

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента Силина Николая Витальевича на диссертацию Новгородова Никиты Александровича «Способы и алгоритмы управления элементами электрических сетей с целью увеличения их энергоэффективности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) (технические науки)

Представленная к защите диссертационная работа посвящена решению актуальных проблем по разработке эффективных способов и алгоритмов управления оборудованием систем электроснабжения.

Ключевыми задачами, решаемыми в диссертационной работе, являются:

- анализ основных характеристик элементов системы электроснабжения, уровня нагрузок и потерь в них и способов управления элементами электрических сетей;
- разработка алгоритмов работы и технических решений для систем управления элементами электрических сетей;
- исследование влияния параметров нагрузки на процессы коммутации элементов электрических сетей к нагрузке;
- формирование критериев для эффективной коммутации нагрузки к элементам системы электроснабжения.

Актуальность избранной темы

Актуальность работы обусловлена недостаточным использованием на практике принципов и способов управления системами электроснабжения, в частности, элементами электрических сетей, учитывающих режимы работы элементов, их характеристики и влияние параметров окружающей среды. Известно, что на эффективность работы систем электроснабжения существенное влияние оказывают неоптимальность рабочих режимов, отсутствие контроля за характеристиками переходных процессов при коммутациях. Такие сложные технико-экономические проблемы могут быть разрешены путем разработки и внедрения новых способов управления элементами системы электроснабжения, с помощью которых за счет учета режимов работы элементов можно повысить энергоэффективность их работы.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации, получены Новгородовым Н.А. на основе корректного применения теории управления технологическими процессами, теоретических основ электротехники, теории электроснабжения инфраструктуры населенных пунктов, аргументированных подходов и соответствующих методов решения определенных задач в целях получения необходимых результатов. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, находится на уровне, достаточном для кандидатской диссертации.

Достоверность полученных результатов

Достоверность основных научных положений и выводов подтверждается использованием теоретически обоснованных методов анализа основных характеристик, нагрузок и потерь элементов системы электроснабжения, параметров процессов коммутации элементов к нагрузке, применяемых в научных исследованиях, проектировании и эксплуатации. Статистические данные показателей работы элементов системы электроснабжения были получены с использованием устройств измерения и учета, характеристики процесса коммутации нагрузок – с использованием разработанной модели исследования. Выводы и результаты, полученные при выполнении работы, апробированы на конференциях.

Новизна научных результатов, полученных соискателем

Научная новизна полученных результатов заключается в разработанных способах, алгоритмах и устройствах управления работой элементов системы электроснабжения и их коммутацией. Разработаны новые способы снижения потерь электроэнергии в понижающих трансформаторных подстанциях и линиях электропередач, способы уменьшения расхода топлива на дизельных электростанциях. Для снижения потерь от несимметрии нагрузок элементов сети электроснабжения были разработаны алгоритмы и схемы управления работой систем управления.

В работе получены новые результаты по влиянию изменений параметров нагрузки на коммутационные процессы при подключении элементов системы электроснабжения к нагрузке.

Результаты работы защищены двумя патентами на изобретения: № 2432657 «Способ повышения надежности работы понижающей трансформаторной подстанции в распределительных сетях 6(10)/0,4 кВ», № 2706634 «Способ повышения надежности работы системы электроснабжения».

Практическая значимость диссертационной работы

Разработанные программное обеспечение и модели позволяют определить моменты времени коммутации нагрузок в зависимости от изменения параметров нагрузки и сформировать критерии коммутации, с целью повышения энергоэффективности элементов системы электроснабжения.

Разработанные алгоритмы управления коммутацией нагрузок и реализующие их технические решения позволяют снижать потери электрической энергии от несимметрии (в среднем 0,3–1%) и неравномерности нагрузки (0,11–0,71%) в год для двухтрансформаторной ПТП, сэкономить от 4,4 до 119,7 тонн дизельного топлива в год для ДЭС с максимальной мощностью нагрузки (500 – 4500) кВт.

Результаты научных исследований и разработок приняты к внедрению, что подтверждено актом внедрения в производство (Общество с ограниченной ответственностью «ЖилТЭК» п. Снежный Комсомольского района Хабаровского края).

Апробация работы и публикации с результатами, полученными в диссертации

Диссертация имеет достаточную степень апробации. Основные научные результаты и выводы работы заслушаны и одобрены на заседаниях кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» КНАГУ и на ряде международных, всероссийских и региональных конференций.

Основные выводы и предложения по рассматриваемым в диссертации вопросам нашли отражение в 15 печатных работах, из которых: 5 статей опубликованы в журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ; 2 патента на изобретения, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и 6 прочих статей, что соответствует критериям, обозначенным в Положении о присуждении учёных степеней.

Объем и содержание диссертационной работы

Представленная диссертация состоит из введения, пяти глав с выводами, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Диссертация содержит 161 страницу текста с приложениями, включая 51 рисунок и 18 таблиц.

Анализ выполненной диссертационной работы

Во **введении** обоснована актуальность исследования, приведены цель и задачи, научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** рассмотрены и приведены результаты анализа основных характеристик элементов системы электроснабжения: трансформаторных подстанций и трансформаторов, дизель-генераторов и линий электропередач.

Кроме этого, произведен анализ нагрузок и потерь (электроэнергии и топлива для ее выработки) в элементах системы электроснабжения. Анализ выявил довольно большие диапазоны изменений нагрузки всех элементов, имеющие сезонные и суточные закономерности и существенные случайные колебания нагрузок и несимметрию токов нагрузки, обусловленные коммутацией потребителей электрической энергии. Неравномерность и несимметрия нагрузок вызывают увеличение потерь электроэнергии в ПТП и линиях электропередач и топлива на ее выработку в ДГ на ДЭС.

Во **второй главе** рассмотрены существующие способы управления работой элементов системы электроснабжения. В результате анализа выявлено, что типовые методы и способы управления не в состоянии существенно снизить потери от неравномерности и несимметрии нагрузок элементов электросети, а также потери вследствие увеличения тока и напряжения в ходе переходных процессов при частой коммутации выключателей, коммутирующих нагрузку к элементам.

Определена целесообразность создания новых способов и реализующих их алгоритмов и технических решений при реализации систем управления работой элементов системы электроснабжения, которые учитывали бы возможность подстройки собственных характеристик под реальные режимы работы оборудования и условия окружающей среды. Выявлена актуальность проведения исследований по влиянию изменений параметров элементов и их нагрузок на коммутационные процессы и определению критериев осуществления наиболее эффективной коммутации.

В **третьей главе** изложены результаты проведенного исследования переходных процессов на разработанной виртуальной модели однострансформаторной ПТП. По результатам исследования установлено, что за счет выбора момента включения полюсов выключателей нагрузки элементов системы электроснабжения (каждого в отдельности) возможно добиться минимальных значений роста тока переходного процесса. Выявлено сильное

влияние роста уровня неравномерности и несимметрии нагрузки на увеличение тока переходного процесса (в пределах от 1 до 41 % и в 2 и более раза соответственно). Увеличение уровня реактивной нагрузки также приводит к росту токов переходных процессов в 8 и более раз.

Оценка влияния параметров трансформатора на переходные процессы показала однозначный рост тока переходного процесса при повышении номинальных мощностей ПТП и неоднозначность в выборе схемы соединения обмоток ПТ, хотя в 70 % рассмотренных случаев схема соединения Δ -Y0 показывает в 1,4 раза меньшие значения токов переходных процессов.

В **четвертой главе** представлены разработанные технические решения, реализующие новые способы управления элементами электрических сетей. Предложенная схема управления переключением ПТ в ПТП позволяет снизить потери в ПТ от несимметрии нагрузок, учитывая изменения характеристик коммутационного оборудования. Система управления ДГ в ДЭС позволяет снижать расход топлива на выработку электрической энергии за счет прогнозирования изменения характеристик ДГ. Техническое решение системы управления переключением нагрузок линии электропередач предназначено для снижения потерь от несимметрии их нагрузок путем переключения однофазных нагрузок между фазами.

В **пятой главе** показаны алгоритмы разработанных систем управления и оценена экономическая целесообразность их применения. Алгоритмы систем управления ПТП и линий электропередач позволяют снижать потери от несимметрии нагрузок, уменьшать токи переходных процессов при коммутации нагрузки к ПТ (в случае двух ПТ дополнительно – снижать потери от неравномерности нагружения ПТП). Алгоритм системы управления ДГ в ДЭС позволяет снизить расходы топлива на выработку электрической энергии путем переключения ДГ в зависимости от нагрузки ДЭС в целом. Оценка экономической целесообразности применения систем управления показала достаточную экономию электрической энергии и топлива для ее выработки с величиной срока окупаемости внедрения в диапазоне 1–4,7 года.

В **заключении** сформулированы полученные результаты и выводы по диссертационной работе.

В приложениях представлены полные алгоритмы разработанных систем управления элементами сети электроснабжения и акт внедрения результатов исследования в производство.

Поставленная автором цель работы достигнута. Диссертация выполнена на высоком научно-исследовательском уровне, написана технически грамотным языком, имеет логичную и связную структуру. Изложенные материалы сопровождаются достаточным количеством иллюстраций. Обзор литературы,

проведенный в диссертационной работе, достаточно подробный и качественный. Диссертация автора является завершенной научно-квалификационной работой.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы и включает краткое описание основных материалов диссертации, результаты исследования и выводы по работе.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011

Диссертация и автореферат полностью соответствуют ГОСТ Р 7.0.11-2011, имеют регламентированную структуру и правильно оформленный список литературы.

Замечания по диссертации

1. Перечень задач, на решение которых направлены исследования, позволяют сделать вывод, что автор в первую очередь ставит целью работы разработку эффективных способов и алгоритмов управления оборудованием систем электроснабжения. Следствием решения поставленных задач станет снижение потерь электроэнергии, а также расхода топлива на электростанциях, как указано в положениях, выносимых на защиту. Считаю целесообразным автору скорректировать цель, более тщательно расставить акценты в положениях, выносимых на защиту, а также практической значимости работы.
2. В паспорте специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) (технические науки) отмечено, что « актуальность развития проблемной области данной специальности и ее народнохозяйственное значение обусловлено ростом масштабов работ по интенсификации и компьютеризации технологического производства и комплексной автоматизации производства и интегрированного управления функционированием как сетью технологических процессов, так и отдельным предприятием и целой отраслью народного хозяйства. В связи с этим автору следует отразить связь тематики исследований и результатов работы с областями исследований, перечисленных в паспорте специальности.

3. В заключении отсутствуют перспективы продолжения работы и внедрения результатов в системах электроснабжения Хабаровского края и Дальнего Востока.
4. В работе не упоминаются и отсутствует анализ перегрузочных и аварийных режимов.
5. На странице 26 диссертации приведена формула для упрощенного метода определения КПД ПТ. Из дальнейшего повествования неясно насколько она точна.
6. На страницах 30–31 диссертации упомянуты используемые для дальнейшего расчета зависимости относительного КПД ДГ и относительного удельного расхода топлива на выработку электроэнергии, полученные по результатам заводских испытаний. Из работы не ясно насколько правильно использовать данные зависимости для ДГ, отработавших определенный ресурс.
7. В главе 3 рассмотрено исследование и анализ влияния изменений параметров нагрузки и трансформатора на переходные процессы при коммутации к нему нагрузок. Отсутствуют результаты исследования влияния роста токов и перенапряжений в ходе коммутаций на потери электроэнергии в ПТП.
8. В пункте 4.4 (рисунок 4.5) было указано, что в системе управления работой ЛЭП применяются приемопередающие устройства. Далее, в пункте 5.4 представлен алгоритм системы управления переключением нагрузок линий электропередач. Из пункта не ясна специфика применения подобных устройств и ее влияние на реализацию алгоритма системы управления работой ЛЭП.

Заключение

Приведенные замечания не снижают ценности диссертационной работы и не затрагивают ее основного содержания, выводов и рекомендаций.

Диссертация Новгородова Н.А. посвящена актуальной проблеме повышения энергоэффективности системы электроснабжения России, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация имеет прикладной характер. Результаты и технические решения, полученные в ней, аргументированы при сравнении с другими работами и могут быть использованы в целях снижения потерь в элементах системы электроснабжения.

Основные результаты исследований опубликованы в 11 статьях в научных журналах, 5 из которых входят в перечень рецензируемых ВАК РФ научных изданий. Результаты научных работ, полученные Новгородовым Н.А. лично или в

соавторстве, отражены в тексте диссертации. На материалы других авторов, присутствующие в диссертации, имеются ссылки на источники заимствования.

Диссертационная работа по актуальности тематики, степени научной новизны, объему выполненных исследований и их практической ценности соответствует требованиям п. 9 – 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842», предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор Новгородов Никита Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) (технические науки).

Официальный оппонент доктор технических наук, доцент, профессор департамента «Энергетические системы» Политехнического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»

Силин Николай Витальевич


(подпись)

«27» июля 2021 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет».

Почтовый адрес: 690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10.

Телефон: 8(423)265-24-29; 8(423)243-34-72.

Электронная почта: rectorat@dvfu.ru.

Сайт: <http://dvfu.ru>.

П
У
К
Д

