

Отзыв

официального оппонента

на диссертационную работу 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.

1. Актуальность избранной темы и ее соответствие специальности 2.4.3 – Электроэнергетика

Диссертационная работа Дулова И. В. направлена на теоретическое обоснование и практическое решение актуального для современной энергетики вопроса – развитию и разработке новых методов адаптивного управления активными локальными интеллектуальными энергосистемами и энергетическими комплексами с сопоставимой мощностью единичных электроприемников и суммарной генерации, которые постоянно или временно работают в автономном режиме. Особенно важно, когда единичные электроприемники большой мощности (в том числе асинхронные двигатели) оказывают значительное влияние на работу энергосистемы.

Такие методы, на основе текущей информации о параметрах режима сети, в реальном времени позволяют определить их критические уровни при включении крупного асинхронного двигателя, что важно для сохранения устойчивости в энергетическом комплексе.

Соискатель правильно выделил важное направление развития систем управления энергосистемами в условиях развития современной электроэнергетики – применение для этой задачи адаптивной технологии, которая позволит обеспечить «достаточность» управляющих воздействий, а при применении новых информационных технологий ускорить определение критических режимных параметров.

На основании изложенного с полным основанием можно заключить, что по содержанию диссертационная работа полностью соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ по специальности 2.4.3. – Электроэнергетика.

2. Структура работы и основные научные результаты

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 178 страницах, содержит 43 рисунка и 18 таблиц, список литературы из 74 наименований и 2 приложения. К работе прилагается официально

разосланный в установленные сроки автореферат диссертации на 20 страницах.

Глава 1 посвящена подробному анализу распределенной генерации в части создания активно-адаптивных электрических сетей на базе Распределенной Малой Генерации (РМГ) на углеродном топливе Локальных Систем Энергоэнергоснабжения (ЛСЭ), способных работать, как автономно, так и параллельно с внешней сетью. Показано, что масштабное развитие РМГ существенно влияет на динамические свойства энергосистем, что вызывает необходимость разработки новых средств и способов управления режимами энергосистем.

Внедрение РМГ, способной работать в режиме острова (автономно или параллельно с внешней Питающей Сети (ПС)) с формированием выделенного энергорайона в электрическую сеть привело к разукрупнению генерирующих мощностей в ПС и, как следствие, появлению ЛСЭ соизмеримой мощности генерации и крупных АД, в которых обеспечение устойчивой работы ЛСЭ и нагрузки проявляется наиболее остро.

Применяемые способы контроля успешности пуска АД, используемые в крупных энергосистемах, в ЛСЭ соизмеримой мощности, как правило, не учитывают влияние процесса пуска на ПС в текущем состоянии и не выполняют прогноз режимных параметров в процессе пуска для его прерывания при необходимости. Это послужило основанием для разработки адаптивной автоматики, предназначенной для снижения негативного влияния процессов прямых пусков на двигатель и ПС путем прогностической оценки выявления критических условий.

Глава 2 содержит сведения об основных значащих параметров при контроле пуска АД. Ими являются напряжение и частота ПС, изменение которых в процессе пуска приводит к изменению статической моментно-скоростной характеристики двигателя и возможности возникновения аварийных режимов Основными значащими параметрами при контроле пуска АД являются напряжение и частота ПС. Изменение их в процессе пуска приводит к изменению статической моментно-скоростной характеристики двигателя и риску возникновения аварийных режимов.

Для решения этой задачи предложен поэтапный предиктивный контроль успешности пуска АД путем разделения процесса на ряд последовательных этапов в которых производится определение необходимых критических электрических и механических параметров, а также проверки соблюдения условий успешности пуска.

Наличие актуальных данных о величине и характере изменения режимных параметров АД на раннем этапе процесса пуска позволяет выполнить прогностическую оценку минимального значения частоты в ПС.

Глава 3 посвящена описанию поэтапного контроля успешности пуска АД по предложенному алгоритму, с учетом инерционности изменения режимных параметров и степени влияния продолжительности и величины воздействия их критических значений на ПС. Это позволяет ранжировать этапы процесса оценки в соответствии с физическими, технологическими и режимными ограничениями ПС по их важности.

Приведенный автором алгоритм прогностического поэтапного контроля успешности пуска АД реализует адаптивный подход, а именно на малом временном интервале определять параметры пускового процесса двигателя и выполнять его отключение при фиксации нарушений установленных ограничений без создания опасных режимов для оборудования ПС.

Результаты подробного тестирования алгоритма на цифровой модели ЛСЭ позволяют использовать их для разработки автоматики, обеспечивающей безопасное включение крупных двигателей нагрузочных узлов для оборудования ПС.

Глава 4 содержит описание разработанного прототипа устройства контроля успешности пуска АД на базе промышленного контроллера Raptor с программной реализацией в LabVIEW. По разработанной программе проведены испытания прототипа автоматики контроля успешности пуска АД на физической модели ЛСЭ и показана его работоспособность.

Для технической реализации алгоритма автоматики рассматривались два варианта аппаратного исполнения: плата Arduino Uno с микроконтроллером ATmega328; промышленный процессорный блок RAPTOR-x86. Исследования показали, что микроконтроллеры Arduino, при менее затратном решении, не позволяют определять режимные параметры с требуемой точностью ввиду операционных и физических ограничений.

Испытания показали, что предиктивный контроль успешности пуска АД в ЛСЭ возможен и поэтапный контроль пуска позволяет прерывать процесс на ранних стадиях выявления его не успешности.

Испытания показали, что разработанный функциональный прототип автоматики обеспечил выявление успешности/неуспешности пуска АД на ранних стадиях процесса в 91% случаев при широкой вариации условий его осуществления.

3. Степень обоснованности научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность результатов работы обеспечена теоретическими обоснованиями, совпадением результатов, полученных теоретически, с результатами экспериментов при моделировании и натурных испытаниях на физической модели, приближенных к промышленным условиям.

Новизна научных результатов представлена следующими основными разработками автора:

1. Впервые разработан прототип автоматики контроля успешности пусков АД в локальных системах энергоснабжения соизмеримой мощности.
2. Предложен способ поэтапного прогностического контроля успешности прямого пуска АД в локальной системе энергоснабжения.
3. Предложены методы параметрической идентификации статической и динамической моделей АД в переходных режимах.

Для их получения были выполнены:

Анализ существующих способов обеспечения успешности пусков АД в крупных и малых энергосистемах и выявлены факторы, определяющие успешность и допустимость пуска АД в системах соизмеримой мощности, и формирование условий успешности пуска.

Разработка модели для определения критических параметров режима для успешного пуска АД и валидация ее элементов, способ контроля успешности пуска и методов параметрической идентификации АД и испытаны на цифровой и физической моделях локальной системы энергоснабжения алгоритмы контроля успешности пуска АД.

Практическая значимость работы определена тем, что основные результаты исследований и разработок автора, представленные в настоящей диссертации, могут использоваться при разработке устройств автоматики контроля успешности пусков АД в локальных системах энергоснабжения соизмеримой мощности, обеспечивающей прерывание пуска двигателя при прогностическом выявлении условий его не успешности на ранних стадиях процесса, который может быть использован для созданию опытных и промышленных образцов автоматики. Применение таких устройств в локальных системах энергоснабжения на базе малой генерации обеспечит повышение надежности электроснабжения потребителей и устойчивости работы электростанций.

4. Апробация работы и подтверждение опубликования основных положений работы

Результаты исследований широко апробированы участием автора в десяти международных и российских научно-технических конференциях, в

отраслевых научно-технических совещаниях, в научных семинарах профильных кафедр российских и федерального университетов.

Основные положения диссертации достаточно полно опубликованы в 14 печатных работах, в том числе в 4 научных работах в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 10 публикаций в международных и российских изданиях, материалах международных и всероссийских конференций, из них 3 публикации в изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Scopus. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и патент РФ на изобретение

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Наибольший интерес оппонента вызвали:

Разработанный метод (технология) поэтапного предиктивного контроля успешности пуска АД и испытания разработанного прототипа автоматики на электродинамической модели (ЭДМ) центра коллективного пользования устройств автоматики и защиты электроэнергетических систем при НГТУ способом "После".

Особый интерес вызвало решение задачи определения векторных измерений напряжения, тока и частоты питающей сети (системной) в трехфазной электрической сети в процессе пуска АД (в зондирующем интервале), так как в этом случае процессы их изменения являются нестационарными.

5. Основные замечания по работе

5.1. В работе не приведено, как взаимодействует предлагаемый способ с устройствами релейной защиты и автоматики, предусмотренными как для пускаемых электродвигателей, так и для локальных энергосистем (нормативные и общепринятые). А именно:

- стандартные блокировки пусков АД ниже задаваемых пользователем значений частоты и напряжения в начале и в процессе пуска;
- защита от затянутых пусков электродвигателя;
- Автоматическая частотная разгрузка, работающая при снижении частоты ниже 49,2 Гц;
- Дополнительная автоматическая разгрузка, работающая при небалансах свыше 45 % и скорости снижения частоты больше 1,8 Гц/с;
- многоступенчатые защиты минимального напряжения и др.

Несмотря на комментарий автора о работе таких устройств "по факту", указанные устройства при должной настройке работают или без выдержки времени, или с выдержками в пределах 0,3 с, что быстрее предлагаемых автором прогностических решений.

Возникает вопрос чем лучше и перспективней предлагаемый автором способ?

5.2. Стр. 58. Целесообразно пояснить текст "Предельной продолжительностью зондирующего интервала являлось время, за которое двигатель с заданным моментом торможения и инерцией замедлится до величины критического скольжения (в момент восстановления напряжения находится на границе линейной области моментно-скоростной характеристики), выше которого его включение при потреблении пускового тока создаст опасность наступления лавины напряжения в ПС. Данный вид возмущения создает наиболее тяжелые условия для восстановления нормальной устойчивой работы двигательной нагрузки, т.к. электромагнитный момент равен 0 (исключение составляет только режим подпитки КЗ со стороны АД, который при анализе нормальных переходных процессов рассматривать не имеет смысла)."

Стр. 59. "В технической литературе отсутствует информация о степени влияния конкретных приводных механизмов на суммарную инерцию АД." Утверждение не верно. На практике и в технической литературе есть понятие качественного распределения инерционности приводов. малоинерционные, средне и большой инерции (в о.е. суммарной инерции привода в долях инерции двигателя) малоинерционный 1.2-1.5, средне 1.5-2, большой 2 и более).

5.3. При принятии решения о подаче питающего напряжения на подключаемый асинхронный двигатель (переход от этапа 1 к этапу 2) не учитывается фактическая перегрузочная способность других работающих крупных асинхронных двигателей (двигатели могут работать с нагрузкой выше номинальной, с пульсирующей во времени нагрузкой), возможностью их группового пуска и/или самозапуска после кратковременного перерыва питания или провала напряжения питания.

5.4. Стр. 95, 96. приведен "Цикл алгоритма измерения режимных параметров, соответствующий приведенным требованиям, вербально может быть представлен следующим образом:"

К данному алгоритму есть вопросы и замечания:

- Как учитывается то, что процессы изменения напряжения и тока при пуске АД являются нестационарными (амплитуды и периоды колебаний сигналов напряжения и токов не постоянны)?
- Какая частота первичных измерений напряжения и тока достаточна для этой задачи?
- Какой фильтр низких частот применяется?
- Какая величина зондирующего интервала?
- Определение фазы тока и напряжения относительно опорных сигналов как арктангенса отношения их мнимых и действительных составляющих в силу того, что арктангенс разрывная функция вносит существенную вычислительную погрешность.

- Необходимо пояснить каким образом рассчитывается частота ПС. Известно, что частотой 3-х фазной системы является частота вращения электромагнитного поля (равна частотам в фазах только для идеальной системы). (Стр 146 (контроль процесса выполняется по режимным параметрам фазы А)

5.5. Стр. 97 «Алгоритм измерения режимных параметров должен быть инициализирован во время включения автоматики контроля успешности пуска и находиться в активном состоянии вне зависимости от схемно-режимных условий в ПС и режима АД. Интервал между циклами расчета режимных параметров зависит от заданной частоты дискретизации выбранной аппаратной базы и ограничивается ее производительностью.» Иными словами, работать в режиме “on-lain”.

5.6. Какие характеристики согласно с данным алгоритмом были установлены в прототипе устройства контроля успешности пуска асинхронного двигателя.

5.7. Текст диссертации не лишен опечаток и некоторых неточностей (стр. 7, и др.; Стр. 47 Рис 2.1. не приведено обозначение - S.o.e; на стр. 3 появляется аббревиатура ПС, а расшифровка приведена на стр.6.).

6. Общее заключение

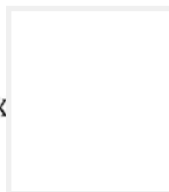
Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы в целом.

Диссертационная работа по актуальности темы и объему выполненных автором исследований является законченной научной квалификационной работой. Диссертация базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчётов; написана грамотно и аккуратно оформлена; по каждой главе и работе в целом сделаны чёткие выводы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и разработанным теоретическим положениям, научной новизне полученных результатов и их практической значимости с учетом сведений об апробации, публикациях и внедрении. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённым постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а именно 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» паспорта специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика».

С учетом вышеизложенного рассмотренная диссертация отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», а ее автор – **Дулов Илья Вадимович** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика.

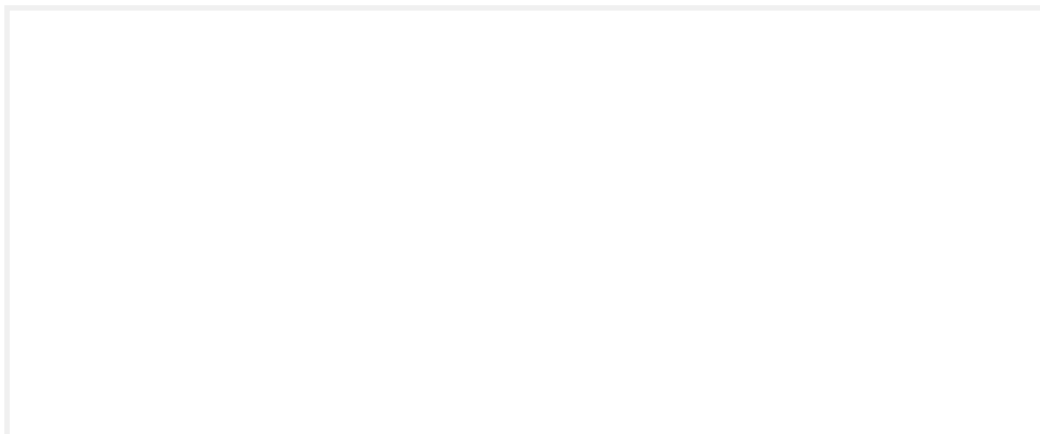
Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры «Автоматизированных
электрических систем»
Уральский энергетический институт
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина»
Тел. +7 9122008045
E-mail: asberdin@mail.ru



Бердин
Александр Сергеевич

30.11.2024

Подпись официального оппонента заверяю:



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Адрес: Россия, 620002, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д.19

Телефоны: +7 (343) 375-45-07, +7 (343) 375-46-09, +7 (343) 375-97-78 (факс)

E-mail: rector@urfu.ru, Web-сайт: <https://urfu.ru/ru/>

Отзыв получен 03.12.2024 г. Бердин Александр Сергеевич
8
Сотрудник администрации 03.12.2024 г. Дулов Илья Вадимович