

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
и инновациям ФГАОУ ВО

«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»



*(Handwritten signature)*

А. Н. Дьяченко

«26» 05

2015 г

## ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на диссертацию **Егорова Дениса Эдуардовича** «Совершенствование методов расчета многофункциональных фильтрокомпенсирующих устройств для сетей 10 - 0,4 кВ», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

**1 Актуальность темы.** Одной из основных тенденций развития современных систем электроснабжения является рост числа нагрузок с нелинейными вольт-амперными характеристиками. Отрицательное воздействие таких нагрузок заключается в том, что они генерируют в сеть высшие гармоники тока и напряжения. Увеличение доли высших гармонических составляющих вызывает ускоренное старение изоляции электрооборудования, повышает вероятность возникновения резонансных явлений, приводит к нарушениям в работе устройств релейной защиты и автоматики. Универсальным средством регулирования параметров качества электрической энергии, являются фильтрокомпенсирующие устройства. ФКУ обеспечивает ослабление высших гармоник токов и напряжений, а также они выполняют функции компенсации реактивной мощности, регулирования напряжения в точке подключения.

Сказанное позволяет сделать вывод, что тема диссертационной работы Д. Э. Егорова, посвященной совершенствованию методов расчета фильтрокомпенсирующих устройств, является актуальной и соответствует современному уровню развития теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости электрических систем.

**2 Содержание диссертации.** Диссертация является завершённым научным трудом. Ее оформление соответствует требованиям ВАК РФ. По структуре диссертации содержится введение, четыре главы, основные выводы по результатам научных исследований, список литературы и приложение. Общий объем составляет 132 страницы. В том числе: список использованных источников, включающий 90 наименований, 47 рисунков, 30 таблиц и 2 приложения.

Целью исследований является разработка методов проектирования пассивных и гибридных фильтрокомпенсирующих устройств на основе использования теории синтеза электрических цепей и методов многокритериальной оптимизации. Такой подход обеспечивает следующие преимущества при проектировании:

1. Дает возможность рассматривать ФКУ как единую резонансную систему и учитывать влияние отдельных ветвей на компенсационные характеристики всего устройства;
2. Позволяет обобщить различные конфигурации ФКУ, рассматривая их как варианты канонических структур реактивных двухполюсников;
3. Создать относительно простые инженерные методики расчета, основанные на использовании обширной справочной литературы по синтезу аналоговых фильтров.

В первой главе диссертации исследовано качество электроэнергии в сетях электроснабжения различных групп промышленных, коммерческих и офисных потребителей, рассмотрены особенности схемотехники сетей 0,4 кВ, определяющие пути распространения высших гармоник.

Во второй и третьей главах разработаны методы оптимального синтеза пассивных и гибридных компенсирующих устройств. Новизна предложенной процедуры заключается в том, что на первом этапе с помощью методов оптимизации определяется операторное сопротивление проектируемого фильтра, обеспечивающего требуемые компенсационные характеристики.

В четвертой главе дана характеристика интерактивного программного обеспечения, созданного на основе предложенных методов расчета. Оно может использоваться при проектировании компенсирующих устройств, проведении научных исследований, а также в учебном процессе.

**3 Соответствие специальности 05.14.02.** Тематика диссертации, а именно: совершенствование методов расчета многофункциональных фильтрокомпенсирующих устройств для сетей 10 - 0,4 кВ соответствует формуле и пункту 12 области исследования, регламентированной паспортом специальности 05.14.02.

#### **4 Новизна и достоверность результатов исследования.**

##### ***Научная новизна:***

1. Разработан метод проектирования пассивных фильтрокомпенсирующих устройств, основанный на минимизации многокритериальной целевой функции в пространстве параметров операторного входного сопротивления ФКУ.
2. Предложен метод оптимизации характеристик гибридных фильтрокомпенсирующих устройств в смешанном пространстве параметров активного и пассивного фильтров.
3. Предложен новый метод расчета широкополосных фильтров гармоник, основанный на представлении фильтра в виде резистивно нагруженного LC-четырёхполюсника.

***Обоснованность и достоверность результатов,*** полученных в диссертации, подтверждается практическим внедрением результатов проведенных исследований, результатами моделирования с помощью апробированного программного обеспечения, а также сравнением с результатами, полученными другими авторами.

## **5 Ценность для науки и производства.**

**Значимость для науки** заключается в совершенствовании и развитии новых методов проектирования пассивных и гибридных ФКУ, основанных на использовании теории синтеза пассивных  $LC$ -цепей и методов многокритериальной оптимизации. Разработанные методы позволяют обобщить известные структуры, а также получить новые конфигурации фильтрокомпенсирующих устройств, имеющих требуемые характеристики.

**Значимость для производства** полученных результатов состоит в том, что разработаны и апробированы инженерные методики проектирования многофункциональных фильтрокомпенсирующих устройств для систем электроснабжения. На их основе создано интерактивное программное обеспечение, позволяющее автоматизировать основные этапы проектирования ФКУ. Проектируемые ФКУ имеют минимальный порядок, а в случае гибридных устройств – минимальную мощность активной части.

**6 Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати.** Основные результаты работы опубликованы в одиннадцати изданиях, в том числе шесть - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Основные положения диссертации обсуждались на международных, всероссийских и региональных научно-технических конференциях.

**7 Содержание автореферата.** Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

## **8 Замечания по диссертации**

1) Автор заявляет, что предлагаемый метод проектирования позволяет синтезировать новые конфигурации фильтрокомпенсирующих устройств. Однако технические решения, представленные в диссертации, не защищены патентами.

2) В рассмотренных примерах уменьшение суммарного коэффициента гармоник, достигаемое в процессе оптимизации, составляет несколько процентов. При этом отсутствует оценка влияния технологического разброса параметров на результат оптимизации суммарного коэффициента гармоник.

3) В зависимости от типа сглаживающего фильтра выпрямитель по отношению к внешней сети может иметь характеристики источника тока или источника напряжения. Однако в модели гибридного фильтра выпрямитель всегда представляется источником тока.

4) В диссертации не показывается возможность использования предложенных методов компенсации гармоник для сетей более высокого напряжения.

Общие замечания:

В целом содержание диссертационной работы Егорова Д. Э., основные положения, выводы и результаты возражений не вызывают.

## **9 Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Созданные автором методики и алгоритмы проектирования могут быть использованы при разработке фильтрокомпенсирующих устройств, предназначенных для улучшения качества электроэнергии при несинусоидальных режимах работы распределительных сетей 0,4 – 10 кВ, на предприятиях, занимающихся проектированием и производством фильтрокомпенсирующих



устройств (Новосибирский завод конденсаторов, ЗАО «Электон», ООО «Вымпел», Данфосс и др.).

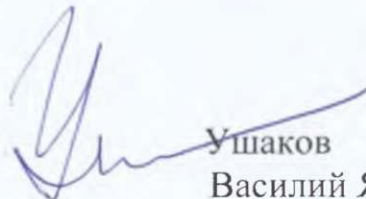
### 10 Заключение

Диссертация Егорова Дениса Эдуардовича имеет *внутреннее единство* и является *завершённой научно-квалификационной работой*, в которой на основании выполненных автором исследований решен комплекс задач, имеющих существенное значение для обеспечения электромагнитной совместимости при несинусоидальных режимах работы электрических сетей. Новые научные результаты получены лично автором и вносят существенный вклад в решение проблемы управления качеством электроэнергии, что соответствует требованиям пунктов 8, 9, 11 и 12 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Диссертация и автореферат соответствуют критериям, установленным п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». **Егоров Денис Эдуардович** является сформировавшимся ученым и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 - «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Отзыв на диссертацию и автореферат Егорова Д. Э. обсужден на научно-техническом семинаре кафедры «Электрические сети и электротехника» 26.05.2015 г., протокол № 34.

Доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Электрические сети  
и электротехника» ФГАОУ ВО  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет (ТПУ)»



Ушаков  
Василий Яковлевич

Секретарь семинара кафедры  
«Электрические сети и электротехника»  
Энергетического института ТПУ  
Кандидат технических наук, доцент



Шандарова  
Елена Борисовна

Протокол №34 от 26.05.2015

Адрес ведущей организации:  
634050, г.Томск, пр-т Ленина, 30  
Тел. (38-22) 60-62-60  
e-mail: scs@tpu.ru