

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ИИТУ «МЭИ» по научной работе

В.К. Драгунов

«04» марта 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертационную работу Михайлова Алексея Валерьевича «Усовершенствование методик синтеза оптимальных приводных электромагнитов низковольтных коммутационных аппаратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

Актуальность темы диссертации

Электромагнитные коммутационные аппараты, в частности, контакторы, магнитные пускатели, реле широко применяются в качестве средств автоматизации, управления и защиты и выпускаются большими объемами. Для обеспечения конкурентоспособности аппаратов на рынке электротехнической продукции необходимо снижать их ресурсо- и энергопотребление. Решение этих задач тесно связано с разработкой усовершенствованных методик проектного и оптимизационного расчетов. Обеспечение повышенных потребительских свойств этих разновидностей аппаратов может быть достигнуто форсированным управлением приводными электромагнитами, позволяющим уменьшить массогабаритные показатели и потребляемую мощность.

Большинство существующих методик проектного расчета магнитных систем базируются на приближенных моделях электромагнитных и тепловых полей, полученных методами теории цепей и в ряде случаев не соответствуют в полной мере современным требованиям, обеспечивающим необходимое

качество проектных работ. Поэтому совершенствование методик проектирования и качественное решение проектных работ по-прежнему остаются актуальной задачей прикладной электротехники.

Структура и объем диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы из 109 наименований и четырех приложений. Работа изложена на 193 страницах машинописного текста, включает 36 рисунков и 58 таблиц.

Анализ содержания диссертационной работы

Во введении обоснованы актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи исследований, изложены защищаемые научные положения, научная новизна, практическая ценность и значимость полученных результатов, описаны структура и объем диссертации с указанием публикаций.

В первом разделе проведен обзор и анализ конструктивных, технических, эксплуатационных параметров контакторов отечественных и зарубежных производителей. Дана оценка схемам форсированного управления приводными электромагнитами, обоснован выбор четырехобмоточной магнитной системы с двумя сердечниками. Определены исходные данные для совершенствования методики проектирования форсированных симметричных П-образных двухкатушечных четырехобмоточных электромагнитов низковольтных контакторов.

Во втором разделе приведены разработанные методики проектного и оптимизационного расчетов, выбрана схема форсированного управления. Составлена система уравнений проектирования, включающая условия срабатывания, нагрева и дополнительно условия возврата (отпускания) применительно к используемой схеме управления. Основой разработанной методики являются известные экспериментально полученные обобщенные нагрузочные характеристики, которые путем совместного применения теорий подобия и планирования эксперимента сведены к одному нелинейному уравнению относительно диаметра сердечника. Решение данного уравнения позво-

ляет определить все размеры и параметры электромагнита. Методика проектного расчета электромагнита используется в качестве методики оптимизационного расчета П-образного электромагнита в соответствии с частными критериями функции качества: масса, объем и стоимость активных материалов (обмоточной меди и ферромагнитной стали), габаритный объем, установочная площадь электромагнита при сниженных значения потребления мощности в продолжительном режиме работы электромагнита. Оптимизационная задача решается двухразовым сканированием области факторного пространства геометрических соразмерностей электромагнита. Минимизация критериев оптимальности выполняется с учетом магнитного сопротивления ферромагнитных элементов магнитной системы. На каждом шаге решения оптимизационной задачи рассчитывается значение критерия оптимальности, которая сравнивается с предыдущим ее значением, меньшее из которых принимается в качестве оптимального.

В третьем разделе рассмотрено использование некоторых результатов выполненных исследований. Полиномиальные зависимости оптимальных соразмерностей и параметров форсированного П-образного четырехобмоточного двухкатушечного электромагнита использованы при выборе геометрии и оценке параметров приводных электромагнитов вакуумных контакторов серии KB2. На основе симметричного двухкатушечного электромагнита с поворотно-уравновешенным якорем разработаны ударовибростойкие указательные реле РУ31 и РУ32.

Рассмотрены результаты модернизации электромеханического реле времени с часовым механизмом, позволившая повысить срок службы, надежность функционирования, снизить потребляемую мощность. Реле снабжено пневматическим демпфером для повышения срока службы. Установлено оптимальное значение угла конусности при вершине полюсов якоря и стопа электромагнита, равного 8 градусам, а также обеспечено удобство ручного переключения.

Усовершенствована конструкция вакуумного контактора, позволяющая исключить затирание и возможное заклинивание подвижного токоввода внутри вакуумной камеры контактора. Для исключения потребления мощности в длительном режиме работы вакуумный контактор снабжен устройством ручного возврата, а также альтернативным вариантом с использованием электромагнитной защелки.

В заключении сформулированы основные научно-технические результаты.

В приложениях приведены условия эксплуатации и технические характеристики реле РВ100, РВ200, указательных реле РУ21, РУ21-1; результаты оптимизационных расчетов геометрических соотношений форсированного электромагнита и его параметров; оценка расхождений относительных размеров между оптимизированными и аппроксимированными (рассчитанными по полиномам) значениями.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе А.В. Михайлова в науку.

В диссертации Михайлова Алексея Валерьевича отсутствует заимствованный материал без ссылки на авторов и источники заимствования.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

Диссертация и автореферат соответствует областям исследования паспорта научной специальности 05.09.01 по техническим наукам, а именно: пп.4 – разработка методов анализа и синтеза электрических аппаратов.

Методы исследования

Использовалась совокупность методов, объединенных использованием теории подобия, планирования эксперимента, теории электрических и магнитных полей, метода решения нелинейных уравнений и параметрического синтеза.

Методы исследования отвечают современным требованиям, предъявляемым к научным работам.

Апробация работы

Результаты исследований и основные положения диссертационной работы обсуждались на региональных, всероссийских и международных конференциях тематической направленности, соответствующей теме диссертационного исследования.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты научных исследований опубликованы в 17 печатных работах, в том числе 3 статьи в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий рекомендуемых ВАК РФ.

Основные научные результаты и их оценка

Наиболее важными результатами диссертации, обладающими признаками новизны являются:

Разработанные усовершенствованные методики проектного и оптимизационного расчетов форсированных симметричных двухкатушечных П-образных электромагнитов с перспективной схемой управления, позволяют определить их оптимальные геометрические соизмерности и параметры по различным критериям оптимальности (масса, объем и стоимость активных материалов, установочная площадь и габаритный объем электромагнита).

Оригинальные результаты оптимизационных расчетов, представлены в виде полиномиальных зависимостей и упрощают процесс проектирования.

Приведены новые формулы для оценки на стадии проектного расчета перенапряжений, возникающих при включении форсированных П-образных электромагнитов с последовательно соединенными четырьмя обмотками.

Решение на уровне изобретения вопросов конструктивного выполнения электромеханического реле времени с часовым механизмом, указательных реле и вакуумных контакторов, позволило уменьшить их массо-габаритные показатели, а также расширить функциональные и эксплуатационные возможности контакторов.

Все полученные в диссертации результаты являются новыми и могут быть квалифицированы как изложение научно обоснованных технических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса в области проектирования электрических аппаратов.

Все научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации принадлежат лично соискателю.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций является высокой.

Ценность для науки и практики

Ценность для науки заключается в обосновании уравнений для моделирования и разработке алгоритма решения проектной и оптимизационной задач по различным критериям оптимальности форсированного симметричного П-образного четырехобмоточного электромагнита постоянного тока.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что внедрение результатов работы позволяют упростить проведение проектных расчетов, повысить их качество при сокращении финансовых и временных затрат на доводку макетных образцов электромагнитных аппаратов. Созданные электромагнитные аппараты защищены патентами на полезные модели и изобретения, частично освоены производством и серийно выпускаются АО «ЧЭАЗ».

Рекомендации по использованию результатов исследования

Полученные результаты исследования можно рекомендовать разработчикам при проектировании аппаратов с форсированными электромагнитными приводами, а также в учебном процессе бакалавров, магистров и аспирантов соответствующих направлений подготовки.

Разработанные электромеханическое реле времени, указательные реле и контакторы следует рекомендовать к внедрению в серийное производство.

Замечания по диссертационной работе

1. Текст диссертации перегружен формулами и числовыми таблицами, что существенно затрудняет понимание полученных результатов.

2. Многократно повторяется утверждение о перенапряжении при включении контактора, но не приводятся ни одной осциллограммы тока включения с двумя катушками. Возникновение перенапряжений требует пояснений.

3. В практических приложениях (глава 3) не ясна связь с разработанными методами моделирования (глава 2).

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки результатов работы.

Заключение

Диссертационная работа Михайлова А. В. «Усовершенствование методик синтеза оптимальных приводных электромагнитов низковольтных коммутационных аппаратов» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи по разработке оптимальных приводных электромагнитов низковольтных коммутационных аппаратов с использованием полученных усовершенствованных методик проектного и оптимизационного расчетов, имеющей существенное значение для развития электротехнической промышленности страны.

Диссертация соответствует критериям п. п. 9–14 «Положения о присуждения учёных степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Михайлов Алексей Валерьевич заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности: 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Отзыв заслушан, обсуждён и одобрен на заседании кафедры «Электромеханики, электрических и электронных аппаратов» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», протокол № 1/18 от 22 февраля 2018 г.

Заведующий кафедрой «Электромеханики, электрических и электронных аппаратов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

д-р техн. наук, профессор

Курбатов Павел Александрович

22 февраля 2018 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Тел. +7 (495) 362-70-04, +7-910-445-55-75

E-mail: kurbatovpa@gmail.com, KurbatovPA@mpei.ru