

ОТЗЫВ

официального оппонента – доктора технических наук, профессора, профессора кафедры Автоматизированных электроэнергетических систем Фишова Александра Георгиевича 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

Изменения напряжения и активной мощности в Единой энергосистеме во многом определяются статическими характеристиками нагрузки (СХН) по напряжению. СХН зависят от текущего режима единичных электроприёмников и сетевых элементов, входящих в состав комплексного узла нагрузки. Математическое моделирование нагрузок является неотъемлемой частью расчётной модели установившихся режимов энергосистем и электрических сетей. Результаты расчётов используются при решении задач оперативно-диспетчерского управления: определение запасов пропускной способности элементов и сечений электрической сети, определение уставок средств регулирования напряжения в узлах электрической сети. В условиях отсутствия информации о реальных СХН для большинства узлов расчётной схемы, в практике расчётов применяют некоторые обобщённые характеристики.

Использование обобщённых СХН обусловлено высокой трудоёмкостью экспериментального определения реальных зависимостей мощности от напряжения. С увеличением количества подстанций в Единой энергосистеме и разнообразия видов электрических нагрузок актуализируется задача автоматизации определения СХН.

Целью диссертационной работы является развитие автоматизированных способов определения коэффициентов СХН и разработка необходимых для этого методов обработки данных. Это может позволить эффективно использовать имеющиеся в диспетчерских службах архивы данных текущих измерений для актуализации информации о реальных СХН, осуществлять прогнозирование СХН, повысить точности расчётов установившихся режимов энергосистем. Разработанные в ходе исследования подходы, методы, алгоритмы и рекомендации имеют важное научно-техническое и технико-экономическое значение.

2. Новизна исследований и полученных результатов

Научной новизной обладают следующие результаты исследования:

- Предложенный подход к определению актуальных СХН в условиях изменчивости включенного состава и режимов работы электроприёмников, основанный на использовании разработанных

автором методов при автоматизированной обработке архивных данных регистрации режимных параметров.

- Доказанная возможность оценки статистически значимых СХН на основе данных текущих телеизмерений.
- Метод выявления интервалов времени с близким включенным составом электроприёмников и сетевых элементов в составе комплексного узла нагрузки.

3. Теоретическая и практическая значимость результатов, их реализация

Развитие и реализация предложенного подхода к оценке коэффициентов СХН по напряжению с использованием данных измерений позволяет определять и актуализировать информацию о СХН для множества комплексных узлов нагрузки, что позволит повысить точность оценки параметров установившихся режимов энергосистем и эффективность управления на их основе.

Разработанный метод выявления интервалов времени с близким включенным составом электроприёмников и сетевых элементов, входящих в состав узла комплексной нагрузки, представляет существенную значимость для общей теории электрических сетей и электроэнергетических систем.

4. Обоснованность и достоверность научных выводов, положений и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных выводов обеспечивается корректным использованием доступных математических методов и общепризнанных инструментов моделирования электроэнергетических систем, а также хорошей сходимостью результатов математического моделирования и экспериментальных исследования.

Основные положения диссертационной работы в достаточной степени освещены в публикациях автора и обсуждены на конференциях.

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа Тавлинцева А. С. в полном объеме отвечает критериям, установленным «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.

– *достигнута в рамках представленной диссертационной работы.*

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

5.3. *Основные выводы и результаты* диссертационной работы в полной мере *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 полученные результаты, рекомендации 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 экономического 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** – методы математического моделирования нагрузок в узлах расчётной модели электрической сети

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

Диссертационная работа Тавлинцева А.С. написана грамотным языком, корректным в научном и техническом отношении. 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, что соответствует требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Во введении изложена актуальность диссертационного исследования, сформулирована научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

Поставлена цель и задачи исследования. Представлены положения, выносимые на защиту, и отражены структурные составляющие диссертации.

Первая глава посвящена обзору литературных источников. Рассмотрены основные математические модели нагрузки, применяемые в практике расчётов установившихся режимов энергосистем. Выполнен аналитический обзор методов сбора данных, необходимых для идентификации СХН.

Во второй главе подробно исследована задача определения СХН на основе экспериментальных данных измерений параметров установившегося режима. Введено понятие статистически равновесного состояния нагрузки. Представлен подход для выявления близких режимов работы единичных электроприёмников и сетевых элементов в составе комплексного узла нагрузки.

В третьей главе представлено описание разработанных алгоритмов автоматизированной обработки данных измерений для оценки коэффициентов СХН и определения интервалов времени с близким составом и режимом работы электроприёмников в составе узла комплексной нагрузки. Приведены результаты апробации алгоритмов на основе данных вычислительных экспериментов.

В четвертой главе приведено описание результатов апробации разработанных алгоритмов на основе экспериментальных данных, сформулированы рекомендации по способам фильтрации данных и анализу полученных результатов. Выполнено сравнение полученных СХН с уже известными СХН.

В заключении даны выводы и обобщены результаты исследования, проведённого в рамках диссертационной работы.

7. Вопросы и замечания по содержанию диссертации

1. Изменение мощности нагрузки происходит? как в результате физической зависимости электропотребления от напряжения, так и в результате реакции на его изменение средств регулирования напряжения и реактивной мощности. Последние могут иметь значительную задержку по времени на срабатывание (например, устройства РПН). Представляется, что в работе не учитывается указанный фактор, предполагающий существование разных СХН для относительно кратковременного квазиустановившегося режима и длительного установившегося режима.
2. В работе недостаточно внимания уделено учёту СХН активных узлов нагрузки, имеющих собственные средства регулирования напряжения и его поддержания на желаемом уровне.
3. Вызывает сомнение необходимость включения в определение «СХН на интервале в несколько секунд» действий персонала, т.к. на таких

интервалах регулирующие действия персонала не предполагаются. Он должен дожидаться завершения процесса управления автоматикой.

4. Спорным является утверждение о неактуальности учёта зависимости нагрузки от частоты. Это утверждение справедливо до выделения части системы (района ЕЭС) на изолированную работу, не приемлемо для изолированно работающих энергосистем относительно малой мощности.
5. Недостаточно внимания уделено использованию СХН. Так, для расчёта режима, например, для оценки потерь, уровней напряжений и перетоков мощности необходимы наиболее вероятные СХН для рассматриваемых интервалов времени, а для определения предельных для управления значений (например, МДП, АДП) наиболее неблагоприятные из вероятных.
6. В работе хорошо сформулированы её теоретические результаты, но не дано формулировок выносимых на защиту теоретических положений.
7. Недостаточно внимания уделено формальному разделению квазиустановившихся, установившихся и переходных процессов в узле нагрузки, например, пуск или опрокидывания АС двигателя может быть достаточно длительным (десятки секунд).

8. Общее заключение

Представленная диссертационная работа Тавлинцева Александра Сергеевича является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В работе предложен подход к автоматизированному определению актуальных СХН узлов комплексной нагрузки основе данных регистрации параметров режима.

Основные научные выводы базируются на анализе функционирования электроэнергетических систем и электрических сетей, 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 ей соответствует.

Основные научные результаты диссертации подробно изложены в публикациях: диссертантом опубликованы 15 работ, 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 отвечает всем 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

Профессор кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», доктор технических наук (специальность 05.14.02), профессор

 **Фишов Александр Георгиевич**

Дата: «6» ноября 2018 г.

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

Тел.: +7 (383) 346-13-34

Адрес электронной почты: fishov@ngs.ru

