

Отзыв

официального оппонента Панфилова Дмитрия Ивановича на диссертацию Винтоняка Никиты Павловича на тему «Модульный источник питания испытательного комплекса для прогрузки автоматических выключателей постоянного тока на основе двухтрансформаторного преобразователя», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника

1. Актуальность избранной темы

Диссертационная работа посвящена разработке и исследованию модульного высокочастотного преобразователя электроэнергии, способного генерировать ток короткого замыкания в диапазоне 26 кА, и работать на размыкающиеся контакты автоматического выключателя постоянного тока в составе автоматизированного испытательного комплекса. Данный испытательный комплекс необходим для проверки защитных характеристик автоматических выключателей постоянного тока, которые широко используются в промышленности для предотвращения неисправностей энергетических систем.

Отсутствие современных испытательных комплексов для прогрузки автоматических выключателей постоянного тока обусловлено ограничениями, связанными с их источником питания. Так, наряду с эффективностью (КПД), способностью непрерывно формировать ток на уровне десятков кА и низкими массо-габаритными показателями, к источнику питания испытательного комплекса предъявляется ряд специфических требований, таких как способность работы на постоянно «обрывающуюся» нагрузку, скорость нарастания выходного тока и степень автоматизации процесса прогрузки.

При этом современные тенденции развития полупроводниковых преобразователей электроэнергии подразумевают использование микропроцессорной техники с прямым цифровым управлением силовой частью, и модульного принципа построения мощных источников питания.

Таким образом, задача разработки модульного источника питания испытательного комплекса для прогрузки автоматических выключателей постоянного тока является актуальной и современной.

2. Основные научные результаты и их новизна

Диссертационная работа Винтоняка Никиты Павловича углубляет и расширяет знания в области силовой электроники, в частности систем электропитания с выходным током на уровне десятков кА. В работе

представлены разработанные автором, научно обоснованные технические решения, направленные на совершенствование модульных источников питания испытательных комплексов для прогрузки автоматических выключателей постоянного тока. Подробно описаны проблемы, возникающие в процессе прогрузки автоматического выключателя постоянного тока, и способы их решения. Подробно рассмотрена совместная работа модульного источника питания и нагрузки, изменяющейся во времени. Эти результаты определяют научную новизну диссертации.

Наиболее значимыми научными результатами, полученными соискателем являются:

1. Результаты сравнения суммарных габаритных размеров электромагнитных элементов, двухтактных преобразователей с мостовым инвертором;
2. Разработанная модернизированная схема двухтрансформаторного мостового преобразователя с последовательно-параллельным выключением N -трансформаторно-выпрямительных модулей;
3. Полученные эквивалентные схемы двухтрансформаторного мостового преобразователя и двухтрансформаторного мостового преобразователя с последовательно-параллельным выключением N -трансформаторно-выпрямительных модулей;
4. Результаты исследования электромагнитных процессов протекающих в модульной структуре источника питания испытательного комплекса в момент размыкания автоматического выключателя постоянного тока.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Благодаря подробному рассмотрению процессов прогрузки автоматических выключателей постоянного тока обоснованы требования, предъявляемые к источнику питания испытательного комплекса.

Результаты исследования электромагнитных процессов протекающих в модульной структуре источника питания испытательного комплекса в момент размыкания автоматического выключателя постоянного тока подтверждаются результатами экспериментов, проведенных на имитационных и реальных моделях.

Обоснованность научных положений диссертации подтверждена экспериментальными результатами, полученными соискателем на образце исследуемого модульного источника питания.

Степень обоснованности сформулированных научных положений, выводов и рекомендаций находится на уровне требований достаточном для кандидатской диссертации.

4. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность защищаемых положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием математического аппарата, результатами компьютерного моделирования и полученными экспериментальными данными, а также публикациями в рецензируемых изданиях и неоднократным обсуждением положений и выводов диссертации на конференциях, в том числе международных.

5. Содержание диссертации

Введение

Приведено обоснование и актуальность темы диссертации, поставлена цель и задачи исследования, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** диссертационной работы рассматривается процесс прогрузки автоматических выключателей постоянного тока и соответствующие испытательные комплексы, с силовыми преобразователями их источников питания. Проводится сравнение характеристик существующих испытательных комплексов и их источников питания, в ходе которого выделяются их достоинства и недостатки. Предлагается новый испытательный комплекс, на основе модульного источника питания, построенного на базе высокочастотного транзисторного преобразователя.

Во **второй главе** рассматривается силовая часть модульного источника питания испытательного комплекса для прогрузки автоматических выключателей постоянного тока. Подробно рассматриваются эквивалентные схемы двухтактных транзисторных преобразователей с мостовым инвертором, позволяющие сформировать общие требования к фильтрующим элементам и произвести сравнение суммарных габаритных размеров электромагнитных элементов входящих в их состав. В результате сравнения, в качестве силовой части модульного источника питания, выбирается двухтрансформаторный мостовой преобразователь.

Проводится обзор технических решений позволяющих увеличить выходной ток модульного источника питания на базе двухтрансформаторного мостового преобразователя, в результате которого предлагается модернизированная схема двухтрансформаторного мостового преобразователя с последовательно-параллельным выключением N -трансформаторно-выпрямительных модулей. Выводятся соотношения, устанавливающие связь между количеством трансформаторно-

выпрямительных модулей и относительным изменением основных параметров трансформаторов, основывающиеся на теории подобия.

Проводится имитационное моделирование в среде MATLAB-Simulink, в результате которого подтверждается адекватность полученных эквивалентных схем выходной цепи двухтрансформаторного мостового преобразователя и двухтрансформаторного мостового преобразователя с последовательно-параллельным выключением N -трансформаторно-выпрямительных модулей.

В третьей главе рассматриваются электромагнитные процессы протекающие в модульной структуре источника питания испытательного комплекса в момент размыкания автоматического выключателя постоянного тока, с учетом паразитных индуктивностей токоведущих шин. Анализируются схемы параллельного подключения модулей источника питания.

Предложен способ измерения паразитных индуктивностей отдельных участков реальных конструкций токоведущих шин в среде имитационного моделирования COMSOL Multiphysics. Представлены результаты «имитационного» измерения паразитных индуктивностей токоведущих шин реализованного испытательного комплекса, и произведена оценка точности измерения.

Проведено имитационное моделирование процесса размыкания автоматического выключателя постоянного тока, в среде MATLAB-Simulink, с учетом паразитных индуктивностей токоведущих шин. Рассмотрены причины возникновения перенапряжений на модулях источника питания в момент размыкания автоматического выключателя постоянного тока. Предложена схема и методика расчета защитного модуля, позволяющего ограничить величину перенапряжений на требуемом уровне, и произведена оценка его работоспособности в зависимости от параметров модульного источника питания и нагрузки.

Четвертая глава посвящена практической реализации испытательного комплекса для прогрузки автоматических выключателей постоянного тока и его экспериментальному исследованию.

Экспериментально исследован процесс формирования общего выходного тока модулями стабилизаторов тока и сформированы рекомендации по принципам управления и построения модульного источника питания.

В результате экспериментов подтверждена эффективность работы предложенного защитного модуля, что позволило сохранить работоспособности испытательного комплекса при токе прогрузки 26 кА.

В результате практической реализации испытательного комплекса предложена методика проектирования программного обеспечения для быстродействующих систем управления.

6. По диссертации необходимо сделать следующие замечания:

1. Сравнение габаритных мощностей дросселей рассмотренных преобразователей ведется только при условии непрерывности тока (стр. 69).
2. Ошибка в формуле 2.66 (стр. 104), в знаменателе пропущен множитель 6.
3. В диссертации рассматриваются относительные закономерности изменения параметров трансформаторов при «распределении» мощности нагрузки между трансформаторно-выпрямительными модулями, но не даются рекомендации по выбору их количества (стр. 111).
4. Имитационное моделирование в среде MATLAB-Simulink проводится на идеальных ключевых элементах (стр. 112).
5. В процессе проверки работоспособности реализованного испытательного комплекса для прогрузки автоматических выключателей постоянного тока не была зафиксирована величина возникающих перенапряжений (стр. 195).

Заключение

Диссертация является законченной научной работой, в которой применены научно-технические решения, имеющие существенное значение в области силовой электроники, а результаты, полученные в диссертации, являются вполне обоснованными, достоверными, соответствующими поставленным целям и задачам. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Содержание диссертации отражено в 10 печатных работах. 4 работы опубликовано в рецензируемых изданиях по перечню ВАК. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях в 2014-2016 годах.

Тема диссертации соответствует области исследований научной специальности 05.09.12, в частности:

- теоретическому анализу и экспериментальному исследованию процессов преобразования в устройствах силовой электроники с целью улучшения их технико-экономических и эксплуатационных характеристик,

- разработка научных основ создания схем и устройств силовой электроники, исследование свойств и принципов функционирования элементов схем и устройств,

- математическому и схемотехническому моделированию преобразовательных устройств.

Таким образом, диссертационная работа «Модульный источник питания испытательного комплекса для прогрузки автоматических выключателей постоянного тока на основе двухтрансформаторного преобразователя» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Винтоняк Никита Павлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника».

Официальный оппонент

заместитель Генерального директора,

Научный руководитель акционерного общества «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского» (АО «ЭНИН»)

Г.М. Кржижановского» (АО «ЭНИН»)

доктор технических наук, профессор

Панфилов Дмитрий Иванович



Адрес: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д19.

Тел. раб. +7-495-770-31-10,

email: panfilov@eninnet.ru

«01» ноября 2018 года

Подпись Д.И. Панфилова заверяю

Начальник
персоналом

отдела

управления



Ломаченко В.В.