

## ОТЗЫВ

официального оппонента – доктора технических наук, профессора  
*Фишова Александра Георгиевича* на диссертационную работу  
*Люханова Егора Анатольевича*  
на тему «*Совершенствование методов определения статических характеристик нагрузки и оценка их влияния на экономические показатели электросетевых компаний*»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика

### 1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Эффективность централизованной системы энергоснабжения в России как по надежности, качеству электроэнергии, ее доступности во многом определяется электрическими сетями, в т.ч. распределительными. В стоимости электроэнергии сетевая составляющая может достигать 50%, при этом износ основных фондов 60-70%. Уровень напряжения в сети затрагивает как интересы сетевой компании, так и потребителей, т.к. повышенное напряжение, как правило, экономически выгодно сетевой компании, а напряжение на уровне номинального и чуть ниже – потребителям.

Эти обстоятельства актуализируют работы, направленные на повышение экономической эффективности деятельности сетевых компаний, в том числе на эффективность планирования и регулирования напряжения и баланса реактивной мощности, поиска компромиссов в разрешении конфликтов. Выполненное исследование способствует пониманию влияния регулирования напряжения на экономическое состояние сетевых компаний и конфликт интересов поставщиков и потребителей услуг в этой области, поэтому актуальность темы диссертационного исследования Люханова Е.А. не вызывает сомнений.

Анализ достижений российских и зарубежных ученых в рассматриваемой научной области позволил соискателю сформулировать цель и осуществить постановку конкретных задач для своего диссертационного исследования.

*Целью диссертационной работы является совершенствование методов определения СХН, обоснование и экспериментальная оценка степени влияния СХН на величину полезного отпуска и потерь мощности (энергии) при регулировании напряжения в электрической сети.*

*Объектом исследования являются режимы распределительных электрических сетей, характеристики их элементов работы и электрической сети в целом.*

*Предметом исследования являются статические характеристики нагрузки по напряжению, их модели, влияние на полезный отпуск, технические потери и интегральные экономические показатели электросетевых организаций.*

## **2. НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ**

В диссертационной работе решена важная научно-техническая задача, заключающаяся в разработке методов получения актуальных статических характеристик нагрузки, исследовании их влияния на эффективность работы электросетевых компаний.

*Научной новизной* в представленной Люхановым Е.А. диссертационной работе обладают следующие результаты:

- Разработанный метод идентификации коэффициентов СХН на основе использования приращений напряжений и мощностей, применительно к обработке данных активных и пассивных экспериментов.
- Предложенный метод экстраполяции коэффициентов СХН на расширенные диапазоны напряжений.
- Результаты анализа экономической эффективности регулирования напряжения в электрических сетях при вариациях СХН.

*Личный вклад соискателя* состоит в разработке и программной реализации предложенных методов идентификации СХН, обработке экспериментальных данных, полученных на реальных объектах при его непосредственном участии, исследовании влияния СХН на полезный отпуск и потери мощности и энергии в электрических сетях, показатели экономической эффективности сетевой организации при регулировании напряжения.

## **3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

*Теоретическая ценность* полученных в рамках диссертационного исследования результатов заключается в решении научно-технической задачи повышения эффективности планирования и регулирования режимов электрических сетей по напряжению путем использования современных моделей статических характеристик нагрузки по напряжению.

*Практическая значимость* полученных результатов заключается в снижении потерь электроэнергии и повышении экономической эффективности электросетевых компаний при планировании и регулировании напряжения в электрических сетях.

## **4. ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ВЫВОДОВ, ПОЛОЖЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ**

*Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций* подтверждается корректным использованием методов математического моделирования при обработке экспериментальных данных, проведении вычислительных экспериментов.

*Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций* подтверждается получением в результате экспериментов на реальных объектах

с участием автора данных для построения моделей СХН, проведении вычислительных экспериментов на тестовых схемах распределительных электрических сетей ПАО «Россети Урал», сравнением результатов с имеющимися в других работах и нормативных документах.

Представленные в диссертационной работе основные научные положения, выводы по главам, заключительные выводы и рекомендации являются в целом обоснованными.

## **5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ДИССЕРТАЦИИ УСТАНОВЛЕННЫМ КРИТЕРИЯМ**

Диссертационная работа Люханова Е.А. отвечает критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», утвержденного Приказом ректора ФГАОУ ВО УрФУ от 8 мая 2024 г. №450/03. В ней соблюдены следующие требования соответствия:

5.1. *Указанная соискателем цель работы* – совершенствование методов определения СХН, обоснование и экспериментальная оценка степени влияния СХН на величину полезного отпуска и потерь мощности (энергии) при регулировании напряжения в электрической сети – достигнута. В целом диссертационная работа является законченной научно-квалифицированной работой, так как содержит решение научной и практической задачи, имеющей важное значение для развития электроэнергетики страны в части повышения энергоэффективности при передаче и распределении электроэнергии (п. 9).

5.2. Диссертация написана соискателем самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе ее автора в науку. У соискателя имеется акт о внедрении результатов диссертационной работы в учебный процесс кафедры «Автоматизированные электрические системы» Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Предложенные соискателем научно-практические решения аргументированы и сопоставлены с результатами экспериментальных и аналитических исследований других авторов (п. 10).

5.3. *Основные результаты диссертационной работы* Люханова Е.А. представлены в 5 опубликованных работах, в том числе 4 в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах цитирования Scopus и WoS и 1 в издании, индексируемом ВАК РФ, обсуждались на международной научной конференции (п.п. 11-13).

5.4. В диссертационной работе Люханова Е.А. сделаны необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов научной деятельности (п. 14).

5.5. Тема и содержание диссертационной работы Люханова Е.А. соответствует паспорту научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика по следующим пунктам:

- п.10. «Разработка цифровых и физических методов анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций, электрических сетей и систем электроснабжения».

- п. 14 – «Разработка методов расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, разработка методов управления режимами их работы»;

- п. 19. Разработка методов и устройств контроля, анализа и управления качеством электроэнергии.

## **6. АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ**

*Диссертационная работа Люханова Е.А.. состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 112 наименований и 1 приложения. Содержит 138 страниц, 57 рисунков и 23 таблиц.*

*Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы ее цель и задачи, представлены научная новизна и практическая значимость результатов, выносимые на защиту положения.*

*В первой главе «Обзор существующих моделей нагрузки и методов их идентификации» представлен обзор моделей СХН, основных подходов и методов их определения. Структурирован процесс идентификации коэффициентов СХН.*

*Во второй главе «Совершенствование методов определения статических характеристик нагрузки» представлен разработанный метод получения коэффициентов СХН на основе приращений напряжений и мощностей для интервалов времени по данным измерений. Приведены математическое обоснование, процедура расчёта и верификации коэффициентов СХН нагрузки по результатам интервальной оценки РЭН на основе измерений мощности и напряжений в активных и пассивных экспериментах, полученные значения коэффициентов СХН единичных электроприемников и комплексных узлов нагрузки распределительной электрической сети.*

*В третьей главе «Влияния СХН на технические потери при регулировании напряжения в распределительной электрической сети» представлены результаты исследования влияния СХН на полезный отпуск и технические потери энергии при регулировании напряжения в распределительной электрической сети.*

*В четвертой главе «Оценка экономической эффективности регулирования напряжения в распределительных сетях с учетом СХН» представлены результаты исследования экономической эффективности регулирования напряжения при вариации коэффициентов СХН.*

**В заключении** обобщены результаты, полученные в рамках

диссертационной работы, которые показывают, что поставленные задачи были выполнены в полном объеме, а также то, что их решение позволяет обеспечить повышение энергетической и экономической эффективности деятельности сетевых компаний путем более качественного планирования режимов и регулирования напряжения распределительных электрических сетей с учетом СХН.

## 7. ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ

При ознакомлении с диссертационной работой и авторефератом:

1. Стремление потребителей противостоять желанию СК использовать повышенное напряжение для получения собственной выгоды порождает использование ими, так называемых, нормализаторов напряжения, обеспечивающих удержание напряжения в диапазоне 0.95-1.0 от номинального, как при повышенном, так и при пониженном напряжении в сети.

В таких узлах СХН радикально меняются, вплоть до отрицательных значений РЭН, что позволяет говорить о тенденции качественного изменения СХН нагрузки и о необходимости его учета при управлении.

2. В п.2 научной новизны говорится, что предложен и опробован способ экстраполяции... Как правило, понятие «способ» относится к материальной деятельности. Правильнее говорить и методе или методике, тем более что, если предложен способ, то желательно оформить его как объект интеллектуальной собственности (изобретение).

3. В работе исследованы только пассивные электрические сети, хотя отмечаются и тенденции их развития, в т.ч. превращения в активные с распределенной малой генерацией, что существенно меняет представление о регулировании напряжения в сетях.

4. В работе рассматриваются исключительно СХН при условии постоянства частоты. В распределительных электрических сетях изолированно работающих энергосистем, а также локальных энергосистемах малой мощности этого недостаточно, т.к. режим в общем случае характеризуется, как отклонением напряжений, так и частоты.

5. В работе не представлена возможность использования регистраций событий с возникновением (при отключениях, повторных включениях) значительных снижений и повышений напряжений для оценки СХН на значительных интервалах отклонений, а также достоверизации аппроксимирующих моделей.

6. Формулировки в положениях, выносимых на защиту, не выражают сути положений, а являются лишь перечислением результатов исследования и разработки.

7. В работе ставится и обсуждается задача типизации СХН, однако ее решения не представлено.

8. В тексте работы имеются в небольшом количестве некоторые неточности и опечатки, например, «проставленную на рисунке», вместо представленную на рисунке (раздел 3.2), константная мощность вместо постоянная мощность.

Приведенные замечания и вопросы не снижают высокой положительной оценки диссертационной работы, поскольку существенно не влияют на основные выводы, а также полученные научные и практические результаты.

## 8. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Люханова Е.А. является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, обладающей актуальностью, научной новизны, теоретической и практической значимостью полученных результатов. В диссертационной работе решена важная научная и практическая задача, заключающаяся в повышении эффективности деятельности электросетевых компаний путем разработки актуальных моделей СХН нагрузки и их использования при планировании и регулировании напряжения в распределительных электрических сетях.

Полученные соискателем результаты базируются на корректном использовании методов математического моделирования режимов электрических сетей, получении и обработки экспериментальных данных, что позволяет сделать вывод о соответствии диссертационной работы паспорту научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

Содержание диссертационной работы подробно отражает последовательность решения поставленных задач. Текст диссертационной работы изложен грамотным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы диссертационного исследования представлены в объеме, достаточном для понимания, доступно и репрезентативно. Сделанные в работе выводы и сформулированные рекомендации аргументированы.

Автореферат диссертации Люханова Е.А. соответствует диссертационной работе по основным квалификационным признакам: цель, задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы Люханова Е.А. изложены с достаточной полнотой в 5 печатных научных работах, в том числе: 1 статья в рецензируемых научных журналах (из перечня ВАК РФ); 4 в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах цитирования Scopus и WoS.

В целом диссертационная работа Люханова Е.А. на тему *«Совершенствование методов определения статических характеристик нагрузки и оценка их влияния на экономические показатели электросетевых компаний»*, представленная на соискание ученой степени кандидата

технических наук является актуальной, обладает научной новизной и практической значимостью полученных результатов, соответствует паспорту научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, направленной на разработку современных моделей нагрузки и их использования при планировании и управлении режимами распределительных электрических сетей, имеет важное значение для развития электроэнергетики страны.

По своему теоретическому уровню и практическому значению она соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», утвержденного Приказом ректора ФГАОУ ВО УрФУ от 8 мая 2024 г. №450/03, а ее автор, Люханов Егор Анатольевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

#### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Автоматизированные  
Электроэнергетические системы»



Александр Георгиевич Фишов

\_\_\_06\_\_\_ ноября 2024 г.

Тел. (моб): +7(913) 937-01-16

E-mail: [agfishov@yandex.ru](mailto:agfishov@yandex.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ)

Адрес: Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20

Телефоны: +7 (383) 346 08 43 (общий отдел), +7(383) 346 50 01 (приемная ректора)

E-mail: [rector@nstu.ru](mailto:rector@nstu.ru), Web-сайт: <https://www.nstu.ru>

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ НГТУ  
ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК,  
ПРОФЕССОР  
ШУМСКИЙ В.В.

