

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»

Почтовый адрес 420111, г. Казань, ул. Карла Маркса, 10

Контактные телефоны +7(843) 238-94-16

E-mail yukevdokimov@kai.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Михайлова Алексея Валерьевича
на тему «Усовершенствование методик синтеза оптимальных приводных электромагнитов
низковольтных коммутационных аппаратов» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и
электрические аппараты, представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук

Низковольтные коммутационные аппараты: электромагнитные реле, контакторы, пускатели производятся значительными объемами, являются широко распространенными элементами средств управления, автоматики и защиты. Обеспечение их конкурентоспособности путем снижения их материалоемкости, потребляемой мощности, габаритных размеров по-прежнему является актуальной задачей. Кардинальное улучшение этих показателей сулит форсированное управление их приводными электромагнитами и разработка оптимальных конструкций, удобных в сборке и эксплуатации. Одновременно необходимо усовершенствование методик проектирования, применять более совершенные алгоритмы, математические модели электромагнитных и тепловых характеристик, что обеспечит улучшение качества проектных работ. Все это в совокупности определяет актуальность темы диссертационного исследования.

В первом разделе выполнен краткий обзор и анализ технических, конструктивных и эксплуатационных параметров низковольтных контакторов, выпускаемых отечественными и зарубежными компаниями. Дана сравнительная оценка перспективных схем форсированного управления приводными электромагнитами. Обоснован выбор П-образной четырехобмоточной форсированной магнитной системы с оригинальной схемой управления. Сформулированы основные технические требования, предъявляемые современным коммутационным аппаратам.

Во втором разделе приводятся разработанные методики проектного и оптимизационного расчетов двухкатушечных П-образных электромагнитов постоянного тока с последовательно включенными пусковыми обмотками. Составлена система уравнений проектирования, включающая условия срабатывания, нагрева и, дополнительно, в отличие от известных, условие возврата. Путем ряда преобразований эта система уравнений с учетом обобщенной экспериментально полученной нагрузочной характеристики сведена к одному нелинейному

уравнению, численное решение которого позволяет определить основной базисный размер (диаметр сердечника) магнитной системы электромагнита. Это позволяет в рамках проектного расчета определить при выбранных соизмерностях магнитной системы все основные ее размеры.

Показано, что путем преобразования уравнений срабатывания и возврата имеется возможность определения отношения чисел витков высокоомной обмотки к низкоомной, и как следствие, на стадии проектных расчетов оценить возможные перенапряжения, возникающие при включении электромагнита. При каждом сочетании относительных размеров подсчитывается величина критерия качества, которая сравнивается с предыдущим значением функции качества. Если текущее значение критерия меньше предыдущего оно запоминается как оптимальное; при этом в качестве оптимальных запоминаются текущие кратности размеров и параметры электромагнита.

С целью повышения точности определения оптимальных значений использовано двухразовое сканирование области факторного пространства. Первичное сканирование позволяет определить оптимальные значения первого приближения (диапазон варьирования каждого фактора делится на определенное количество отрезков). Затем область первичного оптимума расширяется на «шаг влево», на «шаг вправо» по каждой переменной. Полученные уменьшенные отрезки повторно делятся на определенное количество частей и проводится повторное сканирование «усеченного» факторного пространства. Таким образом, в качестве функции ограничений выступают границы варьирования относительных размеров электромагнита, использованной при описании обобщенных экспериментальных нагрузочных характеристик и тепловых параметров.

В качестве примера в автореферате приведены полиномиальные зависимости оптимальных соизмерностей, минимизирующих функцию «габаритный объем», которые удобны для анализа и выбора геометрических размеров электромагнита. Показано, что часть функций не зависит от исходных данных проектирования, например, относительная толщина низкоомной обмотки и относительный диаметр полюсного наконечника остаются неизменными, соответственно равными 0,405 и 1,26. Причем первая из них задана в долях суммарной толщины окна обмотки, а вторая – в долях диаметра сердечника.

Зависимости относительной толщины окна, толщины низкоомной обмотки и относительного диаметра полюсного наконечника имеют нелинейный характер, что связано с тем, что оптимальный диаметр сердечника при минимизации функции «габаритный объем» нелинейно зависит от величины рабочего критического зазора.

Оптимальные соизмерности и параметры П-образного двухкатушечного электромагнита использованы при выборе геометрии и параметров приводных электромагнитов указательных

реле РУ31 и РУ32. Они обеспечивают указанным реле повышенную визуализацию состояний «взведено/сработало». Реле имеет уравновешенный якорь, обеспечивающий повышенную устойчивость реле к ударам и вибрациям, а также обеспечило удобство ручного переключения.

Модернизация электромеханического реле с часовым механизмом увеличило срок службы, повысила параметры надежности за счет использования пневматического демпфера, за счет выбора угла конусности рабочего полюса втяжного электромагнита снижена потребляемая мощность. Связь якоря электромагнита с прямоходовой траверсой через рычаг позволило в вакуумном контакторе исключить их затирание. Для исключения потребления мощности в длительном режиме работы вакуумный контактор снабжен устройством ручного возврата. Решения, принятые в ходе усовершенствования выполнены на уровне изобретений и запатентованы.

По работе имеются замечания:

1. не указано, при каких исходных данных рекомендуется вести проектирование по условиям статики;
2. желательно было дать, например, в табличной форме, информацию, характеризующую степень влияния (или чувствительность) на оптимальные размеры и параметры критериев качества (оптимизации).

Указанные недостатки не снижают ценности полученных в диссертационной работе результатов. В целом, работа выполнена на высоком уровне и производит хорошее впечатление. Автором проведены значительные исследования, результаты которых представлены в виде полиномов, табличных и графических зависимостей, обработанных с использованием методов теории подобия, планирования эксперимента.

Диссертационная работа отвечает требованиям Положения и порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Михайлов Алексей Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
Радиоэлектроники и информационно-
измерительной техники
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Евдокимов Юрий
Кириллович

15 марта 2018 г.

Подпись 
заведующий кафедрой, Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ