

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию **Вислогузова Дениса Петровича** на тему  
**«Алгоритмы управления частотно-регулируемыми электроприводами с функцией  
резервного электропитания от сети постоянного тока»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
**05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы**

Для рассмотрения официальному оппоненту представлены следующие материалы:

- 1) диссертационная работа на 133 страницах машинописного текста формата А4, состоящая из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 4 приложений;
- 2) автореферата на 20 страницах формата А5.

### **Актуальность темы**

Для важных критических технологий и опасных производственных объектов существует необходимость предотвращения техногенных аварий и минимизации невосполнимых экономических потерь. Требования безопасности функционирования и ограничения рисков нежелательных режимов при эксплуатации ядерных, химических, строительных, металлургических и других объектов являются определяющими факторами в критериях живучести основного технологического оборудования.

Большинство производственных объектов имеют в своем составе оборудование с электроприводами переменного тока, отказы которых приводят к невозможности исполнения рабочих функций необслуживаемых механизмов в процессах с длительным или безостановочным циклом обработки продукции. Наиболее распространенная причина аварийных остановов электропривода – это сбои в питающей сети переменного тока.

В связи с этим, важным становится вопрос по разработке частотно-регулируемого электропривода устойчивого к кратковременным и длительным сбоям питающей сети. Устойчивость частотно-регулируемого электропривода к сбоям электропитания можно обеспечить только с помощью резервного источника энергии, в роли которого может выступать резервная сеть постоянного тока или аккумуляторная батарея. Для стабилизации напряжения звена постоянного тока преобразователя частоты при питании от резервной сети (аккумуляторной батареи) рациональным выглядит использование преобразователей постоянного тока в постоянный за счет реализации функции двойного электропитания электропривода. Работу двух независимых источников электропривода двойного электропитания в зависимости от требований можно организовать по принципу холодного, теплого и горячего резервирования с замещением.

Поэтому актуальность темы диссертационной работы Вислогузова Д.П., которая посвящена научно-технической задаче по разработке и исследованию способов реализации и алгоритмов управления частотно-регулируемыми электроприводами с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока не вызывает сомнений.

### **Оценка структуры содержания работы**

Наименование и содержание диссертационной работы объединено внутренним единством достижения поставленной цели и решением теоретических и практических задач, направленных на разработку и исследование способов реализации и алгоритмов управления частотно-регулируемыми электроприводами с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока.

**Первая глава** диссертационной работы посвящена анализу принципов резервирования частотно-регулируемых электроприводов. Рассмотрены основные методы резервирования, применимые для частотно-регулируемых электроприводов, представлены решения по оптимизации работы каждой из представленных систем резервирования. Проанализированы основные методы резервирования источника электропитания электропривода, в частности частотно-регулируемых электроприводов с питанием от двух независимых источников переменного тока, частотно-регулируемые электроприводы с питанием от основной сети переменного тока и резервной сети постоянного тока. Предложены основные способы построения частотно-регулируемых электроприводов двойного электропитания от сетей переменного и постоянного тока, приведен сравнительный анализ данных систем по массогабаритным показателям.

**Вторая глава** диссертационной работы посвящена вопросам построения частотно-регулируемых электроприводов двойного электропитания, работающего согласно принципам горячего резервирования с замещением, с применением двунаправленного гальванически развязанного преобразователя постоянного тока в постоянный.

**Третья глава** посвящена вопросам построения частотно-регулируемого электропривода двойного электропитания, работающего согласно принципам теплого резервирования с замещением, с применением повышающего преобразователя постоянного тока в постоянный и асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

**Четвертая глава** посвящена отдельным вопросам построения электроприводов переменного тока двойного электропитания. В частности, проведено исследование устойчивости преобразователя постоянного тока в постоянный при различных внутренних параметрах источника питания постоянного тока.

**В заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы.



## **Методы исследований**

Для решения поставленных задач в диссертационной работе используются методы современной теории автоматического управления, положения теории электропривода, аналитические методы расчета, основанные на применении аппарата дифференциальных уравнений и передаточных функций. Проверка работоспособности разработанных алгоритмов осуществлена методами цифрового моделирования в пакете программ Matlab – Simulink и натурными экспериментами.

**Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов диссертационной работы** подтверждается корректностью поставленных задач, обоснованностью принятых допущений и адекватностью используемых при исследовании математических моделей, проверкой результатов на экспериментальных установках, качественным и количественным сопоставлением данных теоретических исследований с экспериментальными данными.

## **Научная новизна**

1. Предложены силовые схемы частотно-регулируемого электропривода переменного тока с резервным электропитанием с применением промежуточных преобразователей постоянного тока в постоянный. Разработанные схемотехнические решения отличаются от известных схем резервирования значительным снижением массогабаритных показателей электро-механической системы.

2. Разработан алгоритм управления двунаправленным гальванически развязанным преобразователем постоянного тока в постоянный. Алгоритм отличается от известных тем, что обеспечивает переход нагрузки с основной сети на резервную и обратно за время, не превышающее одного периода питающей сети переменного тока, а также, способен компенсировать влияние тока подмагничивания трансформатора на выходные характеристики преобразователей постоянного тока в постоянный.

3. Разработан новый алгоритм управления частотно-регулируемым электроприводом переменного тока, работающим в составе системы двойного электропитания с повышающим преобразователем постоянного тока в постоянный. Разработанный безударный рекуперативный алгоритм отличается от классического алгоритма векторного управления тем, что при исчезновении основной сети переменного тока целенаправленно поддерживается магнитное состояние электрической машины, совместно с принудительным переводом двигателя в генераторный режим работы. Это позволяет не допускать остановок электродвигателя при переходе с основной сети на резервную и обратно.

4. Изучена проблематика устойчивости системы управления преобразователей постоянного тока в постоянный в зависимости от внутренних параметров источника питания постоянного тока. Получены математические соотношения параметров источника питания

определяющие границы устойчивости электропривода в целом. Разработан алгоритм динамической коррекции, отличающийся от известных тем, что позволяет в текущем режиме функционирования электропривода стабилизировать его работу при любых соотношениях параметров источника питания.

### **Практическая ценность диссертационного исследования**

1. Разработано техническое решение по реализации алгоритма управления двунаправленным гальванически развязанным преобразователем постоянного тока в постоянный, выполненное на уровне опытного образца.

2. Разработано техническое решение по реализации безударного рекуперативного алгоритма управления частотно-регулируемым электроприводом переменного тока в составе системы двойного электропитания с повышающим преобразователем постоянного тока выполненное на уровне опытного образца.

3. Применение разработанных технических решений: двунаправленного гальванически развязанного преобразователя постоянного тока в постоянный и повышающего преобразователя постоянного тока в составе систем двойного электропитания позволяет сравнительно просто произвести модернизацию уже работающих электроприводов до уровня отказоустойчивых.

### **Реализация результатов работы**

Результаты, полученные в диссертационной работе, приняты к внедрению в преобразователях частоты двойного электропитания (от сети переменного и постоянного тока) ЗАО «ЭРАСИБ» (г. Новосибирск), а также используются в учебном процессе Новосибирского государственного технического университета (НГТУ), что подтверждено соответствующими актами.

### **Апробация работы**

Работа прошла хорошую апробацию. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: на международных и региональных конференциях и опубликованы в 14 печатных работах, в том числе: 2 статьи в изданиях рекомендованных ВАК, 3 публикации в трудах научных конференций, индексируемых в наукометрических базах Web of Science, Scopus, IEEE, 9 – в материалах и трудах Всероссийских и международных научных конференций.

### **Автореферат**

Отражает основное содержание диссертационной работы, написан литературным языком с использованием терминологии, принятой в данной отрасли науки и техники.



**По диссертационной работе имеются следующие замечания:**

1. При рассмотрении технических решений по теме диссертации в главе 1 в недостаточном объеме выполнен литературный обзор, в частности не приведены характеристики промышленно выпускаемых лучших образцов техники российского и зарубежного производства решающих задачи, аналогичные рассмотренным в главах 2, 3 и принятые за базовый уровень, в связи, с чем затруднена конечная оценка уровня техники разработанных и исследованных в диссертации технических решений, что требует дополнительных пояснений?

2. Из трех известных форм записей алгоритмов: словесной, графической и программной для формулирования заявленных в задачах диссертации алгоритмов: алгоритма управления электроприводом двойного электропитания с горячим резервированием с замещением гл 2; алгоритма текущей динамической коррекции электромеханической системы гл 4 была выбрана только словесная форма, в то же время как для алгоритма безударного рекуперативного алгоритма управления гл 3 выбрана словесная и графическая формы. Чем был обоснован выбор различных форм записей подобных алгоритмов учитывая, что алгоритмы управления заявлены в названии диссертации?

3. Из материалов диссертации и автореферата не ясно как повлияет реализация алгоритма динамической коррекции на качество работы прецизионных электроприводов, например электропривода подачи режущего инструмента станка с ЧПУ особо ответственного технологического процесса, вследствие закономерных возмущений по цепям питания преобразователя частоты? Не ясно как поведет себя система двойного электропитания с быстродействующими электроприводами, сохранит ли алгоритм заявленную устойчивость? И, в связи с этим, какие ограничения по применению исследованы и могут быть рекомендованы?

4. Желательно уточнить, в каких опубликованных автором работах отражены основные научные положения, выносимые на защиту?

5. В заключении не изложены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки выполненного исследования (требование пункта 5.3.3 ГОСТ Р 7.0.1 1-2011 «Диссертация и автореферат диссертации, структура и правила оформления»).

6. Неудачно выбраны обозначения в диссертации и в автореферате. На стр. 9, рис. 2 приняты обозначения:  $U_1$  и  $U_2$  - постоянные напряжения на входе 1 Н-моста и выходе 2 Н-моста и на этой же стр. 9 угол  $\delta$  определяется по сдвигу фронтов переменных напряжений  $U_1$  и  $U_2$ , что по существу некорректно, в силовой электронике высокочастотное напряжение повышенной частоты принято дополнять соответствующим индексом относительно обозначения входного напряжения инвертора.

7. На стр. 120, Приложение Б, в Таблице Б.1 вызывает сомнение численное значение частоты коммутации равное 6000 и выраженное в единице измерения килогерц. Значение 6

мегагерц для частоты коммутации силового преобразователя, является завышенным значением.

8. В тексте диссертации и автореферата имеются многочисленные опечатки и грамматические ошибки, на стр. 6 диссертации в последнем абзаце: ...объекты Крайнего Севера... правильнее писать название объекта с заглавной буквы; упомянутые источники 3,4,5 в списке литературы диссертации по тексту не имеют ссылок; на стр. 40 диссертации активные сопротивления обмоток импульсных трансформаторов вместо, вероятно,  $R_1$  и  $R_2$  ошибочно обозначены как соответствующие напряжения  $U_1$  и  $U_2$ , при этом список условных обозначений в диссертации, к сожалению, отсутствует.

Отмеченные недостатки и замечания не являются принципиальными и не влияют на общую оценку диссертационной работы.

### Заключение

Диссертационная работа Д.П. Вислогузова является законченной научно-квалификационной работой на соискание ученой степени кандидата технических наук, содержащей решение актуальной научно-технической задачи по разработке и исследованию способов реализации и алгоритмов управления частотно-регулируемыми электроприводами с функцией резервного электропитания от сети постоянного тока, которая имеет существенное значение для теории и практики осуществления бесперебойной работы автономных и ответственных электротехнических комплексов различного назначения и в целом для экономики страны.

По названию, поставленной цели, решённым задачам и полученным результатам диссертация соответствует специальности 05.09.03.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных Правительством РФ от 24.09.2013 г. № 842 (ред. 01.10.2018), а её автор **Вислогузов Денис Петрович** заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент, доктор технических наук,  
доцент отделения «Электроэнергетики и электротехники»  
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, НИ ТПУ  
Тел: 89539153046

E-mail

Учен  
Дата

*Отзыв получен 12.03.2019*

*26.03.2019*

*С отзывом ознакомлен*

*Вислогузов Д.П.*

*[Подпись]* Однокопылов Георгий Иванович

*[Подпись]* Ананьева Ольга Афанасьевна