

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора  
Мещерякова Виктора Николаевича на диссертационную работу  
Гилемова Ильдара Галиевича «Повышение качества электроэнергии  
во внутризаводских распределительных сетях за счет усовершенствованных  
систем управления активных выпрямителей», представленную на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по научной специальности  
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Задача по обеспечению электромагнитной совместимости мощных нелинейных потребителей электрической энергии с внутризаводской распределительной сетью среднего напряжения, к которым относятся электроприводы переменного тока на базе преобразователей частоты с активными выпрямителями (ПЧ-АВ), имеет большую значимость для предприятий металлургической и горной промышленности. От её решения зависит надёжность работы электротехнического и, следовательно, технологического оборудования. Решение данной задачи усложняется в отношении электроприводов механизмов и агрегатов, работающих в циклическом режиме с значительным диапазоном изменения мощности, например, электроприводов прокатных станов.

Целью диссертационной работы является улучшение электромагнитной совместимости мощных электроприводов промышленных агрегатов, построенных на базе ПЧ-АВ, с внутризаводской распределительной сетью системы электроснабжения среднего напряжения 6-35 кВ.

На основе литературного анализа научных работ, посвящённых исследованиям электромагнитной совместимости электроприводов с преобразователями частоты, а также результатов экспериментальных исследований на действующих металлургических предприятиях, в диссертационной работе Гилемова И.Г. сформулированы задачи, направленные на улучшение качества электроэнергии во внутризаводских электрических сетях среднего напряжения с мощными электроприводами прокатных станов на базе ПЧ-АВ за счет применения усовершенствованной системы управления активного выпрямителя напряжения, обеспечивающей возможность использования нескольких таблиц углов переключения силовых ключей для разных статических и динамических режимов работы электропривода.

Основными задачами поставленными и решенными в диссертационной работе являются:

1. Проведение экспериментальных исследований режимов работы мощных электроприводов прокатных станов на базе преобразователей частоты с активными выпрямителями на действующих металлургических предприятиях.
2. Разработка усовершенствованных алгоритмов и системы управления АВ с вы-

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за №	
Дата регистрации	21.08.2023
Фамилия регистратора	

бором оптимальной таблицы углов переключения силовых ключей.

3. Разработка усовершенствованной имитационной модели системы управления активного выпрямителя.

4. Разработка методики расчёта таблиц углов переключения силовых ключей активного выпрямителя для предлагаемой системы управления.

5. Исследование эффективности усовершенствованной системы управления активного выпрямителя в отношении улучшения качества электроэнергии во внутриводской распределительной сети.

Поставленные в работе задачи являются актуальными, так как их решение позволит обеспечить электромагнитную совместимость мощных электроприводов с активными выпрямителями в системах электроснабжения металлургических предприятий.

### **Достоверность и новизна основных результатов работы**

Достоверность результатов научных исследований в данной диссертационной работе подтверждается: критическим анализом литературы, посвящённой повышению качества электроэнергии при работе преобразователей частоты с активными выпрямителями напряжения, результатами имитационного моделирования и экспериментальных исследований с применением высокоточного оборудования на действующем оборудовании двух металлургических предприятий – ЗАО «ММК Metalurji» (Турция) и ЧерМК ПАО «Северсталь» (Россия), а также апробацией основных научных результатов на научно-технических конференциях, опубликованием статей в научных реферируемых журналах, в том числе международных. Все теоретические положения и выводы в диссертации научно обоснованы.

По мнению официального оппонента, научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Доказана значимость учёта статических и динамических режимов электроприводов с ПЧ-АВ при проведении оценки качества электроэнергии в системе внутриводского электроснабжения.

2. Разработана новая система управления АВ, отличающаяся от известных возможностью выбора таблицы углов переключения силовых ключей в зависимости от режима работы электропривода.

3. Предложена новая методика расчёта таблиц углов переключения силовых ключей АВ для разработанной системы управления с учётом критериев физической реализуемости.

4. Разработана имитационная модель системы управления АВ, отличающаяся от известных возможностью производить анализ качества электроэнергии в сетях среднего напряжения при динамической смене таблиц углов переключения с учётом различных режимов работы электропривода.



### **Практическая значимость и ценность работы**

Практическая значимость результатов диссертационной работы состоит в том, что усовершенствованная система управления активного выпрямителя (СУ АВ) с динамическим выбором таблиц углов переключения силовых ключей в составе ПЧ-АВ большой мощности обеспечивает улучшение качества электроэнергии в системах внутриводского электроснабжения во всех статических и динамических режимах работы электроприводов. Технический эффект от применения усовершенствованной СУ АВ в плане уменьшения значения суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения  $K_U$  в точке общего присоединения электроприемников на секциях главной понижающей подстанции промышленного предприятия составляет свыше 50% по сравнению с СУ АВ с традиционными алгоритмами управления.

Результаты диссертационной работы могут применяться на действующих промышленных предприятиях, где функционируют мощные электроприводы на базе многоуровневых ПЧ-АВ среднего напряжения. Также результаты диссертации могут быть использованы на предприятиях, где осуществляется разработка и производство высоковольтных полупроводниковых преобразователей частоты для применения в составе автоматизированного электропривода промышленных агрегатов, работающих в циклическом режиме.

### **Публикации по работе**

Основные положения диссертации в достаточном объеме изложены в 19 печатных работах, из них: 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 9 статей в изданиях, входящих в систему цитирования Scopus. Получены 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ и опубликована одна научная монография. В представленных публикациях достаточно отражены все основные положения и выводы диссертационной работы.

### **Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации**

Автореферат в полной мере отражает основные положения, идеи и выводы диссертации. Материалы автореферата дают полное представление о научных результатах работы.

### **Замечания**

1. В главе 3 при оценке влияния смены таблиц углов переключения силовых ключей активного выпрямителя усовершенствованной системой управления рассматривались потребляемые токи, рисунки 3.15 – 3.20, при этом не были представлены графики напряжений в звене постоянного тока преобразователя. Насколько существенное воздействие оказывает смена таблиц системой управления на данный параметр?

2. В работе не приведено подробное описание алгоритма расчёта таблиц углов

переключения силовых ключей активного выпрямителя по методу ШИМ с подавлением выделенных гармоник.

3. Как обеспечивается сохранение технического эффекта в уменьшении суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения  $K_U$  на общих секциях главной понизительной подстанции предприятия за счет применения усовершенствованной СУ АВ при изменении частотной характеристики питающей сети и смещении частот основных резонансов тока?

4. Рассматривалось ли применение в усовершенствованной СУ АВ большего числа таблиц углов переключения (4 таблицы и более) для получения дополнительного технического эффекта по улучшению качества электроэнергии во внутривзаводских распределительных сетях среднего напряжения?

5. Возможно ли обеспечение требуемой электромагнитной совместимости ПЧ-АВ с питающей сетью за счет использования усовершенствованной СУ АВ при наличии в частотной характеристике сети множественных резонансов тока с высокой амплитудой и широким частотным диапазоном?

6. Возможна ли реализация предлагаемой системы управления активного выпрямителя силами технических специалистов промышленного предприятия или требуется взаимодействие с производителем преобразовательной техники?

### **Заключение**

Диссертационная работа Гилемова Ильдара Галиевича «Повышение качества электроэнергии во внутривзаводских распределительных сетях за счет усовершенствованных систем управления активных выпрямителей» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новое решение актуальной научно-технической задачи по улучшению качества электроэнергии во внутривзаводских распределительных сетях среднего напряжения с мощными электроприводами производственных механизмов на базе ПЧ-АВ.

Диссертационная работа Гилемова И.Г. 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, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования.; п.3. Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления; п.4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов).

Представленная диссертационная работа «Повышение качества электроэнергии во внутривзаводских распределительных сетях за счет усовершенствованных систем управления активных выпрямителей» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции постановления правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., а её автор, Гилемов Ильдар Галиевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

заведующий кафедрой электропривода  
ФГБОУ ВО «ЛГТУ», д-р техн. наук, профессор

(докторская диссертация Мещерякова В.Н. защищена  
по научной специальности 05.09.03 –  
Электротехнические комплексы и системы)



Мещеряков Виктор Николаевич

6 июля 2023 г.

Подпись Мещерякова Виктора Николаевича заверяю



Подпись удостоверяю  
Специалист ОК ЛГТУ

*И.В. Мещеряков*  
06.07.2023

**Сведения об организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования "Липецкий государственный технический университет"  
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д. 30  
Тел./факс: +7 (4742) 328-000 / +7 (4742) 310-473  
E-mail: mailbox@stu.lipetsk.ru  
Сайт: <https://www.stu.lipetsk.ru/>