

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Малёва Николая Анатольевича на тему «Метод автоматизированного многопараметрического анализа и контроля функционирования электромеханических преобразователей с применением градиентного алгоритма вычисления оценок параметров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Актуальность темы диссертационного исследования

В последние годы с целью повышения надежности, производительности, точности, энергетической эффективности различных технологических комплексов, производственных машин и механизмов, ужесточаются требования к показателям качества их электроприводов, важнейшим силовым элементом которых являются электромеханические преобразователи (ЭМП). В работе объектом исследования являются электрические машины, выполняющие электромеханическое преобразование энергии в составе рабочих комплексов.

Стабильная и надежная работа ЭМП во многом определяет показатели качества рабочих машин, выполняющих технологические операции. Вопросы оптимального проектирования и эксплуатации электрических машин занимались многие известные отечественные и зарубежные ученые и специалисты. Вместе с тем, исследования в области параметрической неустойчивости электрических машин выполнены недостаточно полно. Анализ показывает, что параметры электрических машин, вследствие естественного старения, износа и влияния внешних, возмущающих воздействий, меняются со временем в достаточно широких пределах. Требуется разработка новых методов и алгоритмов, обеспечивающих заданную точность оценки неустойчивых параметров, оказывающих существенное влияние на динамические свойства ЭМП.

В этой связи, диссертационная работа Малёва Н.А., посвященная разработке метода и алгоритмов оценки неустойчивых параметров электрических машин на этапе опытных испытаний и в процессе эксплуатации, и направленная на повышение их надежности и показателей качества рабочих комплексов, безусловно, является актуальной.

Научные результаты диссертационного исследования и их новизна

1) На основе обобщенного интегрального критерия, позволяющего количественно определить различие динамических процессов в ЭМП при

номинальных и произвольных значениях параметров машин, предложен подход к формированию матрицы значений функционала невязки, которая является основой для оценки степени неустойчивости параметров ЭМП.

2) На основе дифференциальных уравнений чувствительности ЭМП различных типов синтезированы векторно-матричные структурные схемы и программные модели, позволяющие вычислить функции чувствительности и оценить степень влияния параметров на динамические свойства ЭМП.

3) Разработан метод и алгоритм многопараметрического анализа и контроля состояния ЭМП на примере машины постоянного тока, обеспечивающий высокую точность оценки ее параметров.

К результатам работы следует также отнести разработанные программы и выполненное компьютерное моделирование для оценки неустойчивости параметров электрических машин различных типов в программной среде Matlab Simulink.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается:

анализом состояния вопроса по литературным источникам;

строгостью используемых математических методов, результатами численных расчетов и моделирования;

апробацией результатов работы в публикациях и выступлениях на конференциях.

Практическая значимость работы

Заключается в разработке метода, алгоритма и программ на основе прикладного пакета Matlab Simulink, направленных на практическое использование полученных в диссертационной работе результатов.

Соответствие защищаемых положений паспорту специальности

Область исследований в диссертации Малёва Н.А. связана с основными научными направлениями специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», записанными в ее паспорте, а именно:

разработкой методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии;

разработкой подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов.

Объектом исследования являются электрические машины, выполняющие электромеханическое преобразование энергии в составе рабочих комплексов.

Таким образом, диссертация Малёва Н.А. в полной мере соответствует паспорту специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», то есть специальности защиты.

Содержание и общая оценка диссертационной работы

На отзыв представлены:

– диссертация объемом 216 с, включая 9 приложений на 18 страницах, которая содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы из 126 источников, 99 рисунков, 9 таблиц;

– автореферат диссертации на 16 с, в котором отражены: актуальность темы исследований и степень ее разработанности; цель работы и методы исследования; научная новизна; практическая и теоретическая ценность; основные положения, выносимые на защиту; апробация работы; результаты исследования и выводы по работе.

Представленный материал по объему и содержанию соответствует требованиям ВАК РФ.

В первой главе приводится обзор способов анализа и контроля параметров ЭМП и проанализированы их особенности. Рассмотрены возможные пути решения поставленной задачи с применением аналитических методов на основе математических моделей электромеханического преобразования энергии. Приведены математические модели на базе обобщенной электрической машины, описывающие уравнения электрического равновесия ЭМП различных типов.

Во второй главе проведен анализ влияния вариаций параметров асинхронного, вентильного ЭМП и ЭМП постоянного тока на динамические характеристики машины с использованием обобщенного интегрального критерия $Q(\epsilon)$, представляющего собой интеграл от невязки ϵ между угловыми скоростями вращения эталонной модели ЭМП с номинальными значениями параметров и модели ЭМП с нестабильными параметрами.

В третьей главе на основе записанных в векторно-матричной форме уравнений функций чувствительности по вектору нестабильных параметров ЭМП синтезирована структурная схема вычисления этих функций. Получены программные модели вычисления вектора чувствительности. Показано, что наиболее чувствительной к параметрическим изменениям выходной переменной ЭМП является угловая скорость вращения ротора машины, а наибольшую погрешность в отклонениях выходных переменных ЭМП по-

стоянного тока вносит изменение момента инерции. Аналогичные исследования выполнены для машин переменного тока асинхронной и вентильной.

В четвертой главе реализован метод многопараметрического анализа и контроля функционирования ЭМП на примере машины постоянного тока, который состоит из двух этапов: предварительно-экспериментального и аналитико-экспериментального. Заключительным этапом является вычисление обобщенного интегрального критерия на основе идей градиентного метода нелинейного программирования. Такой подход позволяет получить оценки неустойчивости параметров ЭМП. Выполнена проверка работоспособности метода путем моделирования в среде MatLab Simulink и проведения натурного эксперимента с использованием реального ЭМП, вычислены погрешности оценок его параметров. Сформулированы рекомендации по применению метода анализа и контроля функционирования ЭМП в процессе эксплуатации в составе рабочих комплексов.

В заключении приводятся основные результаты работы, сформулированные в виде шести пунктов.

В приложении представлены фрагменты программы вычисления функций чувствительности асинхронного ЭМП для выходных переменных (электромагнитного момента машины и угловой скорости вращения ротора), программы для автоматизации построения Q -таблиц и результаты вычисления интегрального критерия; акты о внедрении результатов диссертационной работы.

Оценивая работу в целом, можно отметить, что поставленные задачи решены. В работе используется современный математический аппарат. Большое внимание уделяется подробному описанию программных моделей для вычисления функций чувствительности и интегрального критерия.

Основные результаты и выводы диссертации являются вполне обоснованными и достоверными. Они подтверждаются математическим моделированием и экспериментальными исследованиями. Работу отличает фундаментальность, большое число примеров, экспериментальных исследований.

Автореферат достаточно точно отражает содержание диссертационной работы. Выводы по главам и заключение по работе дают представление о научных результатах и практическом применении диссертационных исследований.

Замечания по работе

1) Некоторые ключевые положения диссертационной работы недостаточно точно сформулированы:

название диссертации необоснованно длинное. Из названия работы не ясно, о каких параметрах идет речь. Слишком длинный заголовок и главы 4;

актуальность диссертационного исследования обусловлена не зависимостью качества функционирования ЭМП от параметров электрических машин, а необходимостью разработки новых эффективных методов оценки параметрической неустойчивости ЭМП, существенно влияющих на их показатели качества;

практическую ценность и теоретическую значимость работы лучше было бы разделить и представить отдельными пунктами;

пункт 5 положений, выносимых на защиту, посвящен результатам экспериментальных исследований и не является научным положением.

2) Недостаточно четко сформулированы пункты научной новизны, которые для диссертационной работы являются ключевыми.

Не ясно, в чем заключается научная новизна п. 1? Интегральный квадратичный критерий также позволяет в конечном итоге получить оценки неустойчивых параметров. Дифференциальные уравнения чувствительности ЭМП (п. 2) известны. П. 3 слишком длинный. Из него следует, что разработанный метод пригоден только для машин постоянного тока, что не соответствует действительности.

3) Вызывает сомнение полнота и, как следствие, объективность анализа известных литературных источников. Даны ссылки на 44 работы, самая «свежая» из которых датируется 2013 годом, а большинство работ опубликованы значительно раньше. В автореферате приводятся фамилии ученых, внесших заметный вклад в решение проблемы, включая Башарина А. В. и Соколовского Г. Г. Вместе с тем, в списке литературы нет ни одной ссылки на их работы.

4) Вызывает сомнение предложенное название «беспоисковый градиентный алгоритм», поскольку градиентный метод предполагает многократное последовательное приближение к оптимуму в направлении наискорейшего убывания или возрастания целевой функции, а в данном случае однократно вычисляются частные производные по изменяющимся параметрам ЭМП.

5) Не обоснован выбор невязки в виде интегрального критерия, учитывающего знак рассогласования исследуемой переменной, например, угловой скорости ω . При колебательном переходном процессе такая невязка не будет характеризовать степень влияния параметра из-за взаимной компенсации положительных и отрицательных, по отношению к эталонной характеристике, значений ω . Непонятно, почему не выбран квадратичный интегральный критерий?

6) ЭМП рассматривается вне электромеханической системы и рабочей машины. Какие будут результаты при учете системы управления, наличии упругих связей в механической части системы?

7) Вывод о том, что машина постоянного тока может выступать в качестве универсального объекта исследования при экспериментальной апробации разработанного метода анализа и контроля функционирования ЭМП представляется малообоснованным.

8) Достаточно много места в работе отводится изложению известных теоретических положений. Это, например, относится к главе 1, в которой представлены известные модели рассматриваемых ЭМП.

9) В списке работ автора нет ни одной публикации без соавторов.

10) Работа перегружена известными положениями и формулами. Имеются неточности, стилистические и синтаксические ошибки. Например (неточности и отступления от ГОСТ):

актуальность, второе сверху предложение. Слово «которые» по тексту относится к устройствам, что неверно, хотя имелось в виду к параметрам;

с. 2 автореферата. В последнем предложении п. 1 и далее в пунктах 2 – 6 отсутствует согласование по времени, например, не «Определение», а «Определить»;

первое уравнение системы уравнений (2.8), с. 41 диссертации, содержит ошибку. Следует писать не ω_0 , а ω_1 ;

в первом предложении п. 2.1, с. 37 диссертации, перечислены параметры ЭМП, включая надежность, что неверно. Надежность это свойство, а не параметр;

на с. 102, перед рис. 3.15 записаны переменные и параметры (латинские символы) прямым шрифтом, а следует писать курсивом;

электромеханический преобразователь энергии обозначен как ЭМП, однако в тексте, например, с. 11 автореферата, сокращение не всегда используется.

Заключение

Отмеченные недостатки в своем большинстве носят частный характер. Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты. Полученные Малёвым Н. А., в ходе выполнения исследований и изложенные в диссертационной работе научно-практические результаты вносят вклад в развитие методов исследования и анализа электромеханических преобразователей энергии. Автореферат раскрывает основные результаты и выводы диссертации. Опубли-

кованные Малёвым Н. А. научные публикации соответствуют теме диссертационного исследования.

2. Диссертация Малёва Н. А. на тему: «Метод автоматизированного многопараметрического анализа и контроля функционирования электромеханических преобразователей с применением градиентного алгоритма вычисления оценок параметров» по форме, содержанию, актуальности и полученным результатам удовлетворяет требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Малёв Николай Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент, доктор технических наук,
заведующий кафедрой электропривода и
электрооборудования береговых установок
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»,

Саушев Александр Васильевич

10 февраля 2021 года

E-mail: SaushevAV@gumrf.ru

тел./факс: (812) 748-96-85

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» (ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»), 198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская 5/7; тел. (812) 748-96-92; E-mail: otd_o@gumrf.ru.

