

## ОТЗЫВ

официального оппонента – кандидата технических наук, доцента, доцента  
кафедры электрических систем Кулешова Анатолия Ивановича  
на диссертационную работу

Тавлинцева Александра Сергеевича на тему «Развитие методов  
идентификации статических характеристик комплексного узла нагрузки»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.14.02 – «Электрические станции  
и электроэнергетические системы»

### 1. Актуальность темы

Оценка параметров установившегося режима электрической сети является одной из ключевых задач при анализе режимной надёжности энергосистем и оценке запасов пропускной способности сетевых элементов. Существенное влияние на оценку точность моделирования электрической сети оказывают математические модели нагрузок узлов. Такие модели называются статические характеристики нагрузки (СХН). Повышение степени автоматизации процесса определения СХН по данным измерений позволяет в значительной степени снизить трудоёмкость анализа данных измерений.

Постоянный рост требований к точности оценки параметров установившегося режима приводит к необходимости использования различных СХН для разных моментов времени. Существующие, на сегодняшний день, методы определения СХН не позволяют выполнять анализ на большой ретроспективе (месяцы и годы) и выявлять интервалы времени с различным составом и режимом работы единичных электроприёмников в составе узла комплексной нагрузки. Это значительно осложняет или делает невозможным использование различных СХН на разных расчётных интервалах времени в каждом узле комплексной нагрузки.

В представленной диссертационной работе рассматривается актуальная проблема автоматизации процесса по определению СХН, с учётом

изменчивости включенного состава и режимов работы единичных электроприёмников в составе комплексного узла нагрузки. Ожидаемые результаты исследования имеют важное научно-техническое и технико-экономическое значение.

## **2. Новизна исследований и полученных результатов**

В диссертационной работе описаны основные трудности определения математической модели нагрузки на основе анализа экспериментальных данных. Представлен способ анализа графиков нагрузки для выявления близких режимов работы электроприёмников, входящих в состав комплексного узла нагрузки. Предложены и экспериментально апробированы статистические алгоритмы оценки коэффициентов СХН.

В диссертационной работе получены следующие имеющие научную значимость результаты:

– Сформулировано новое понятие «статистически равновесные состояния нагрузки», которое расширяет существующий термин «интервалы стационарности нагрузки».

– Предложены подходы для выявления интервалов времени с близким включенным составом и режимом работы единичных электроприёмников в составе комплексного узла нагрузки.

– Предложены алгоритмы для автоматизированной оценки коэффициентов СХН на основе данных измерений параметров установившегося режима.

– Представлен способ определения СХН на основе данных текущих телеизмерений.

### **3. Теоретическая и практическая значимость и реализация результатов**

Практическая значимость данной работы заключается в предложении алгоритмов, позволяющих автоматизировать процесс обработки данных измерений для определения СХН. Это может привести к расширению возможностей по обработке данных текущих измерений параметров установившегося режима для получения более точных СХН, а также их актуализации и верификации.

Теоретическая значимость работы заключается в предложенном способе выявления интервалов с близким включенным составом и режимом работы единичных электроприёмников в составе комплексного узла нагрузки.

### **4. Обоснованность и достоверность научных выводов, положений и рекомендаций**

Обоснованность и достоверность научных выводов обеспечивается за счет корректного использования доступных математических методов в рамках теории математической статистики, использованием стандартной среды программирования и общепризнанных инструментов моделирования электроэнергетических систем, а также сходимостью теоретических и экспериментальных результатов исследования.

В публикациях автора достаточно полно отражены основные результаты данной диссертационной работы.

### **5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям**

Диссертационная работа Тавлинцева А. С. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842. В диссертации соблюдены следующие принципы соответствия:

5.1. Указанная диссертантом *цель работы* – разработка автоматизированной методики оценки коэффициентов СХН комплексного узла нагрузки по напряжению.

– *реализована в рамках представленной диссертационной работы.*

5.2. *Автореферат* диссертации Тавлинцева А. С. соответствует *диссертационной работе* по всем квалификационным признакам: цели, задачам исследования, основным положениям, определению актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др.

5.3. *Основные выводы и результаты* диссертационной работы *соответствуют поставленным задачам* исследований и сформулированы автором структурно, логично и содержательно.

5.4. *Научные публикации* Тавлинцева А. С., изданные в период с 2011 по 2018 гг., *соответствуют диссертационной работе* и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы.

5.5. *Тема и содержание* диссертации Тавлинцева А. С. *соответствует паспорту* специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» (далее курсивом по тексту паспорта):

– **по направлению исследования**, связанному с повышением эффективности режимов работы участников энергообмена в распределительной сети, и реализующему получение существенных научно-технических результатов по «...развитию и совершенствованию теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономичного и надежного производства электроэнергии, ее транспортировки и снабжения потребителей электроэнергией в необходимом количестве и требуемого качества...» в соответствии с формулой специальности;

– **по областям исследования** в соответствии с пунктами паспорта специальности:

6. Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике.

7. Разработка методов расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем.

10. Теоретический анализ и расчетные исследования по транспорту электроэнергии переменным и постоянным током, включая проблему повышения пропускной способности транспортных каналов.

– по объектам исследования – математическое моделирование комплексных нагрузок в узлах расчётной модели электрической сети

– в части «...электрических станций, электроэнергетических систем, электрических сетей и систем электроснабжения...».

Диссертационная работа Тавлинцева А.С. написана доступным грамотным языком, корректным в научном и техническом отношениях. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания их сути, четко, доступно и репрезентативно.

## **6. Анализ содержания диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 105 наименований и одного приложения, совокупный объем 172 страницы, включая 74 рисунка и 12 таблиц.

**Во введении** сформулирована актуальность выбранной темы исследования в рамках диссертационной работы. Показана научная и практическая значимость результатов исследования. Приведены выносимые на защиту положения и отражены все основные структурные составляющие диссертации.

**В первой главе** проведен обзор существующих математических моделей нагрузки, используемых в практике оценки параметров установившегося режима электрической сети. Описаны основные способы сбора данных для определения СХН.

**Во второй главе** приведено описание основных проблем и допущений задачи определения СХН. Введено понятие статистически равновесного состояния узла комплексной нагрузки. Сформулированы основные проблемы обработки данных измерений для оценки коэффициентов СХН.

**Третья глава** представляет собой теоретическое описание разработанных алгоритмов для оценки коэффициентов СХН. Приводится описание алгоритма поиска статистически равновесных состояний, оценки регулирующего эффекта нагрузки и поиска похожих графиков нагрузки для выявления близких режимов работы единичных электроприёмников в составе комплексного узла нагрузки. Показана апробация на основе серии вычислительных разработанных алгоритмов.

**В четвертой главе** выполнена апробация разработанных алгоритмов на основе данных реальных измерений, собранных на одной из подстанций энергосистемы Урала. Приводится описание процесса обработки данных измерений. Показано сопоставление полученных автором результатов с уже известными оценками СХН.

**В заключении** приведены выводы и обобщены основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

## **7. Вопросы и замечания по содержанию диссертации**

7.1. Не корректно сформулирован первый пункт научной новизны.

Формулирование актуальных проблем оценки коэффициентов СХН по напряжению не может рассматриваться как научная новизна.

7.2. Приведенный на стр.12 пример оценки зависимости предельного перетока по группе линий от различных видов математических моделей СХН не корректен по следующим показателям:

- не указано, по каким критериям оценивался предельный переток мощности;

- параметры линий 500кВ, показанные на рис. 1.1 не соответствуют параметрам реальных линий 500 кВ по конструкции фазы;
- показанные в таблице 1. Значения предельных перетоков вызывают сомнение т.к. натуральная мощность одной цепи такой линии 900 – 980 МВт, а в примере их две;
- расчеты приведены при постоянстве реактивной мощности. Известно, что регулирующий эффект СХН по напряжению для реактивной мощности значительно выше, чем по активной. Именно реактивные мощности и влияют предельные перетоки.

7.3. На стр. 43 автор вводит понятие «электрическая система уравнений» таких уравнений нет. Есть обобщенные уравнения состояния электрической сети и как разновидности УУН и УКТ.

7.4. На стр. 47 автор допускает смешивание понятий графика работы единичного потребителя электроэнергии, что характерно для промышленного производства, где его график работы подчинен технологическому процессу и группового графика, характерного для жилищно-коммунальной нагрузки, где на вид графика действительно оказывает влияние ритм жизни населения.

7.5. В главе 4 приведен пример получения СХН для предприятия нефтеперерабатывающей промышленности по предлагаемой в диссертации методике. В результате получены линейные зависимости мощности нагрузок от напряжения, однако типовые характеристики представлены квадратичными полиномами. Возможно ли получение СХН в виде квадратичных полиномов по предлагаемой методике и на как, при этом, усложнятся вычислительные процедуры?

7.6. В работе отсутствует сравнительный анализ расчетов параметров установившихся режимов электрической сети при представлении нагрузок по типовым СХН и СХН, полученным по предлагаемой методике.

## 8. Общее заключение

Представленная диссертационная работа Тавлинцева Александра Сергеевича является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В работе предложены алгоритмы для повышения уровня автоматизации процесса обработки данных измерений параметров установившегося режима для определения СХН. Направленность работы соответствует основным тенденциям в развитии и внедрении алгоритмов кластерного анализа данных, с постепенным переходом к использованию алгоритмов машинного обучения.

Основные научные выводы сделаны на основе анализа функционирования электротехнических комплексов и систем, в связи с чем содержание представляемой работы полностью соответствует паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Диссертация написана логичным, понятным языком, выводы и рекомендации изложены аргументировано. Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы и полностью соответствует ей.

Основные научные результаты диссертации подробно изложены в публикациях; диссертантом опубликованы 15 публикаций, в том числе 5 – в зарубежных изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus, 4 – в изданиях, входящих в перечень ВАК.

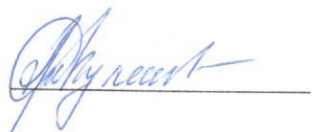
Диссертационная работа Тавлинцева Александра Сергеевича полностью отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г.



№ 842, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

### Официальный оппонент

Доцент кафедры «Электрические системы» ФГБОУ «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», кандидат технических наук (специальность 05.14.02), доцент



Кулешов Анатолий Иванович

**Дата:** «31» октября 2018 г.

**Адрес:** Россия, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34.

**Тел.:** +7 (4932) 26-99-21

**Моб.:** 89051088606

**Адрес электронной почты:** [aikuleshov@yandex.ru](mailto:aikuleshov@yandex.ru)

Подпись Кулешова А.И. заверяю,

Ученый секретарь Совета ИИЭУ



Ширяева О.А.