

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента  
Севостьянова Александра Александровича на диссертационную работу  
Афанасьева Максима Юрьевича «Обеспечение электромагнитной совместимости  
мощных электроприводов с активными выпрямителями за счет применения спе-  
циализированных пассивных фильтров», представленную на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические  
комплексы и системы

**Актуальность работы.** Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) мощных нелинейных потребителей электроэнергии, таких как электроприводы переменного на базе преобразователей частоты с активными выпрямителями (ПЧ-АВ), с внутриводской распределительной сетью среднего напряжения является критически важной задачей для предприятий горной и металлургической промышленности. От успешного решения этой задачи зависит надежная работа электротехнического и технологического оборудования. В диссертационной работе Афанасьева М.Ю. были выявлены недостатки текущих методов обеспечения ЭМС для мощных электроприводов прокатных станов с ПЧ-АВ в условиях наличия резонансных явлений в частотной характеристике питающей сети. Целью диссертационной работы Афанасьева М.Ю. является улучшение ЭМС ПЧ-АВ в составе электроприводов клеток прокатных станов с распределительной сетью среднего напряжения системы внутриводского электроснабжения за счет использования специализированного пассивного фильтра (СПФ), который обеспечивает сдвиг частоты резонанса тока в частотной характеристике питающей сети в безопасную область, где отсутствует наложение высокочастотных гармоник сетевого тока ПЧ-АВ. Данный специализированный фильтр отличается от существующих сложных фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) более простой конструкцией и меньшей стоимостью.

Для достижения цели диссертационной работы, автором работы были поставлены и решены следующие задачи:

1. Проведение сравнительного анализа структуры систем электроснабжения электроприемников 10 кВ компактных и крупных металлургических предприятий с протяженными кабельными линиями.

2. На примере АО «Металлургический завод Балаково» (г. Балаково, Саратовская область) проведение экспериментальных исследований резонансных явлений и показателей качества электроэнергии во внутриводской сети 10 кВ, а также исследований гармонического состава токов и напряжений мощных ПЧ-АВ в составе электроприводов клеток сортового прокатного стана, функционирующего на данном предприятии.

3. Разработка комплексной имитационной модели внутриводской распределительной сети 10 кВ и мощных ПЧ-АВ для исследования эффективности применения СПФ.

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за № _____	
Дата регистрации	26.02.2024
Фамилия регистратора	_____

4. Разработка и исследование новых технических решений по коррекции частотной характеристики сети с целью исключения опасных областей резонансов токов, совпадающих с высокочастотными гармониками мощных ПЧ-АВ за счет применения СПФ.

5. Разработка новой методики расчета параметров СПФ, обеспечивающего снижение суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения КУ на общих секциях главной понизительной подстанции предприятия до уровня менее 5% с расчетом до 100-ой гармоники, достаточного для устойчивой работы чувствительных электроприемников.

6. Проведение экспериментальных исследований эффективности функционирования СПФ в условиях действующего производства АО «Металлургический завод Балаково».

**Достоверность и новизна основных результатов работы.** В диссертационной работе Афанасьева М.Ю. получены следующие новые научные результаты:

1. Разработан новый способ обеспечения ЭМС мощных ПЧ-АВ с питающей сетью за счет сдвига параллельного резонанса тока в частотной характеристике сети в безопасную зону, где нет значимых гармоник, генерируемых ПЧ-АВ, путем применения в распределительных сетях среднего напряжения СПФ.

2. Разработана новая методика выбора мощности и расчета параметров СПФ, предназначенного для коррекции частотной характеристики питающей сети.

3. Разработана усовершенствованная имитационная модель системы электроснабжения металлургического завода и электроприводов на базе ПЧ-АВ, позволяющая выполнять анализ режимов работы СПФ.

4. Получены результаты экспериментальных исследований, доказывающие эффективность применения СПФ для обеспечения ЭМС мощных электроприводов с ПЧ-АВ.

Достоверность результатов научных исследований в данной диссертационной работе основывается на тщательном анализе и детальной обработке экспериментальных данных, полученных в ходе исследований на реальном действующем металлургическом предприятии «АО Металлургический завод Балаково», где были внедрены результаты диссертационного исследования. Также достоверность подтверждается корректным применением имитационных методов моделирования. Выводы и рекомендации, приведенные в диссертации, соответствуют результатам, опубликованным в научной литературе.

**Практическая значимость и ценность.** Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в улучшении показателей качества электроэнергии во внутризаводских распределительных сетях среднего напряжения с мощными электроприводами на базе ПЧ-АВ за счет применения СПФ. Внедрение результатов работы обеспечивает улучшение показателей качества электроэнергии на общих секциях заводской подстанции и, как следствие, уменьшение аварийных ситуаций, связанных с выходом из строя чувствительных к качеству электроэнергии электроприемников. Результаты диссертационной работы внедрены на металлургическом заводе АО «Металлургический завод Балаково».

Количественный показатель технического эффекта по изменению уровня суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения  $K_U$  составляет: 1) без применения СПФ –  $K_U = 10,26 \%$ ; 2) при использовании СПФ –  $K_U = 2,14 \%$  (уменьшение значения  $K_U$  в 4,79 раз).

Результаты диссертации рекомендуются для использования на других металлургических предприятиях с внутривзаводскими распределительными сетями большой протяженности и мощными электроприводами на базе ПЧ-АВ. Также результаты диссертационной работы могут быть использованы при проектировании систем внутривзаводского электроснабжения и выборе силового электрооборудования для подобных металлургических предприятий с целью исключения ухудшения качества электроэнергии в сети среднего напряжения при работе электроприводов на базе ПЧ-АВ.

**Основные научные публикации по теме диссертации.** Результаты диссертационной работы опубликованы в 14 научных трудах, включая 3 научные статьи из перечня ВАК РФ, 5 научных статей в изданиях, индексируемых в международной наукометрической системе Scopus. Опубликовано научная монография и получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

**Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации.** Автореферат в полной мере отражает основные положения, идеи и выводы диссертации. Материалы автореферата дают полное представление о научных результатах работы.

**Замечания по диссертации:**

1. В первой главе диссертации выполнен подробный анализ существующих способов улучшения качества напряжения внутривзаводских распределительных сетей 6-35 кВ с мощными электроприводами на базе ПЧ-АВ, в рамках которого были рассмотрены известные адаптивные алгоритмы ШИМ для АВ с удалением или ослаблением выделенных гармоник, а также использование усовершенствованных систем управления АВ с динамическим выбором таблиц углов переключения ключей, в том числе по методикам Маклакова А.С., Тао Д., Буланова М.В. и Гилемова И.Г. Рассматривались ли эти известные способы обеспечения ЭМС ПЧ-АВ для решения проблемы ухудшения качества электроэнергии в системе внутривзаводского электроснабжения АО «Металлургический завод Балаково»?

2. Возможно ли применение СПФ с добротностью  $Q$  более, чем 1500 – 2000 о.е., с целью снижения номинальной мощности фильтра при сохранении необходимого эффекта по уменьшению суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения в электрической сети с ПЧ-АВ? Какие технические мероприятия необходимы для реализации СПФ с подобными характеристиками?

3. Как в третьей главе диссертации при реализации имитационной модели электроприводов скоростных проволочных блоков на базе ПЧ-АВ учитывались режимы работы электроприводов: холостой ход, работа при номинальной нагрузке, динамические режимы разгона и торможения? Оказывают ли влияние изменение режимов работы электроприводов на уровни гармонических составляющих в напряжении сети 10 кВ при текущих алгоритмах ШИМ АВ? Какого данное влияние

при использовании других алгоритмов ШИМ для АВ, например, ШИМ с удалением или ослаблением выделенных гармоник?

4. В четвертой главе диссертации в качестве одного из положений методики выбора оптимальных параметров СПФ используется проверка СПФ на возникновение недопустимых бросков тока и перенапряжении при включении фильтра. Чем ограничена максимальная кратность тока при включении СПФ? Какие дополнительные технические решения могут быть использованы для ограничения бросков тока?

5. В первой главе диссертации рассматриваются известные типы ФКУ со сложной силовой схемой, которые в некоторых случаях также могут эффективно применяться для борьбы с влиянием резонансов тока в электрических сетях с ПЧ-АВ. Проводился ли сравнительный анализ эффекта по снижению суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения на секциях 10 кВ заводской ГПП АО «Металлургический завод Балаково» при использовании СПФ и известных типов ФКУ, имеющих сложную силовую схему?

Приведенные выше замечания не являются критическими с точки зрения ценности результатов диссертации и не снижают значимость работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа Афанасьева Максима Юрьевича «Обеспечение электромагнитной совместимости мощных электроприводов с активными выпрямителями за счет применения специализированных пассивных фильтров» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новое решение актуальной научно-технической задачи по обеспечению электромагнитной совместимости электроприводов производственных механизмов с питающей сетью за счет применения разработанных специализированных пассивных фильтров, параметры которых выбираются с использованием специальной методики, учитывающей наличие резонансов тока в частотной характеристике питающей сети. Диссертация соответствует пунктам 1,3,4 паспорта научной специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы (п.1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем; п.3. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов энергоэффективного управления; п.4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях).

Диссертация Афанасьева М.Ю. соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с пунктами 9 – 14 «Положе-

ния о присуждении ученых степеней» в редакции постановления правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. Автор диссертации Афанасьев Максим Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой «Электроэнергетики,  
электроснабжения и силовой электроники»  
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный  
технический университет им. Р.Е. Алексеева»,  
канд. техн. наук, доцент

 / Севостьянов Александр Александрович /

«22» февраля 2024 г.

Подпись Севостьянова Александра Александровича заверяю:

Кандидатская диссертация Севостьянова А.А. защищена по специальности 05.09.03 Электротехнические комплексы и системы.

**Сведения об организации:**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Адрес: 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Тел./факс: +7 (831) 432-91-85, +7(831)436-94-75

E-mail: [nntu@nntu.ru](mailto:nntu@nntu.ru)

Сайт: <https://www.nntu.ru>

*Ученой работой  
Ученого совета*



*И. И. Мерзленко*