

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ТУСУР

к наук, доцент

Рулевский В. М.

\_\_\_\_\_ 2023 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

**Александрова Ивана Викторовича**

на тему «Система электроснабжения с активным силовым фильтром при пофазном управлении токами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

### **Актуальность темы исследования**

Требования к качеству электропитания промышленного оборудования, объектов коммунального хозяйства и бытового назначения постоянно возрастают, что выражается в увеличении числа контролируемых параметров и приведении их текущих значений к нормированным величинам, поэтому в настоящее время намечается тенденция все более широкого практического применения активных силовых фильтров высших гармоник и компенсации реактивной мощности на основной частоте 50 Гц. Помимо этого, для снижения влияния парниковых газов на экологическую обстановку вследствие сгорания мазута и угля при производстве электроэнергии, все большее распространение получают возобновляемые источники энергии, например, ветрогенераторные установки, для подключения которых к автономным потребителям или распределительной сети применяются силовые преобразователи. При этом качество генерируемой энергии и устойчивость всей энергосистемы во многом определяется как схмотехникой силовых преобразователей, так и алгоритмами, реализуемыми в их системах управления. В этой связи диссертация Александрова И. В., направленная на повышение эффективности процесса компенсации

неактивных составляющих мощности при упрощении программно-аппаратной реализации управляющего блока активного силового фильтра с учетом электропитания нагрузок постоянного тока, является актуальной.

### **Обоснованность и достоверность научных положений диссертационной работы**

Обоснованность и достоверность научных положений диссертационной работы подтверждается использованием автором общепринятых допущений, математического аппарата линейной алгебры, векторного анализа и теории автоматического управления, а также применением цифрового моделирования и натурального эксперимента.

### **Научная новизна работы**

В пункты научной новизны работы входят:

1. Векторно-матричная математическая модель активного силового фильтра, как объекта управления, связывающая параметры его силовой схемы с частотными характеристиками.

2. Результаты анализа частотных характеристик силового преобразователя с выходным  $LC$ -фильтром в разомкнутом состоянии без применения координатных преобразований Кларка и Парка.

3. Аналитические выражения, связывающие параметры внешнего и внутреннего контура регулирования координат состояния с выходным импедансом системы электроснабжения на стороне постоянного тока в частотной области, на основании которых была разработана методика синтеза закона управления.

4. Алгоритм компенсации неактивных составляющих полной мощности нагрузки переменного тока, не требующий большого объема вычислений, и его упрощенная модификация без датчиков напряжения на стороне источника переменного тока.

Сформулированные положения научной новизны в работе серьезно обоснованы и доказаны.

### **Практическая значимость результатов работы**

К практической значимости диссертации можно отнести:

1. Полнофункциональный макет системы электроснабжения с возможностью подключения однофазных нагрузок, содержащий в своем составе двунаправленный силовой преобразователь на полностью управляемых полупроводниковых ключах.

2. Программную реализацию разработанного алгоритма оценки текущей величины активной и реактивной мощности нагрузки в каждой из фаз электрической цепи, которая может быть использована при разработке новых систем управления активными силовыми фильтрами.

3. Упрощенные выражения для определения нулей и полюсов передаточных функций объекта управления, которые выступают в качестве основы для дальнейшей модификации разработанной методики синтеза или могут быть встроены в существующее программное обеспечение микропроцессорной системы управления.

Прикладные результаты работы также нашли свое применение при выполнении НИР и НИОКР, в учебном процессе кафедры электроники и электротехники ФБГОУ ВО Новосибирский государственный технический университет, а также при разработке опытного образца силового преобразовательного устройства инженерами «АО «ПО Север» (г. Новосибирск).

Положения практической значимости исследований и прикладные результаты работы сомнений не вызывают.

### **Объем диссертационного исследования**

Структурно диссертация, оформленная в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011, включает в себя 174 страницы машинописного текста, 70 рисунков и 15 таблиц и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 111 источников, а также двух приложений.

В автореферате приведены сведения, которые достаточно полно отражают содержание работы и научные положения, выносимые на защиту.

### **Публикация результатов диссертационной работы в научной литературе и апробация на научных мероприятиях**

Автором в полной мере представлены в печати результаты диссертационного исследования, которые опубликованы в трех статьях из перечня журналов, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией РФ, трех статьях, входящих в

сборники всероссийских конференций, в пяти работах, индексируемых в базах Scopus и Web of Science. Также, получены два патента на полезную модель и одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Апробация результатов работы производилась на международных и всероссийских научных мероприятиях различного уровня (конференциях, научно-технических выставках и конкурсах научных работ и т. д.), а также в рамках научных семинаров кафедры электроники и электротехники НГТУ (г. Новосибирск) и научного семинара Института проблем управления РАН (г. Москва).

### **Замечания по диссертационному исследованию**

1. В описании методики структурно-параметрического синтеза системы управления активного силового фильтра не приведена последовательность действий при практической настройке блоков компенсации неактивных составляющих мощности.

2. Как отмечено на стр. 71, при несоблюдении начальных требований к параметрам активного силового фильтра необходимо изменять величину емкости конденсаторов и/или индуктивности дросселей, однако количественная оценка данной подстройки в работе не произведена.

3. В диссертации не рассмотрено, как влияет разработанный алгоритм управления преобразователем на массогабаритные показатели системы электроснабжения, хотя автором отмечено, что закон позволяет отказаться от установки пассивных фильтрокомпенсирующих устройств.

4. В работе отсутствует обоснование выбора базовой топологии силовой части активного силового фильтра и параметров его рабочей точки по отношению к другим известным конфигурациям, например, автономному инвертору со средней точкой звена постоянного тока.

5. В тексте диссертационной работы присутствуют опечатки и неточности, например, в обозначении измерительных элементов тока и напряжения.

Вышеуказанные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на целостность и значимость проведенного исследования.

### **Заключение**

В целом, диссертационная работа Александрова И. В. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи по разработке эффективных алгоритмов управления активными

силовыми преобразователями и исследования динамических свойств систем электроснабжения, построенных на их основе.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым в п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Александров Иван Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв на диссертационную работу Александрова Ивана Викторовича обсужден и утвержден на заседании кафедры Промышленной электроники Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, протокол № 54 от « 22 » ноября 2023 г.

д-р техн. наук, доцент,  
заведующий кафедрой Промышленной электроники,  
ФГБОУ ВО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40  
+7 (3822) 51-05-30

канд. техн. наук, профессор кафедры Промышленной электроники,  
ФГБОУ ВО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40  
+7 (3822) 51-05-30

Михальченко Сергей  
Геннадьевич

« 22 » ноября 2023 г.

Семенов Валерий  
Дмитриевич

« 22 » ноября 2023 г.

Подписи Михальченко С. Г. и Семенова В.Д. заверяю

Прокопчук Елена Викторовна

« 22 » ноября 2023 г

С отзывом ознакомлен  
05.12.2023

*[Подпись]* /Александров И.В./

Отзыв получен  
01.12.2023 г  
*[Подпись]* /Дидю