

**Отзыв официального оппонента
на диссертационную работу Кадыкова Вилора Константиновича
«Моделирование и проектирование клапанных электромагнитов
постоянного тока с различной формой полюсных наконечников»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические
аппараты**

Актуальность темы исследования. Клапанные электромагниты постоянного тока находят широкое применение в качестве приводов низковольтных коммутационных аппаратов. Для согласования тяговой характеристики привода с механической характеристикой коммутационного аппарата необходимо соответствующим образом выбрать размеры электромагнита и, прежде всего, его полюсного наконечника. Массовый выпуск низковольтных контакторов, магнитных пускателей, реле управления, автоматики и защиты обуславливает необходимость экономии дорогостоящих электротехнических материалов и потребляемой электрической энергии. Важным условием повышения конкурентоспособности производимых отечественными предприятиями электрических аппаратов является улучшение качества проектных работ, снижение финансовых и временных затрат на разработку и доводку устройств на макетных образцах. Успешное решение этих задач возможно при наличии в распоряжении проектировщика эффективных методик проектирования, созданных на базе достоверных математических моделей электромагнитных и тепловых процессов в клапанных электромагнитах.

Необходимость решения отмеченных задач определяет актуальность темы диссертационного исследования.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждаются: сопоставлением расчетных данных с результатами экспериментальных исследований и данными других авторов; применением обоснованных методик измерений и обработки данных, представлением их в обобщенном виде с использованием положений теории подобия; обоснованным выбором метода поиска оптимальных соотношений размеров клапанных электромагнитов постоянного тока; корректным использованием положений и методов математического анализа; положительными результатами внедрения разработанных методик.

Новизна научных результатов. Новизна научных результатов может быть сформулирована в виде пяти положений:

1. На основе обобщения результатов экспериментальных исследований статических электромагнитных характеристик клапанных электромагнитов постоянного тока с круглыми, сегментными, прямоугольными полюсными наконечниками получены соотношения, устанавливающие взаимосвязь с геометрическими размерами и усредненной магнитной индукцией в основании сердечника.

2. Впервые получены расчетные выражения для оценки величины магнитного потока в рабочем воздушном зазоре с учетом потока рассеяния полюсного наконечника, рекомендованные для корректировки методик расчета клапанных электромагнитов с круглой, сегментной, прямоугольной формой полюсных наконечников, базирующихся на методах теории цепей.

3. Разработана новая методика определения границ линейности магнитных систем постоянного тока, позволяющая представлять электромагнитные характеристики линейных и нелинейных клапанных магнитных систем структурно подобными математическими соотношениями.

4. Разработана методика проектного расчета клапанных электромагнитов постоянного тока с круглыми полюсными наконечниками с использованием экспериментально полученных электромагнитных характеристик. На ее основе предложена методика синтеза оптимальных клапанных электромагнитов постоянного тока, позволяющая минимизировать: суммарную массу обмоточной меди и электротехнической стали, габаритного объема, установочной площади, высоты электромагнита, потребляемой мощности, количество недостаточно обоснованно выбираемых коэффициентов и соразмерностей.

5. Получены полиномиальные зависимости оптимальных соотношений размеров и технико-эксплуатационных параметров клапанных электромагнитов с круглыми полюсными наконечниками, которые, в отличие от известных, позволяют не только улучшить рабочие характеристики, но и уменьшить затраты на проектирование и доработку опытных образцов.

Замечания по диссертационной работе.

1. Рабочие характеристики электрического аппарата определяются, в том числе, динамическими параметрами его привода. Конструкция магнитной системы привода рассматриваемого типа имеет в своем составе сплошные элементы магнитопровода, вихревые токи в которых могут, в зависимости от режимов включения и отключения, определять его время срабатывания и, особенно, отпуска. Предлагаемые методики не содержат алгоритмов оценки динамических свойств электромагнита.

2. Из описания установки для проведения экспериментальных исследований неясно, как был установлен тензометрический датчик для измерения электромагнитного усилия. Современная техника магнитных датчиков позволяет измерять магнитные индукции и, соответственно, магнитные потоки и потокосцепления на любых участках магнитных систем в статических режимах, без использования приборов баллистического типа. Непонятно, почему автор не использовал эти возможности. В работе отсутствует информация об оценке погрешности результатов экспериментов, обусловленной принятой методикой и погрешностями измерений.

3. Автор утверждает, что отсутствуют доступные, свободно распространяемые программные продукты для расчета трехмерных электромагнитных и тепловых полей. Следует отметить, что для расчетов объемных физических полей (в том числе магнитных и тепловых) может быть эффективно использован свободно распространяемый программный комплекс GMSH+GetDP.

4. Неясно, как при определении границ линейности магнитной системы автор учитывает значительный разброс характеристик намагничивания электротехнических сталей (для стали «Армко» до 10%). Если разброс не

учитывается, то представленный диапазон изменения B_{cr} от 1,16 до 1,23 теряет смысл.

5. Автор использует термин «кривая намагничивания» для определения состояния магнитной системы клапанного электромагнита. Этот термин корректнее применять к характеристике намагничивания материала магнитопровода $B(H)$. Зависимость $\Psi(F)$, используемую автором при определении границы линейности, называют «вебер-амперной характеристикой» магнитной системы.

6. Решение задачи 'синтеза или, другими словами, оптимального проектирования (п. 3.1.4) предполагает формулирование функции цели и функций ограничений на параметры магнитной системы. В соответствующем разделе, посвященном оптимальному проектированию, постановка задачи оптимизации отсутствует.

7. Несмотря на грамотное изложение, текст диссертации содержит ряд грамматических и стилистических ошибок, опечаток и неудачных выражений. Например, в отдельных предложениях не соблюдаются падежи – на стр.128 вместо сочетания «...увеличением противодействующего...» необходимо написать «...увеличение противодействующего...». На стр.112 словосочетание «не редко» необходимо писать слитно - «нередко», на стр. 115 сочетание «..не учет..» пишется как «..неучет..», на странице 120 совокупность формул (3.86) записана дважды. В некоторых предложениях отсутствуют знаки препинания (запятые). По тексту встречаются слитно написанные слова и предложения.

Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованной литературы, состоящей из 209 наименований и приложений.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвинутые для публичной защиты. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Результаты диссертационного исследования внедрены в ОАО «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт релестроения с опытным производством» и используются при разработке приводных электромагнитов контакторов серии КЭ16.

Основные положения и выводы диссертационной работы применяются в учебном процессе при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов на кафедре электрических и электронных аппаратов ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

Оценивая работу в целом, считаю, что приведенные замечания не являются принципиальными, а диссертационная работа Кадыкова Вилора Константиновича «Моделирование и проектирование клапанных электромагнитов постоянного тока с различной формой полюсных наконечников» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития электротехнической отрасли страны. Предложенные решения аргументированы и сопоставлены с другими известными решениями.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 18 печатных работах, в том числе, в 6 рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов кандидатских и докторских диссертаций. В

диссертации отсутствует заимствованный материал без ссылки на авторов и источники заимствования.

Диссертационная работа «Моделирование и проектирование клапанных электромагнитов постоянного тока с различной формой полюсных наконечников» соответствует паспорту специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», а также критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, в том числе пунктам 9-14, а ее автор Кадыков Вилор Константинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01. – «Электромеханика и электрические аппараты».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Электромеханика и электрические
аппараты» федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Южно-Российский
государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И.
Платова»

Павленко Александр Валентинович

«Об » 12 2016 г.

Подпись официального оппонента Павленко Александра Валентиновича заверяю

Ученый секретарь ЮРГПУ (НПИ)

Н.Н. Холодкова

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ЮРГПУ (НПИ))
346428, Ростовская обл., г. Новочеркаск, ул. Просвещения, 132
8-9185519468
rn6lde@mail.ru