

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Д.Э. Егорова на тему «Совершенствование методов расчета многофункциональных фильтрокомпенсирующих устройств для сетей 10-0,4 кВ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

### **1.Актуальность темы исследований и соответствие работы избранной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы**

Развитие электроэнергетических систем (ЭЭС) и повышение требований к качеству их функционирования требует совершенствования методов и средств поддержания необходимого качества электрической энергии. Большое значение эта задача имеет в условиях широкого использования нагрузок с нелинейными вольт-амперными характеристиками (ВАХ), так называемыми, «нелинейными нагрузками». Особенность этих нагрузок заключается в существенном искажении синусоидальной формы токов и напряжений в системах электроснабжения, как частных фрагментов ЭЭС.

Для устранения этого искажающего влияния нелинейных нагрузок и улучшения качества электроэнергии в электрических сетях 0,4-10 кВ целесообразно применение фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ).

Диссертационная работа Д.Э. Егорова посвящена одному из важных вопросов, а именно проектированию многофункциональных ФКУ оптимальным образом, включая программное обеспечение, улучшающее их оптимальную структуру. В связи с вышеизложенным направлением работы, актуальность темы исследования сомнений не вызывает.

Поскольку объектом исследования в диссертационной работе являются фильтрокомпенсирующие устройства, как важный фактор, способствующий повышению качества электроэнергии и электромагнитной совместимости в распределительных сетях ЭЭС, работа соответствует специальности - 05.14.02 - Электрические станции и электроэнергетические системы.

## **2. Степень научной новизны основных положений, результатов и выводов работы**

Научная новизна основных результатов работы заключается в следующем:

- 2.1. Предложена методика оптимального проектирования силовых ФКУ, на основе минимизации многокритериальной целевой функции, в некоторой области схемных и конструктивных параметров входного сопротивления ФКУ;
- 2.2. Предложен новый метод расчета широкополосных фильтров гармонических составляющих на основе представления ФКУ в виде резистивно - нагруженного LC – четырёхполюсника;
- 2.3. Реализован метод определения оптимальных параметрических характеристик гибридных ФКУ, сочетающих в себе элементы пассивных и активных фильтров.

## **3. Практическая значимость работы**

состоит в реализации предлагаемых автором научных идей более обоснованного проектирования многофункциональных ФКУ, используемых для повышения качества электроэнергии в распределительных сетях 0,4-10 кВ.

При этом особую роль в решении этой задачи имеют случаи подключения к сети нагрузок с большой долей электроприемников с нелинейными ВАХ. Работа имеет практическое внедрение.

## **4. Степень обоснования и достоверности результатов исследования**

Достоверность и достаточная степень обоснованности выводов работы подтверждаются использованием автором методов, опирающихся на базовые основы теоретической электротехники, электроники, а также теории электромагнетизма и режимов электрических сетей, которые хорошо апробированы и подтверждены экспериментально.

Результаты предложенной технологии проектирования подтверждены удовлетворительным совпадением с экспериментальными исследованиями в распределительных сетях 0,4-10кВ.

## **5. Оценка внутреннего единства и направленности полученных результатов на решение поставленных задач**

Для достижения поставленных целей, сформулированных в диссертации, автором решен комплекс взаимосвязанных задач, которые перечислены выше. Диссертация состоит из введения, 4 глав (разделов), заключения, списка библиографических ссылок из 90 наименований и приложения актов внедрения. Общий объем работы составляет 132 страницы.

**В первом разделе** диссертантом изложена сущность предмета исследований, а именно: влияние на качество электроэнергии большого числа электроприемников с нелинейными характеристиками в системах электроснабжения. Подробно рассматривается сущность пассивной и активной фильтрации гармоник токов и напряжений, а также возможность построения гибридных ФКУ на основе сочетания этих типов.

**Во втором разделе** рассматриваются методы оптимального проектирования пассивных ФКУ и показано, что можно получить новые варианты схемных решений ФКУ путем комбинирования известных канонических структур. Для проектирования новых структур предлагается использовать метод LC- четырехполюсников, что позволяет упростить расчет широкополосных фильтров для подавления высокочастотных гармоник.

**Третий раздел** посвящен исследованию и оптимизации характеристик и схемных решений гибридных ФКУ. Задача оптимизации сформулирована как определение параметров сопротивления пассивного и активного фильтров обеспечивающих минимум некоторой целевой функции, определяемой несколькими критериями. При этом пассивный фильтр берет на себя функцию компенсации реактивной мощности в точке электрической сети, где подключено ФКУ, с одновременным ограничением высших гармоник тока и напряжения. Активный фильтр осуществляет подавление высших гармоник при изменении режимов работы нагрузки.

**В четвертом разделе** представлено описание программного продукта, разработанного автором, на основе, предлагаемых методов проектирования

ФКУ. Приведены также примеры использования ФКУ для электропотребителей со значительной долей нелинейных нагрузок.

Исходя, из анализа содержания диссертации и представленных результатов можно заключить, что работа по своему объему и структуре является вполне законченным научным исследованием. Все это обеспечивает внутреннее единство, целостность и практическую направленность работы.

#### **6. Апробации работы и подтверждения опубликования ее основных положений и результатов**

Основные материалы и результаты исследований работы докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях.

По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, включая 6 работ в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ. Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание диссертационной работы и полученные автором научные результаты.

#### **7. Основные замечания по работе**

В целом содержание диссертационной работы Д.Э. Егорова, ее основные положения, выводы и результаты возражений не вызывают. Однако, можно сделать следующие замечания:

7.1. В первом разделе работы не приводятся достаточно аргументированных экспериментальных данных, свидетельствующих о необходимости подавления высших гармонических составляющих в распределительных сетях с помощью активных или гибридных ФКУ.

Так, например, рис. 1.1 имеет формальный абстрактный характер. Не ясно также, какова примерная доля нелинейных нагрузок в различных группах и видах электропотребителей, которые фигурируют в классификации автора.

7.2. Автору необходимо было дать технико-экономическую оценку эффективности применения как пассивных ФКУ, так и гибридных, имея в виду, например, срок окупаемости последних. Это важно было сделать, потому что экономическая составляющая не входит в многокритериальную целевую функцию, которую выбрал автор для минимизации.

7.3. При проектировании ФКУ автором предложено использование методов оптимизации параметров и конфигурации самого устройства. Однако, не рассматривается необходимая проектная постановка задачи, состоящая в выборе оптимального размещения устройств в электрической схеме электроснабжения и распределительных электрических сетях.

7.4. В предлагаемом методе оптимизации параметров и конфигурации ФКУ не учитывается изменение режимных параметров нагрузок и их вольт-амперных характеристик, хотя эта задача управления активным фильтром для генерации в противофазе соответствующих гармоник является составной частью проектной задачи.

7.5. При оптимизации многокритериальной функции диссертант принимает допущение для критерия - функции  $\Phi_2$  о не учете коэффициента гармонической составляющей по напряжению  $K_{гU}$  (стр. 66), оптимизируя только коэффициент гармоник по току  $K_{гI}$ . Это не очень понятно, поскольку в соответствие с ГОСТ нормируются гармонические составляющие, именно по напряжению (8%, и предельное 12%), с вероятностью 0,95.

7.6. В выбранной автором целевой функции для оптимизации применяются весовые коэффициенты для разных критериев, входящих в целевую функцию. Однако не ясно, из каких соображений и как они выбираются, и является ли целевая функция векторной суммой или это скалярный вектор? Какие ограничения задаются в форме равенств, какие - в форме неравенств?

7.7. В расчетных моделях в работе используется оператор Лапласа, обозначенный буквой «s», как в англоязычной литературе. Более понятно было бы использование символа «p», как в отечественной литературе.

7.8. В тексте работы по главам (разделам) отсутствуют постановка задачи и нумерация многих формул, что затрудняет понимание стройности методологии изложения материала, а также синтез его содержания.

7.9. В диссертации имеются отдельные стилистические погрешности и неточности.

## 8. Общее заключение о соответствии диссертационной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

В целом результаты научных исследований и выводы, полученные Д.Э. Егоровым, свидетельствуют, о том, что им выполнена актуальная работа, которая направлена на решение важной практической задачи в электроэнергетике. А именно - повышения качества электрической энергии и электромагнитной совместимости в сетях 10-0,4 кВ, путем совершенствования методов проектирования и конструирования, силовых многофункциональных фильтрокомпенсирующих устройств. Работа диссертанта отличается от ранее выполненных исследований в этой области, более глубокой проработкой оптимальной конфигурации пассивных и гибридных силовых фильтрокомпенсирующих устройств.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней (п.7)" ВАК РФ. Автор работы Денис Эдуардович Егоров заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности - 05.14.02 - Электрические станции и электроэнергетические системы.

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры  
«Системы электроснабжения предприятий»  
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный  
технический университет»

Манусов Вадим Зиновьевич

г. Новосибирск-73, пр. К. Маркса 20  
тел: +7(383)-346-15-51  
E-mail: [manusov36@mail.ru](mailto:manusov36@mail.ru)

8.06.15

Н.И. 