

ОТЗЫВ

официального оппонента Сизгановой Евгении Юрьевны
на диссертацию **Петрова Андрея Александровича** на тему «**Методы и средства повышения качества электроэнергии в системе метрополитена**»
по специальности 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность темы диссертации определяется необходимостью обеспечения потребителей качественной электроэнергией. Проблема перетоков реактивных мощностей и нелинейных искажений в системах электроснабжения появилась на заре становления электротехники и, в последние десятилетия, с развитием силовой электроники, перешла на новую ступень, в связи с чем, совершенствуются методы и средства компенсации данных явлений, при этом особое внимание уделяется исследованию и проектированию активных силовых фильтров, более качественной настройке которых способствует теория расчета мгновенных мощностей. Выбор подстанции метрополитена в качестве объекта исследования обуславливается сложным характером нагрузки такого потребителя, имеющим и реактивные составляющие мощности, и нелинейные высокочастотные искажения, а также неравномерность потребления электроэнергии. При компенсации неактивных мощностей данного потребителя появляется множество вопросов, требующих детальных исследований.

Структура и содержания работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 128 наименований и трех приложений. Объем работы составляет 162 страницы и включает 77 рисунков и 15 таблиц.

Во введении к диссертации обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи исследования, обозначены основные положения диссертации, выносимые на защиту, сведения о научной новизне и практической значимости работы, описаны методы исследований.

В первой главе проведен анализ современных представлений о расчете мощностей в трехфазных системах переменного тока. Особое внимание уделено теориям мгновенных мощностей, представлены их математические описания, выявлены достоинства и недостатки.

Вторая глава содержит описание основных методов и средств повышения качества электроэнергии, лежащих в основе технических мероприятий по коррекции коэффициента мощности подстанции, а именно компенсация реактивной мощности посредством применения: синхронных машин, батарей кон-

денсаторов, статических тиристорных компенсаторов; компенсация нелинейных искажений активными и гибридными силовыми фильтрами. Проведен сравнительный анализ данных устройств.

В третьей главе выполнен комплексный анализ качества электроэнергии подстанции метрополитена. Отдельно исследованы тяговая нагрузка, характеризующаяся неравномерностью и наличием нелинейных искажений, и нетяговые потребители, такие как электропривод эскалаторов, вентиляции, насосных станций, освещения и др. Выявлены закономерности влияния тех или иных факторов на общие показатели качества и, как следствие, определены требования к устройствам коррекции коэффициента мощности исследуемой подстанции.

Четвертая глава посвящена разработке экспериментального устройства активной силовой фильтрации. На основе данных, полученных в главе 3, разработаны математическая имитационная и физическая экспериментальная модели нагрузки метрополитена. Далее произведены расчеты, выбрана элементная база, спроектирована система управления установки активного силового фильтра. Моделирование системы выполнено в Matlab Simulink. Кроме того, смоделирован отвод теплоты от силовых элементов в условиях ограниченных габаритов с помощью программного обеспечения COMSOL Multiphysics. Создана экспериментальная установка активной силовой фильтрации, представлены результаты испытаний.

В пятой главе с целью уменьшения стоимости активного фильтра предложено решение о применении гибридного силового фильтра, состоящего из комбинации активного и пассивного фильтров, каждый из которых решает свою задачу: пассивный – компенсацию реактивной мощности, активный – коррекцию нелинейных искажений и устранение эффектов недо- и перекомпенсации реактивной мощности. При этом возникает потребность в определении мощности активного и пассивного фильтров, которая реализуется предложенной автором методикой определения оптимальных мощностей составных частей гибридного фильтра. С помощью разработанной методики произведен расчет гибридного фильтра для подстанции метрополитена.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты работы.

В приложениях представлены принципиальная электрическая схема нагрузочной установки, блок-схема методики определения соотношения мощностей составных частей гибридного силового фильтра, а также акты внедрения результатов диссертации.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации и отражает основные результаты.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются:

– впервые представленная методика определения мощностей активной и пассивной частей гибридного силового фильтра в задачах компенсации реактивной мощности и нелинейных искажений, которая позволяет существенно снизить затраты на реализацию устройства повышения коэффициента мощности подстанции без ухудшения качественных показателей. С ее помощью произведен расчет оптимального гибридного силового фильтра для подстанции метрополитена;

– применение выводов детального анализа электроэнергетических показателей подстанции метрополитена, поясняющего общие закономерности возникновения факторов, ухудшающих качество электроэнергии;

– разработка и испытание экспериментальной установки активной фильтрации, которые позволили обосновать перспективность и состоятельность практического применения активных силовых фильтров для решения задач коррекции коэффициента мощности в системах со сложным характером нагрузки.

Практическая значимость и реализация результатов. Применение гибридного фильтра и его оптимизация позволяют снизить затраты на средства компенсации реактивной мощности и нелинейных искажений. Методика расчета оптимальных мощностей составных частей гибридного силового фильтра может быть использована для повышения коэффициента мощности практически любого потребителя.

Результаты, полученные в диссертационной работе, используются для расчетов оптимальной компенсации реактивной мощности и мощности искажений в МУП «Новосибирский метрополитен», а также МУП «Новосибирская энергосетевая компания» для подстанций МКП «Горэлектротранспорт» г. Новосибирска, что подтверждается актами о внедрении результатов исследования.

Достоверность научных результатов, положений и выводов подтверждается тем, что в основе исследований лежат базовые принципы теоретических основ электротехники, теории вероятности и математической статистики, известные методы оптимизации. Теоретические результаты подкреплены компьютерным моделированием и физическим экспериментом. Положения, выносимые на защиту, обоснованы в тексте работы, выводы соответствуют поставленным задачам.

Степень опубликованности результатов. Материалы диссертации достаточно полно отражены в 17 опубликованных работах автора, из них 5 – в рецензируемых изданиях по списку ВАК, 6 – в журналах, входящих в международные базы SCOPUS и Web of science, остальные – в сборниках научных трудов, а также международных и всероссийских научных конференций.

Замечания

1. По тексту диссертации:

– стр. 21, в описании формулы (1.8) сказано «... $\cos \varphi$, равный отношению полной мощности к активной...», что совершенно наоборот;

– стр. 70, «*Определяется величина λ ... и по таблице (1.2) значение $P(\lambda)$...*», но таблицы 1.2 в тексте нет;

– стр. 93, абзацы 1 и 2 «...*величина однократно измеряемого тока...*» у автора это « $\Delta U \dots B$ »

– п. 4.1 приводятся расчеты, но не для всех расчетов приведены сами формулы.

2. При построении экспериментальной установки активной фильтрации соискателем в качестве стратегии управления активного силового фильтра выбрана стабилизация тока сети (стр. 98). На чем основывается такой выбор?

3. По рисункам 5.9 и 5.10 не ясно, для какого поставщика получена аппроксимационная кривая, с какой целью выведены характеристические уравнения 5.3 и 5.4, и чем обусловлена точность коэффициентов этих уравнений (четыре цифры после запятой)?

4. В диссертации проведен подробный анализ негативного влияния реактивной мощности и нелинейных искажений на систему электроснабжения (п. 2.1), но не дана оценка экономической эффективности от предложенной автором компенсации данных явлений для потребителей. Кроме того, интересен срок окупаемости рассмотренных активного или гибридного силовых фильтров в условиях работы метрополитена.

5. Предложенная в работе методика определения мощностей гибридного силового фильтра обладает научной новизной и автору следовало оформить заявки на патенты и свидетельства на объекты интеллектуальной собственности.

Заключение

Диссертация Петрова Андрея Александровича соответствует специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» и указанным в ней областям исследования п.п. 1,3,4; имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи оптимизации гибридного силового фильтра по критериям максимизации коэффициента мощности при минимизации стоимости устройства, имеющей существенное значение для повышения качества электроэнергии в системе метрополитена.

Основные выводы и заключения сформулированы достаточно полно и отражают суть полученных результатов исследования.

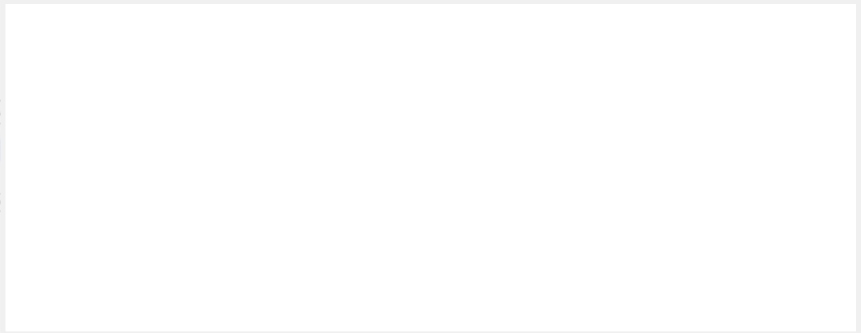
Диссертация полностью соответствует требованиям п.9-14 «Положения о присуждении учёных степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Петров Андрей Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент, доцент кафедры
электротехнических комплексов и систем
Политехнического института
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Сибирский федеральный университет»,
кандидат технических наук, доцент


Сизганова Евгения Юрьевна

30 декабря 2019 г.

Почтовый адрес: 660049
телефон: +7 (391) 227-5
эл.адрес: YSizganova@s



Подпись канд. техн. наук, доцента Сизгановой Е.Ю. заверяю:

Отзыв получен 13.01.2020 от Давыд М.А.
С отзывом ознакомлен. 17.01.2020 Андрей Петров, А.А.