

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на диссертационную работу Афанасьева Максима Юрьевича
«Обеспечение электромагнитной совместимости мощных электроприводов
с активными выпрямителями за счет применения специализированных пассивных
фильтров» по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы

Афанасьев Максим Юрьевич в 2014 году окончил кафедру электроснабжения промышленных предприятий, получил диплом бакалавра по направлению подготовки 140200 «Электроэнергетика». В период с 2014 по 2016 гг. обучался в магистратуре кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (электропривод и автоматика). С 2016 по 2020 гг. проходил обучение в очной аспирантуре МГТУ им. Г.И. Носова по научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. Диссертационные исследования выполнял на кафедре автоматизированного электропривода и мехатроники. За время обучения и дальнейший период подготовки диссертации успешно сдал кандидатские экзамены.

В процессе подготовки кандидатской диссертации соискатель Афанасьев М.Ю. зарекомендовал себя как высококвалифицированный специалист-исследователь, способный самостоятельно выполнять научные исследования, формулировать цели и задачи, выполнять обработку экспериментальных данных, создавать математические модели сложных электротехнических комплексов с мощными электроприводами прокатных станов на базе преобразователей частоты с активными выпрямителями (ПЧ-АВ) с различными типами фильтров высших гармоник, разрабатывать и исследовать новые типы специализированных фильтрокомпенсирующих устройств для систем внутриводского электроснабжения, обеспечивающих улучшение качества электроэнергии во внутриводских распределительных сетях за счет изменения формы частотной характеристики сети.

Афанасьев М.Ю. в период выполнения диссертационных исследований являлся исполнителем ряда научно-исследовательских опытно-конструкторских работ (НИОКР), направленных на улучшение электромагнитной совместимости мощных электроприводов на базе ПЧ-АВ с питающей сетью на металлургических заводах АО «Металлургический завод Балаково» (г. Балаково, Саратовская область), ЗАО «ММК Metalurji» (г. Дёртйол, Турция) и ЧерМК ПАО «Северсталь» (г. Череповец Вологодской обл.). В 2022-2023 гг. выполнял исследования в рамках гранта российского научного фонда «Разработка фундаментальных основ и научно обоснованных технических решений по обеспечению качества электроэнергии во внутриводских системах электроснабжения с мощными промышленными электроприводами» (РНФ 22-19-20069).

Актуальность темы Афанасьева М.Ю. обусловлена необходимостью обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) мощных электроприводов прокатных станов на базе ПЧ-АВ с питающей сетью среднего напряжения. В настоящее время существующие способы улучшения качества электроэнергии во внутриводских электрических сетях с мощными

ПЧ-АВ не всегда обеспечивают поддержание приемлемого суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения K_U на общих секциях главной понизительной подстанции предприятия (ГПП). При наличии резонансных явлений в частотной характеристике питающей сети 6-35 кВ могут возникать сильные искажения гармонического состава напряжения на секциях ГПП из-за наложения высокочастотных гармоник сетевого тока ПЧ-АВ с областью параллельного резонанса. В этом случае на промышленных предприятиях имели место нарушения режимов работы и выходы из строя чувствительных электроприемников, подключенных параллельно с мощными электроприводами на базе ПЧ-АВ.

Применение известных эффективных технических решений по улучшению качества электроэнергии в электрических сетях с мощными ПЧ-АВ за счет использования модифицированных алгоритмов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) АВ с удалением или ослаблением выделенных гармоник, в том числе и учетом резонансных явлений, а также использование усовершенствованных систем управления АВ с динамическим выбором оптимальных таблиц углов переключения силовых ключей в зависимости от режима работы электропривода, часто затруднено из-за закрытой структуры систем управления ПЧ-АВ. Кроме того, использование традиционных фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) в виде одночастотных фильтров высших гармоник, настроенных на фильтрацию определенной группы гармоник сетевого тока силовых преобразователей, в большинстве случаев не обеспечивает достижение заданного качества напряжения на общих секциях заводской ГПП из-за широкого диапазона высокочастотных гармоник ПЧ-АВ, попадающих в область резонанса частотной характеристики питающей сети. Использование широкополосных фильтров высших гармоник и ФКУ специального типа (конвейерный, двухчастотный и т.д.) в ряде случаев обеспечивает достижение необходимого технического эффекта по снижению коэффициента K_U , но ФКУ данного типа являются сложными в изготовлении, имеют большие массогабаритные показатели и высокую стоимость.

На основании вышеизложенного актуальной задачей является разработка нового способа обеспечения ЭМС мощных электроприводов на базе ПЧ-АВ за счет сдвига частоты резонанса тока в частотной характеристике питающей сети в безопасную область, где отсутствует наложение высокочастотных гармоник ПЧ-АВ, за счет применения специализированного пассивного фильтра (СПФ) – одночастотного фильтра с высокой добротностью (более 1000 о.е.), частота настройки которого соответствует максимуму основного резонанса токов в частотной характеристике питающей сети. Разрабатываемый СПФ должен иметь более простую силовую схему и меньшую стоимость, чем у вышеуказанных специальных типов ФКУ.

В диссертационной работе были получены следующие новые научные результаты:

1) разработан новый способ обеспечения электромагнитной совместимости мощных электроприводов на базе ПЧ-АВ с питающей сетью среднего напряжения, отличающийся от известных тем, что для улучшения показателей качества электроэнергии осуществляется

сдвиг частоты резонанса тока в частотной характеристике питающей сети в безопасную область, где отсутствует наложение гармоник ПЧ-АВ, за счет применения СПФ;

2) разработана новая методика выбора параметров СПФ, позволяющая определить оптимальные параметры фильтра (номинальную мощность, емкости конденсаторов и индуктивности воздушных реакторов), обеспечивающие наилучшее качество напряжения в точке общего присоединения заводских электроприемников;

3) разработана усовершенствованная имитационная модель системы распределительной сети 10 кВ системы электроснабжения металлургического завода с электроприводами сортового стана на базе ПЧ-АВ для анализа режимов работы СПФ;

4) получены результаты экспериментальных исследований показателей качества электроэнергии в сети 10 кВ с мощными ЭП на базе ПЧ-АВ, доказывающие эффективность предложенных решений по обеспечению ЭМС ПЧ-АВ с питающей сетью за счет использования СПФ.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в улучшении показателей качества электроэнергии во внутривзаводских распределительных сетях среднего напряжения с мощными электроприводами на базе ПЧ-АВ за счет применения СПФ 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». В результате внедрения разработанных СПФ был достигнут технический эффект по уменьшению уровня суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения K_U на общих секциях заводской ГПП с $K_U = 10,26\%$ до $2,14\%$ (уменьшение в 4,8 раза). Применение СПФ в системе электроснабжения АО «Металлургический завод Балаково» позволило полностью исключить нарушения режимов работы чувствительных электроприемников из-за плохого качества электроэнергии.

Результаты диссертации рекомендуются к внедрению на других компактных металлургических предприятиях с протяженными кабельными линиями среднего напряжения 6-35 кВ, где функционируют мощные электроприводы прокатных станков на базе ПЧ-АВ.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций основывается на: 1) правомерности исходных предпосылок и положений; 2) корректном использовании математических и имитационных методов моделирования на ЭВМ; 3) соответствием полученных в работе результатов представленным в научной трудах по схожей тематике других авторов; 4) результатами экспериментальных исследований, полученными на действующем промышленном предприятии АО «Металлургический завод Балаково».

Основные результаты диссертационной работы получены соискателем самостоятельно.

Результаты диссертации представлены в научных публикациях и апробированы на международных научно-технических конференциях. Результаты диссертационной работы опубликованы в **14** научных трудах, включая **3** научные статьи из перечня ВАК РФ, **5** науч-

ных статей в изданиях, индексируемых в наукометрической системе Scopus. Также опубликована научная монография и получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

На основании вышеизложенного заявляю, что диссертационная работа выполнена на достаточно высоком уровне, удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Афанасьев М.Ю. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы.

Научный руководитель

Заведующий
кафедрой автоматизированного
электропривода и мехатроники
ФГБОУ ВО «Магнитогорский
государственный технический
университет им. Г.И. Носова»,
канд. техн. наук, доцент



Николаев Александр Аркадьевич



13.11.2013

Шифр научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы
455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
Тел. 8-951-803-99-07, e-mail: aa.nikolaev@magtu.ru