

С И Б И Р С К И Й
Ф Е Д Е Р А Л Ь Н Ы Й
У Н И В Е Р С И Т Е Т

S I B E R I A N
F E D E R A L
U N

УТВЕРЖДАЮ:

ректор по учебной работе
ДУ ВО «Сибирский
федеральный университет»
Сергеевич Гуц

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный,
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-82-14,
<http://www.sfu-kras.ru>, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137401
ИНН/КПП 2463011853/246301001

_____ 2024 г.

№ _____
от _____
на № _____

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
на диссертацию Дулова Ильи Вадимовича «Контроль успешности пуска
асинхронного двигателя в энергосистеме малой мощности»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.4.3. – «Электроэнергетика»

Актуальность темы диссертации

В связи с освоением месторождений полезных ископаемых в труднодоступных и энергоизолированных районах появляется все больше источников распределённой малой генерации (МГ), на базе которой формируются и развиваются активные энергорайоны электрических сетей, локальные интеллектуальную энергосистемы, локальные системы энергоснабжения (ЛСЭ). При этом в некоторых ЛСЭ имеются электроприёмники, зачастую это асинхронные двигатели (АД), соизмеримые по мощности с источниками генерации. Пуск крупных АД в таких системах способен приводить к нарушению балансов реактивной и активной мощности и создавать условия для возникновения аварийного режима с отключением генерирующих агрегатов и каскадной потере устойчивости прочих двигателей.

В связи с этим разработка способа и прототипа устройства прогностического контроля успешности пуска асинхронного двигателя, предотвращающих запуск или экстренно прекращающих процесс в условиях неуспешности в ЛСЭ является актуальной научно-технической задачей.

Научная новизна

1. Предложен способ многоэтапного прогностического контроля успешности прямого пуска АД в локальной системе энергоснабжения.
2. Разработаны и верифицированы алгоритмы контроля успешности пуска асинхронного двигателя.

3. Предложены методы параметрической идентификации статической и динамической моделей АД в переходных режимах.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.4.3. – «Электроэнергетика»:

пункту 11 «Разработка методов мониторинга и анализа режимных параметров основного оборудования электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид»;

пункту 14 «Разработка методов расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, разработка методов управления режимами их работы».

Практическая значимость работы заключается в следующем:

Создан прототип автоматики многоэтапного контроля успешности пусков АД в локальных системах соизмеримой мощности, позволяющий прерывать пуск двигателя при прогностическом выявлении условий его неуспешности на ранних стадиях процесса при регистрации режимных параметров только на статорных обмотках.

Структура и объем диссертации

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении «Новосибирский государственный технический университет».

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, словаря терминов, списка литературы, состоящего из 74 наименований, и 2 приложений. Общий объем составляет 178 страниц и включает 43 рисунка и 18 таблиц.

Во *введении* обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, сформулирована научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе рассмотрены основные стратегии и тенденции развития энергетики. Особое внимание уделено локальным интеллектуальным энергосистемам, создаваемым на базе объектов МГ, с крупной асинхронной двигательной нагрузкой. Рассмотрено влияние процессов и способов пуска АД на большие и малые энергосистемы, проведен анализ средств и способов контроля его успешности. Прогностический контроль успешности пусков АД в ЛСЭ обоснован как определяющий фактор обеспечения надежности их функционирования.

Во второй главе решена задача и разработан способ многоэтапного контроля успешности пуска АД. Проведена декомпозиция условий успешности пуска АД в ЛСЭ. Обоснованы модели элементов ЛСЭ и методы их параметрической идентификации при валидации на цифровой модели для контроля успешности пуска АД.

Установлено, что основными значащими параметрами при контроле успешности пуска АД являются напряжение и частота ПС. Обосновано, что предиктивный контроль успешности пуска АД возможен благодаря разделению

его процесса на ряд последовательных этапов, на каждом из которых производится определение необходимых электрических, критических, механических параметров, с моментами времени проверки соблюдения условий успешности. Показано, что упрощенная модель АД, имеющая погрешность определения пускового момента менее 5%, применима для контроля успешности пуска АД на раннем этапе процесса.

В третьей главе представлены разработанные автором алгоритмы расчета критических параметров и поэтапного контроля успешности пуска АД. Проведена верификация комплексного поэтапного контроля успешности пуска АД на цифровой модели ЛСЭ.

Автором показано, что поэтапный контроль успешности пуска АД по разработанному алгоритму, учитывающий инерционность изменения режимных параметров и степень влияния продолжительности и величины воздействия их критических значений на ПС, позволяет ранжировать этапы процесса оценки успешности в соответствии с физическими, технологическими и режимными ограничениями ПС по их первоочередной важности.

Доказано, что общая модель контроля успешности пуска АД, включающая модели критических условий и прогностической оценки параметров режима, позволяет с допустимой погрешностью производить оценку осуществимости пускового процесса в ЛСЭ для его контроля.

Разработанный алгоритм прогностического поэтапного контроля успешности пуска АД позволяет на малом (зондирующем) временном интервале определять осуществимость пускового процесса двигателя и выполнять его противоаварийное прерывание при фиксации условий неуспешности без создания опасных режимов для оборудования ПС.

Полученные результаты можно для разработки автоматики, обеспечивающей безопасное включение двигателей крупных нагрузочных узлов для оборудования ПС путем его противоаварийного прерывания при выявлении условий априорной неуспешности процесса.

Содержанием **четвертой главы** является описание разработанного прототипа устройства контроля успешности пуска АД на базе промышленного контроллера Raptor с программной реализацией в LabVIEW. По программе проведены испытания прототипа автоматики контроля успешности пуска АД на физической модели ЛСЭ, доказана его работоспособность. В результате подтверждена возможность предиктивного контроля успешности пуска АД в ЛСЭ, поэтапная реализация которого позволяет прерывать процесс на ранних стадиях выявления его неуспешности.

Высокая вероятность достоверности оценки успешности пуска АД подтверждает возможность ее реализации на базе предложенной модели по определению критических параметров режима.

В заключении приведены основные выводы по результатам исследований.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. Несмотря на то, что в 1-й главе рассматриваются различные способы пуска асинхронных двигателей (АД) по мощности соизмеримых с

генерацией в локальных системах электроснабжения (ЛСЭ), дальнейшее исследование посвящено исследованию и контролю успешности пуска таких АД прямым включением в сеть, хотя очевидно, что в таких случаях целесообразней применять устройства частотного пуска, которые при правильном задании темпа и закона изменения частоты способны обеспечить такое же время пуска, как и при прямом включении, при этом значительно снижая величину пусковых токов.

2. Пункт 1 научной новизны (стр.8) более оправданно было бы отнести к практической значимости выполненного исследования.

3. Пункт 1 выводов по главе 1 (стр. 44) не имеет отношения к цели работы.

4. Утверждение на стр. 87: «Представленная модель вполне применима для прогностического контроля успешности пуска АД в ЛСЭ на раннем этапе ...» декларативно, так как не имеет достаточного обоснования, кроме общих рассуждений.

5. Требование к алгоритму (стр. 93, 94): «Достаточное быстроедействие. Оценка выполнимости пуска по алгоритму контроля с выявлением условий неуспешности должна выполняться на малом временном интервале, обеспечивая экстренное прерывание неуспешного пускового процесса (с учетом инерционности контролируемых параметров)» было бы целесообразно относить к длительности пуска.

6. Стр. 105 – не следует определять величину минимального напряжения для пуска, при котором пусковой момент АД равен моменту сопротивления приводного механизма, так как при равенстве $M_{\text{пуск}} = M_{\text{сопрт}}$ пуск принципиально невозможен.

7. Замечания по используемой терминологии:

- Стр. 34 и далее – зависимость скорости двигателя от вращающего момента называется механической характеристикой, а не моментно-скоростной.

- Стр. 43 – как понимать фразу «априорный контроль», ведь «априори» означает вне опыта?

- Стр. 53 и ранее – автор использует термин «механический момент двигателя» вместо «статический момент нагрузки».

- отношение разности частоты вращения поля статора и частоты вращения ротора к частоте вращения поля статора в литературе принято называть относительным скольжением, в диссертации «относительная разность скорости вращения магнитного поля статора и механической скорости вращения ротора (скольжение)».

- Стр. 65 – требует пояснения термин «квазидинамический переходный процесс»;

- Стр. 54 – как понимать фразу: «Для двигателей без возможностей получения, либо при отсутствии ретроспективных данных возможно принятие в качестве пускового момента его значения в момент последнего отключения?»

- Стр. 67 – система координат $d-q$, используемая для математического описания электромагнитных переходных процессов в электрических машинах переменного тока, подразумевается жёстко связанной с ротором, т.е. вращающейся с частотой вращения ротора, а уравнения, приведённые на стр. 67, записаны в системе координат, вращающейся с частотой вращения поля статора, чаще всего обозначаемой как система $x-u$ или $u-v$ (К.П. Ковач, И. Рац Переходные процессы в машинах переменного тока – Госэнергоиздат, 1963; Г.Б. Онищенко, И.Л. Локтева Асинхронные вентильные каскады и двигатели двойного питания – М.: «Энергия», 1979);

8. Замечания по опечаткам, недоработкам оформления текста диссертации:

- Стр. 23, 75, 82 – неверно указан ГОСТ: в диссертации - ГОСТ 32-144, а правильно ГОСТ 32144-2013.

- Стр. 41, 42, 50, 52, 64, 114 и далее – опечатки.

- Стр. 59 – на рис. 2.5 момент инерции указан в Нм.

- Стр. 82 – некорректное выражение «Статическое изменение частоты сети».

- Стр.94 – ссылка на рисунок с несуществующей нумерацией (рисунок 12).

- источники [55] (стр. 67) и [56] (стр.68) указаны неверно.

- В главах 2, 3, 4 отсутствует нумерация формул, кроме формул на стр. 82 и 85, обозначенных номерами 8 и 9 соответственно, что является отступлением от ГОСТ Р 7.0.11 – 2011.

Указанные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не ставят под сомнение достоверность представленных в диссертации результатов.

Общее заключение

Диссертация Дулова Ильи Вадимовича является законченной научно-исследовательской работой, в которой представлено решение актуальной задачи разработки способа и прототипа устройства прогностического контроля успешности пуска асинхронного двигателя, предотвращающих запуск или экстренно прекращающих процесс в условиях неуспешности в ЛСЭ, имеющей существенное значение для совершенствования методов мониторинга и анализа режимных параметров основного оборудования электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.

Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, а также раскрывает ее научную и практическую значимость. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. По результатам исследований опубликовано 14 печатных работ, в том числе 3 научных статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 9 публикаций в других международных и российских изданиях, материалах международных и всероссийских конференций, 3 публикации в изданиях, индексируемых в международной наукометрической базе Scopus, 1 решение о выдаче патента на изобретение РФ.

Диссертация Дулова Ильи Вадимовича «Контроль успешности пуска асинхронного двигателя в энергосистеме малой мощности» отвечает требованиям, установленным в п.п. 9 - 14 Положения о присуждения учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (с изменениями от 11.09.2021 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации, Дулов Илья Вадимович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика».

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании кафедры электроэнергетики Сибирского федерального университета, протокол № 3(34) от 20.11.2024 г.

Отзыв подготовлен заведующим кафедрой электроэнергетики, доктором технических наук, профессором Пантелеевым Василием Ивановичем.

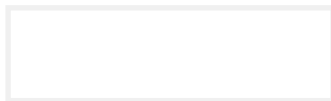
Заведующий кафедрой
электроэнергетики, д-р техн. наук
(05.09.03 – Электротехнические
комплексы и системы), профессор



Пантелеев Василий Иванович

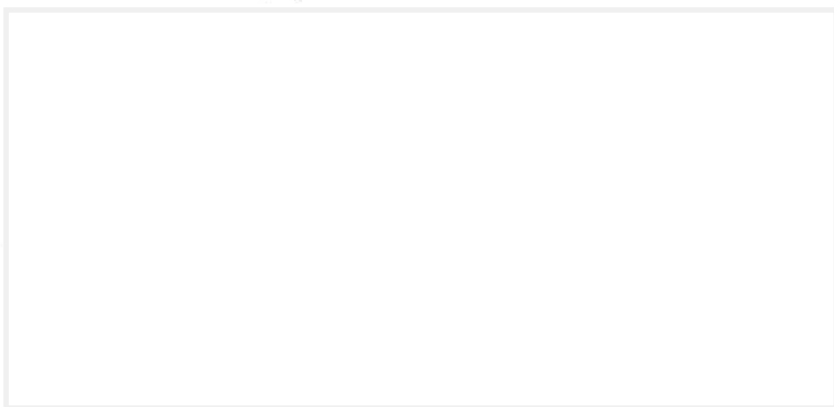
28.11.24

Я, Пантелеев Василий Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Дулова Ильи Вадимовича, и их дальнейшую обработку.



Пантелеев Василий Иванович

28.11.24



Отзыв получен 03.12.2024 г. Реф./Осипов А.А./
Согласие на включение 03.12.2024 г. Дулов/Дулов И.В./