

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»

Молодая мысль – развитию энергетики

Материалы IV (XIX) Всероссийской
научно-технической конференции
студентов и магистрантов

22-30 апреля 2019 года

Братск
Издательство Братского государственного университета
2019

УДК 621, 681.5

Молодая мысль – развитию энергетики: материалы IV(XIX) Всероссийской научно-технической конференции студентов и магистрантов. – Братск: Изд-во БрГУ, 2019. – 370 с.

Материалы конференции отражают основные результаты научно-исследовательской работы обучающихся высших учебных заведений России в 2018/19 гг по направлениям подготовки в области энергетики, автоматики, управления и информатики, связи.

Оргкомитет:

*Т.Н. Яковкина, канд. техн. наук, доцент,
и.о. декана факультета энергетики и автоматики
Ю.Н. Булатов, канд. техн. наук, доцент,
зав. кафедрой электроэнергетики и электротехники
А.А. Федяев, докт. техн. наук, профессор,
зав. кафедрой промышленной теплоэнергетики
И.В. Игнатъев, канд. техн. наук, профессор,
зав. кафедрой управление в технических системах
В.Н. Федяева, канд. техн. наук, доцент,
заместитель директора КУИЦ «Иркутскэнерго-БрГУ»*

© ФГБОУ ВО «БрГУ», 2019

УСТАНОВКИ НА БАЗЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	129
Н.А. Краева ВАРИАНТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЛ 35 КВ «СЕДАНОВСКИЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНЫЙ ПУНКТ – БОГУЧАНСКАЯ ГЭС»	132
Т.А. Кузнецова ВЫБОР ВАРИАНТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ 10 КВ «ИЛИМ МОСТ»	138
А.С. Лавыгин, А.А. Царегородцев ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА.....	141
М.С. Маморцев ПРЕДЛОЖЕНИЕ УСТАНОВКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРА НА ГАЛАЧИНСКОЙ КОТЕЛЬНОЙ.....	146
Н.П. Местников РАЗРАБОТКА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНЫХ СТАНЦИЙ.....	149
А.А. Смолярская, Е.В. Новиков ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЯГОВОЙ СЕТИ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ТЯГОВОЙ ПОДСТАЦИИ ЗЯБА.....	156
Е.В. Новиков, А.А. Смолярская ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЫТОВЫХ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ 0,4 КВ.....	162
С.А. Павлов ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТЛА БКЗ-220-100Ф АРТЕМОВСКОЙ ТЭЦ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСПОЛНЕНИЯ ЭКРАНОВ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ.....	165
С.В. Першов АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛКОВ ОЗЕРНЫЙ И НАРАТАЙ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	169
Д.В. Поздеев АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗА.....	174
Е.В. Поэтова, М.А. Подлесская МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ И МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕГО....	178
М.А. Подлесская, Е.В. Поэтова ОПОРЫ ЛЭП, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ, А ТАКЖЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.....	181
А. А. Разуваева ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО В ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ.....	184
И.С. Ромашов ОБОСНОВАНИЕ РАЗРЫВА РАБОЧЕГО НУЛЕВОГО ПРОВОДНИКА ПРИ РЕМОНТЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В СИСТЕМАХ TN-S И TN-C-S.....	189
Д.В. Савченков РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ И ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЁРДЫХ ТОПЛИВ.....	193
Д.А. Секацкий ОПЕРАТИВНЫЙ ВВОД РЕЖИМА В ОБЛАСТЬ ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ В МАТЛАВ.....	196

встает необходимость повышения квалификации персонала в вопросах эксплуатации и обслуживания турбинного оборудования. Тем не менее данное предложение существенно увеличит экономический эффект работы котельной при действующих тарифах энергосистемы. В дальнейшем возможно рассмотреть вопрос установки второго турбоагрегата, так как имеющийся запас мощности позволяет это реализовать.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.А. Шакиров

Н.П. Местников

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, sakhacase@bk.ru*

РАЗРАБОТКА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНЫХ СТАНЦИЙ

Республика Саха (Якутия) (далее – РС(Я)) является уникальным регионом в единой энергетической системе Российской Федерации. Компания ПАО «Якутскэнерго» занимает одно из первых мест в ПАО «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. (1/5 часть России). Свыше 40% территории РС(Я) находится за полярным кругом. [1]

Якутия обладает значительными запасами минеральных ресурсов: алмазов, золота, цветных и благородных металлов; энергоносителей: нефти, газа, урана; крупным гидроэнергетическим потенциалом. [1]

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. рублей, а протяженность пути составляет 500-600 суток и износ ДЭС на 40%-60% в большинстве районов северной части Якутии, несмотря на то,

что на территории РС(Я) за год введутся в эксплуатацию 7 новых ДЭС – автоматизированный вариант. [2]

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.

На период начала 2000-х годов возобновляемые источники энергии начала активно внедряться энергетической компанией АО «Сахаэнерго» в РС(Я). За 17 лет работы компании было построено более 15 единиц солнечных электростанций и 2 единицы ветряных электростанций в Северном и Южном энергетических районах Якутии. Хранение электроэнергии производится абсолютно в Li-ion или карбоновых аккумуляторах. Эксплуатация данных видов аккумуляторов сложна, срок службы от 2 до 8 лет, габариты установок слишком громоздкие и тяжелые, и утилизация отработанных аккумуляторов является сложным технологическим процессом, так как они токсичны для окружающей среды. Самым значительным проектом АО «Сахаэнерго» является постройка солнечной электростанции в пгт. Батагай удельной мощностью 1 МВт. За второе полугодие 2016 года было сэкономлено более 40 тонн дизельного топлива. Данные показатели доказывают топливную эффективность проекта, но экономическая составляющая оставляет желать лучшего, так как срок окупаемости может доходить до 20 лет.

Долгота и периодичность солнечных дней в южной части Якутии наиболее высока, чем на северной части. Например, показатели солнечной радиации составляют $4-5$ кВт*ч/м², продолжительность солнечного сияния 1700-2000 часов в год, суммарная солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность 4400-4800 МДж/м² и сумма солнечной радиации 80-85 ккал/см²*год на южную часть Якутии.

Солнечная энергетика в Республика Саха имеет динамичное развитие в увеличении суммарной мощности генерации преимущественно в населенных пунктах децентрализованного

электроснабжения. В 2016 году в пгт. Батагай была запущена крупнейшая СЭС с удельной мощностью 1 МВт и системой накопления энергии в виде огромного количества Li-ion аккумуляторов. Руководством эксплуатирующей организации АО «Сахаэнерго» планировалось на летний период полностью заменить ими дизель-генераторы с целью уменьшения износа оборудования и экономии ГСМ. Следует отметить, что топливоснабжение отдаленных потребителей производится сложной схемой транспортировки:

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

Охотский Перевоз – сельский населенный пункт, центр 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.

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 тонн натурального топлива и 67,8 тонн условного топлива. Подвод новых ВЛ 35 кВ является экономически нецелесообразным в виду отсутствия стратегических объектов и малого количества населения.

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.

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

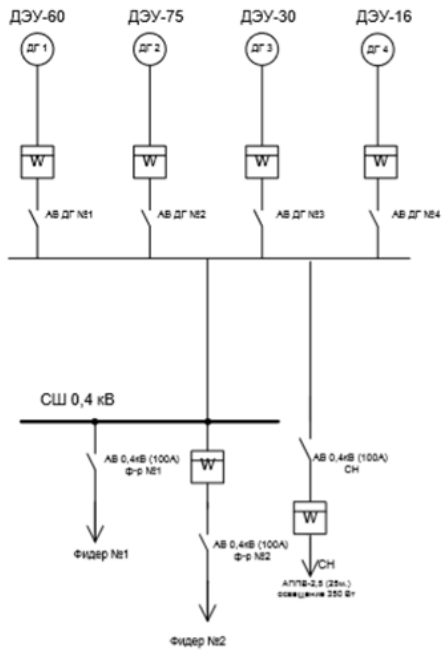


Рис.1. Оперативная схема ДЭС п. Охотский Перевоз

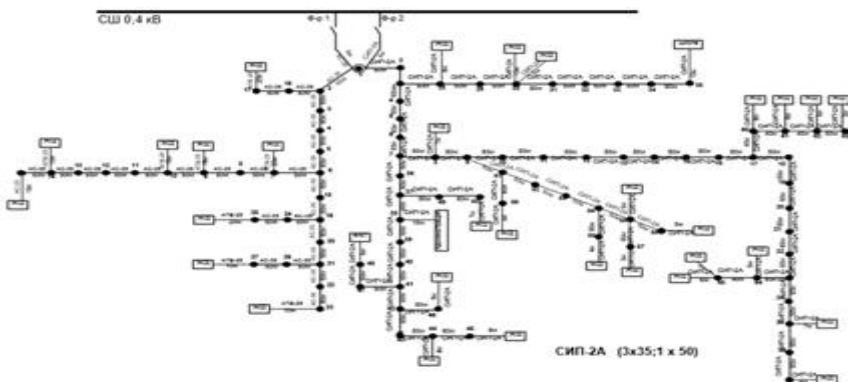


Рис.2. Параметрическая схема ВЛ 0,4 кВ от ДЭС п. Охотский Перевоз

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 от аккумуляторов:

Таблица 1 – Сравнение аккумуляторов и ионисторов

Основные показатели	Ионистор	Li-ion аккумулятор
Время зарядки	1-10 сек	10-60 мин
Количество циклов	1 млн.	500 и выше
Время эксплуатации, лет	15	5
Рабочая температура	от -40 ⁰ С до +65 ⁰ С	от 0 ⁰ С до +65 ⁰ С
Удельная мощность	10 кВт/кг	3 кВт/кг
Цена, тыс.долл/кг	10	1

Далее приводится расчет выработки солнечной электростанции 50 кВт в п. Охотский Перевоз по проектным данным.

$$E_B = E_{инс} * k * \frac{P_{СП}}{P_{инс}}$$

где $P_{СП}$ – мощность солнечных панелей, Вт, E_B – вырабатываемая энергия солнечными панелями, Вт*ч в сутки, $E_{инс}$ – среднемесячная инсоляция кВт*ч/м²/день, $P_{инс}$ – мощность инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре (4250 Вт/ м²), k – коэффициент потерь на заряд – разряд аккумуляторов, преобразование постоянного напряжения в переменное.

$$N_{год} := 149914.2857 \frac{\text{циклов}}{\text{год}}$$

$$N_{раб} := 104219.7802 \frac{\text{циклов}}{\text{год}}$$

$$N_{рас} := 1000000 \text{ циклов}$$

$$C := \frac{N_{рас}}{N_{раб}} = 9.595 \text{ лет}$$

Рис.3. Расчет циклов заряда и разряда

Таблица 2 – Вырабатываемая энергия с учетом ясных, облачных и пасмурных дней

Энергия с учетом ясных, облачных и пасмурных в сутки	Ев, кВт*ч/м ²
Январь	4426,6
Февраль	9025
Март	30447
Апрель	28977,1
Май	23814,4
Июнь	29376,4
Июль	33764,2
Август	25551
Сентябрь	14156,8
Октябрь	5750,7
Ноябрь	3395,9
Декабрь	796,6

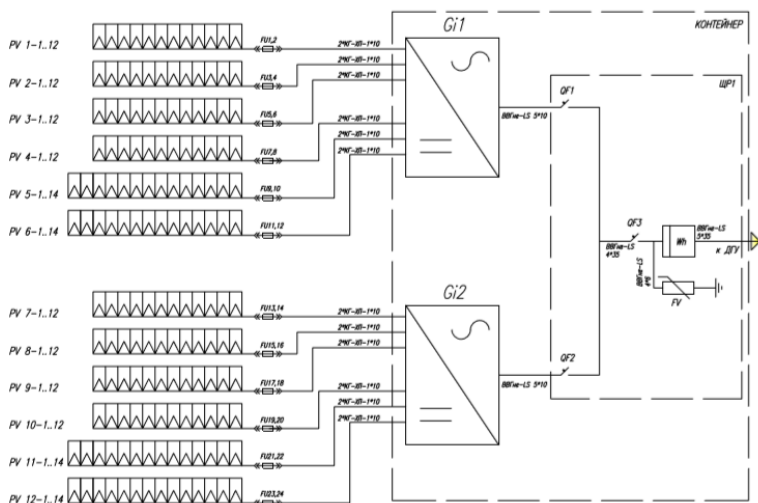


Рис.4. Схема соединения солнечных панелей СЭС-50 кВт в п. Охотский Перевоз

Основными затратами на проект являются приобретение необходимого оборудования с учетом НДС 18%, которые были рассмотрены ранее.

По данным группы внедрения альтернативных источников энергии АО «Сахаэнерго» себестоимость 1 кВт заданной мощности солнечной электростанции в условиях Крайнего Севера составляет от 150 000 до 180 000 рублей/кВт. Итоговый объем затрат на СМР, НДС и пуско-наладочную работу составляет более 8,6 млн. рублей.

С учетом потребления топлива со второй половины февраль по первая половина октября экономия составляет около 30 тонн натурального топлива, согласно ТЭП АО «Сахаэнерго» на 2017 год.

При расчете срока окупаемости проекта были учтены следующие параметры:

- экономия топлива для ДГУ;
- доходы от продажи электроэнергии;
- объемы амортизационных отчислений;
- ставка дисконтирования по ЦБ РФ.

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

Научный руководитель: д.т.н., доцент Э.Г. Нуруллин

Литература:

1. Баскаков А.П., Мунц В.А., Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебник для ВУЗов. – М.: Издательство Дом «БАСТЕТ», 2013. – 368с.
2. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 144с.
3. Константинов А.Ф., Гидроэнергетические установки: учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения по специальности 13.03.02 «Электротехника и электроэнергетика». – Изд-во Якутского университета, 2009. – 171с.
4. Константинов А.Ф., Нетрадиционные энергоисточники Якутии/ Отв.ред.: Бурянина Н.С. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. – 212с.

5. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения: учеб. пособие для студентов ВПО / Б.И. Кудрин. – М: Издательский центр «Академия», 2011. – 352с.

6. Топливо-энергетические показатели АО «Сахаэнерго» за 2017 год.

А.А. Смолярская, Е.В. Новиков

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск,;

smolyarskaya.anzhelika@yandex.ru,;

baikal_77@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЯГОВОЙ СЕТИ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ЗЯБА

Тяговая нагрузка от электрифицированных железных дорог отрицательно сказывается на качестве электроэнергии, вызывая искажение синусоидальности кривой напряжения, а также отклонения по частоте и по напряжению.

Основными источниками гармоник в тяговой сети являются выпрямители и инверторы тяговых подстанций при электрификации на постоянном токе, а на переменном токе – преобразователи электроподвижного состава.

В настоящее время на электрифицированных железных дорогах Братского района эксплуатируют электроподвижной состав с импульсным тиристорным регулированием скорости движения поезда (рис.1). Такое регулирование создает в тяговой сети дополнительный источник влияния в виде гармонических составляющих.

Для получения объективной информации о процессах, происходящих в электрических сетях, питающихся от тяговых подстанций Братского района, авторами статьи была установлена система мониторинга качества электроэнергии. Измерения проводились в нескольких точках в течение двух месяцев непосредственно у бытовых потребителей, получающих электропитание от тяговой подстанции Зяба 35/27,5/10кВ. В результате работы с помощью измерительного комплекса Энергомонитор 3.3Т1 были получены и проанализированы данные о частоте, токах и напряжениях, и оценено влияние тяговой нагрузки на показатели качества электроэнергии.

Научное издание

Молодая мысль – развитию энергетики

Материалы IV (XIX) Всероссийской
научно-технической конференции
студентов и магистрантов
22-30 апреля 2019

Техническое редактирование и компьютерная верстка: *А.В. Струмеляк*

Подписано в печать 13.06.19

Формат 60x84

Печать трафаретная

Уч.-изд. л. 21,1. Усл. печ. л. 21,1

Тираж 100 экз. Заказ ____

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «БрГУ»

665709, Братск, ул. Макаренко, 40