

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор  
ФГБОУВО «ЮРГПУ(НПИ)

имени М. И. Платова»

доктор технических наук, профессор

Разоренов Юрий Иванович



2018 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова»

на диссертационную работу Тавлинцева Александра Сергеевича «Развитие методов идентификации статических характеристик комплексного узла нагрузки», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

#### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Статические характеристики (СХН) комплексных нагрузок узлов необходимы для расчётов нормальных и послеаварийных режимов электроэнергетических систем (ЭЭС) с целью разработки оптимальных диспетчерских графиков, настройки противоаварийного управления, разработки схем развития ЭЭС и мероприятий по снижению потерь электроэнергии.

В настоящее время при расчётах режимов в основном используются так называемые типовые СХН, полученные достаточно давно. Такие СХН не отражают в полной мере изменившуюся структуру и характер режимов потребителей, входящих в комплексные нагрузки. Нужно учитывать, что значительно изменились и возможности систем измерения параметров режима, их передачи и обработки. Всё сказанное позволяет сделать заключение, что тема диссертации является актуальной.

Об актуальности темы диссертации также свидетельствует обширная программа актуализации статических характеристик нагрузок, проводимая в последние годы АО «СО ЕЭС» в Единой энергетической системе России.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения разрабатывались с использованием теоретических основ электротехники, матричной алгебры, методов и алгоритмов кластерного и регрессионного анализа.

Научные положения обоснованы теоретическими расчетами и экспериментальными исследованиями.

Вычислительные эксперименты были выполнены с использованием известных программных комплексов. Достоверность оценок СХН вычисленных по предложенным Тавлинцевым А. В. методам попадают в доверительные интервалы уже известных СХН.

### **Научная ценность и новизна основных результатов диссертации**

В диссертации Тавлинцева А.В. можно отметить следующие научные положения:

1. Сформулированы актуальные проблемы оценки коэффициентов СХН по напряжению.
2. Определена возможность оценки коэффициентов модели СХН по напряжению на основе данных телеизмерений.
3. Предложен метод автоматизированной оценки коэффициентов СХН по напряжению на основе алгоритмов кластерного анализа.
4. Предложен метод выявления статистически равновесных состояний нагрузки.

Изложенные научные положения предложены впервые и позволят уточнить математические модели электроэнергетических систем и определение параметров их установившихся режимов.

### **Оценка содержания диссертации и её завершенности**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 105 наименований и одного приложения, совокупный объем 172 страницы, включая 74 рисунка и 17 таблиц.

Во введении обозначена актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Приведены выносимые на

защиту положения и отражены все основные структурные составляющие диссертации

В первой главе диссертации приводится обзор математических моделей нагрузки - СХН, используемых в настоящее время в расчётах установившихся режимов энергосистем. На примере тестовой схемы показано, что в зависимости от применяемых СХН разность в определении предела передаваемой мощности может составлять около 10%. В этой же главе рассматриваются различные способы сбора информации, необходимой для идентификации СХН.

Во второй главе предложен подход к обработке массивов данных измерений для оценки коэффициентов СХН. Введено понятие статистически равновесного состояния нагрузки узла. Предполагается, что на периодах статистически равновесного состояния состав потребителей и их технологические режимы постоянны. Это положение является одним из основных в диссертации. Измерения, выполненные именно в периоды равновесного состояния, считаются наиболее информативными для идентификации устойчивых СХН.

В третьей главе выполнено исследование алгоритмов поиска в массиве измерений статистически равновесных состояний нагрузки, и идентификации коэффициентов СХН. Статистически равновесные состояния нагрузки предлагается выявлять с помощью алгоритмов кластерного анализа данных. Из апробированных алгоритмов кластерного анализа наилучшие результаты были получены с помощью EM алгоритма.

Показана возможность построения СХН, учитывающих действие автоматики регулирования напряжения, активной и реактивной мощности, установленной внутри комплексного узла нагрузки.

Предложен алгоритм поиска характерных суточных графиков нагрузки и создания СХН для каждого статистически равновесного состояния этих графиков, для каждого характерного дня сезона.

В четвёртой главе приведена апробация предложенной методики по оценке регулирующего эффекта нагрузки на примере данных телеизмерений с подстанции 110 кВ, питающей нефтедобывающий район. Отмечается, что для получения устойчивых оценок регулирующего эффекта нагрузки требуется архив секундных измерений длиной более 1 месяца.

В приложении А приводится ряд результатов тестовых расчётов по оценке статических характеристик нагрузки.

В заключении перечислены основные результаты и выводы по диссертационной работе и обозначены перспективы ее дальнейшего развития.

В целом, диссертация представляет собой целостную и завершённую работу.

### **Значимость для развития науки и практики, полученных автором диссертации результатов**

Теоретическая значимость заключается в описании метода идентификации режимов работы на интервалах времени с близким включенным составом электроприёмников и сетевых элементов в составе комплексной нагрузки узла. Полученные результаты могут быть использованы для решения задачи идентификации СХН по напряжению комплексного узла нагрузки, что позволяет уточнить определение параметров установившихся режимов электроэнергетических систем.

Практическая значимость заключается в направленности на совершенствование и автоматизацию методов оценки коэффициентов СХН по напряжению при использовании данных, полученных в процессе выполнения натурных экспериментов. Это позволит с большей достоверностью определять СХН узлов ЭЭС, что, в конечном счёте, приведёт к повышению точности расчётов параметров установившихся режимов ЭЭС.

### **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Автору рекомендуется продолжить работу в данном направлении и расширить внедрение результатов. Результаты диссертации представляют интерес для крупнейших электроэнергетических организаций РФ: ПАО «Россети», г. Москва, ПАО «ФСК ЕЭС», г. Москва, ПАО «РАО ЭС Востока», г. Москва, ОАО «НТЦ ФСК», г. Москва, а также для проектных организаций и вузов, ведущих подготовку бакалавров по направлению 13.03.02 и магистров по направлению 13.04.02.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Автором работы подробно не рассмотрен вопрос о выдвижении гипотезы о виде математической модели, адекватно представляющей реальную статическую характеристику нагрузки.

2. В работе в явном виде отсутствуют акты внедрения результатов диссертационной работы в практику. При этом автор обеспечил обработку результатов активных экспериментов электроэнергетической системе Урала с помощью разработанных им инструментов. Результаты диссертационного исследования используются в АО «СО ЕЭС».

3. Следовало бы более подробно изложить применение разработанной методики определения СХН к результатам активного эксперимента.

Активный эксперимент проводится обычно в пределах 1 часа. После каждого переключения РПН (30-40 раз) возникает переходный процесс. Как сформировать выборку?

4. В диссертационной работе подробно не освещён вопрос влияния систем автоматики на форму статических характеристик нагрузки.

5. В тексте диссертации имеются ссылки на формулы, таблицы, рисунки в виде знаков вопроса «(?)», а также имеется ряд стилистических и орфографических ошибок.

Приведенные замечания не снижают общей научной новизны и практической значимости диссертационной работы.

#### **Заключение о соответствии диссертации и автореферата требованиям Положения о присуждении учёных степеней**

Диссертация Тавлинцева А.С. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным действующей редакцией Положения о присуждении ученых степеней:

- по п. 9. Диссертация Тавлинцева Александра Сергеевича «Развитие методов идентификации статических характеристик комплексного узла нагрузки», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для совершенствования математических моделей ЭЭС и повышения точности расчетов параметров их установившихся режимов.

- по п. 10. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации даны рекомендации по использованию полученных автором научных результатов, приведены сведения об их практическом использовании. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

- по п.п. 11 – 13. Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 5 публикациях, индексируемых в международных системах Web of Science и Scopus и 4 статьях в изданиях, входящих в список

рекомендуемых перечнем ВАК. Всего по теме диссертации опубликовано 15 научных работ.

Основные положения и результаты диссертационной работы представлены на 8 конференциях. Результаты диссертационных исследований были доложены Тавлинцевым А.С. 25.09.2018 г. на Всероссийском научно-техническом семинаре «Кибернетика энергетических систем» (г. Новочеркасск, ЮРГПУ(НПИ)) и одобрены секциями «Диагностика электрооборудования и режимы работы электроэнергетических систем», «Релейная защита и противоаварийное управление электроэнергетическими системами» с участием в их работе 5 докторов технических наук, поддерживающих специальность 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Содержание опубликованных работ в полной мере отражает содержание автореферата и диссертации.

- по п. 14. В диссертации сделаны необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов или отдельных результатов. В диссертации и автореферате отмечен личный вклад соискателя ученой степени: постановка целей и задач исследований; теоретическое и методическое обоснование путей их решения; обработка, обобщение и интерпретация результатов исследований.

Тема и содержание диссертации Тавлинцева А.С. соответствует паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы по направлению исследования, по областям исследования и по объектам исследования, в частности, пунктам: 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.

### **Заключение**

Диссертация представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для совершенствования математических моделей ЭЭС и повышения точности расчетов параметров их установившихся режимов.

Полученные на основе проведенных исследований результаты являются значимыми для современной электроэнергетики. Актуальность, научная

новизна, практическая значимость, структура, содержание и публикации диссертационной работы Тавлинцева А.С. «Развитие методов идентификации статических характеристик комплексного узла нагрузки» соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук Положением о присуждении ученых степеней (п.п. 9-14), а ее автор, Тавлинцев Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Отзыв на диссертационную работу Тавлинцева Александра Сергеевича на тему «Развитие методов идентификации статических характеристик комплексного узла нагрузки» обсужден и одобрен на заседании кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», протокол №4 от 25 октября 2018 г. Отзыв подготовил кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» Кравченко Василий Федорович.

Заведующий кафедрой  
«Электрические станции и  
электроэнергетические системы»,  
доктор технических наук, профессор

 Владимир Иванович Нагай

Подпись Нагая Владимира Ивановича заверяю

Учёный секретарь  
Учёного совета ЮРГПУ(НПИ)

 Нина Николаевна Холодкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ФГБОУ ВО  
«ЮРГПУ(НПИ) имени М.И. Платова»)

346428, РФ, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Тел.: (8635) 255-211, e-mail: [estesrza@mail.ru](mailto:estesrza@mail.ru)

Адрес сайта: <https://www.npi-tu.ru>