

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук,
доцента Хакимьянова Марата Ильгизовича
на диссертационную работу Журавлева Артема Михайловича
**«Повышение надежности полупроводниковых преобразователей и
электроприводов объектов кислородно-конвертерного производства»**,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальностям 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»
и 05.09.12 – «Силовая электроника»

1. Актуальность работы

Вопросы повышения надежности электроприводов ответственных механизмов являются чрезвычайно важными для отечественной промышленности. С увеличением объемов производства высококачественной стали возрастает ответственность систем электроприводов кислородно-конвертерного производства. Аварийная остановка механизмов данного типа влечет за собой нарушение технологии производства и многомиллионные убытки для промышленного предприятия.

Диссертационная работа Журавлева Артема Михайловича посвящена повышению надежностных показателей силовых полупроводниковых преобразователей и электроприводов объектов кислородно-конвертерного производства, что является важной задачей как для российских производителей высококачественных сталей, так и для зарубежных. С учетом того, что в настоящее время в мире количество выплавляемой стали в кислородных конвертерах составляет порядка 75% от суммарного мирового объема производимого металла, актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений.

2. Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация Журавлева Артема Михайловича состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа изложена на 163 страницах машинописного текста, содержит 100 рисунков и 12 таблиц. Список литературы содержит 139 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы научные положения, их новизна, практическая значимость.

В первой главе были выявлены особенности работы электропривода эксгаустера кислородного конвертера, обозначены проблемы с позиции надежности системы. Выполнен анализ требований технологического процесса к электроприводу эксгаустера кислородного конвертера, который позволил определить наиболее узкие, с точки зрения надежности, места системы электропривода. Поставлена задача научного исследования.

Во второй главе выполнен анализ существующих методов повышения надежностных показателей. Проанализированы возможности метода “избыточности” системы. Показаны примеры применения данного метода для повышения надежности полупроводниковых преобразователей. Далее была поставлена задача оптимизации схем силовых цепей. Предложена методика оптимизации схем силовых цепей полупроводниковых преобразователей, содержащая этапы выбора конфигурации схем

силовых цепей по критерию минимума полупроводниковых ключей, выбора оптимальных количества фаз и резервных узлов, и отличающаяся принятым критерием – вероятностью безотказной работы. Были представлены результаты оптимизации.

В третьей главе была сформулирована задача математического моделирования электроприводов, работающих в пуско-тормозных режимах. На основе анализа существующих математических моделей были определены основные проблемы существующих методик. Разработана математическая модель синхронных электроприводов, в которой параметры электрической машины представлены распределенными, полупроводниковый преобразователь – безынерционным звеном, и отличающаяся тем, что узел формирования фазных токов реализовывал пуско-тормозные режимы, а это позволило уточнить осциллограмму тока при реализации интенсивных процессов пуска технологических объектов.

В четвертой главе проанализированы основные причины отказов электрических машин. Предложена методика синтеза схем силовых цепей электроприводов, работающих в пуско-тормозных режимах, отличающаяся учетом совместной работы полупроводникового преобразователя и двигателя, позволяющая улучшить надежность показатели системы при минимуме затрат на установленное оборудование. Показаны этапы реализации методики на примере схемы с импульсно-векторным управлением.

В заключении диссертации представлены достигнутые результаты и основные выводы.

3. Научные результаты работы и их новизна

К наиболее значимым научным результатам диссертационной работы соискателя можно отнести:

– предложенную методику оптимизации схем силовых цепей полупроводниковых преобразователей, содержащую этапы выбора конфигурации схем силовых цепей по критерию минимума полупроводниковых ключей, выбора оптимальных количества фаз и резервных узлов, и отличающуюся принятым критерием – вероятностью безотказной работы;

– разработанную математическую модель синхронных электроприводов, в которой параметры электрической машины представлены распределенными, полупроводниковый преобразователь – безынерционным звеном, и отличающуюся тем, что узел формирования фазных токов реализовывал пуско-тормозные режимы, а это позволило уточнить осциллограмму тока при реализации интенсивных процессов пуска технологических объектов;

– методику синтеза схем силовых цепей электроприводов, работающих в пуско-тормозных режимах, отличающуюся учетом совместной работы полупроводникового преобразователя и двигателя, позволяющую улучшить надежность показатели системы при минимуме затрат на установленное оборудование.

4. Основные практические результаты работы

Практическая ценность диссертационной работы состоит в том, что использование предложенной методики синтеза схем силовых цепей электроприводов,

работающих в пуско-тормозных режимах, позволяет значительно увеличить надежность объектов металлургической промышленности при минимальных затратах.

Натурные испытания, которые подтвердили результаты теоретических исследований, проводились на действующем эксгаустере кислородно-конвертерного цеха ПАО ЧМК, приводимым в движение синхронным частотнорегулируемым электроприводом, при непосредственном участии соискателя в проведении экспериментов.

5. Достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность научных положений, результатов и рекомендаций подтверждается аргументированностью исходных данных, обоснованностью принятых допущений, совпадением результатов математического моделирования с экспериментальными данными измерений.

При решении поставленных задач использованы математический аппарат теории автоматического управления, методы математического моделирования, программные среды для математических и инженерных расчетов *MATLAB*, *ANSYS Maxwell* и *ANSYS Simplorer*. Все научные положения аргументированы, полученные результаты исследований не противоречат известным научным положениям.

6. Апробация работы и публикации

Опубликованные автором работы соответствуют содержанию диссертации. По теме диссертации опубликовано 12 научных статей, в том числе 7 в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 – входящие в систему цитирования Scopus. Получено 2 патента РФ на изобретение.

В полном объеме работа докладывалась и обсуждалась на расширенных заседаниях кафедр, международных и всероссийских конференциях, форумах и семинарах.

Автореферат диссертации Журавлева А.М. соответствует диссертационной работе по цели, задачам исследования, основным положениям, определениям актуальности, научной и практической значимости, новизне и достоверности и др.

Исследования, приведенные в диссертационной работе Журавлева А.М. соответствуют формуле и пп. 1, 3 области исследования, приведённой в паспорте специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» и – п. 3 и специальности 05.09.12 – «Силовая электроника».

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

7. Замечания и дискуссионные положения

По содержанию диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Предложенная методика оптимизации схем силовых цепей полупроводниковых преобразователей учитывает количество полупроводниковых ключей, однако не

учитывает их тип. Результаты оптимизации, приведенные в работе, охватывают схемы, использующие в качестве полупроводниковых элементов – IGBT транзисторы, хотя наиболее распространенными полупроводниковыми элементами в цепях преобразователей на мощностях свыше 1 МВт являются IGBT-тиристоры.

2. Соискателем проводились оптимизационные процедуры для дискретных функций (например: поверхностей стоимости полупроводникового преобразователя от безотказной работы и установленной мощности; зависимости вероятности безотказной работы преобразователя от количества фаз и номинального тока). При этом автором не выполнялась оценка допустимого шага дискретизации (мощности, фаз и др.), превышая который, процесс оптимизации становится расходящимся.

3. Принятый в работе коэффициентный метод расчета вероятности безотказной работы требует подробной информации для одного базового элемента (в диссертации – это полупроводниковый преобразователь). Как правило, производители дают данные по надежности полупроводниковых преобразователей для “номинальных” условий (по температуре, давлению, влажности). Из диссертации неясно, как соискатель предлагает учитывать влияние выхода одного или нескольких параметров окружающей среды за допустимые пределы.

4. При расчете зависимостей надежностных показателей электрических машин от параметров их работы применяется предложенная Копыловым И.П. методика расчета нагрева электрических машин. Большой интерес вызывает соотношение полученных результатов по этой методике и результатов моделирования тепловых процессов. Автором диссертации проделана большая работа по моделированию электромеханических преобразователей в различных программных средах, при этом неясно, чем обусловлено отсутствие в работе важного с позиции надежности работы системы раздела моделирования тепловых процессов.

5. В третьем научном положении автором предлагается методика синтеза схем силовых цепей полупроводникового преобразователя и двигателя по критерию надежности. Соискатель справедливо обращает внимание на дополнительные возможности, которые появляются в многофазных цепях (при $m > 3$). Однако полупроводниковые преобразователи имеют относительно небольшую постоянную времени нагрева и поэтому указанные преимущества могут стать несущественными при работе электропривода в режимах постоянных перегрузок.

Указанные замечания не снижают высокий научный уровень работы и значимость полученных результатов.

8. Общее заключение по диссертации

Диссертация Журавлева А.М. является завершенной научно-исследовательской работой, содержащей новое решение актуальной научно-технической задачи – повышение надежностных показателей силовых полупроводниковых преобразователей и электроприводов промышленных установок, с подтверждением результатов теоретических исследований натурными экспериментами.

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости результатов работа «Повышение надежности полупроводниковых преобразователей и электроприводов объектов кислородно-конвертерного производства» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к

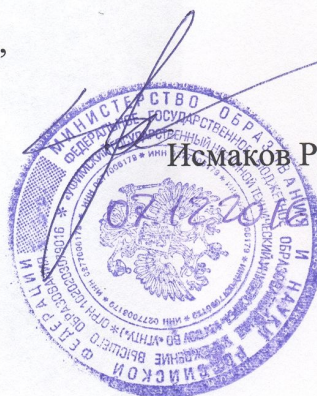
научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук согласно п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842), а ее автор Журавлев Артем Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» и 05.09.12 – «Силовая электроника».

Официальный оппонент –
доцент кафедры «Электротехника и
электрооборудование предприятий»
Уфимского государственного
нефтяного технического университета,
к.т.н., тел.: (347) 2420759;
e-mail: hakimyanovmi@gmail.com

M. I. Hakimyanov
07.12.2016

Хакимьянов Марат Ильгизович

Подпись Хакимьянова М.И. заверяю,
проректор по научной и
инновационной работе,
профессор, д.т.н.



Исмаков Рустэм Адипович