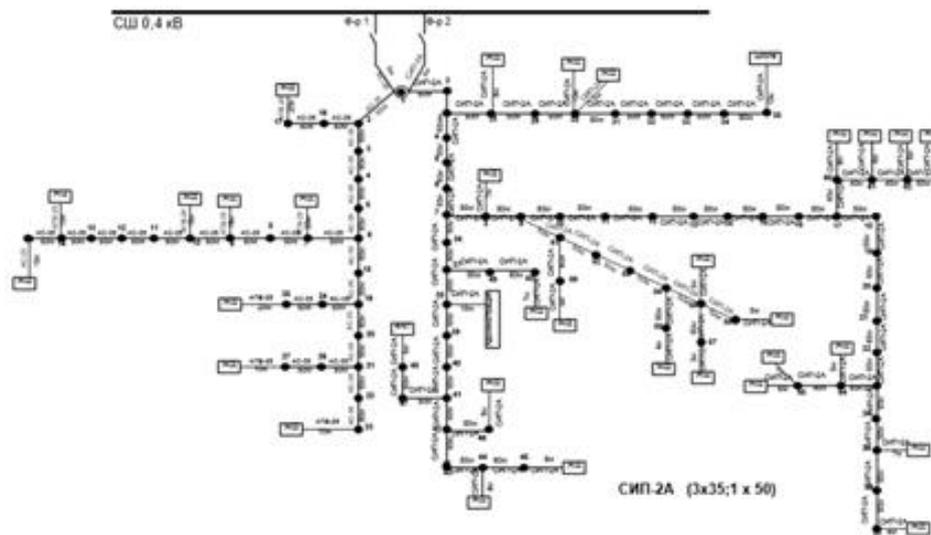


Рис. 2. Параметрическая схема ВЛ 0,4 кВ от ДЭС п. Охотский Перевоз

Для автономной работы солнечной электростанции 50 кВт требуется система накопления энергии. В настоящее время активно используются в данной системе Li-ion карбоновые или гелиевые аккумуляторы. В связи с недавними открытиями при исследовании свойств конденсаторов стало возможным использование ионисторов для нужд автомобильной отрасли и т. д. Ученые из стран Восточной Европы планируют внедрение ионисторов в системы накопления энергии в крупных объектах ВИЭ. Отметим преимущества ионисторов:

В таблице приводится расчет выработки солнечной электростанции 50 кВт в п. Охотский Перевоз по проектным данным [1]:

$$E_B = E_{\text{инс}} k \frac{P_{\text{с.п.}}}{P_{\text{инс}}},$$

где $P_{\text{с.п.}}$ – мощность солнечных панелей, Вт; E_B – вырабатываемая энергия солнечными панелями, Вт·ч/сутки; $E_{\text{инс}}$ – среднемесячная инсоляция кВт·ч/($\text{м}^2 \cdot \text{день}$); $P_{\text{инс}}$ – мощность инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре ($4250 \text{ Вт}/\text{м}^2$); k – коэффициент потерь на заряд – разряд аккумуляторов, преобразование постоянного напряжения в переменное.

Вырабатываемая энергия с учетом ясных, облачных и пасмурных, кВт·ч

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
4426,6	9025	30447	28977,1	23814,4	29376,4
Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
33764,2	25551	14156,8	5750,7	3395,9	796,6

Основная окупаемость проекта СЭС-50 кВт п. Охотский Перевоз заключается в экономии топлива, которая равна 30 тонн за 1 год работы СЭС-50 кВт. Дисконтированный срок окупаемости составляет 10 лет. Данный результат соответствует реальным параметрам проектов по ВИЭ компании АО «Сахаэнерго».

Источники

1. Баскаков А.П., Мунц В.А., Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебник для вузов. М.: ИД «БАСТЕТ», 2013. 368 с.
2. Константинов А.Ф. Гидроэнергетические установки: учеб. пособие для студентов очной и заочной форм обучения по специальности 13.03.02 «Электротехника и электроэнергетика». Якутск: Изд-во ЯГУ, 2009. 171 с.
3. Константинов А.Ф., Нетрадиционные энергоисточники Якутии / отв. ред. Н.С. Бурянина. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. 212 с.
4. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения: учеб. пособие для студентов ВПО. М: ИЦ «Академия», 2011. 352 с.
5. Схема и программа развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2017–2021 годы / Министерство ЖКХ и энергетики РС(Я).
6. Топливо-энергетические показатели АО «Сахаэнерго» за 2017 год.

УДК 621.32 / ББК 58

ОГРАНИЧЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ринат Шаукатович Мисбахов¹, Александр Иванович Федотов²,
Камиль Равилевич Бахтеев³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹²³fed.ai@mail.ru

В работе предлагается методика выбора параметров емкостного накопителя электроэнергии. Накопитель предназначен для кратковременных режимов работы. Целью его работы является ограничение глубины провалов напряжения.

Ключевые слова: накопитель электроэнергии, суперконденсатор, провал напряжения, короткое замыкание в электрической сети.

LIMITED DEPTH OF VOLTAGE DIPS THROUGH THE USE OF ELECTRICITY STORAGE

Rinat Shaukatovich Misbakhov, Alexander Ivanovich Fedotov,
Kamil Ravilevich Bakhteev

The report proposes a method for selecting parameters of a capacitive electricity storage. The drive is designed for short-term operation. The purpose of his work is to limit the depth of voltage dips.

Key words: electric power storage, supercapacitor, voltage dip, short circuit in electric network.

<i>Львова Т.Н.</i> Блочно-модульные принципы комплектования электроприводов.....	169
<i>Маджид А.А., Корнилов В.Ю.</i> Повышение энергоэффективности электротехнической системы погружных центробежных насосов на нефтяном месторождении румайла (Ирак) путем внедрения фильтрокомпенсирующих устройств в стационарную структуру электроснабжения.....	171
<i>Малёв Н.А., Малочкин Я.А.</i> Синтез дискретного ких-фильтра методом Паркса-Макклеллана программными средствами MatLab FDAtool	172
<i>Местников Н.П., Нуруллин Э.Г.</i> Разработка децентрализованной системы электроснабжения для объектов сельского хозяйства федерального проекта «дальневосточный гектар» с использованием гибридных станций.....	177
<i>Мисбахов Р.Ш., Федотов А.И., Бахтеев К.Р.</i> Ограничение глубины провалов напряжения путем использования накопителей электроэнергии.....	182
<i>Назмутдинов Б.А, Малёв Н.А.</i> Расчет и моделирование двигателя последовательного возбуждения при гиперболическом характере нагрузки.....	188
<i>Тиен Н., Гильфанов К.Х.</i> Тепловой CFD расчет силового трансформатора ТМ-160/10	193
<i>Погодицкий О.В., Малёв Н.А.</i> Синтез цифровых фильтров высоких порядков.....	197
<i>Рахимов Д.И., Малёв Н.А.</i> Особенности синтеза самонастраивающейся системы управления электропривода с эталонной моделью по градиентному алгоритму.....	205
<i>Роженцова Н.В., Иванова В.Р., Купоросов А.В.</i> Разработка учебно-лабораторного стенда «Автоматизированная система вентиляции».....	209
<i>Рыбушкин Н.А., Афанасьев А.Ю.</i> Гибридная силовая установка транспортного средства.....	210
<i>Сафина Э.М.</i> Модернизация релейной защиты и электрооборудования буровой установки	217
<i>Солдатов А.Ю., Солдатова Е.С., Крыгин А.С.</i> Определение переходного контактного сопротивления методом термоэдс	222
<i>Сунцов И.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Проточный анализатор органических жидкостей методом протонного магнитного резонанса...	227
<i>Ван Т.Ч., Тьн К.Н., Кашаев Р.С.</i> Определение загрязненности воды проточным ПМР-анализатором.....	231
<i>Харисова Л.А., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Повышение эффективности работы частотно-регулируемого электропривода станка-качалки на нефтяном месторождении.....	236
<i>Хусаенов А.Р., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Особенности применения тиристорного преобразователя для регулирования частоты вращения ротора электродвигателя, управляющего насосом бурового станка, по данным измерений вязкости бурового раствора.....	238

Научное издание

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Материалы
IV Национальной научно-практической конференции

6–7 декабря 2018 г.

В двух томах

Том 1

Корректоры: М.М. Надыршина, С.Н. Чемоданова
Компьютерная верстка: И.В. Краснова, Т.И. Лунченкова
Дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 04.12.18.

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 30,92. Уч.-изд. л. 24,05. Тираж 45. Заказ № 5134.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51