

## УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Альметьевский государственный  
нефтяной институт»



А.А. Дьяконов

2021 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о научно-практической значимости диссертационной работы  
Малёва Николая Анатольевича на тему «Метод автоматизированного  
многопараметрического анализа и контроля функционирования  
электромеханических преобразователей с применением градиентного  
алгоритма вычисления оценок параметров», представленной к защите на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты»

### Актуальность темы выполненной работы

В настоящее время в целях повышения качества функционирования различных технологических агрегатов и общепромышленных механизмов, использующих в своей работе процесс электромеханического преобразования энергии, предъявляются высокие требования к качеству функционирования электромеханических преобразователей (ЭМП).

Актуальность исследования диссертационной работы обусловлена необходимостью разработки новых перспективных методов и алгоритмов оценки нестабильных параметров ЭМП, которые имеют тенденцию к изменениям под влиянием дестабилизирующих факторов различной физической природы. Вычисление оценок нестабильных параметров ЭМП как в текущем режиме, так и на этапе опытных и послеремонтных испытаний является важной задачей.

Диссертация Малёва Николая Анатольевича посвящена разработке метода многопараметрического анализа и контроля функционирования ЭМП с применением градиентного алгоритма вычисления оценок параметров, направлена на развитие аналитических способов идентификации нестабильных параметров, оказывающих существенное влияние на переходные и установившиеся режимы работы соответствующих

технологических комплексов.

### **Краткая характеристика работы**

**Во введении** приведены актуальность, цель, задачи исследований, научная новизна, практическая ценность и теоретическая значимость работы, методы исследований, достоверность, научные положения, сведения о реализации и внедрении полученных результатов, апробация и публикации, а также личный вклад автора диссертации.

**В главе 1** проведен обзор способов анализа и контроля параметров ЭМП, проанализированы их особенности и показано, что решение поставленной задачи целесообразно производить на основе аналитических методов, базирующихся на математических моделях электромеханического преобразования энергии применительно к ЭМП различных типов. В этой связи в главе рассмотрено математическое описание ЭМП постоянного тока, а также асинхронного и вентильного двигателей.

**В главе 2** проводится исследование динамических характеристик перечисленных выше типов двигателей на основе обобщенного интегрального критерия, представляющего собой интеграл от разности (невязки) скоростей вращения ЭМП с номинальными значениями параметров (эталонная модель) и математической модели ЭМП с вариациями параметров.

**В главе 3** получены уравнения и векторно-матричные структурные схемы вычисления функций чувствительности ЭМП постоянного тока, а также асинхронного и вентильного ЭМП. Синтезированы оригинальные Simulink-модели и разработано соответствующее программное обеспечение на языке MatLab, позволяющие осуществить вычисление вектора чувствительности ЭМП различных типов. Показано, что наиболее чувствительной к изменениям параметров ЭМП выходной координатой является угловая скорость вращения. Анализ результатов исследований, проведенных в данной главе позволяет сделать вывод о применимости разработанных моделей чувствительности для решения комплексной задачи многопараметрического автоматизированного анализа и контроля электромеханических преобразователей.

**В главе 4** сформулированы положения метода многопараметрического анализа и контроля ЭМП, состоящего из предварительно-экспериментального и аналитико-экспериментального этапов. Сформирована векторно-матричная структурная схема метода на основе беспоиcкового градиентного алгоритма с эталонной моделью и моделями чувствительности по анализируемым нестабильным параметрам. Апробация метода проведена на примере ЭМП постоянного тока с применением экспериментальной установки и моделирования в программной среде MatLab Simulink. Получены оценки нестабильных параметров на основе дискретных эталонной модели и моделей чувствительности и определены погрешности полученных оценок. Сформулированы рекомендации по применению метода автоматизированного

многопараметрического анализа и контроля функционирования ЭМП, эксплуатируемых в составе рабочих комплексов.

**В заключении** сформулированы основные результаты и выводы по проделанной работе, а также перспективы дальнейшего развития данного научного исследования.

**Научная новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Автором диссертации получены следующие новые научные результаты:

1) на основе обобщённого интегрального критерия  $Q$ , позволяющего оценить степень различия динамических процессов, происходящих в ЭМП при номинальных значениях параметров, и динамических процессов при параметрических возмущениях, формируются компоненты функционала  $Q(\chi)$  в форме  $Q$ -таблиц и  $\chi$ -зависимостей, представляющие собой основу для вычисления оценок нестабильных параметров ЭМП;

2) на основе дифференциальных уравнений чувствительности электромеханических преобразователей различных типов сформированы векторно-матричные структурные схемы и оригинальные Simulink-модели вычисления функций чувствительности, позволяющие выявить параметры, оказывающие максимальное воздействие на динамические свойства ЭМП, а также наиболее чувствительные к параметрическим возмущениям координаты;

3) разработан и апробирован на примере ЭМП постоянного тока метод многопараметрического автоматизированного анализа и контроля функционирования электромеханических преобразователей на основе градиентного алгоритма вычисления оценок параметров, позволяющий получить требуемые оценки с приемлемой в инженерной практике точностью.

Научная новизна исследований соискателя подтверждается наличием публикаций, индексируемых в реферативной базе Scopus, статьями в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, а также апробацией полученных результатов на научно-технических конференциях.

**Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов**

Полученные соискателем результаты являются значимым вкладом в развитие теории и практики методов анализа и контроля параметров ЭМП. Практическую ценность и теоретическую значимость представляют следующие результаты диссертационного исследования:

1) разработаны технические решения по совершенствованию методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих контроль функционирования ЭМП, которые позволяют обеспечить малую чувствительность предложенного метода многопараметрического анализа и контроля ЭМП к наличию шумов и импульсных помех в измерительном канале;

2) разработанные алгоритмы и программы будут полезны на этапах опытных испытаний, контроля и диагностики ЭМП в процессе эксплуатации в составе рабочих комплексов;

3) полученные научные результаты позволяют расширить теоретическую базу в области разработки подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих анализ и контроль функционирования электромеханических преобразователей;

4) сформулированы рекомендации по применению метода многопараметрического анализа и контроля функционирования ЭМП, позволяющие обеспечить требуемое качество функционирования ЭМП в процессе эксплуатации в составе рабочих комплексов.

### **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Разработанный в настоящей диссертации метод может быть использован при анализе и контроле функционирования ЭМП как в процессе эксплуатации, так и на этапе опытных и послеремонтных испытаний. Результаты исследования могут быть востребованы в научно-образовательном процессе в профильных ВУЗах. Представленные в диссертации решения могут найти практическое применение при построении адаптивных электроприводов, инвариантных к параметрическим возмущениям.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений**

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата, обоснованностью принятых допущений и адекватностью используемых при исследовании математических моделей, требуемым соответствием результатов теоретических исследований с экспериментальными данными.

### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом**

В целом диссертация является завершенной научной работой, так как автором достигнута сформулированная во введении цель исследования, которая конкретизируется следующими задачами:

1) определение выходных координат ЭМП с применением экспериментальной установки для исследования переходных режимов электромеханических преобразователей с последующим сохранением и статистической обработкой полученных временных зависимостей;

2) формирование математической модели электромеханического преобразователя на основе экспериментальных данных и оценка статической и динамической погрешностей полученной математической модели;

3) формирование эталонной модели ЭМП и моделей чувствительности

по контролируемым нестабильным параметрам;

4) вычисление обобщённого интегрального критерия  $Q$  с применением градиентного алгоритма и формирование функционала  $Q(x)$  в таблично-графическом виде;

5) разработка и программная реализация метода многопараметрического анализа и контроля функционирования ЭМП;

6) проверка работоспособности разработанного метода анализа нестабильных параметров и контроля функционирования ЭМП путем моделирования в среде MatLab Simulink, апробирование метода с применением экспериментальной установки, оценка полученных результатов и выработка рекомендаций по применению метода.

Материал, представленный в диссертации, изложен ясно и доступно. Все главы логичны по содержанию и взаимосвязаны между собой.

Полученные в диссертационной работе результаты соответствуют п. 3 паспорта специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты»: «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии», и п. 5 паспорта специальности: «Разработка 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».

#### **Замечания**

По содержанию диссертации следует выделить следующие замечания:

1. В главе 2 диссертации анализ динамических характеристик ЭМП различных типов проводился при изменении нестабильных параметров в обе стороны от номинального значения, как в большую, так и в меньшую, однако в последующих исследованиях рассматриваются случаи работы ЭМП при вариации нестабильных параметров только выше номинальных значений; с чем это связано?

2. Следует пояснить, почему раздел диссертации 2.2.2 посвящен исследованию динамических характеристик асинхронного ЭМП при изменяющихся параметрах нагрузки, однако далее в работе данное исследование не нашло продолжения или применения.

3. Почему в главе 2 диссертации обобщённый интегральный критерий является функцией относительного изменения нестабильных параметров  $k_i$ , т.е. расположен по оси ординат, а в главе 4 располагается по оси абсцисс т.н. « $x$ -зависимостей»?

4. В диссертации отсутствует чёткость в обозначениях, например, при вычислении функций чувствительности ЭМП постоянного тока переменные обозначены абстрактными  $x_i$ , а при вычислении вектора чувствительности

машин переменного тока – конкретными физическими величинами, в главе 4 на стр.128 вводится обозначение  $G_i(\hat{\chi})$ , однако в главе 3 оно отсутствует.

5. Заголовок главы 4 диссертации представляется громоздким.

6. Для каких типов ЭМП может применяться разработанный метод?

7. Компоненты  $Q$ -таблиц формируются при детерминированных изменениях параметров. Можно ли реализовать метод, если предположить, что нестабильные параметры ЭМП являются случайными величинами?

8. На рис. 4.2 стр. 133 показана блок-схема метода, где сказано о дискретной аппроксимации  $\chi$ -зависимостей. Следует пояснить суть преобразований с этими графиками.

Перечисленные замечания не снижают ценности выполненной работы и не ставят под сомнение достоверность и значимость полученных автором результатов и сделанных на их основе выводов.

#### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание диссертации, научную новизну, выводы и другие ключевые моменты.

#### **Сведения об основных публикациях**

По теме исследования автором опубликовано 22 печатные работы, в том числе: 7 статей в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus, 12 статей и тезисов в других журналах и изданиях.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Разработанный в диссертации метод вносит вклад в развитие способов анализа и контроля функционирования электромеханических преобразователей. Выводы и результаты проведенных исследований являются обоснованными и достоверными. Автор владеет темой исследований, умеет обосновать и выполнить теоретические изыскания, а также экспериментально подтвердить результаты, полученные путем моделирования. Уровень и количество публикаций, отражающих полученные результаты, отвечает требованиям пунктов 11 и 13 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

Диссертационная работа Малёва Николая Анатольевича на тему «Метод автоматизированного многопараметрического анализа и контроля функционирования электромеханических преобразователей с применением градиентного алгоритма вычисления оценок параметров», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному содержанию, новизне исследований, объемам выполненных исследований, обоснованности

выводов и практической значимости результатов, по изложению и оформлению соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, в части, касающейся диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Основные выводы работы полностью соответствуют её целям и положения, выносимым на защиту.

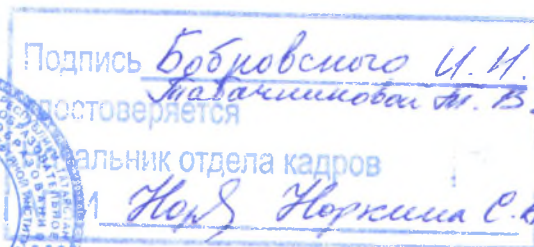
Автор диссертационной работы Малёв Николай Анатольевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты».

Отзыв составлен по результатам обсуждения диссертационной работы Малёва Николая Анатольевича на расширенном заседании кафедры «Электро- и теплоэнергетика» энергомеханического факультета ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт», протокол №6 от «19» февраля 2021 г.

Кандидат технических наук,  
доцент, заведующий кафедрой  
«Электро- и теплоэнергетика»  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Альметьевский  
государственный нефтяной  
институт»

Табачникова Татьяна  
Владимировна

« 24 » февраля 2021г.



Сведения о ведущей организации:

Наименование: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт»  
Почтовый адрес: 423450, Татарстан, г. Альметьевск, ул. Ленина, д. 2  
Телефон: 8 (855) 331-00-04  
E-mail: [alni@rambler.ru](mailto:alni@rambler.ru) [info@agni-rt.ru](mailto:info@agni-rt.ru)  
Сайт организации: <http://www.agni-rt.ru/>

Проректор по научной работе,  
к.т.н.

Бобровский Игорь  
Николаевич

« 24 » 02 2021г.