

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «National Research Tomsk Polytechnic University» (TPU)
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia Tel. +7-3822-606333, +7-3822-701779, Fax +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations): 02069303, Company Number: 027000890168, VAT/KPP (Code of Reason for Registration) 7018007264/701701001, BIC 046902001

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ) Ленина, пр., д. 30, г. Томск, 634050, Россия тел.:+7-3822-606333, +7-3822-701779, факс +7-3822-606444, e-mail: Łрu@tpu.ru, tpu.ru ОКПО 02069303, ОГРН 1027000890168, ИНН/КПП 7018007264/701701001, БИК 046902001

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

ОБРАЗОВАТЬ

ОБРАЗОВАТЬНЫЙ

ОБРАЗОВАТЬНЫ

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет», доктор технических наук,

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на диссертацию Петрова Вячеслава Валерьевича на тему: «Разработка методик управления транспортом электроэнергии в пределах заданной пропускной способности сетевых элементов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 — Электрические станции и электроэнергетические системы.

1. Актуальность темы диссертации

Диссертация посвящена совершенствованию методик оперативного управления режимами энергосистем, использующих регулирующие эффекты нагрузки по напряжению. Решение этой задачи позволит расширить арсенал, имеющихся в распоряжении диспетчера средств управления режимом, и, в

конечном итоге, повысить надежность и эффективность функционирования энергосистем. Таким образом, тема диссертации является актуальной.

2. Структура, объем и содержание работы

Диссертация состоит из введения, трех разделов и заключения, изложенных на 157 страницах машинописного текста. Содержит 26 рисунков, 45 таблиц, список использованных источников из 85 наименований и пять приложений на 14 страницах.

Во введении показана актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели, объект и предмет исследования, поставлены задачи проведения исследований, приведены научная и практическая значимость результатов исследований.

В главе 1 проведен анализ задач, решаемых при оперативном управлении режимами энергосистем, а именно: рассмотрены причины возникновения аварий, варианты развития аварийных процессов. Особое внимание уделено развитию каскадных аварий, критериям оценки режимов энергосистем и описанию противоаварийных мероприятий по разгрузке межсистемных связей. На основе анализа крупных аварий в мировых энергосистемах показана актуальность совершенствования методик оперативного управления электрическими режимами. Исследованы процессы ликвидации аварий оперативным энергосистем, а также литературные источники по теме диссертации, сделан вывод о том, что методы управления утяжелёнными режимами, основанные на использовании регулирующих эффектов нагрузки по напряжению, требуют дальнейшего совершенствования.

В главе 2 приведены теоретические сведения о статических характеристиках нагрузки по напряжению для разных электроприемников. Рассмотрены примеры

определения статических характеристик нагрузки на реальных объектах энергетики. На основании рассмотренных примеров сделан вывод о тенденциях изменения электропотребления в зависимости от значения регулирующих эффектов нагрузки. Достаточно чётко сформирован алгоритм оптимизации, позволяющий снизить загрузку межсистемной линии электропередачи за счет изменения напряжения на шинах электростанции и коэффициента трансформации системной подстанции, даны рекомендации применения регулирующих эффектов нагрузки для решения задач планирования и управления утяжеленными режимами.

В главе 3 представлены теоретические сведения о моделях элементов электрических сетей. Разработаны модель тестовой энергосистемы, а также модель части Самарской энергосистемы. По разработанным методикам управления режимами с применением созданного в главе 2 алгоритма оптимизации произведены расчеты режимов. Регулирующие эффекты нагрузки учтены дополнительными функциями, отражающими зависимость потребляемой активной и реактивной мощностей в зависимости от питающего напряжения.

В заключении приведены результаты диссертационной работы, показывающие эффективность методик по разгрузке межсистемных линий электропередачи, использующих регулирующий эффект нагрузки по напряжению.

3. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Диссертация соответствует пункту 10 «Теоретический анализ и расчетные исследования по транспорту электроэнергии переменным и постоянным током, включая проблему повышения пропускной способности транспортных каналов», паспорта специальности 05.14.02 — Электрические станции и электроэнергетические системы.

4. Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

5. Научная новизна полученных результатов

Полученные в диссертационной работе результаты являются новыми и могут быть классифицированы как изложение научно-обоснованных технических решений.

Определены возможности использования регулирующего эффекта нагрузки для управления утяжелёнными режимами.

Разработаны алгоритмы, с помощью которых можно определить напряжение в балансирующем по реактивной мощности узле, а также значение коэффициента трансформации подстанции, осуществляющей связь с внешней энергосистемой, при которых будет достигаться разгрузка межсистемной связи с учетом заданных ограничений.

Предложены усовершенствованные методики управления транспортом электроэнергии, использующие регулирующий эффект нагрузки по напряжению, которые позволяют разгрузить межсистемную связь, без применения ограничений выдачи мощности потребителям.

6. Практическая значимость

Цель и поставленные задачи изложены корректно и доведены до практической реализации. На основании теоретических исследований и математического моделирования разработаны оптимизационные алгоритмы и усовершенствованы методики управления транспортом электроэнергии.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов

Результаты работы могут быть рекомендованы для решения задач предотвращения развития и ликвидации перегрузок межсистемных связей в АО «СО ЕЭС» и ПАО «Россети».

Предложенные автором методики ввода сальдо-перетока активной мощности в область допустимых значений могут быть использованы в практике оперативного управления электрическими режимами энергосистем.

Отдельные элементы диссертации, после соответствующей методической доработки, рекомендуется использовать в образовательных учреждения высшего образования, ведущих подготовку бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

8. Замечания по диссертации

По главе 2

- 1. Вторая общеизвестные третья главы диссертации содержат заимствованные материалы, которые следовало бы отразить в обзорной главе. На странице 46 автор утверждает, что «потребляемая дуговыми печами нагрузка обычно чисто активная и пропорциональна квадрату напряжения сети». Этому утверждению формула (2.6) не соответствует. В таблицах 2.2 и 2.3 приведены значения изменения потребления активной и реактивной мощностей. В процентах от каких величин эти значения получены? Не понятно так же, на каком основании сделан вывод об изменении потребляемой мощности в зависимости регулирующих эффектов нагрузки на странице 58.
- 2. Остановка оптимизационного алгоритма в случае нарушения одного любого из заданных ограничений, представляется не самым эффективным решением. Соискателю следовало бы предусмотреть возможность продолжения работы алгоритма оптимизации с фиксацией этого параметра на граничном уровне.

- 3. В описании алгоритма решения оптимизационной задачи в автореферате, во второй главе и Приложении 2 диссертации отсутствует упоминание об учете статических характеристик нагрузки. Такое упоминание встречается только в третьей главе при описании практического примера, что является существенным отличием рассмотренного примера от алгоритма оптимизации, выносимого на защиту.
- 4. Отсутствуют анализ и критерии сходимости итерационного процесса.
- 5. Во второй главе диссертации и в автореферате указано, что снижение перетока активной мощности и токовой загрузки контролируемого сечения происходит при условии *Uсвязи*=const. Не вполне понятно, о каком именно напряжении идет речь, и чем достигается его неизменность?

По главе 3

- 6. Рисунок 3.4 не корректен, а рисунок 3.6 принципиальной схемой не является. Оформление «Принципиальной схемы Самарской электроэнергетической системы», представленной в Приложении 1 не соответствует требованиям, предъявляемым к оформлению графических схем.
- 7. Мощность, потребляемая нагрузкой, является не только функцией напряжения и частоты, но также и функцией времени. Каким образом в предложенной методике оперативного управления учтены адаптационные эффекты нагрузки?
- 8. Не указано, на каком основании задавались коэффициенты статических характеристик нагрузки в узлах нагрузки Самарской энергосистемы.
- 9. В модели тестовой энергосистемы без должного обоснования не учтены поперечные проводимости, линий электропередачи и ветви намагничивания трансформатора, перетоки в которых зависят от квадрата напряжения. Учитывая, что модель разработана для анализа влияния уровня напряжения на перетоки мощности, её адекватность вызывает сомнение.

- 10. Решение задачи ввода сальдо-перетока активной мощности в контролируемом сечении Самарской энергосистемы в область допустимых значений потребовало адаптации предложенной методики. Можно ли считать предложенную методику универсальной?
- 11. Список литературных источников следовало бы дополнить новыми методическими указаниями по устойчивости энергосистем от 29 августа 2018 года.

Указанные замечания не снижают ценность и общую положительную оценку диссертационной работы, не влияют на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных положений, вынесенных соискателем на защиту.

9. Форма изложения материала

Представленная диссертация полностью соответствует требованиям ВАК Российской Федерации. Стиль изложения научной работы соответствует требованиям к научным работам. По теме диссертации опубликовано три статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций и две статьи в профильных журналах. Работа апробирована на международных конференциях 2014-2018 гг.

10. Общее заключение по диссертационной работе

Диссертация Петрова Вячеслава Валерьевича соответствует паспорту научной специальности 05.14.02 – Электрические станция и электроэнергетические системы, внутреннее единство И является законченной научноквалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические решения, направление совершенствование на методик оперативного управления электрическими режимами энергосистем.

Диссертация соответствует требованиям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями, внесенными постановлением Правительства Российской федерации от 21 апреля 2016 н. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней»), а её автор, Петров Вячеслав Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.14.02 — Электрические станции и электроэнергетические системы.

Отзыв на диссертацию и автореферат В. В. Петрова составлен на основании заключения отделения электроэнергетики и электротехники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по результатам рассмотрения на заседании от «22» августа 2019 г., протокол № 1.

И.о. руководителя отделения Электроэнергетики и электротехники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» к.т.н., доцент 630073, г. Томск, ул. Усова, 7, офис 214 ИШЭ, ОЭЭ Тел: +7 (3822) 701-777 (доб. 1959)

Тел: +7 (3822) 701-777 (доб. 1959) e-mail; <u>ivashutenko@tpu.ru</u>

Профессор отделения Электроэнергетики и электротехники д.т.н., профессор e-mail; serob99@mail.ru

Доцент отделения Электроэнергетики и электротехники к.т.н., доцент e-mail; pank@tpu.ru

Доцент отделения Электроэнергетики и электротехники к.т.н., доцент e-mail; batsevan@tpu.ru

Подписи заверяю: Учёный секретарь ТПУ _A.С. Ивашутенко
Ивашутенко Александр Сергеевич

__С.Г. Обухов

Обухов Сергей Геннадьевич

А.В. Панкратов

Панкратов Алексей Владимирович

Н.Л. Бацева

Бацева Наталья Ленмировна

О.А. Ананьева