

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство энергетики Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Казанский государственный энергетический университет»
АО «Системный оператор Единой энергетической системы»
Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания
Единой энергетической системы»
Российский национальный комитет международного совета
по большим электрическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ)
Благотворительный фонд «Надежная смена»

**XVI ВСЕРОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ»**

20–21 октября 2021 г.

Материалы конференции

Казань
2022

УДК 621.311.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

М.Ф. Агзамов¹, Э.Ф. Хакимзянов², А.М. Мусина³

^{1,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

²ООО ИЦ «ЭнергоРазвитие», г. Казань

agzamovmf@energo-razvitie.ru

Используемые на сегодняшний день методы для улучшения состояния сетей не имеют возможности формировать технически обоснованные энергоэффективные инвестиционные программы развития и модернизации электрической сети. Показана возможность моделирования систем электроснабжения и предложены варианты модернизации в сетях 0,4 кВ, которые позволяют повысить надёжность электроснабжения потребителей, показатели качества поставляемой электроэнергии, оптимизировать режимы работы электрической сети, повысить пропускную способность и уменьшить пиковую нагрузку сети.

Ключевые слова: моделирование систем электроснабжения, цифровой двойник, показатели качества электрической энергии, модернизация электрических сетей, программный комплекс PSS Sincal, система накопления электрической энергии.

Одним из ключевых вопросов эффективного развития и функционирования энергосистемы, с учетом развития секторов промышленности и социальных объектов, является вопрос совершенствования электрических сетей, а также разработка перспективных моделей их развития. Одновременно повышаются и требования к пропускной способности, надёжности электроснабжения и качеству полученной электрической энергии. Всё перечисленное приведет к использованию цифрового двойника электрических сетей систем электроснабжения. Цифровой двойник электрических сетей – это реализованная в специальном программном обеспечении математическая модель электрических сетей, позволяющая выявлять уязвимые места в энергосистеме при проектировании, в процессе эксплуатации, а также при разработке сценариев развития сети.

В качестве инструмента для проведения моделирования и анализа текущего состояния электрической сети возможно применение программного комплекса PSS®SINCAL. Для определения объема и целесообразности модернизации низковольтных сетей напряжением 0,4 кВ выбрана электрическая сеть, прилегающая к комплектной трансформаторной подстанции (КТП), в которой, по результатам замеров параметров режима отклонение уровня напряжения превышает регламентируемого значения [1].

В результате произведенного расчета установившегося режима с учётом профиля нагрузок работы сети получили максимальное отклонение напряжения от номинального свыше 10 % (см. рисунок). Также в программном комплексе PSS Sincal проведены суммарные расчетные потери электроэнергии в пике нагрузок, которые составили 15 %. Таким образом, данная схема не позволяет обеспечить потребителя электроэнергией требуемого качества, что предполагает необходимость модернизации электрической сети.



Поопорная схема электроснабжения электрической сети
с результатом расчета в ПК

В связи с этим были приняты к рассмотрению варианты повышения качества электроснабжения потребителей участка с дальнейшим изменением математической модели сети: Результаты расчетов, а также ориентировочная стоимость каждого из вариантов модернизации [2] показаны в таблице. Исходя из полученных результатов, сведенных в таблице, а также

анализа преимуществ и недостатков рассматриваемых вариантов систем электроснабжения, наименьшее отклонение напряжения от номинального на наиболее удаленном участке электрической сети имеет решение с применением системы накопления электрической энергии, которая позволяет более гибко реагировать на изменение режимов работы электрической сети.

В настоящее время системы накопления электрической энергии широко применяются для решения различных задач по всему миру. В последнее десятилетие интенсивное развитие технологий преобразования энергии и снижение стоимости аккумуляторных батарей привели к созданию СНЭЭ с такими характеристиками, которые уже сейчас позволяют реализовывать проекты, эффективные с технической точки зрения и целесообразные – с экономической, в Единой энергетической системе России и, особенно, в автономных энергосистемах.

Результаты расчетов ориентировочная стоимость оборудования модернизации электрической сети

Вариант модернизации	Отклонение напряжения от номинального, ΔU , %	Расчетные технические потери, %	Ориентировочная стоимость решения, тыс. руб., без НДС
Реконструкция объектов электросетевого хозяйства	1,75	3,00	8 500,00
Применение индивидуальных столбовых ТП	1,00	1,00	10 000,00
Модернизация сети с применением ВДТ	2,15	5,00	3 500,00
Модернизация сети с применением СНЭ	1,5	2,50	3 500,00
Использование СЭС совместно с СНЭ	1,25	3,50	6 500,00

Система накопления электрической энергии предназначена для накопления, хранения электрической энергии и отдачи её в сеть или нагрузку с целью поддержания функционирования энергосистемы, повышения эффективности её работы и обеспечения требуемого качества электрической энергии. Также, СНЭЭ обеспечивает эффективную интеграцию установок на основе ВИЭ в энергосистему с повышением экономических и технических показателей.

Источники

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. 7 с.

2. Об утверждении укрупненных нормативов цены типовых технологических решений капитального строительства объектов электроэнергетики в части объектов электросетевого хозяйства [Электронный ресурс]: приказ Министерства энергетики РФ от 17 декабря 2019 г. № 10. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 12.09.2021).

3. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. 520 с.