

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

**Худжандский политехнический институт
Таджикского технического университета
имени академика М.С. Осими**

УДК 621.313: 621.313-57

На правах рукописи



ДАДАБАЕВ ШАХБОЗ ТОЛИБДЖОНОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИХ НАГРУЗОК**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы»

Худжанд – 2023

Научная работа выполнена в Политехническом институте Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, на кафедре «Электроснабжение и автоматика».

Научный руководитель:

Грачева Елена Ивановна

доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий.

Официальные оппоненты:

Татевосян Андрей Александрович

доктор технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», профессор кафедры электрическая техника.

Назиров Хуршед Бобоходжаевич

кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой электроэнергетики филиала Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Душанбе

Ведущая организация:

Институт энергетики Таджикистана
Хатлонская область, район Кушониён

Защита состоится 15 декабря 2023 года в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.КОА-049 при Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими, по адресу 734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими и на официальном сайте университета: <http://www.ttu.tj>

Автореферат разослан «____» _____ 2023 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Султонзода Шерхон Муртазо

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время, в среднем, 40-60% всей вырабатываемой в Таджикистане электроэнергии расходуются на промышленный и сельскохозяйственный сектор экономики страны. В обоих секторах основными потребителями электроэнергии (ЭЭ) являются электроприводы (ЭП) переменного тока. Пик потребления ЭЭ указанных отраслей народного хозяйства был зафиксирован в 2012 г, тогда электропотребление составило 59%. В 2017 году потребление ЭЭ в сельскохозяйственном секторе страны составило более 27% от общего объема вырабатываемой ЭЭ. При этом основными потребителями ЭЭ являются ЭП оросительных насосных станций (ОНС). Данные объекты оснащены нерегулируемыми ЭП, причем электромагнитная совместимость (ЭМС) электрооборудования не учитывается. Такое состояние приводит к частым сбоям и авариям в насосных станциях (НС), внеплановым отключениям питающей сети и значительным финансовым затратам для их устранения. ЭП НС включают в себя высоковольтные асинхронные (АД) и синхронные двигатели (СД), для которых основной сложностью являются пусковые переходные процессы. Для бесперебойной работы электрооборудования ОНС и повышения надежности энергосистемы, в первую очередь, необходимо учесть пусковые режимы ЭП насосных агрегатов (НА), а также их влияние на другие НС. В настоящее время внедряются системы плавного пуска (СПП) для ВЭД, однако, без детального обследования агрегатов и ЭП ОНС данное мероприятие считается нецелесообразным.

В Согдийской области для водоснабжения сельского хозяйства городов и районов области используется более 110 НС, питающихся на напряжении 6 и 10 кВ, и 86 станций - на напряжении 0,4 кВ. Системы электроснабжения (СЭС) каждой НС соединены между собой и создают единую энергосистему Согдийской области. Электропотребление НС области составляет, в среднем, 500 - 600 МВт·ч в год. Каждый запуск высоковольтных электродвигателей (ВЭД) данных станций приводит к провалам напряжения в питающей сети и негативно влияет на работу ЭП соседних станций. Например, в 2018 году на НС Согдийской области было зафиксировано более 48 отключений, из них 38 - по причине провала и отклонения напряжения в сети. Данное обстоятельство свидетельствует о недостаточной устойчивости энергосистемы и неучете ЭМС потребителей. Для повышения бесперебойности СЭС ОНС и увеличения технического ресурса электрооборудования необходимо исследование режимных параметров электродвигателя (ЭД), его пусковых характеристик, нагрева обмоток и взаимного влияния ЭП и СЭС ОНС.

Степень разработанности темы. Для определения путей повышения бесперебойности СЭС НС оросительных систем необходимы такие исследования, как энергоаудит, энергетическое обследование, математическое и компьютерное моделирование. В настоящее время отсутствуют методики и модели, при помощи которых можно в достаточной мере исследовать пусковые переходные процессы ЭП НС, а также их влияние на питающую сеть при разных способах пуска ЭД больших мощностей ОНС.

Теоретические основы данной проблемы заложены в трудах отечественных ученых Садыкова Х.Р., Юлдашева З.Ш., Рахимова О.С., Касובהва Л.С. и других

ученых. За рубежом для решения проблем в данной области большой вклад внесли такие ученые, как Горев А.А., Аракелян А.К., Афанасьев А.А., Гамазин С.И., Ковач К.П., Ларионов В.Н., Лезнов Б.С., Онищенко Г.Б., Поздеев А.Д., Мещеряков В.Н., Zimmermann J.A., Chapman S., Nevelsteen J., Aragon H., Colleran P.J., Rogers W.E. и др.

Соответствие паспорту специальности. Диссертация соответствует специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы. Полученные в работе научные результаты соответствуют п.п. 3.1 «Разработка научных основ (подходов) исследования общих свойств и принципов функционирования и методов расчета, алгоритмов и программ выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии в целом и их основного и вспомогательного оборудования», п.п. 3.5 «Разработки и исследования в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке и использовании тепловой, электрической энергии и энергоносителей в энергетических системах, комплексах и системах энергоснабжения», п.п. 3.9 «Разработка методов расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости энергетических систем, комплексов, электрических станций и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, разработка методов управления режимами их работы», паспорта специальности.

Цель исследования – повышение бесперебойности работы СЭС оросительных насосных станций при изменении их нагрузок и увеличение технического ресурса электрооборудования ОНС.

Задачи исследования:

1. Анализ способов повышения бесперебойности работы СЭС ОНС.
2. Разработка компьютерной модели СЭС ОНС для исследования переходных процессов в сети.
3. Разработка компьютерной модели асинхронного и синхронного ЭП НА оросительных систем для исследования пусковых переходных процессов и нагрева обмоток ВЭД при различных способах пуска.
4. Разработка компьютерной модели для исследования пусковых режимов ВЭД с инвертором тока.
5. Техничко-экономическое обоснование предложенного технического решения.

Объект исследования – высоковольтные асинхронные и синхронные ЭП ОНС.

Предмет исследования – бесперебойность электроснабжения и увеличение технического ресурса электрооборудования ОНС.

Научная новизна. Основные результаты диссертации являются новыми и заключаются в следующем:

1. Разработаны компьютерные модели асинхронного и синхронного ЭП, отличающиеся от известных моделей тем, что позволяют проводить комплексные исследования параметров ЭП при прямом и плавном пуске, включающих в себя фазные токи двигателя, скорость вращения его ротора, электромагнитный момент, а также нагрев обмоток и провалы напряжения.

2. Разработана компьютерная модель асинхронного и синхронного ЭП с инвертором тока, позволяющая проводить детальный анализ параметров ЭП при пуске с учётом внешних возмущений.

3. Разработаны компьютерные модели, с помощью которых возможно регулировать пусковые режимы электрооборудования - двигателей и НА - при использовании инвертора тока и эффективно внедрять мероприятия по повышению бесперебойности работы СЭС ОНС. Данный способ пуска двигателей отличается от существующих минимальными значениями пусковых токов, строгим ограничением пусковых знакопеременных электромагнитных моментов электродвигателя и минимизацией провалов напряжения в сети, а также повышением устойчивости работы энергосистем, объединяющих ОНС.

Теоретическая значимость работы. Заключается в развитии теории и методов расчёта параметров и моделирования энергосистемы для ОНС.

Практическая ценность работы. Использование предложенных выводов и рекомендаций способствует эффективному управлению ЭП НС оросительных систем, минимизации провалов напряжения в сети, повышению бесперебойности энергосистемы, увеличению технического ресурса ЭД НС и электрооборудования ОНС в целом.

Методы исследования. При проведении исследований применялись методы теории ЭП и электротехники, методы математического и компьютерного моделирования, а также метод энергетических балансов при работе НА. Результаты научной работы получены с помощью экспериментальных и компьютерных исследований.

Положения, выносимые на защиту:

1. Компьютерная модель для исследования пусковых режимов ВЭД НА, а также нагрева обмоток ЭД и провалов напряжения в сети при пусковых режимах.

2. Альтернативный и перспективный способ безударного пуска ВЭД НА систем орошения.

3. Компьютерная модель для исследования пусковых режимов ЭП с инвертором тока.

4. Результаты технико-экономического анализа и обоснования внедрения СПП для ЭД НА ОНС.

5. Рекомендации по повышению бесперебойности и надежности работы СЭС ОНС, имеющих существенные значения провалов напряжения при пуске ЭД.

Достоверность и обоснованность. Результаты исследований приняты к использованию на НС АНС-1 Аштского района Республики Таджикистан, а также в СПП «Джавони» г. Худжанда и внедрены в учебный процесс на кафедре «Электроснабжение и Автоматика» Худжандского политехнического института Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Автоматизированный электропривод». Результаты работы сравнены с исследованиями зарубежных ученых России, США и др. стран.

Личный вклад автора. Постановка задач для исследования выполнялась совместно с научным руководителем. Основные результаты работы получены автором самостоятельно.

Апробация результатов работы. Результаты работы докладывались на научно-практических конференциях: «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии» (г. Екатеринбург, Россия, 2015); «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи» (г. Томск, Россия, 2016); «Перспективные информационные технологии» (г. Самара, Россия, 2017, 2018); «Энергетические системы» (г. Белгород, Россия, 2017-2020); «САПР и моделирование в современной электронике» (г. Брянск, Россия, 2019, 2021); «Наука и образование» (г. Мурманск, Россия - 2019); «Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности» (г. Чебоксары, Россия, 2019); «Современные проблемы и перспективы развития науки, техники и образования» (г. Магнитогорск, Россия, 2020); «Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте» (г. Вологда, Россия, 2020); «High Speed Turbomachines and Electrical Drives Conference» (HSTED-2020), (г. Прага, Чехия); «Sustainable Energy Systems: Innovative Perspectives (SES-2020)», (г. Санкт-Петербург, Россия, 2020); «Sustainable Energy Systems: innovative perspectives» (г. Санкт-Петербург, Россия, 2021); «International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA-2022)» (Липецк, Россия, 2022).

Основные публикации. По теме диссертации опубликовано 39 печатных работ в журналах и сборниках, в том числе 17 публикаций в рецензируемых научных журналах ВАК, 7 статей в индексируемых международных базах данных SCOPUS и 15 публикаций в других изданиях и международных научных конференциях. Внедрение результатов исследования подтверждено 3 актами.

Структура и объем диссертации. Диссертация представлена на 192 страницах, содержит введение, 5 глав, заключение, 133 литературных источника, 7 приложений, 20 таблиц и 121 рисунок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** сформулирована актуальность темы исследования, а также цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методы исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту, сведения об авторском вкладе и апробация результатов работы.

В первой главе детально описана структура ОНС первого подъема, представлены ее основные части и проведен анализ технологических процессов. Также проведен анализ СЭС ОНС. К особенностям работы насосных установок, в первую очередь, можно отнести характер нагрузки, которая для них является вентиляторной. По данным управления мелиорации и ирригации (УМИ) в Согдийской области в сезонный период полива 2018 и на начало летнего сезона 2019, в НС области зарегистрировано более 78 случаев внезапных и внеплановых отключений НА. При этом отклонения напряжения в энергосистеме Согдийской области возникают при переходных режимах ВЭД НА. Крупные агрегаты установлены на ОНС в Аштском, Б. Гафуровском и Зафарабадском районах. Каждый пуск агрегатов на этих объектах вызывает отклонение напряжения, провалы напряжения, перенапряжение, мигание и т.п. Для снижения частоты отключений в СЭС ОНС и срабатывания релейной защиты необходимы исследования и внедрение мероприятий по повышению устойчивости СЭС. Самыми проблемными районами являются Б. Гафуровский и Аштский

районы Согдийской области, в которых наблюдается 65% отключений из всех зарегистрированных в области. По причине перенапряжения и мигания в сети (отклонение напряжения) в указанных районах были произведены 22 отключения агрегатов НС. По статистическим данным УМИ по Согдийской области за период 2018 - 2019, только в НС Б. Гафуровского и Аштского района по причине низкой надежности питающей сети были зафиксированы 27 отключений НА (рисунок 1). В развитых странах для повышения надежности СЭС ОНС, применяются безударные системы пуска ВЭД. Такие системы обеспечивают уменьшения токов и отклонения напряжения при пусковых режимах работы. С этой целью для ВЭД используют устройство плавного пуска (УПП) или преобразователи частоты (ПЧ). Цены на ПЧ, в среднем, в 2-3 раза дороже, чем цены на УПП, поэтому при выборе систем безударного пуска необходимо проводить технико-экономическую оценку.

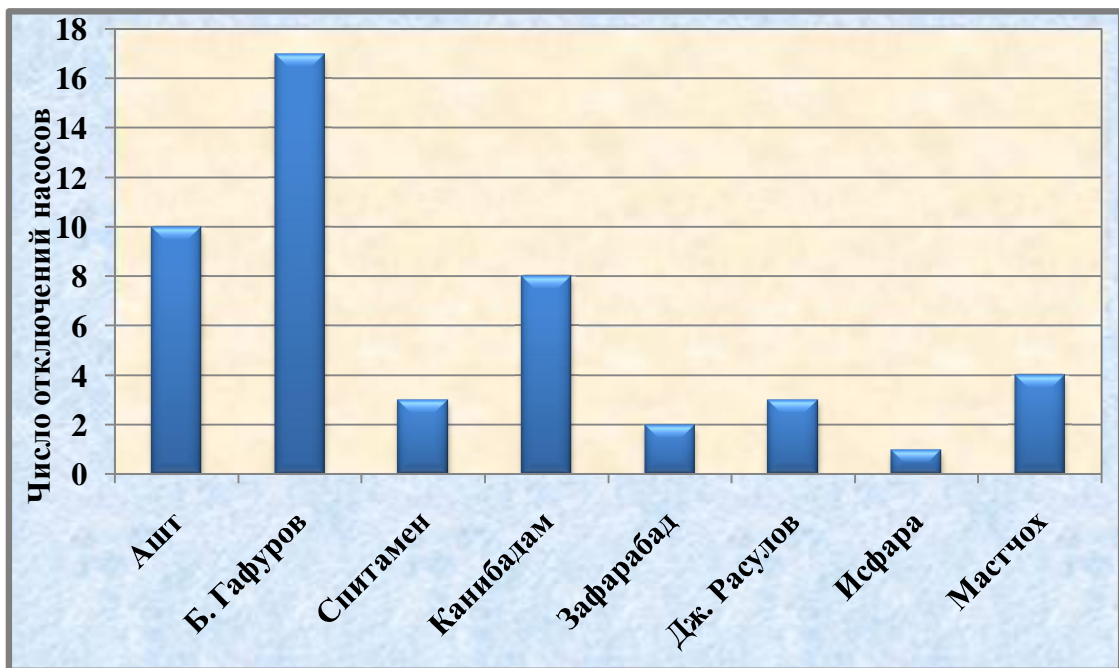


Рисунок 1. График отключения насосных агрегатов в НС районов Согдийской области за период 2018 г.

Альтернативным и перспективным способом безударного пуска, предлагаемым в данной работе, является пуск ВЭД с инвертором тока (ИТ). Такой способ пуска недостаточно изучен и потому нуждается в новых исследованиях, особенно при применении для запуска ВЭД ОНС. Технические и стоимостные преимущества повышают целесообразность внедрения для пуска ВЭД ИТ после проведения технико-экономического обоснования (ТЭО).

Вторая глава посвящена исследованию энергетического баланса НА. Проведен анализ особенностей механических характеристик НА при наличии статического напора. Проведен сравнительный анализ способов регулирования производительности НА. Энергетический баланс показывает, что внедрение регулируемого электропривода (РЭП) с использованием ПЧ целесообразно при условии наличия переменной нагрузки. Так как в ОНС первого подъема нагрузка, в значительной мере, постоянная, использование или внедрение РЭП требует дополнительного обоснования.

В третьей главе разработаны компьютерные модели для исследования переходных процессов СЭС ОНС при прямых и плавных пусках асинхронных и синхронных электродвигателей НА. При разработке моделей СЭС и ЭП ОНС представлено математическое описание основных элементов СЭС.

На рисунке 2 приведены графические зависимости результатов моделирования АД в абсолютных единицах.

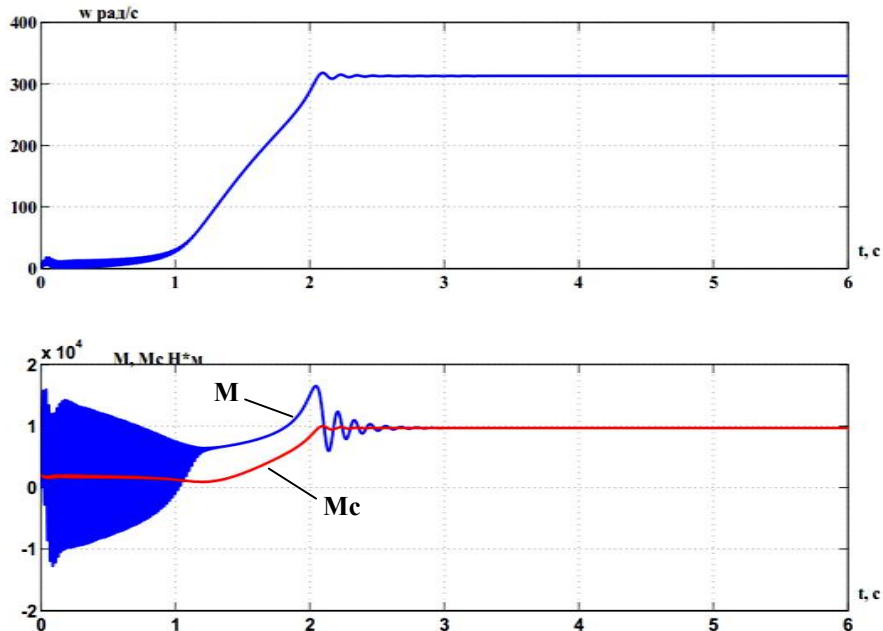


Рисунок 2. Переходные процессы параметров АД при прямом пуске: угловой скорости ω , электромагнитного момента двигателя M , момента сопротивления M_c насоса.

Графики рисунка 2 показывают, что момент двигателя M при пуске имеет знакопеременный характер, это приводит к появлению вибрации и возможным поломкам частей АД. Недостатком прямого пуска АД являются большие пусковые токи двигателя, которые могут достигать 4-8,5 кратного значения номинального тока.

Для моделирования использованы паспортные и расчетные данные СД марки ВДС2-325/69-16, установленного на НС АНС-1. Графики переходных процессов при прямом пуске СД серии ВДС2-325/69-16 показаны на рисунке 3.

M, M_c, I, ω в о.е.

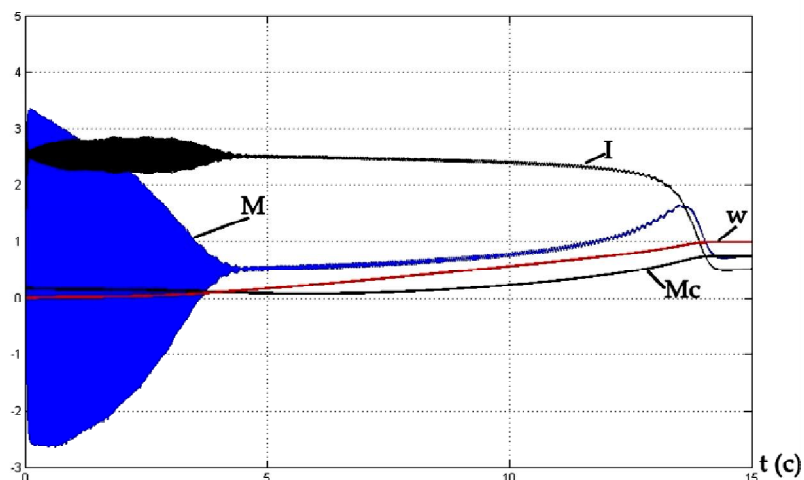


Рисунок 3. Графики действующего значения тока I , момента СД M , момента сопротивления M_c и скорости вращения ротора ω СД при прямом пуске.

Графики рисунка 3 показывают, что электромагнитный момент СД при прямом пуске, как при пуске АД, имеет знакопеременный характер. Одна из отличительных особенностей пуска СД по сравнению с АД, это продолжительность пуска, которая в данном случае составила более 15 с. По инструкции завода изготовителя СД данного типа продолжительность прямого пуска ВДС2-325/69-16 составляет 16 с, что совпадает с результатами моделирования. Графические результаты моделирования плавного пуска АД приведены на рисунках 4 и 5.

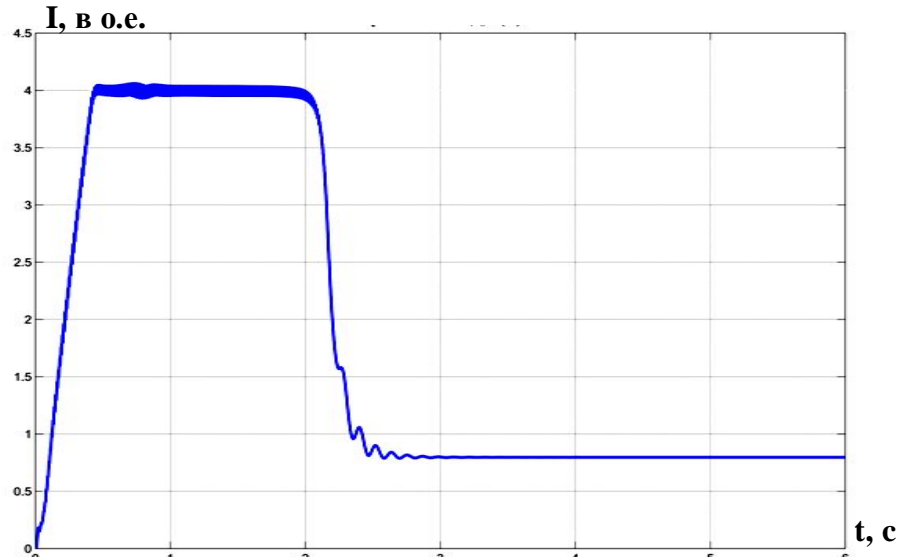


Рисунок 4. Действующее значение тока I АД при плавном пуске

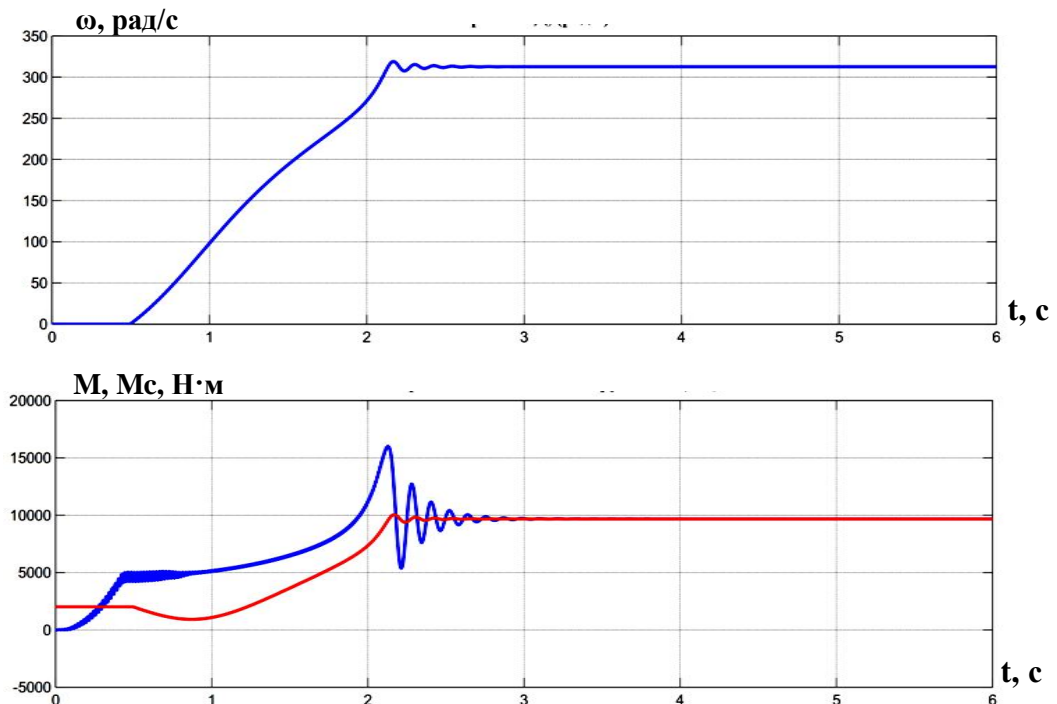


Рисунок 5. Графики переходных процессов АД при плавном пуске: угловой скорости ω , электромагнитного момента двигателя M , момента сопротивления насоса M_c .

Пусковой ток при плавном пуске по сравнению с режимом прямого пуска снизился с 7,1 до 4 кратностей номинального тока (рисунок 4). Снижение пускового тока при пуске дает возможность увеличить количество пусков АД, что делает более эффективным технологический процесс ОНС. Кроме этого, знакопеременное значе-

ние электромагнитного момента АД (рисунок 2) отсекается, и электромагнитный момент имеет положительное значение на всем интервале переходного процесса (рисунок 5). Графические результаты моделирования характеристик плавного пуска СД показаны на рисунке 6.

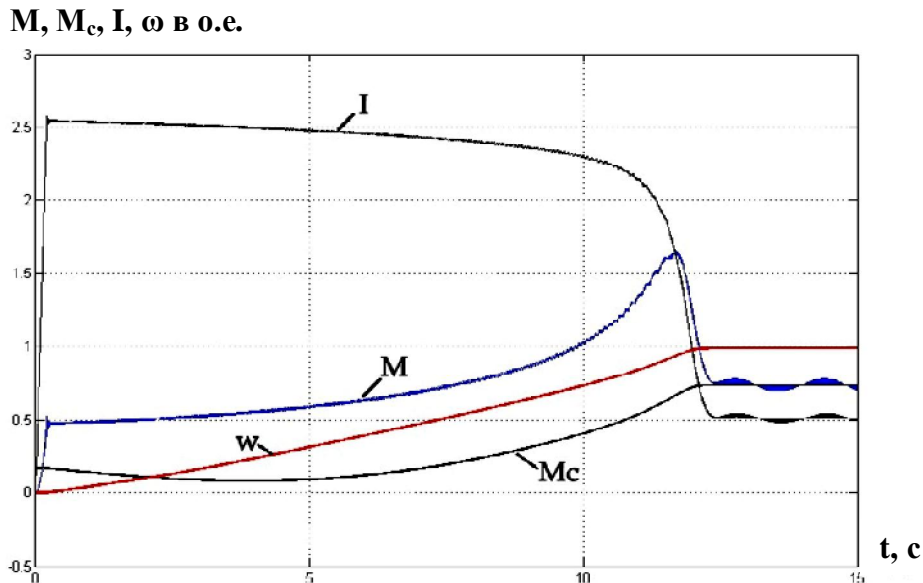


Рисунок 6. Графики действующего значения тока I , момента M , момента сопротивления M_c и скорости вращения ротора ω СД при плавном пуске.

Пусковой максимальный ток в 2,56 раза превышает номинальный, а момент – в 1,65 раза. Длительность переходных процессов составляет 13-15 с, что примерно равно длительности прямого пуска. Провал напряжения в сети при плавном пуске тоже снизился и составляет 10-14%. Данные параметры сети и СД, полученные при пуске с помощью УПП, улучшают техническое состояние и ресурс электрооборудования ОНС в целом.

Четвертая глава посвящена исследованиям возможности пуска ВЭД ОНС с помощью инвертора тока (ИТ). Проведен анализ отличительных особенностей ИТ. Проведено моделирование характеристик ИТ. Разработана компьютерная модель общей СЭС ОНС с ИТ, а также модель для исследования нагрева обмоток ЭД и проводов ЛЭП ОНС при пусковых режимах.

На практике рационально использовать УПП, как относительно дешевое электрооборудование и, при этом, существует возможность запуска нескольких ЭД поочередно. Однако, УПП не обеспечивает глубокого ограничения по току по сравнению с ИТ. Преобразователи такого типа имеют относительно простую конструкцию и экономически выгодное схемотехническое решение для пуска АД и СД большой мощности. Отличительной особенностью ИТ является возможность ограничения пускового тока ЭД до $1,3I_{ном}$. Принцип работы зависимого ИТ заключается в том, что коммутация тока в тиристорах происходит за счет ЭДС двигателя. Рассмотренная система обладает всеми достоинствами ДПТ с точки зрения регулировочных характеристик и достоинствами СД в отношении конструктивных особенностей. Поэтому использование ПЧ на основе ИТ для пуска ВЭД является эффективным техническим решением. Увеличивается технический ресурс электрооборудования, что

приводит к экономии затрат на ремонт и обслуживание всего электрооборудования ОЭС в целом. Схема ИТ показана на рисунке 7.

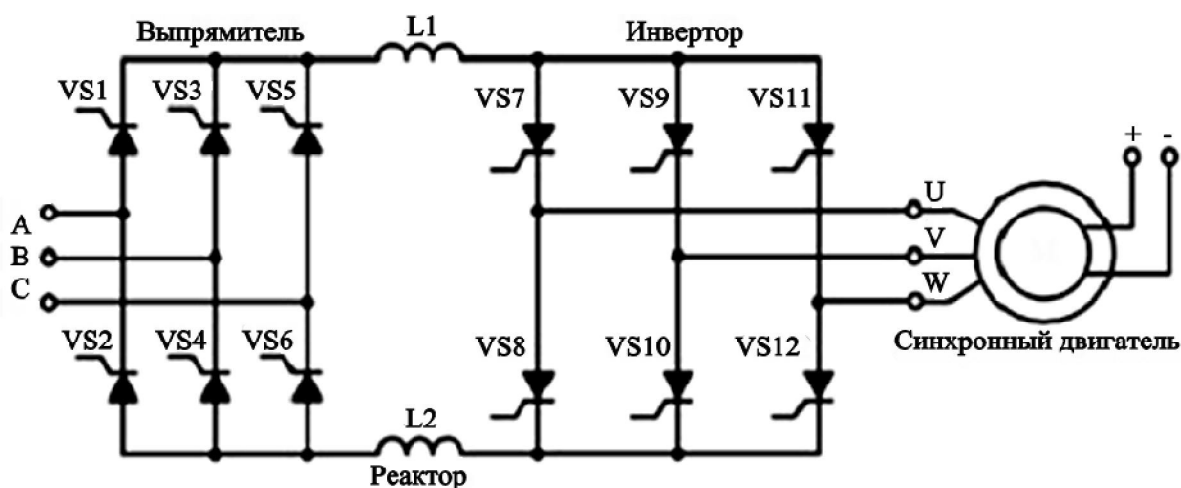


Рисунок 7. Схема ЭП с ведомым инвертором тока

Компьютерная модель синхронного ЭП при пуске с помощью ИТ приведена на рисунке 8, а результаты моделирования характеристик СД показаны на рисунке 9.

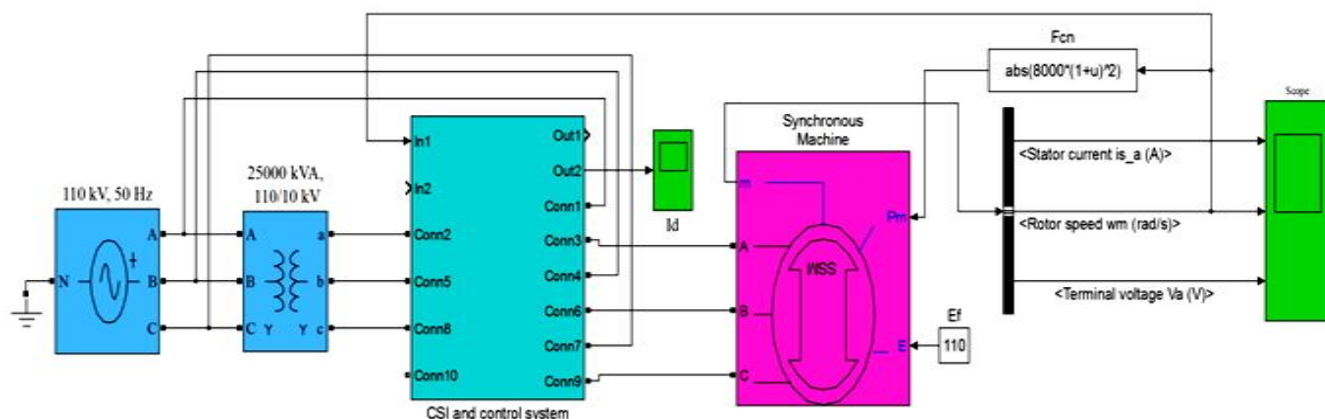


Рисунок 8. Модель синхронного ЭП с ИТ

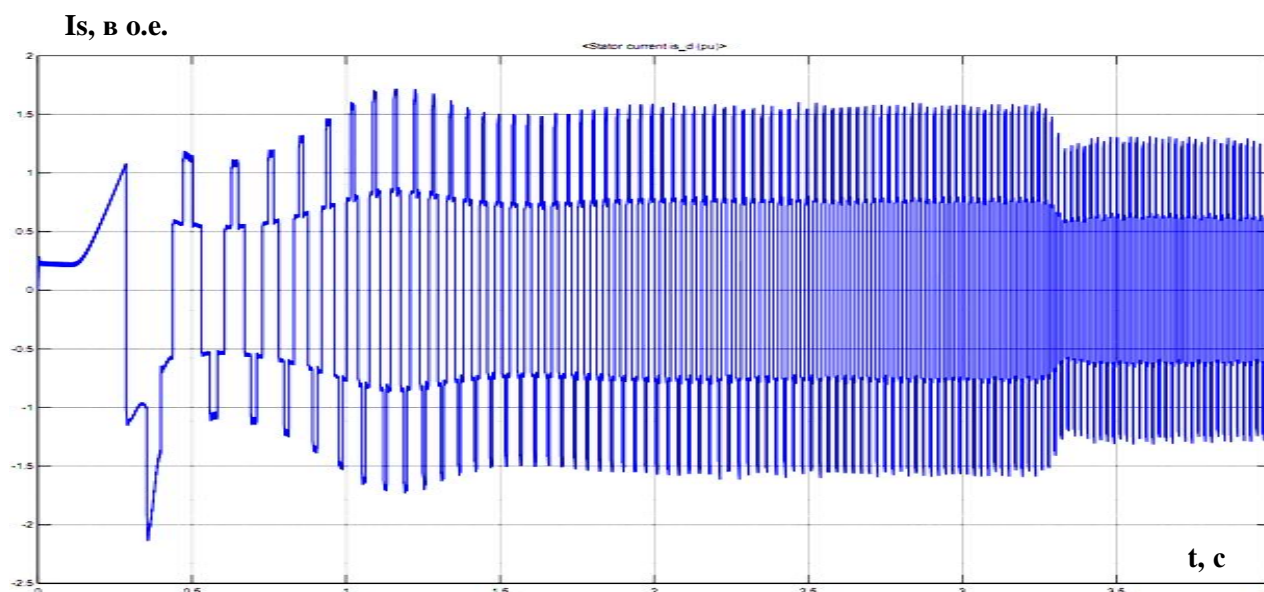


Рисунок 9. Графики тока статора I СД при пуске с ИТ.

Разработанная модель для исследования пускового режима асинхронного ЭП с ИТ приведена на рисунке 10, результаты моделирования характеристик АД показаны на рисунке 11.

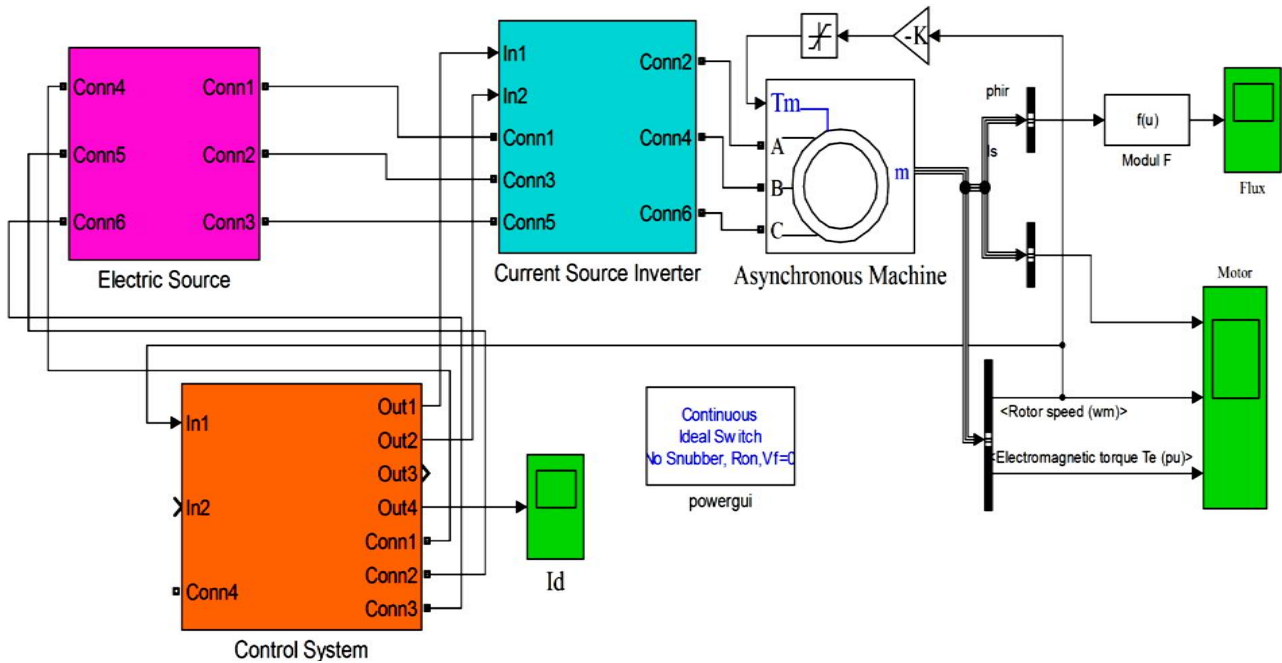


Рисунок 10. Модель для исследования пускового режима асинхронного ЭП с ИТ

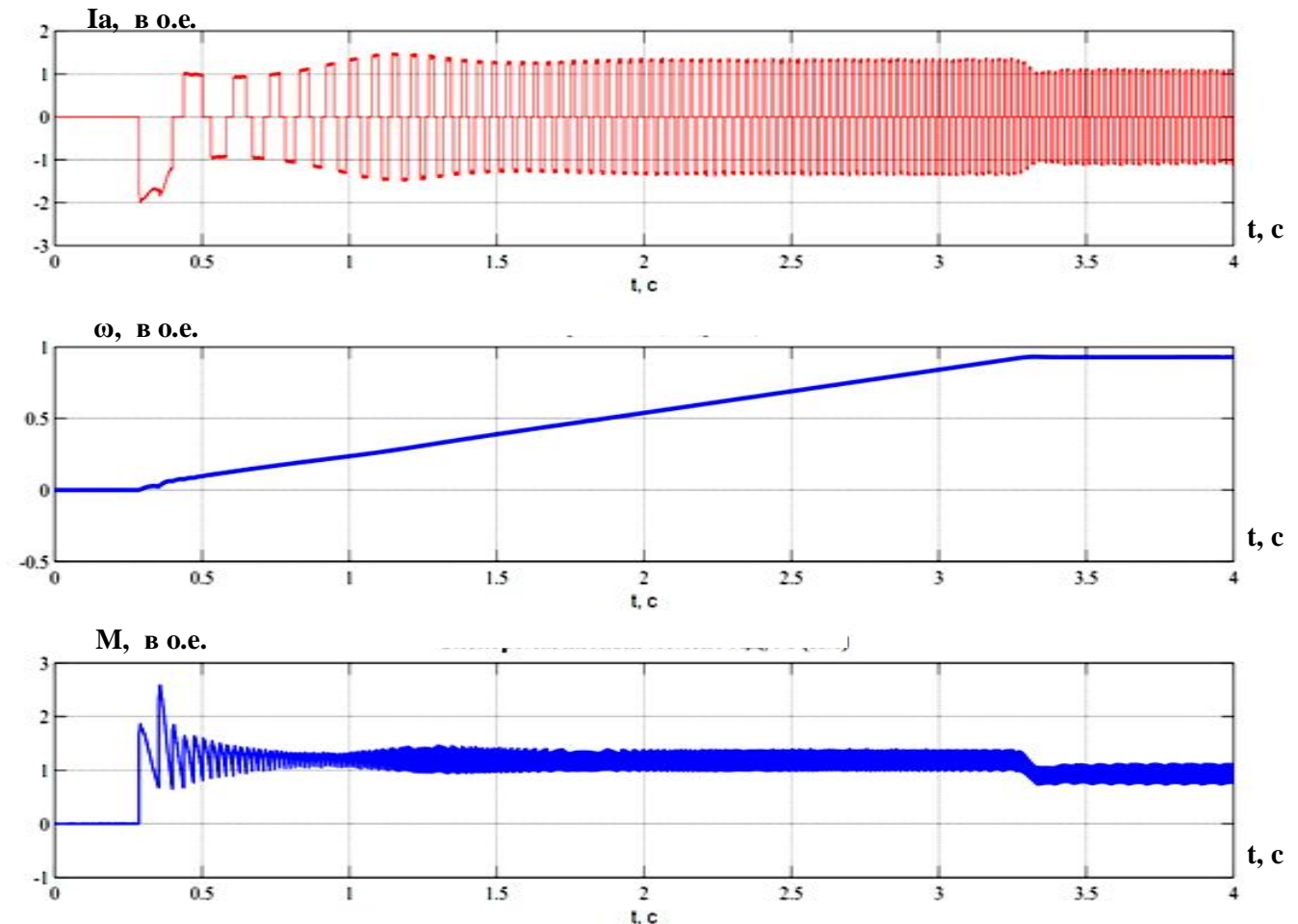


Рисунок 11. Пусковые переходные процессы асинхронного ЭП с ИТ: ток статора I , угловая скорость ω , электромагнитный момент M в о.е.

Графики характеристик переходных процессов пуска АД и СД с ИТ (рисунки 9 и 11) показывают оптимальные значения параметров двигателей - по сравнению с другими СПП, такими, как УПП или ПЧ с АИН.

Результаты моделирования нагрева обмоток СД при прямом и плавном пусках показаны на рисунке 12.

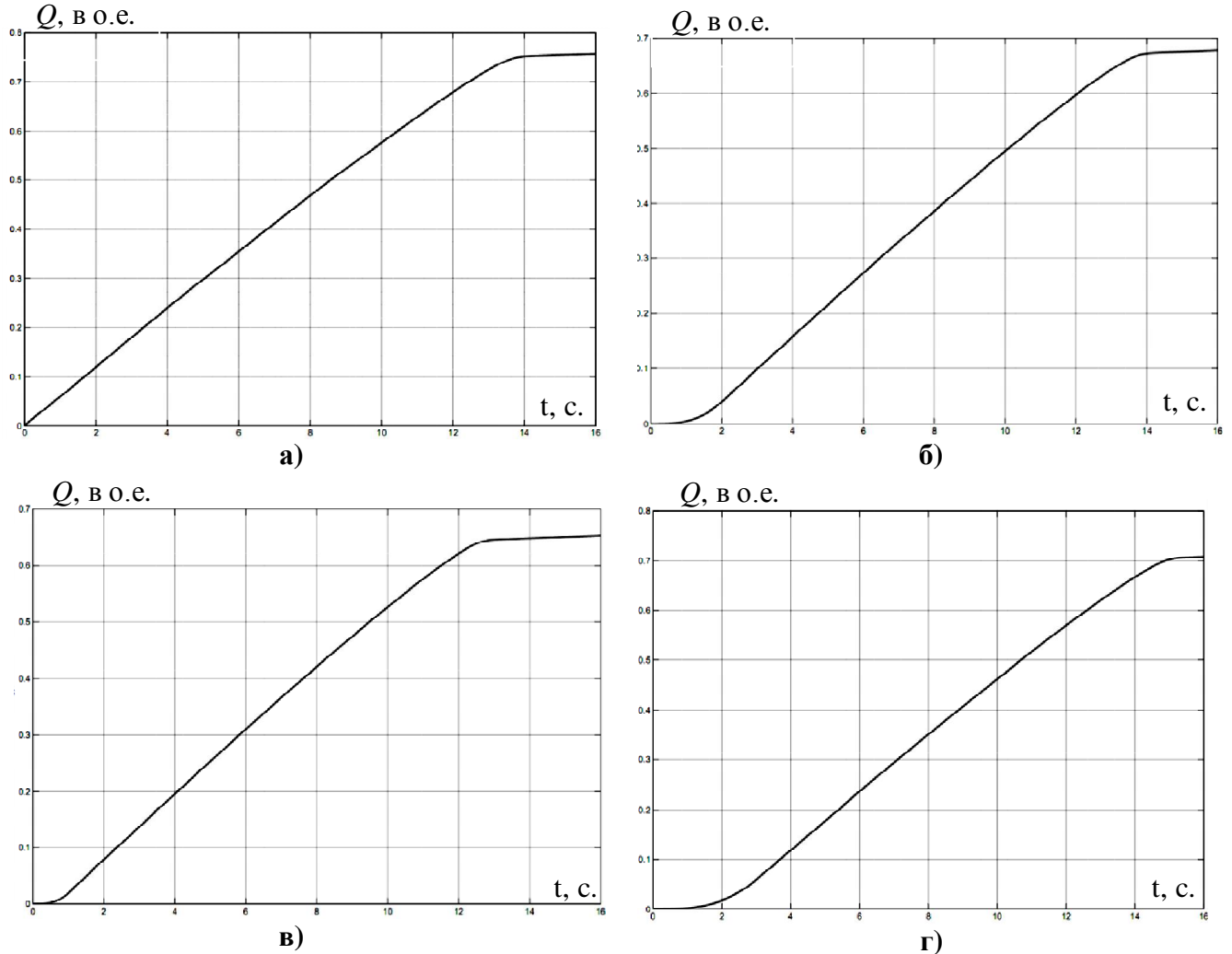


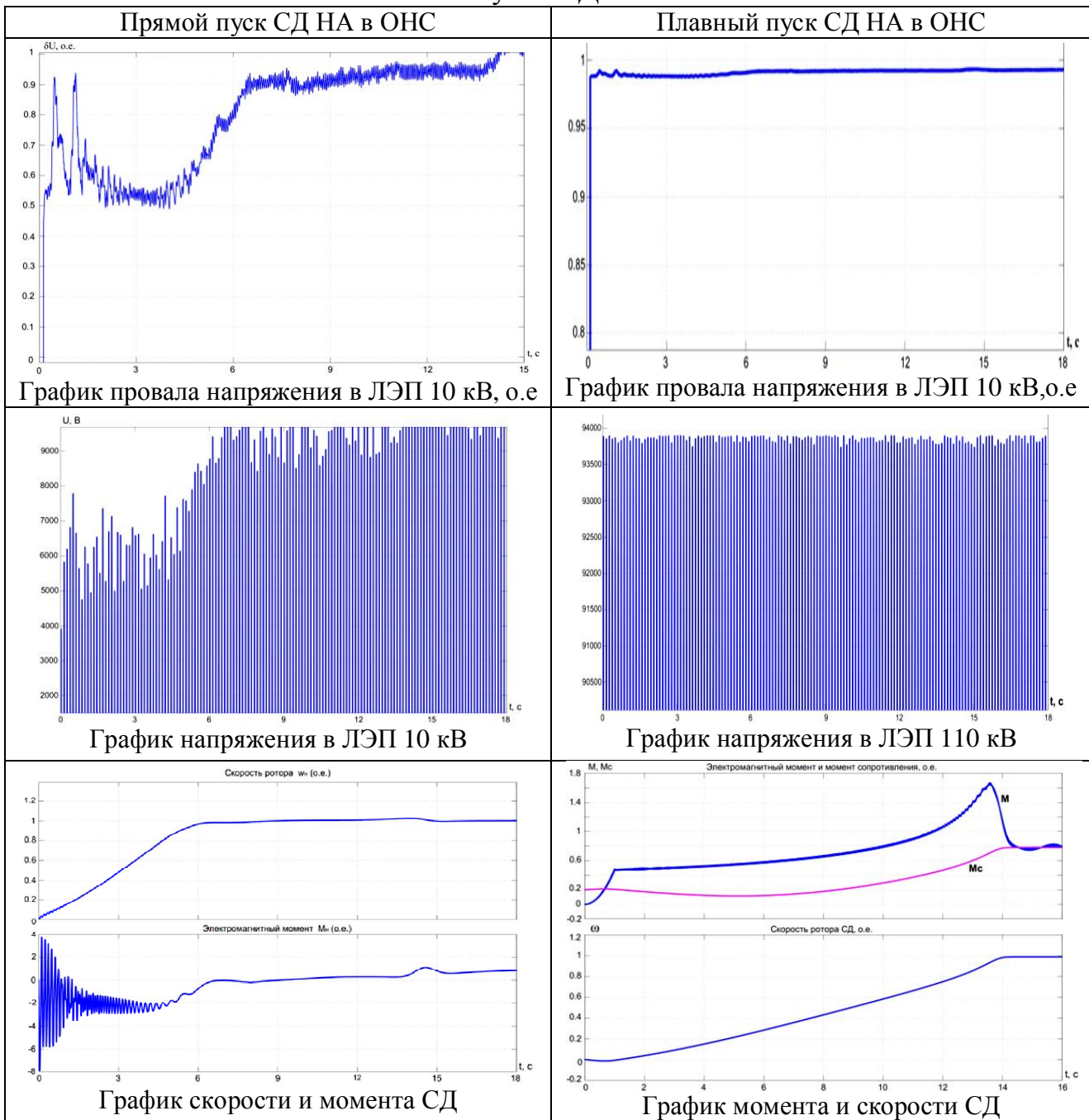
Рисунок 12. Графики выделения тепловой энергии в ЭД серии ВДС2-325:
 а) прямой пуск СД; б) плавный пуск СД, при нарастании $U_{1н}$ от 0 до $U_{ном}$ за 1 с; в) плавный пуск, нарастании $U_{1н}$ от 0 до $U_{ном}$ за 2 с; г) плавный пуск, при нарастании $U_{1н}$ от 0 до $U_{ном}$ за 3 с.

Полученные при моделировании графики тепловой энергии в функции времени (рисунок 12) показывают:

- 1) при прямом пуске количество теплоты имеет наибольшее значение (0,76 о.е.);
- 2) при плавном пуске при увеличении напряжения статора от 0 до $U_{ном}$ за 1 с, количество теплоты минимальное (0,66 о.е.);
- 3) при плавных пусках при увеличении напряжения статора от 0 до $U_{ном}$ за 2 и 3 с, количество теплоты увеличивается (0,69 и 0,71 о.е.), что объясняется увеличением продолжительности пуска при плавном пуске.

Графики переходных процессов СЭС ОНС АНС-1, полученные при моделировании с учетом различных способов пуска СД, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования системы электроснабжения при различных способах пуска СД НА в ОНС



Как показывают результаты моделирования (таблица 1), предложенный способ плавного пуска с помощью инвертора тока имеет ряд преимуществ.

Основные преимущества пуска СД с инвертором тока:

- ограничение пускового тока СД (рисунок 9) до $1,5I_H$;
- устранение знакопеременного изменения момента двигателя при пусковом режиме;
- минимизация провалов напряжения в ЛЭП и в СЭС ОНС.

В пятой главе рассмотрены основные вопросы повышения бесперебойности функционирования СЭС НС при пусковых режимах работы ЭД. Представлен выбор схемы замещения сетевого трансформатора и питающей энергосистемы, выполнен

расчет параметров механических характеристик ЭД при остаточном напряжении на шинах источника питания, проведено исследование провалов напряжения при пуске АД и СД. Проведен расчет провалов напряжения в СЭС НС. Для технико-экономического обоснования предложенного способа пуска ВЭД ОНС, проведены анализ рынка преобразовательных устройств для СПП ЭД и анализ основных экономических показателей агропромышленного сектора Согдийской области. Проведен расчет срока окупаемости СПП на основе ИТ. По полученным результатам исследования разработан перечень рекомендаций по повышению надежности функционирования СЭС НС. Механические характеристики АД напряжением 10 кВ, ток статора 350 А, при различных значениях остаточного напряжения на шинах источника питания и провалов напряжения показаны на рисунке 13.

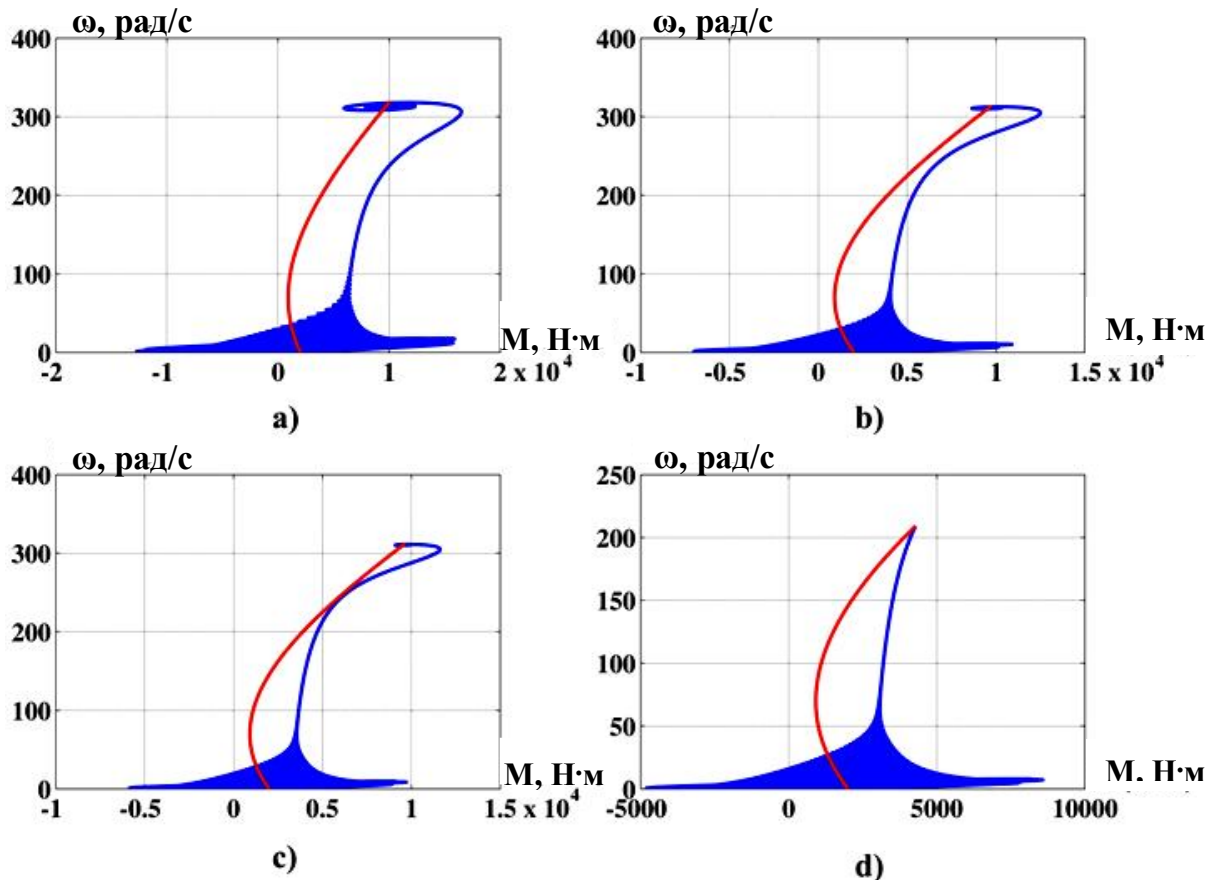


Рисунок 13. Зависимость скорости вращения двигателя ω от момента M (механическая характеристика) АД при различных значениях остаточного напряжения на шинах источника питания: а) 100%, б) 80%, в) 75%, д) 70%.

Представленные характеристики показывают, что с уменьшением остаточного напряжения на шинах источника питания, уменьшается запас по динамическому моменту при пуске, что приводит к нагреву и затягиванию продолжительности пуска АД. Критическое состояние пускового режима результатам исследования наблюдается при остаточном напряжении менее 75%, а при 70% - АД не запустится.

Для построения МХ СД выбран двигатель вертикального исполнения серии ВДС2-325/69-16 мощностью 8 МВт, напряжение статора 10 кВ, ток статора 540 А. В результате получено семейство МХ СД при различных значениях остаточного напряжения на шинах источника питания (рисунок 14).

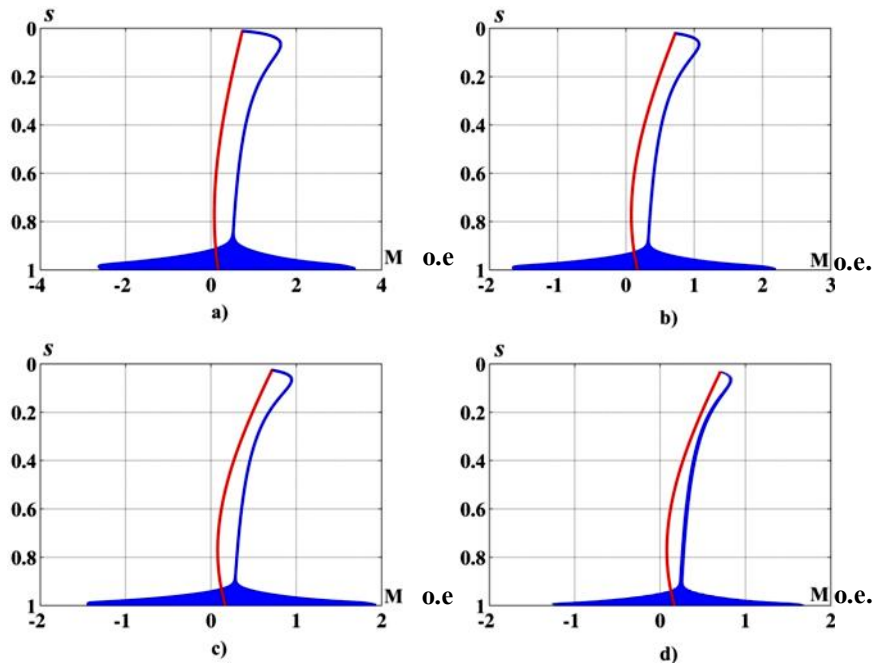


Рисунок 14. Графики зависимостей скольжения s от момента M СД серии ВДС2-325/69-16 для различных значений остаточного напряжения: 100%, 80%, 75% и 70%.

Результаты показывают, что при глубине провала напряжения свыше 20%, двигатель будет иметь недостаточный запас по динамическому моменту и выход на подсинхронную скорость будет затягиваться. На рисунке 15 изображены графики провалов напряжения при прямом пуске АД в зависимости от мощности питающего трансформатора.

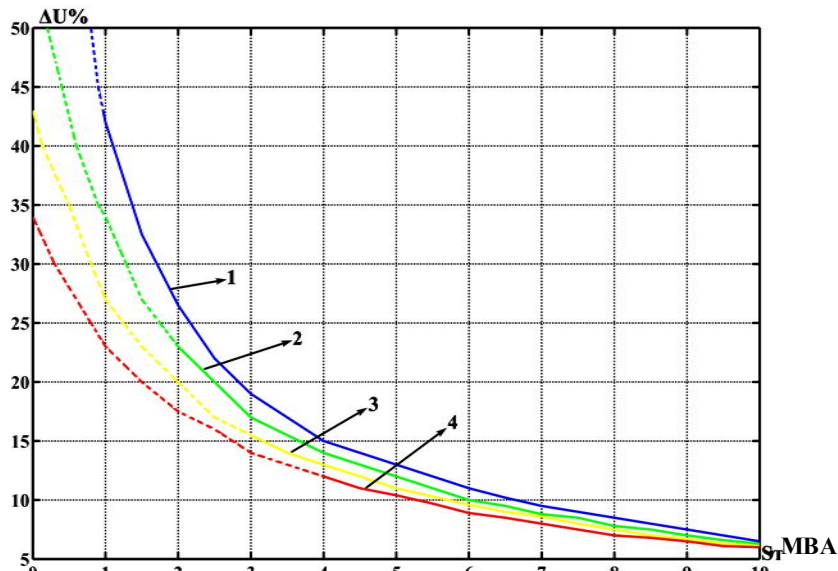


Рисунок 15. Графические зависимости влияния работы АД на глубину провалов напряжения питающей сети ΔU при пуске следующих АД: 1 – пуск первого двигателя; 2 – пуск второго АД при работающем первом; 3 – пуск третьего АД при работающих двух и 4 – пуск четвертого АД.

Графические зависимости рисунка 15 показывают, что наибольшая глубина провала напряжения наблюдается при пуске первого АД, затем провалы напряжения при пуске следующих двигателей уменьшаются. Режим пуска первого двигателя считается самым тяжелым для СЭС. На рисунке 16 изображены графики зависимо-

сти глубины провалов напряжения питающей сети от мощности питающего трансформатора при разных кратностях пускового тока АД. Данные графики получены для прямого пуска первого АД.

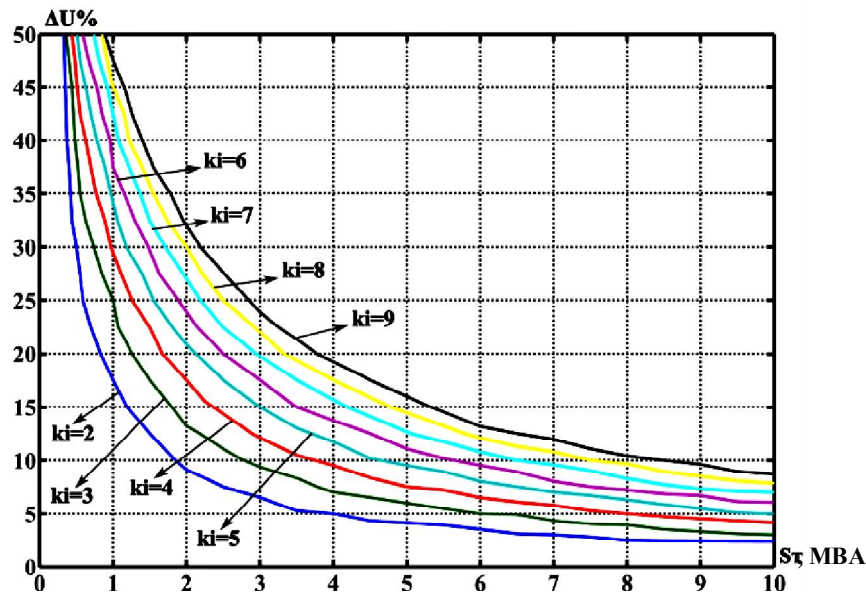


Рисунок 16. Влияние пусковых токов АД на глубину провала напряжения ΔU при прямом пуске

Представленные графики (рисунок 16) позволяют оценить величину провалов напряжения при различных значениях пускового тока АД и при различной номинальной мощности питающего трансформатора. На рисунке 17 показаны графики влияния параллельно работающим СД на глубину провала напряжения при прямом пуске СД.

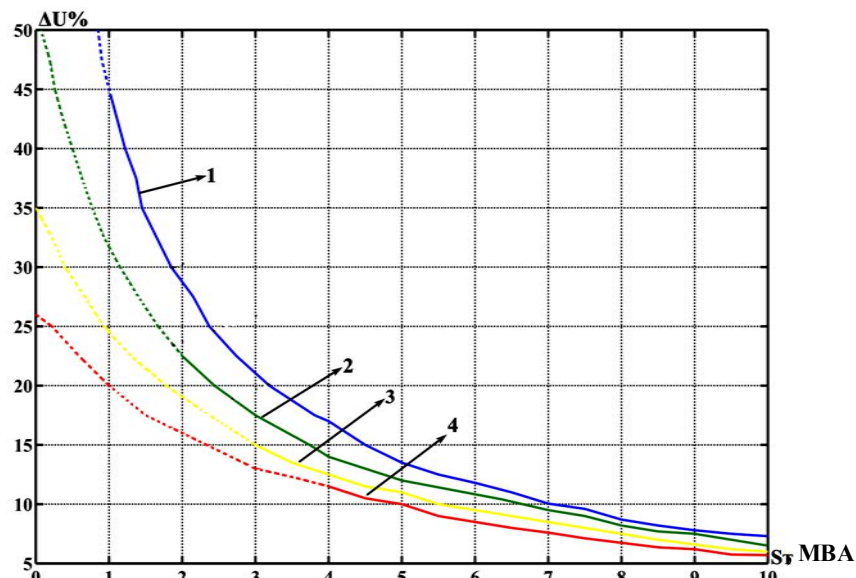


Рисунок 17. Графические зависимости влияния параллельно работающих СД на глубину провала напряжения ΔU при асинхронном пуске СД: 1 – пуск первого двигателя, 2 – пуск второго при работающем первом, 3 – пуск третьего при работающих двух и 4 пуск четвертого при работающих трех.

Графики, приведенные на рисунке 17 справедливы для СД при строго асинхронном пуске. Если пуск СД будут выполняться с УПП или ПЧ и т.п. других устройств, зависимости провалов напряжения будут отличаться. Проведенные

исследования показали, что самым тяжелым режимом для СЭС НС является прямой пуск первого СД. Если двигатель имеет номинальный $\cos\phi$, то провал напряжения при запуске следующего ЭД уменьшается до значений 10-15%.

При применении ПЧ, общая суточная экономия электроэнергии рассчитывается по формуле

$$\Delta W_{\text{сут}} = \sum_i^k \Delta P_i \cdot t_i, \quad (1)$$

где ΔP_i – экономия мощности за i -й период, кВт; t_i – время, в течение которого ЭП работает с постоянной нагрузкой, час.

Годовая экономия электроэнергии определяется

$$\Delta W_{\text{год}} = 365 \cdot \Delta W_{\text{сут}}. \quad (2)$$

По действующему тарифу стоимость сэкономленной электроэнергии

$$CT_{\text{ээ}} = \Delta W_{\text{год}} \cdot T_{\text{э}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{э}}$ – тариф на электроэнергию, сомони кВт·час.

Срок окупаемости ПЧ, год

$$T_{\text{ок}} = \frac{CT_{\text{ПЧ}}}{CT_{\text{ээ}}}, \quad (4)$$

где $CT_{\text{ПЧ}}$ – стоимость преобразователя, сомони.

В таблице 2 показаны экономические и технические параметры систем, применяемых для плавного пуска ВЭД ОНС.

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели СПП СД большой мощности

№	Показатель	Системы для плавного пуска		
		ПЧ	УПП	Инвертор тока
1	Мощность СД, кВт	8000,00	8000,00	8000,00
2	Стоимость преобразователя, млн. сомони	4,38 - 7,30	2,19 - 2,34	2,19 - 2,34
3	Возможность с одним устройством запуск группы двигателей	нет	да	да
4	Диапазон ограничения пускового тока	до $3 \cdot I_{\text{ном}}$	до $3 \cdot I_{\text{ном}}$	до $1,3 \cdot I_{\text{ном}}$
5	КПД системы, %	95,0 – 98,0	99,50 - 99,90	99,50 - 99,90

Данные таблицы 2 доказывает наибольшую эффективность использования ИТ по сравнению с УПП и ПЧ. Технические параметры ИТ и УПП примерно равны, однако ИТ имеет лучшие характеристики по ограничению пускового тока. Для двигателей мощностью 8 МВт стоимость ПЧ, ориентировочно, в 2-4 раза выше, чем УПП и ИТ. Энергетические характеристики (КПД) ИТ выше на 2-5%, чем ПЧ. Срок окупаемости системы с ИТ составил от 2,3 до 2,83 года, что является достаточным для электрооборудования СЭС. Режим работы ОНС является сезонным, и останов в их работе приводит к значительному техническому и экономическому ущербу. Предложенный вариант модернизации для увеличения технического ресурса электрооборудования НС с помощью ИТ является инновационным и перспективным для внедрения. При этом, в первую очередь, - повышается надежность и устойчивость СЭС, повышается стабильность орошения земель без останова и частых аварий, во-вторых, увеличивается технический ресурс оборудования НС, в - третьих увеличи-

ваются межремонтные интервалы времени, уменьшается количество плановых ремонтов. Предлагаемые технические решения позволяют эффективно управлять режимами ОНС, при этом повышается качество и объемы сельхозпродукции.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Негативные последствия возникают в ОНС за счет ручного регулирования подачи НА и запуска ЭД больших мощностей. **Установлено**, что частые пуски ЭД НА приводят к снижению срока службы оборудования ОНС, а также негативно влияют на работу и техническое состояние соседних НС и СЭС в целом [16-А, 38-А].

2. По результатам исследования энергетического баланса при работе агрегатов ОНС, **выявлено**, что эффективность применения ЧРЭП, зависит от глубины регулирования производительности насоса. В зоне максимальных подач насоса потери мощности в оборудовании при применении ЧРЭП могут быть больше, чем при регулировании подачи насоса задвижкой [9-А].

3. По результатам исследования и анализа существующих математических моделей АД и СД, **разработаны компьютерные модели СЭС ОНС** с асинхронным и синхронным ЭП НА при прямом и плавном пусках двигателей [24-А, 25-А, 30-А, 31-А]. Основной направленностью алгоритмов данных моделей является исследование пусковых переходных процессов в ВЭД и СЭС ОНС.

4. **Разработаны компьютерные модели** для исследования пусковых переходных процессов АД и СД, запускаемых с помощью ИТ [7-А, 8-А, 32-А].

5. **Разработана компьютерная модель** для исследования нагрева обмотки статора СД а также проводов ЛЭП СЭС ОНС при прямом и плавном пуске ЭД. Результаты моделирования показали, что нагрев обмотки статора СД и проводов ЛЭП при прямом пуске выше, чем при плавном пуске ЭД [6-А, 37-А].

6. Результаты исследования бесперебойности СЭС ОНС показали, что недопустимое значение провала напряжения наблюдается при пуске первого ВЭД, которое для двигателя НС АНС-1 составило 24,6%. При пуске второго и третьего ЭД значение провала напряжения уменьшилось и составило 19,7% и 16,8% соответственно. Однако, данные значения не соответствуют допустимым нормам, в результате чего за последние годы частота аварий и сбоев в исследуемой ОНС значительно увеличилась.

7. **Выполнено технико-экономическое обоснование** внедрения СПП ВЭД в ОНС, а также проведен сравнительный технико-экономический анализ способов и средств СПП для повышения бесперебойности СЭС ОНС. По результатам анализа: цена ИТ 2-4 раза ниже, чем ПЧ; ИТ имеют возможность ограничения пускового тока до $1,3 \cdot I_{ном}$ [1-А, 2-А].

8. **Предложено** мероприятие по повышению бесперебойности работы СЭС ОНС первого подъема с помощью ИТ [35-А]. Эффективность и целесообразность данного способа подтверждают результаты проведенных исследований в представленной диссертации и в научных трудах зарубежных ученых данной области. По результатам исследований установлено: при пуске СД с ИТ провал напряжения в элементах СЭС ОНС, а именно, в ЛЭП 10 кВ составил $\delta U=2-3\%$, что соответствует требованиям ГОСТ; в ЛЭП 110 кВ провал напряжения составил $\delta U=0,5-0,8\%$. Спек-

тральный анализ ЛЭП 10 кВ и 110 кВ при пуске СД с ИТ показал уровень суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения $K_U=2,28\%$ и $K_U=0,7\%$ соответственно; при этом срок службы электродвигателей увеличивается более, чем на 30-40%; продолжительность эксплуатации технологического оборудования увеличивается на 50-60% [1-А, 8-А].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

[1 – А] Дадабаев, Ш.Т. Мероприятия по повышению технического ресурса электрооборудования мощных оросительных насосных станций / Ш.Т. Дадабаев, Э.Ю. Абдуллазянов, Е.И. Грачева // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2023. – Т. 25. – № 2. – С. 26-40.

[2 – А] Дадабаев, Ш.Т. Технико-экономическое обоснование применения системы плавного пуска для высоковольтных электродвигателей насосных агрегатов / Ш.Т. Дадабаев, Е.И. Грачева // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24. – № 1. – С. 141-150.

[3 – А] Исследование пусковых режимов асинхронных двигателей при низком качестве электроэнергии питающей сети / Ш.Т. Дадабаев, Е.И. Грачева, И.Р. Каримов, С. Валтчев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 1(49). – С. 3-15.

[4 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследование пусковых переходных процессов асинхронного двигателя при пониженной частоты напряжения сети / Ш.Т. Дадабаев, И.И. Исмоилов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 10. – С. 290-295.

[5 – А] Мирхаликова, Д.С. Исследование пусковых режимов асинхронного электропривода оросительной насосной станции при пониженном напряжении сети / Д.С. Мирхаликова, Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 303-309.

[6 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследование нагрева обмоток синхронного электродвигателя большой мощности при прямом пуске / Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 213-215.

[7 – А] Дадабаев, Ш.Т. Компьютерное моделирование инвертора тока используемое для пуска высоковольтных электродвигателей / Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 2. – С. 370-375.

[8 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследование эффективности пуска высоковольтных синхронных электродвигателей при помощи инвертора тока / Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 10. – С. 618-621.

[9 – А] Дадабаев, Ш.Т. Оптимизация пусковых режимов работы высоковольтных электроприводов оросительной насосной станции с учетом жаркого климата / Ш.Т. Дадабаев // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2018. – Т. 61. – № 2. – С. 86-91.

[10 – А] Дадабаев, Ш.Т. Разработка математической модели системы регулирования насосных агрегатов оросительной станции первого подъема / Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 9-1. – С. 532-536

[11 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследование технологических и переходных процессов электроприводов турбомеханизмов / Ш.Т. Дадабаев, Х.А. Рахматов, Б.А. Абдумаликов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 4. – С. 256-262.

[12 – А] Вохидов, А.Д. К вопросу о задачах повышения надежности системы электроснабжения насосной станции первого подъема / А.Д. Вохидов, Ш.Т. Дадабаев, Ф.М. Разоков // Надежность. – 2016. – Т. 16. – № 4(59). – С. 36-39.

[13 – А] Дадабаев, Ш.Т. Перспективы внедрения регулируемых электроприводов в насосных агрегатах большой мощности / Ш.Т. Дадабаев // Энергетик. – 2015. – № 7. – С. 31-33.

[14 – А] Дадабаев, Ш.Т. Математическая модель оросительной насосной станции первого подъема / Ш.Т. Дадабаев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 3(178). – С. 239-242.

[15 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследования применения энергоэффективных способов управления в электроприводах с вентиляторной нагрузкой / Ш.Т. Дадабаев, В.Н. Ларионов // Вестник Таджикского технического университета. – 2014. – № 4(28). – С. 56-59.

[16 – А] Дадабаев, Ш.Т. Обзор и оценка способов управления насосными установками / Ш.Т. Дадабаев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2013. – № 12. – С. 28-30.

[17 – А] Дадабаев, Ш.Т. Особенности механических характеристик электроприводов с вентиляторным характером нагрузки / Ш.Т. Дадабаев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2013. – № 11. – С. 29-34.

Статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных SCOPUS, Web of Science:

[18 – А] Failure Distribution Laws for 110 kV Overhead Power Lines in a Sharply Continental Climate / M. Toshkhodzhaeva, E. Gracheva, M. Homidova [et al.] // *4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*, – Lipetsk, 2022, – P. 787-791.

[19 – А] Dadabaev, S.T. Study of starting transition processes of asynchronous motor at a lowered mains voltage frequency / S.T. Dadabaev, Z.A. Dadabaeva, E.I. Gracheva // *Sustainable Energy Systems: innovative perspectives : Conference proceedings, Saint-Petersburg, 29–30 October 2020*. – Saint-Petersburg: Springer, Cham, 2021. – P. 206-213.

[20 – А] Some issues of the functioning of electric power systems with distributed generation sources / M.I. Toshkhodzhaeva, A.A. Mirzoakhmedev, S.T. Dadabaev, E.I. Gracheva // *Sustainable Energy Systems: innovative perspectives : Conference proceedings, Saint-Petersburg, 29–30 October 2020*. – Saint-Petersburg: Springer, Cham, 2021. – P. 331-338.

[21 – А] Modeling the Reliability of High-Voltage Power Transmission Lines Taking into Account the Influence of the Parameters of a Sharply Continental Climate / E. Gra-

cheva, M. Toshkhodzhaeva, O. Rahimov [et al.] // *International Journal of Technology*. – 2020. – Vol. 11. – No 8. – P. 1557-1569.

[22 – A] Dadabaev, S. Computer Modeling of Pumping Station with Unregulated Electric Drive / S. Dadabaev, E. Gracheva // *E3S Web of Conferences*, Saint-Petersburg, 29–30 October 2020. – Saint-Petersburg, 2020. – P. 01039.

[23 – A] Problems of Electric Power System Management taking into account Sources Distributed Generation / M. Toshkhodzhaeva, O. Rahimov, S. Dadabaev, E. Gracheva // *E3S Web of Conferences*, Saint-Petersburg, 29–30 October 2020. – Saint-Petersburg, 2020. – P. 01034.

[24 – A] Dadabaev, S.T. Modeling of starting transition processes of asynchronous motors with reduced voltage of the supply network / S.T. Dadabaev, T.M. Islomovna, M.D. Saidulloevna // *European Journal of Electrical Engineering*. – 2020. – Vol. 22. – No 1. – P. 23-28.

Публикации в других изданиях

[25 – A] Дадабаев, Ш. Т. Моделирование пусковых режимов синхронного электропривода насосной станции / Ш. Т. Дадабаев // САПР и моделирование в современной электронике : Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции, Брянск, 21–22 октября 2021 года. – Брянск: Новый формат, 2021. – С. 115-119.

[26 – A] Дадабаев, Ш. Т. Исследование пусковых режимов асинхронного двигателя при низком качестве питающей сети / Ш. Т. Дадабаев // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте : материалы XV МНТК, Вологда, 08 декабря 2020 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2021. – С. 87-91.

[27 – A] Дадабаев, Ш. Т. Исследования провалов напряжения в сети при пусковых режимах мощных асинхронных двигателей / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2020. – № 2. – С. 102-107.

[28 – A] Дадабаев, Ш. Т. К вопросу об исследовании провалов напряжения в сети при пусковых режимах электропривода насосных станций / Ш. Т. Дадабаев // Современные проблемы и перспективы развития науки, техники и образования. [Электронный ресурс]: Материалы I Национальной научно-практической конференции (30 ноября 2020 г.); ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (1,29 Мб). – Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г. И. Носова», 2020. С. 773-776.

[29 – A] Дадабаев, Ш. Т. К вопросу эффективности внедрения регулируемых электроприводов в насосных станциях / Ш. Т. Дадабаев // Наука и образование - 2019 : Материалы всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 15 ноября 2019 года. – Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2020. – С. 296-301.

[30 – A] Дадабаев, Ш. Т. Моделирование пусковых режимов синхронных электродвигателей насосных агрегатов / Ш. Т. Дадабаев // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности : Материалы III МНТК, Чебоксары, 14–16 ноября 2019 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2019. – С. 311-314.

[31 – А] Дадабаев, Ш. Т. Моделирование мягкого пуска синхронных электроприводов / Ш. Т. Дадабаев // САПР и моделирование в современной электронике : Сборник научных трудов III МНПК, Брянск, 24–25 октября 2019 года. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2019. – С. 140-144.

[32 – А] Дадабаев, Ш. Т. Компьютерное моделирование инвертора тока в программе MATLAB/Simulink используемое для электроприводов большой мощности / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2019. – № 1. – С. 113-118.

[33 – А] Дадабаев, Ш. Т. Математическое моделирование системы регулирования насосной станции путем изменения производительности насоса / Ш. Т. Дадабаев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2018) : Труды МНТК, Самара, 14–16 апреля 2018 года / Под редакцией С.А. Прохорова. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2018. – С. 982-987.

[34 – А] Дадабаев, Ш. Т. Математическая модель системы регулирования насосных агрегатов / Ш. Т. Дадабаев // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. – 2018. – № 1(6). – С. 37-43.

[35 – А] Дадабаев, Ш. Т. Теория и практика использования инвертора тока для пуска высоковольтного синхронного электропривода / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2018. – № 1. – С. 95-99.

[36 – А] Дадабаев, Ш. Т. Исследование пусковых переходных процессов высоковольтного синхронного электропривода с учетом нагрева и жаркого климата / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2017. – № 1. – С. 179-184.

[37 – А] Дадабаев, Ш. Т. Компьютерное моделирование нагрева синхронных электроприводов насосных агрегатов при различных способах пуска / Ш. Т. Дадабаев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017) : труды МНТК, Самара, 14–16 марта 2017 года. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2017. – С. 878-882.

[38 – А] Дадабаев, Ш. Т. К вопросу эффективности внедрения регулируемого электропривода в насосных агрегатах оросительных станций первого подъема / Ш. Т. Дадабаев // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи : материалы IV российской молодежной научной школы-конференции: в 2 томах, Томск, 01–03 ноября 2016 года / Томский политехнический университет. Том 1. – Томск: ООО «ЦРУ», 2016. – С. 4-10.

[39 – А] Дадабаев, Ш. Т. Анализ пусковых режимов крупных вертикальных синхронных двигателей насосных агрегатов / Ш. Т. Дадабаев // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии : сборник докладов 4-й МНПК в рамках выставки «Энергосбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение», Екатеринбург, 26–28 мая 2015 года / научный редактор Ф. Н. Сарапулов. – Екатеринбург: ООО "Издательство УМЦ УПИ", 2015. – С. 160-163.

ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

**ДОНИШКАДАИ ПОЛИТЕХНИКИИ
ДОНИШГОҶИ ТЕХНИКИИ ТОҶИКИСТОН
ба номи академик М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд**

УДК 621.313: 621.313-57

Бо ҳуқуқи дастнавис

ДАДОБОЕВ ШАҲБОЗ ТОЛИБҶОНОВИЧ



**БАЛАНД БАРДОШТАНИ КОРИ БЕТАВАҚҶУФИ СИСТЕМАҶОИ
ТАЪМИНИ БАҶҚИ ПОЙГОҶҶОИ ОБКАШИИ ОБЁРИКУНАНДА МОДОМИ
ТАҒЙИРДИҶИИ САҶБОРИИ ОНҶО**

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҶои техникӣ
аз рӯи ихтисоси 05.14.01 – СистемаҶо ва мучтамаҶҳои энергетикӣ

Хучанд – 2023

Диссертатсия дар кафедраи таъминоти барқ ва автоматикаи Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд иҷро шудааст.

Роҳбари илмӣ:

Грачева Елена Ивановна

доктори илмҳои техникӣ, дотсенти
МТФДБ «Донишгоҳи давлатии энергетикаи
Қазон», профессори кафедраи таъминоти
барқи корхонаҳои саноатӣ.

Муқарризи расмӣ:

Татевосян Андрей Александрович

доктори илмҳои техникӣ, дотсенти
МТФДА МО «Донишгоҳи давлатии
техникии Омск», профессори кафедраи
техникаи электрикӣ

Назиров Хуршед Бобоходжаевич

номзади илмҳои техникӣ, дотсент, мудири
кафедраи электроэнергетикаи филиали
Донишгоҳи миллии таҳқиқотӣ Донишкадаи
энергетикаи Москва дар ш. Душанбе

Муассисаи пешбар:

Донишкадаи энергетикаи Тоҷикистон,
вилояти Хатлон, н. Кӯшонӣён

Ҷимояи диссертатсия санаи 15 декабри соли 2023, соати 14⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-049 дар назди Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, дар суроғай: 734042, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Рачабовҳо, 10 баргузор мегардад.

Бо диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи расмии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ: <http://www.ttu.tj> шиносӣ пайдо кунед.

Автореферат санаи «_____» _____ соли 2023 ирсол шудааст.

Котиби илмии
Шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникӣ, дотсент



Султонзода Шерхон Муртазо

ТАВСИФИ УМУМИИ КОР

Мубрамияти мавзӯи таҳқиқот. Дар айни замон бо ҳисоби миёна 40-60% нерӯи барқи дар Ҷумҳурии Тоҷикистон истехсолшаванда дар соҳаҳои саноат ва кишоварзии иқтисодиёти кишвар сарф мегардад. Дар соҳаҳои номбурда истеъмолкунандагони асосии нерӯи барқ ҳаракатоварҳои электрикии чараёни тағйирёбанда мебошанд. Қимати максималии истеъмоли нерӯи барқ дар ин соҳаҳо соли 2012 ба қайд гирифта шудааст, ки он 59% ташкил дода буд. Соли 2017 истеъмоли нерӯи барқ аз тарафи соҳаи кишоварзии давлат 27% ташкил додааст. Баробари ин истеъмолкунандагони асосии нерӯи барқ дар соҳаи кишоварзӣ пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда мебошанд. Ин гуна пойгоҳҳо бо ҳаракатоварҳои электрикии ғайританзим насб шуда, мувофиқати электромагнитии таҷҳизоти барқии онҳо ба назар гирифта намешавад. Чунин ҳолат ба зуд-зуд рух додани садамаҳо ва азкор баромадани таҷҳизот дар пойгоҳҳои обкашӣ, қатъгардии ғайри нақшавии шиддати шабака ва харҷи молиявии назаррас оварда мерасонад. Ҳаракатоварҳои электрикии пойгоҳҳои обкашӣ дар худ муҳаррикҳои электрикии асинхронӣ ва синхронии баландшиддат дорад, ки барои онҳо душвории асосӣ равандҳои гузарандаи речаи корандозӣ мебошад. Барои кори бетаваккуфи дастгоҳҳои барқии пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда ва баланд бардоштани эътимоднокии энергосистема, аввал речаҳои корандозии ҳаракатоварҳои электрикии насосҳои обкаш ва таъсири онҳо ба дигар пойгоҳҳои обкашӣ ба назар гирифт. Дар айни вақт системаҳои корандози мунтазам барои муҳаррикҳои электрикии баландшиддат ворид шуда истодааст, вале ба таҳқиқи дақиқи насосҳо ва ҳаракатоварҳои электрикии пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда, чунин чорабинӣ ғайри мақсаднок мебошад.

Дар вилояти Суғд барои обтаъминкунии хоҷагии қишлоқи шаҳрҳо ва ноҳияҳои вилоят, зиёда аз 110 пойгоҳҳои обкашӣ бо шиддати 6 ва 10 кВ, 86 пойгоҳ бо шиддати 0,4 кВ истифода бурда мешаванд. Системаи таъминоти барқи ҳар як пойгоҳҳои обкашӣ бо ҳам васл буда, энергосистемаи ягонаи вилояти Суғдро ташкил мекунанд. Истеъмоли нерӯи барқ аз тарафи пойгоҳҳои обкашии вилоят бо ҳисоби миёна 500 - 600 МВт·соат дар давоми сол мебошад. Ҳар корандозии муҳаррикҳои электрикии баландшиддати пойгоҳҳои обкашӣ ба фурӯрагии шиддати шабака оварда, таъсири манфӣ ба кори дигар пойгоҳҳои ҳамсоя мерасонад. Мисол, соли 2018 дар пойгоҳҳои обкашии вилояти Суғд зиёда 48 қатъкунӣ сабт шудааст, ки аз онҳо 38 қатъкунӣ аз ҳисоби фурӯравӣ ва инҳирофи шиддат дар шабака ба амал омадааст. Чунин ҳолат аз устувории пасти энергосистема ва ба назар нагирифтани мувофиқати электромагнитии истеъмолкунандагони нерӯи барқ шаҳодат медиҳад. Барои баланд бардоштани кори бетаваккуфи системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда ва захираи техникии таҷҳизоти барқии пойгоҳ, бояд нишондиҳандаҳои муҳаррикҳои электрикӣ, характеристикаҳои корандозии онҳо, гармшавии симпечҳои муҳаррик ва таъсири байниҳамдигарии ҳаракатоварҳои электрикӣ ва системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда тадқиқот гузаронида шавад.

Дарачаи коркарди мавзӯ. Барои муайян намудани роҳҳои баланд бардоштани самараи энергетикӣ кори ҳаракатоварҳои электрикии пойгоҳҳои

обкашии системаҳои обёрикунанда, чунин намуд тадқиқот зарур мешаванд: энергоаудит, озмоиши энергетикӣ, моделиронии математикӣ ва компютерӣ. Дар айни замон усулҳо ва моделҳо барои бо сатҳи зарурӣ таҳқиқи равандҳои гузарандаи речаи корандозии ҳаракатоварҳои электрикии пойгоҳҳои обкашӣ, таъсири онҳо ба шабака модоми истифодаи роҳҳои гуногуни корандозии муҳаррикҳои электрикии калониқтидори пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда мавҷуд нестанд.

Асосҳои назариявии проблемаи мазкурро дар корҳои олимони ватанӣ Содиков Х.Р., Юлдошев З.Ш., Раҳимов О.С., Қасобов Л.С. ва дигарон гузошта шудаанд. Дар хориҷа барои ҳалли проблемаҳои соҳаи мазкур саҳми назаррасро чунин олимони гузоштаанд: Горев А.А., Аракелян А.К., Афанасьев А.А., Гамазин С.И., Ковач К.П., Ларионов В.Н., Лезнов Б.С., Онищенко Г.Б., Поздеев А.Д., Мещеряков В.Н., Zimmermann J.A., Chapman S., Nevelsteen J., Aragon H., Colleran P.J., Rogers W.E. ва дигарон.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси 05.14.01 – Системаҳо ва мучтамаъҳои энергетикӣ мувофиқат мекунад. Натиҷаҳои илмии дар диссертатсия ба даст омада ба банди 3.1 «Таҳияи асосҳои (муносибатҳои) илмии омузиши хосиятҳо ва принципҳои умумии қор, усулҳои ҳисоб, алгоритму программаҳои интиҳоб ва оптимизатсияи параметрҳо, нишондиҳандаҳои сифат ва речаҳои қори системаҳои энергетикӣ, мучтамаъҳо, таҷҳизотҳои энергетикӣ, ки дар асоси сузишвории органикӣ, алтернативӣ ва умуман навъҳои барқароршавандаи энергия қор мекунанд, инчунин таҷҳизоти асосӣ ва ёрирасони онҳо», банди 3.5 «Таҳия ва тадқиқот дар соҳаи сарфаи энергия ва захираҳо ҳангоми истехсоли энергияи гармӣ ва электрикӣ, интиқоли энергияи гармӣ, электрикӣ ва энергиябарандаҳо дар системаҳо ва мучтамаъҳои энергиятаъминкунӣ», банди 3.9 «Таҳияи усулҳои ҳисоб ва моделсозии речаҳои гузошташуда, равандҳои гузаранда ва устувории системаҳои энергетикӣ, мучтамаъҳо, неругоҳҳои электрикӣ ва шабакаҳои электрикӣ, аз ҷумла асосноккунии техникӣ-иқтисодии ҳалли техникӣ, қорқарди усулҳои идоракунии речаҳои қори онҳо», шиносномаи ихтисос мувофиқат мекунад.

Мақсади тадқиқоти диссертатсия – баланд бардоштани қори бетаваққуфи системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда дар вақти тағйирдиҳии сарбории онҳо ва баланд бардоштани захираи техниकीи таҷҳизоти барқии пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда мебошад.

Ҳадафҳои тадқиқот:

1. Таҳлили роҳҳои баланд бардоштани қори бетаваққуфи системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда.
2. Қорқарди модели компютерии системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда барои таҳқиқи равандҳои гузариш дар шабака.
3. Қорқарди модели компютерии ҳаракатовари электрикии асинхронӣ ва синхронии насосҳои системаҳои обёрикунанда барои таҳқиқи равандҳои гузарандаи речаи корандозӣ ва гармшавии симпечҳои муҳаррики электрикии баландшиддат дар вақти истифодаи роҳҳои гуногуни корандозӣ.
4. Қорқарди модели компютерӣ барои таҳқиқи речаҳои корандозии муҳаррики электрикии баландшиддат бо инвертори чараён.
5. Асосноккунии техникӣ-иқтисодии роҳи ҳалли техниकीи пешниҳодшуда.

Объекти тадқиқот – ҳаракатоварҳои электрикии баландшиддати асинхронӣ ва синхронии пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда.

Мавзӯи (предмет) тадқиқот – кори бетаваққуфи таъминоти барқ ва баланд бардоштани захираи техникии таҷҳизоти барқии пойгоҳи обкашии обёрикунанда.

Навовариҳои илмӣ кор. Натиҷаҳои асосии диссертатсия нав буда, аз инҳо иборат мебошад:

1. Коркарди моделҳои ҳаракатоварҳои электрикии асинхронӣ ва синхронӣ, ки аз моделҳои вучуд дошта бо имкониятҳои тадқиқоти маҷмӯӣ гузаронидан доир ба бузургиҳои ҳаракатовари электрикӣ дар вақти корандозии мустақим ва мунтазам, ба монанди ҷараёни фазагии муҳаррик, суръати ротори он, моменти электромагнитӣ, гармшавии симпечҳо ва фурӯравии шиддат, фарқ мекунад.

2. Коркарди модели компютери ҳаракатовари электрикии асинхронӣ ва синхронӣ бо инвертори ҷараён, ки имкони гузаронидани тадқиқоти дақиқи бузургиҳои ҳаракатовари электрикӣ дар вақти корандозӣ бо назардошти таъсири манфии беруна, дорад.

3. Коркарди моделҳои компютерӣ, ки бо ёрии онҳо имкони танзими речаҳои корандозии таҷҳизоти барқӣ – муҳаррик ва агрегати обкаш – бо истифодаи инвертори ҷараён ва самаранок ҷорӣ намудани ҷорабинӣ доир ба баланд бардоштани кори бетаваққуфи системаи таъминоти барқи пойгоҳи обкашии обёрикунанда, мавҷуд аст. Ин роҳи корандозии муҳаррикҳо аз роҳҳои мавҷуд буда бо қимати минималии ҷараёнҳои корандозии муҳаррик, маҳдудкунии ҷиддии моментҳои электромагнитии аломаташон тағйирёбандаи муҳаррик, минимизатсияи фурӯравии шиддат ва баландгардии устувории энергосистемаи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда, фарқ мекунад.

Аҳамияти назариявии тадқиқот дар рушди назария ва усулҳои ҳисобкунии бузургиҳо ва моделиронии системаҳои энергетикӣ барои пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда иборат аст.

Аҳамияти амалии тадқиқот. Истифодаи хулосаҳо ва тавсияҳои пешниҳодшуда ба самаранок идоракунии ҳаракатовари электрикии пойгоҳҳои обкашии системаҳои обёрикунанда, минимизатсияи фурӯравии шиддат дар шабака, баландшавии кори бетаваққуфи энергосистема, баланд гаштани захираи техникии муҳаррикҳои электрикии пойгоҳҳои обкашӣ ва тамоми таҷҳизоти барқии пойгоҳи обкашӣ дар умум, оварда мерасонад.

Усулҳои тадқиқот. Дар рафти тадқиқот усулҳои назарияи ҳаракатоварҳои электрикӣ ва электротехника, усулҳои моделиронии математикӣ ва компютерӣ, инчунин усули мувозинати энергетикӣ дар кори насосҳои обкаш истифода шудаанд. Натиҷаҳои кори илмӣ бо ёрии тадқиқоти таҷрибавӣ ва компютерӣ ба даст оварда шудаанд.

Нуқтаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Модели компютерӣ, ки барои таҳқиқи речаҳои корандозии муҳаррикҳои электрикии баландшиддати насосҳои обкаш, гармшавии симпечҳои муҳаррикии электрикӣ ва фурӯравии шиддати шабака дар вақти речаҳои корандозӣ, хизмат мекунад.

2. Роҳи корандозии мунтазами алтернативӣ ва ояндадор барои муҳаррикҳои электрикии баландшиддати насосҳои обкаши системаҳои обёрикунанда.

3. Модели компютерӣ барои таҳқиқи речаҳои корандозии ҳаракатовари электрикӣ бо инвертори чараён.

4. Натиҷаҳои таҳлили техникӣ-иқтисодӣ ва асосноккунии татбиқи системаи корандози мунтазам барои муҳаррикҳои электрикии насосҳои пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда.

5. Тавсияҳо барои баланд бардоштани кори бетаваккуф ва эътимодноки системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда, ки дорои қимати назарраси фурӯравии шиддат дар вақти корандозии муҳаррикҳои электрикӣ доранд.

Татбиқи натиҷаҳои кор. Натиҷаҳои тадқиқот дар пойгоҳи обкашии АНС-1 ноҳияи Ашти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва дар корхонаи муштараки «Чавонӣ» ш. Хучанд ба истифода қабул шуда, ба раванди таълим дар кафедраи таъминоти барқ ва автоматикаи Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд ҳангоми омодакунии бакалаврҳо ва магистрантон аз рӯи самти «Ҳаракатдиҳандаҳои автоматии барқӣ» ворид карда шудааст. Натиҷаҳои кор бо тадқиқоти олимони давлатҳои хориҷа мисли Россия, ИМА, Чехия, Булғория, Ҳиндустон ва ғайраҳо муқоиса карда шудаанд.

Саҳми шахсии докталаб. Гузориши ҳадафҳо барои тадқиқот ҳамчун ба роҳбарии илмӣ иҷро шуда, натиҷаҳои асосии кор аз тарафи муаллиф мустақилона ба даст оварда шудааст.

Санҷиш ва тасдиқи натиҷаҳои кор. Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар конференсияҳои илмӣ-амалӣ маъруза шудааст: «Самаранок ва босифат таъмину истифодабарии нерӯи барқ» (ш. Екатеринбург, Россия, 2015); «Энергетика, электромеханика ва технологияҳои энергосамаранок бо чашми чавонов» (ш. Томск, Россия, 2016); «Технологияҳои иттилоотии дурнамодор» (ш. Самара, Россия, 2017, 2018); «Системаҳои энергетикӣ» (ш. Белгород, Россия, 2017-2020); «СЛА ва моделиронӣ дар электроникаи муосир» (ш. Брянск, Россия, 2019, 2021); «Илм ва маориф» (ш. Мурманск, Россия - 2019); «Проблемаҳо ва дурнамои рушди энергетика, электротехника ва энергосамаранокӣ» (ш. Чебоксар, Россия, 2019); «Проблемаҳои муосир ва дурнамои рушди илм, техника ва маориф» (ш. Магнитогорск, Россия, 2020); «Автоматикунонӣ ва сарфаи энергия дар мошинсозӣ, энергетика ва нақлиёт» (ш. Вологда, Россия, 2020); «Конференсияи турбомошинҳои баландсуръат ва ҳаракатоварҳои электрикӣ» (HSTED-2020), (ш. Прага, Чехия); «Системаҳои энергетикӣ устувор: дурнамои инноватсионӣ (SES-2020)», (ш. Санкт-Петербург, Россия, 2020, 2021); «Конференсияи байналхалқӣ оид ба системаҳои идоракунӣ, моделсозии математикӣ, автоматизатсия ва самаранокии энергия (SUMMA-2022)» (ш. Липетск, Россия, 2022).

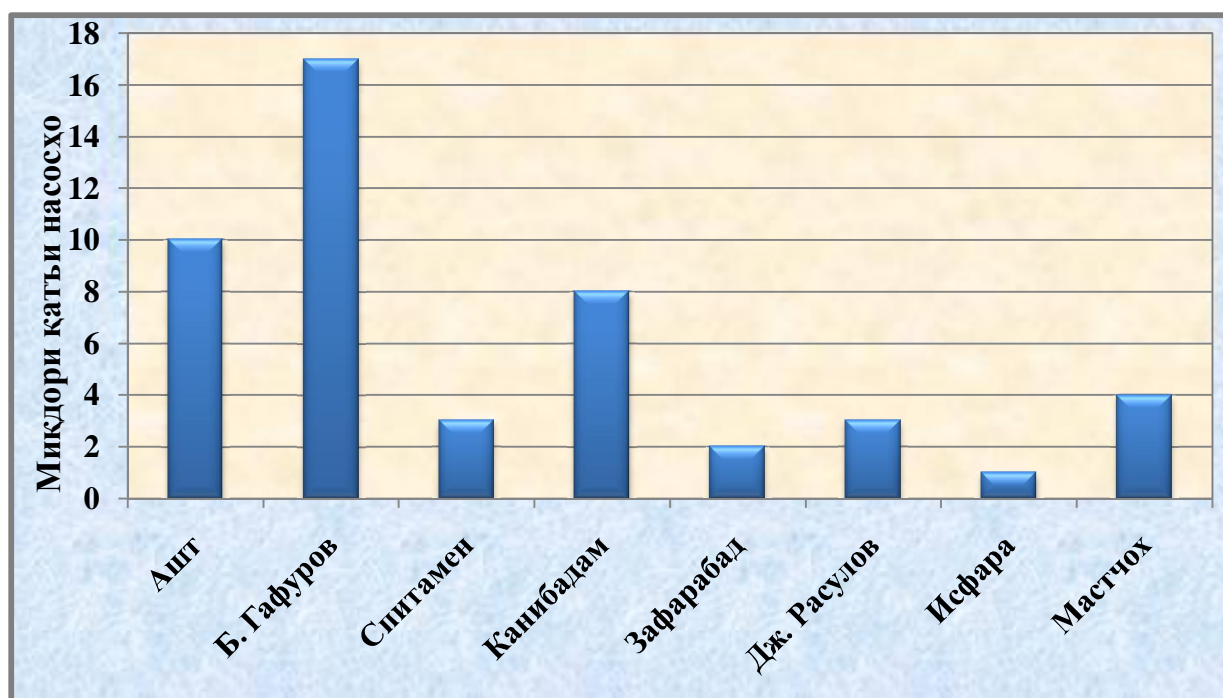
Интишорот аз рӯи мавзӯи диссертатсия. Аз рӯи мавзӯи диссертатсия 39 мақола аз ҷоп бароварда шудааст, аз он ҷумла 17 мақола дар нашрияҳои тақризии аз ҷониби КОА тавсияшуда, 7 мақола дар базаи маълумоти байналхалқии SCOPUS ва 15 мақола дар дигар нашрияҳо, конференсияҳои байналхалқии илмию техникӣ. Татбиқи натиҷаҳои тадқиқот бо 3 санад тасдиқ шудааст.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия дар ҳаҷми 192 саҳефа иҷро шуда, аз муқаддима, 5 боб, хулоса, 133 номгӯи адабиётҳо, 7 замима, 20 ҷадвал ва 121 расм иборат аст.

МУНДАРИҶАИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Дар муқаддима мубрамияти мавзӯи таҳқиқот ифода шуда, ба ғайр аз ин мақсад ва ҳадафҳои тадқиқот, навгонии илмӣ, арзиши назариявӣ ва амалии кор, усулҳои тадқиқот, нуқтаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда ва тасдиқи натиҷаҳои кор оварда шудаанд.

Дар боби якум сохтори пойгоҳи обкашии обёрикунанда (ПОО) муфассал шарҳ дода шуда, қисмҳои асосӣ ва равандҳои технологияи он таҳлил карда шудаанд. Инчунин системаи таъминоти барқи (СТБ) пойгоҳи обкашӣ таҳлил карда шудааст. Ба хусусияти фарқкунандаи кори насосҳо характери сарбории онро дохил кардан мумкин аст, ки он вентиляторӣ мебошад. Ба маълумоти идораи беҳдошти замин ва обёрии вилояти Суғд дар мавсими обёрии 2018 ва ибтидои мавсими тобистонаи 2019, дар пойгоҳҳои обкашии вилоят зиёда аз 78 ҳолатҳои қатъкунии ногаҳонӣ ва ғайринақшагии насосҳо ба амал омадааст. Баробари ин инхирофи шиддат дар энергосистемаи вилояти Суғд дар речаҳои гузарандаи муҳаррикҳои электрикии баландшиддати насосҳо ба вучуд меоянд. Агрегатҳои калон дар ПОО ноҳияҳои Ашт, Б. Ғафуров ва Зафаробод насб карда шудаанд. Ҳар қорандозии агрегатҳо дар ин объектҳои инхирофи шиддат, фурӯрагии шиддат, баландшавии шиддат ва ғайраҳо оварда мерасонад. Барои коҳиш додани шумораи қатъгардиҳо дар СТБ ПОО ва қордароии ҳимояи релей, бояд тадқиқот ва воридкунӣ доир ба чорабиниҳои баландбардории устувории система иҷро кард. Ноҳияҳои проблемаҳои зиёд дошта н. Б. Ғафуров ва н. Ашт мебошанд, ки ба онҳо 65% қатъкуниҳо аз миқдори умумӣ дар вилоят рост меояд. Аз сабаби инхирофи шиддат дар ноҳияҳои зикршуда 22 қатъкунии агрегатҳои пойгоҳҳои обкашӣ ба амал омадааст. Аз рӯи омили идораи беҳдошти замин ва обёрии вилояти Суғд дар давраи 2018 - 2019, танҳо дар пойгоҳҳои обкашии н. Б. Ғафуров ва н. Ашт аз сабаби паст будани эътимодияти шабака 27 қатъкунии насосҳо (расми 1) ба қайд гирифта шудааст.



Расми 1. Графики қатъкунии насосҳо дар пойгоҳҳои обкашии ноҳияҳои вилояти Суғд дар соли 2018 г.

Дар давлатҳои рушдифта барои баланд бардоштани эътимодияти СТБ ПОО системаҳои корандозии безарбаро истифода мебаранд. Ин гуна системаҳо пастшавии чараён ва инхирофи шиддатро дар речаҳои корандозӣ таъмин мекунанд. Бо ин мақсад барои муҳаррикҳои электрикии баландшиддат таҷҳизоти корандозии мунтазам ё табдилдиҳандаҳои басомад истифода мебаранд. Нархи табдилдиҳандаи басомад 2-3 маротиба гаронтар аз таҷҳизоти корандозии мунтазам мебошад, аз ин сабаб модоми интихоби системаи корандозии безарба, асосноккунии техникӣ-иктисодӣ зарур мешавад.

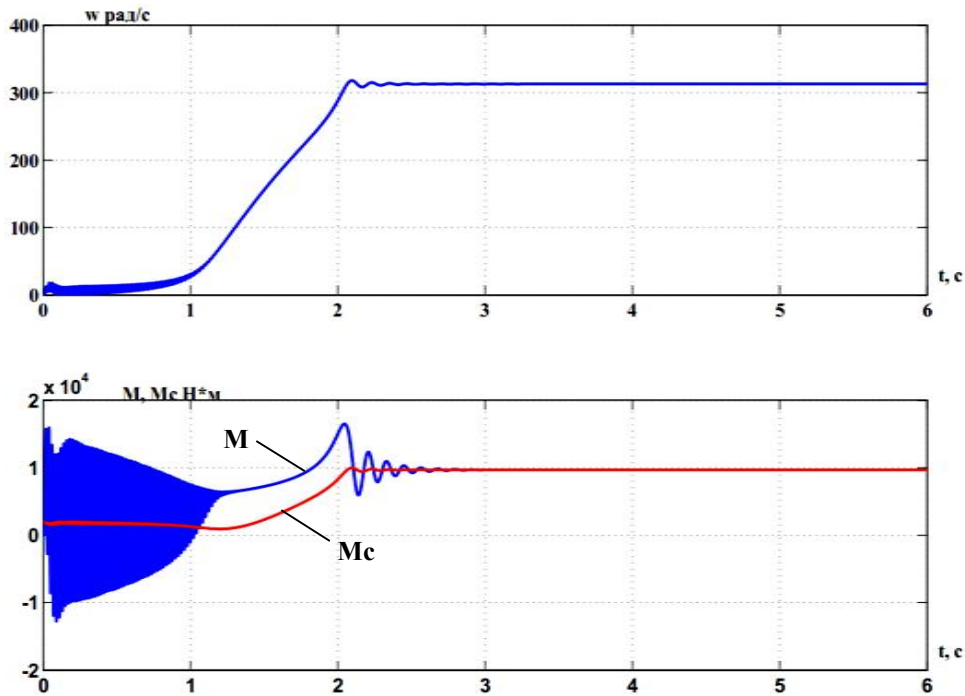
Роҳи алтернативӣ ва ояндадори корандозии безарбаи дар диссертатсия пешниҳодшаванда, корандозии муҳаррики электрикии баландшиддат бо инвертори чараён мебошад. Чунин роҳи корандозӣ кофӣ омӯхта нашудааст, ва аз ин ҳисоб зарурият ба тадқиқоти навро дорад, махсусан барои муҳаррикҳои баландшиддати пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда. Ба маълумоти базей истехсолкунандагони чунин намуд таҷҳизот, қимати чараёни корандозӣ кам афзун мешавад, танҳо 30% муқоиса ба чараёнҳои номиналӣ. Беҳбудии техникӣ ва нархнома, мақсаднокии ҷорӣ кардани инвертори чараён барои корандозии муҳаррикҳои баландшиддатро калон мекунанд, вале инро баъди асосноккунии техникӣ-иктисодӣ дақиқ намудан мумкин аст.

Боби дуюм ба таҳқиқи мувозинаи энергетикӣ насосҳо бахшида шудааст. Таҳлили хусусияти характеристикаҳои механикӣ насосҳо модоми мавҷуд набудан ва будани фишори статикӣ иҷро шудааст. Таҳлили муқоисавии роҳҳои танзими маҳсулнокии насос иҷро шудааст. Мувозинаи энергетикӣ нишон медиҳад, ки воридкунии ҳаракатовари электрикӣ танзимшаванда бо табдилдиҳандаи басомад мақсаднок аст, дар шарте ки сарбории тағйирёбанда мавҷуд бошад. Аз он сабаб, ки дар пойгоҳҳои обкашии сатҳи яқум сарборӣ нисбатан доимӣ аст, истифода ё ҷорӣ намудани ҳаракатовари электрикӣ танзимшаванда асосноккунии иловагиро талаб мекунад.

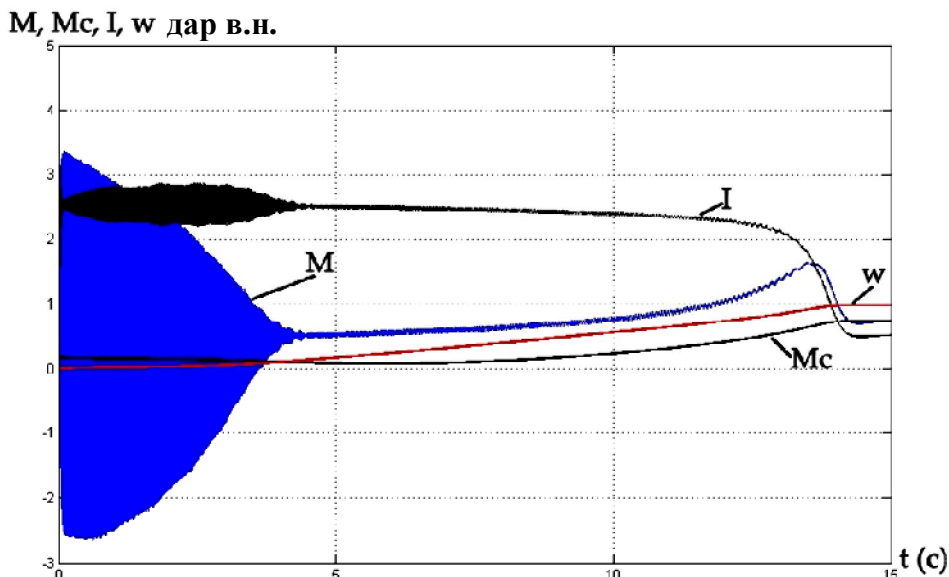
Дар **боби сеюм** моделҳои компютерӣ барои таҳқиқи равандҳои гузариши системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда модоми корандозии мустақим ва мунтазами муҳаррикҳои асинхронӣ ва синхронӣ коркард шудаанд. Модоми коркарди моделҳои системаи таъминоти барқ ва ҳаракатовари насосҳо шарҳи математикии элементҳои асосии системаи таъминоти барқ оварда шудаанд. Дар расми 2 натиҷаи моделиронии муҳаррики асинхронӣ дар воҳидҳои мутлақ оварда шудааст.

Графикҳои расми 2 нишон медиҳад, ки моменти муҳаррик M дар вақти корандозӣ характери аломати тағйирёбанда дорад, ин ҳолат ба пайдошавии вибратсия ва шикасти эҳтимолии қисмҳои муҳаррик оварда мерасонад. Камбудии корандозии мустақими муҳаррикҳои асинхронӣ, чараёнҳои корандозии он мебошад, ки метавонад 4-8,5 маротиба аз қимати номиналӣ зиёд шавад.

Барои моделиронӣ маълумоти шиносномавӣ ва ҳисобии муҳаррики синхронии навъи ВДС2-325/69-16, ки дар пойгоҳи АНС-1 насб шудааст, истифода бурда шудаанд. Натиҷаи моделиронӣ дар расми 3 оварда шудааст.

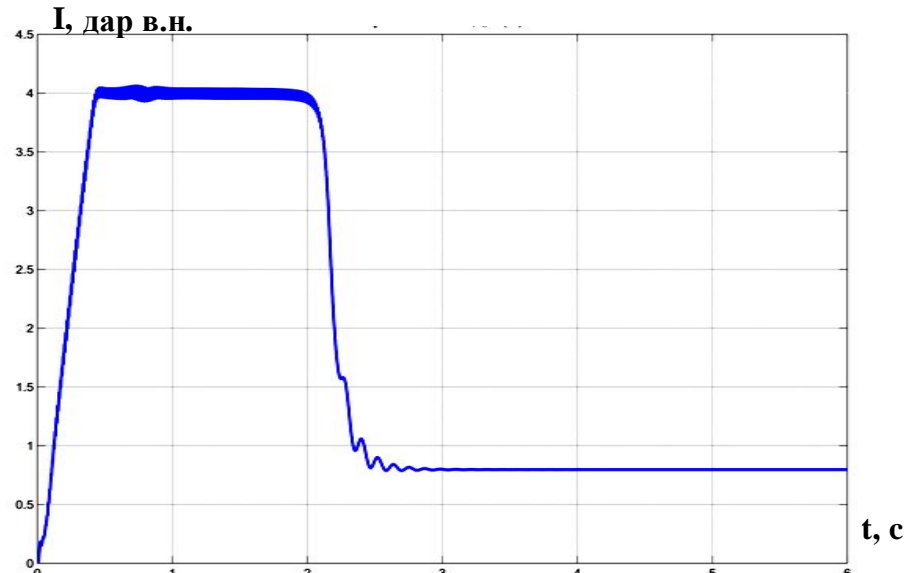


Расми 2. Равандҳои гузарандаи бузургҳои муҳаррики асинхронӣ дар вақти корандозии мустақим: суръати кунҷӣ ω , моменти электромагнитии муҳаррик M , моменти муқовимати M_c насос.

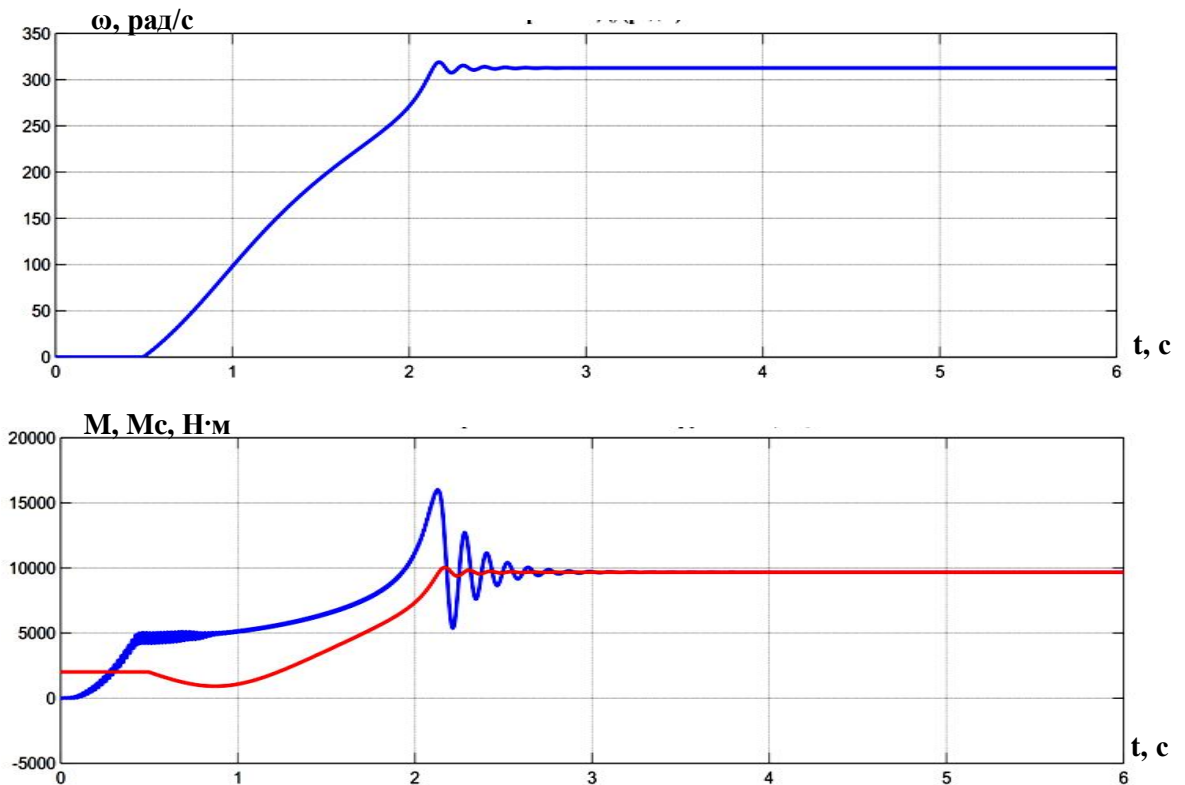


Расми 3. Графикҳои қимати амалкунандаи ҷараён I , моменти муҳаррик M , моменти муқовимат M_c ва суръати ротори ω муҳаррики синхронӣ дар корандозии мустақим

Графикҳои расми 3 нишон медиҳанд, ки моменти электромагнитии муҳаррик модоми корандозии мустақим, мисли муҳаррики асинхронӣ, характери аломати тағйирёбанда дорад. Яке аз хусусияти фарқкунандаи корандозии муҳаррики синхронӣ муқоиса аз асинхронӣ дар он аст, ки давомнокии корандозӣ калонтар аст, дар мисоли мо 15 с ташкил мекунад. Бо дастурамали корхонаи истехсолкунандаи муҳаррики синхронӣ, давомнокии корандозии мустақим барои муҳаррики ВДС2-325/69-16 ба 16 с баробар буда, бо натиҷаи моделиронӣ мувофиқ аст. Натиҷаҳои моделиронии корандозии мунтазами муҳаррики асинхронӣ дар расмҳои 4 ва 5 нишон дода шудааст.



Расми 4. Қимати амалкунандаи чараёни I муҳаррик дар корандозии мунтазам

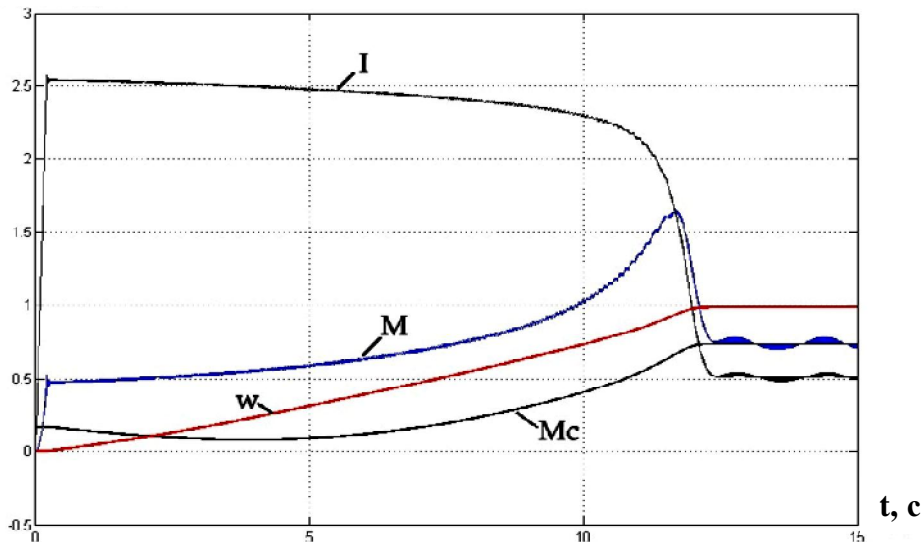


Расми 5. Графикҳои равандҳои гузарандаи муҳаррики асинхронӣ дар корандозии мунтазам: суръати кунҷӣ ω , моменти электромагнитӣ M , моменти насос M_c .

Чараёни корандозӣ модоми корандозии мунтазам муқоиса бар корандозии мустақим аз 7,1 то 4 маротиба нисбат ба қимати чараёни номиналӣ коҳиш ёфт (расми 4). Пастшавии чараёни корандозӣ имкони зиёдкунии шумораи корандозии муҳаррикро медиҳад, ки он равандҳои технологияи пойгоҳи обкаширо самараноктар мегардонад. Ба ғайр аз ин қимати аломаташ тағйирёбандаи моменти электромагнитии муҳаррик (расми 2) бурида мешавад ва моменти электромагнитӣ қимати мусбӣ дар тамоми ҳудуди равандҳои гузаранда, дорад (расми 5).

Натиҷаи моделиронии муҳаррики синхронӣ дар вақти корандозии мунтазам дар расми 6 нишон дода шудааст.

M, M_c, I, ω дар в.н.



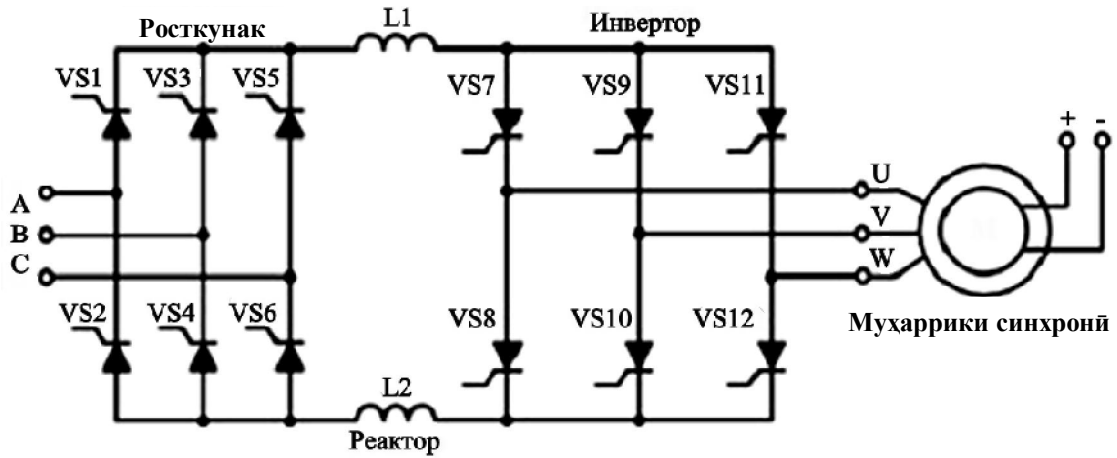
Расми 6. Графикҳои қимати амалкунандаи ҷараён I , моменти муҳаррик M , моменти муковимат M_c ва суръати ротори ω муҳаррики синхронӣ дар корандозии мунтазам.

Ҷараёни корандозии максималӣ 2,56 маротиба аз номиналӣ зиёд гашт, момент бошад $-1,65$ маротиба. Давомнокии равандҳои гузаранда 13-15 с ташкил дод, ки тақрибан ба давомнокии корандозии мустақим баробар аст. Фурӯравии шиддати шабака ни дар корандозии мустақим коҳиш ёфт ва 10-14% ташкил дод. Қиматҳои муҳаррик ва шабака дар вақти корандозии мунтазам бо таҷҳизоти корандозии мунтазам, шароити техникӣ ва захираи техникӣ таҷҳизоти барқии пойгоҳи обкаширо беҳтар мекунад.

Боби чорум ба таҳқиқи имкони корандозии муҳаррикҳои электрии баландшиддати пойгоҳҳои обкашии обёрикуанда бо инвертори ҷараён бахшида шудааст. Таҳлили дақиқи хусусиятҳои инвертори ҷараён гузаронида шудааст. Моделиронии характеристикаҳои инвертори ҷараён иҷро карда шудааст. Модели компютери умумии системаи таъминоти барқи пойгоҳи обкашӣ бо инвертори ҷараён коркард карда шуда, инчунин модел барои таҳқиқи гармшавии симпечҳои муҳаррик ва ноқилҳои хатҳои интиқоли барқи пойгоҳи обкашӣ дар вақти корандозӣ коркард карда шудааст.

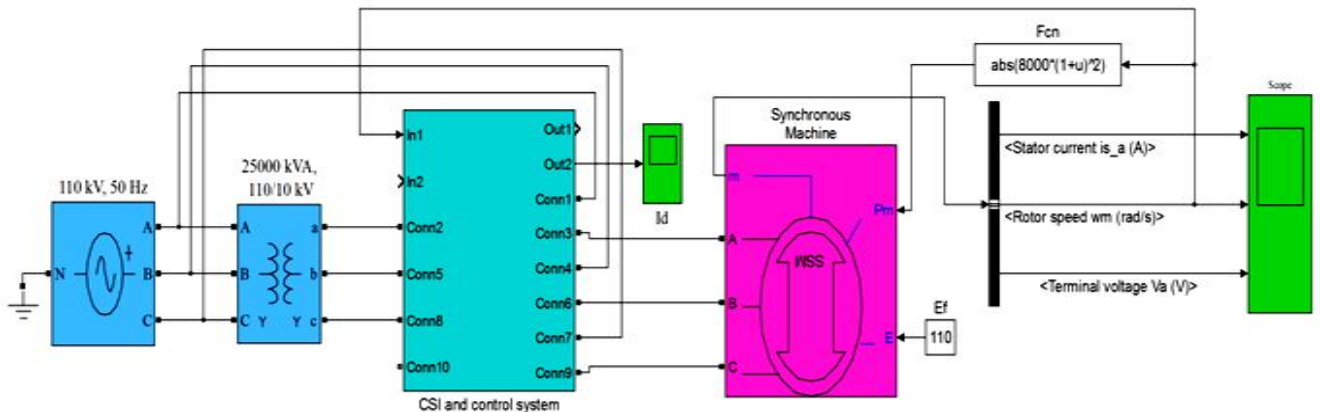
Дар амалия истифодаи таҷҳизоти корандозии мунтазам аз ҳисоби нархи арзон ва имконияти корандозии бо навбати якчанд муҳаррик, мақсаднок аст. Вале ин таҷҳизот имконияти маҳдудкунии чуқури ҷараёни корандозӣ монанди инвертори ҷараён, надорад. Инверторҳои ҷараён нисбатан сохти оддӣ дошта, роҳи ҳалли техникӣ камхарҷ барои корандозии муҳаррикҳои асинхронӣ ва синхронии калониқтидор мебошанд. Хусусияти фарқкунандаи инвертори ҷараён он аст, ки имконияти маҳдудкунии ҷараёни корандозии муҳаррик то $1,3I_{ном}$ дорад. Принципи кори инвертори ҷараён ба он асос шудааст, ки коммутатсияи ҷараён дар тиристорҳо аз ҳисоби ҚЭҲ-и муҳаррик иҷро мешавад. Баробари ин кунҷи пешгузари инвертор бояд на кам аз 30 дараҷаи электрикӣ бошад – чунин реча, речаи коммутатсияи табиӣ меноманд. Системаи дида шуда, дорои ҳамаи беҳбудии муҳаррикҳои ҷараёни доимӣ аз ҷиҳати характеристикаҳои танзимкунӣ ва беҳбудии муҳаррикҳои синхронӣ аз ҷиҳати сохти конструктивӣ, мебошад. Аз ин сабаб истифодаи табдилдиҳандаи басомад бо инвертори ҷараён барои корандозии муҳаррикҳои

баландшиддат, роҳи ҳалли техникӣ самаранок мебошад. Дар натиҷа захираи техникӣ таҷҳизоти барқӣ калон мешавад, ки ба сарфаи харочоти таъмиру хизматрасонии тамоми таҷҳизоти барқии пойгоҳҳои обқашӣ оварда мерасонад. Схемаи инвертори ҷараён дар расми 7 нишон дода шудааст.

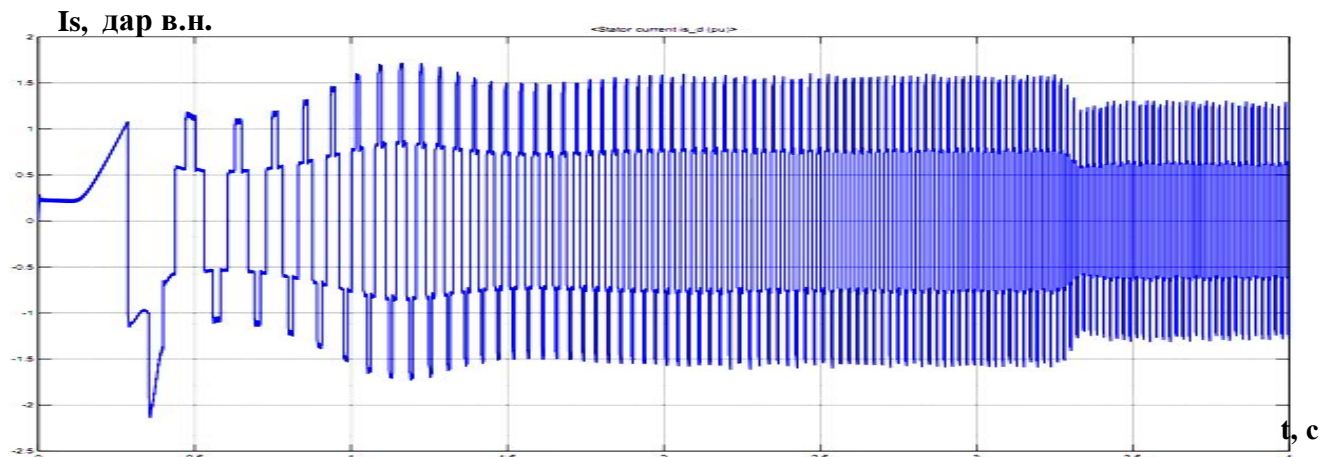


Расми 7. Схемаи ҳаракатовари электрикӣ бо инвертори ҷараён

Моделҳои компютери ҳаракатовари электрикӣ синхронӣ дар вақти корандозӣ бо инвертори ҷараён дар расми 8 оварда шуда, натиҷаи моделиронӣ дар расми 9 нишон дода шудаанд.

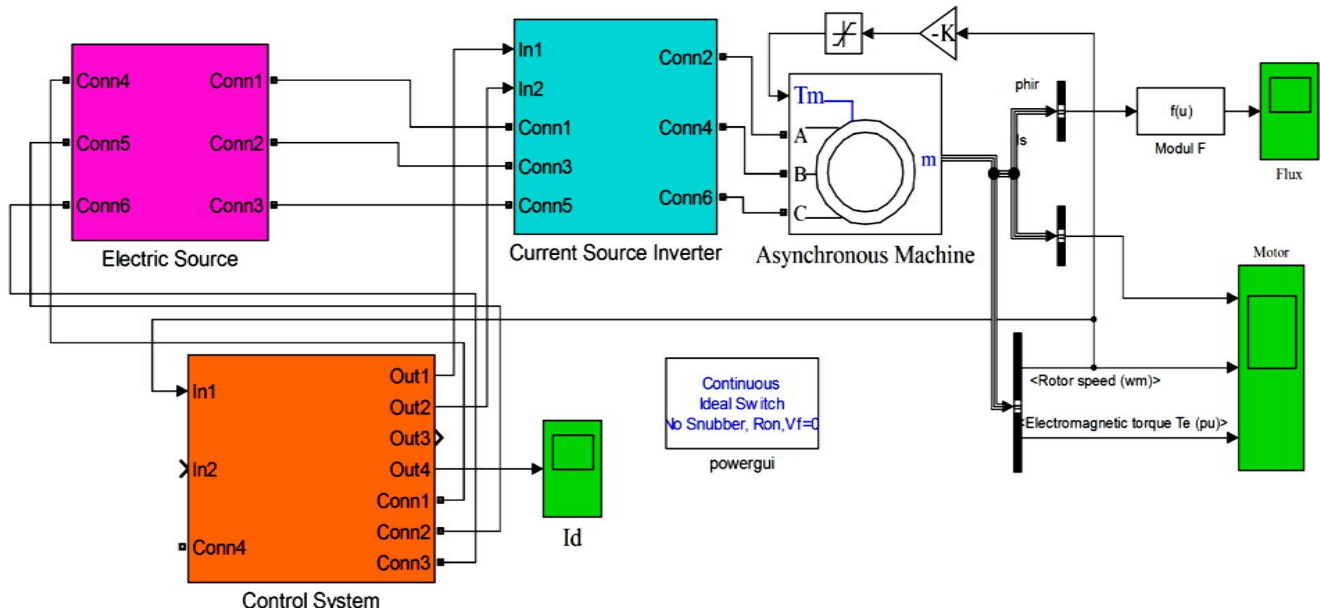


Расми 8. Моделҳои ҳаракатовари электрикӣ синхронӣ бо инвертори ҷараён



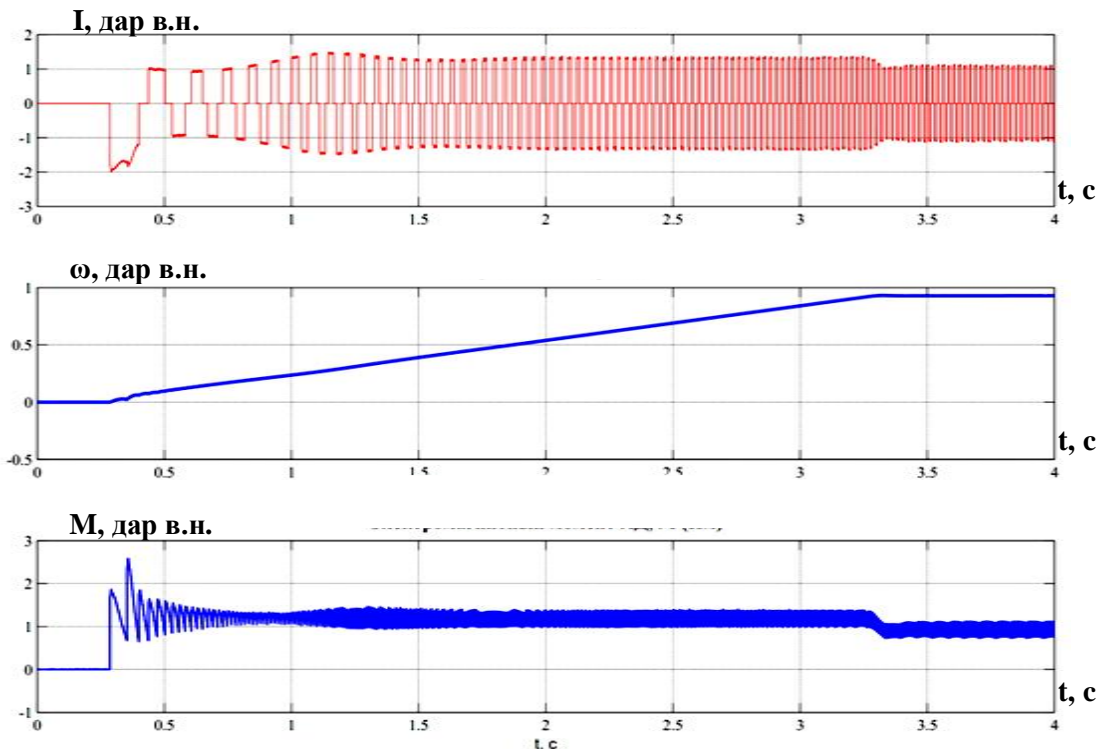
Расми 9. Графикҳои ҷараёни статори муҳаррики синхронӣ I дар вақти корандозӣ бо инвертори ҷараён.

Моделҳои тартиб додашуда барои тадқиқи речайи корандозии ҳаракатовари электрикии муҳаррики асинхронӣ дошта бо инвертори ҷараён, дар расми 10 оварда шуда, натиҷаҳои моделиронӣ дар расми 11 нишон дода шудаанд.



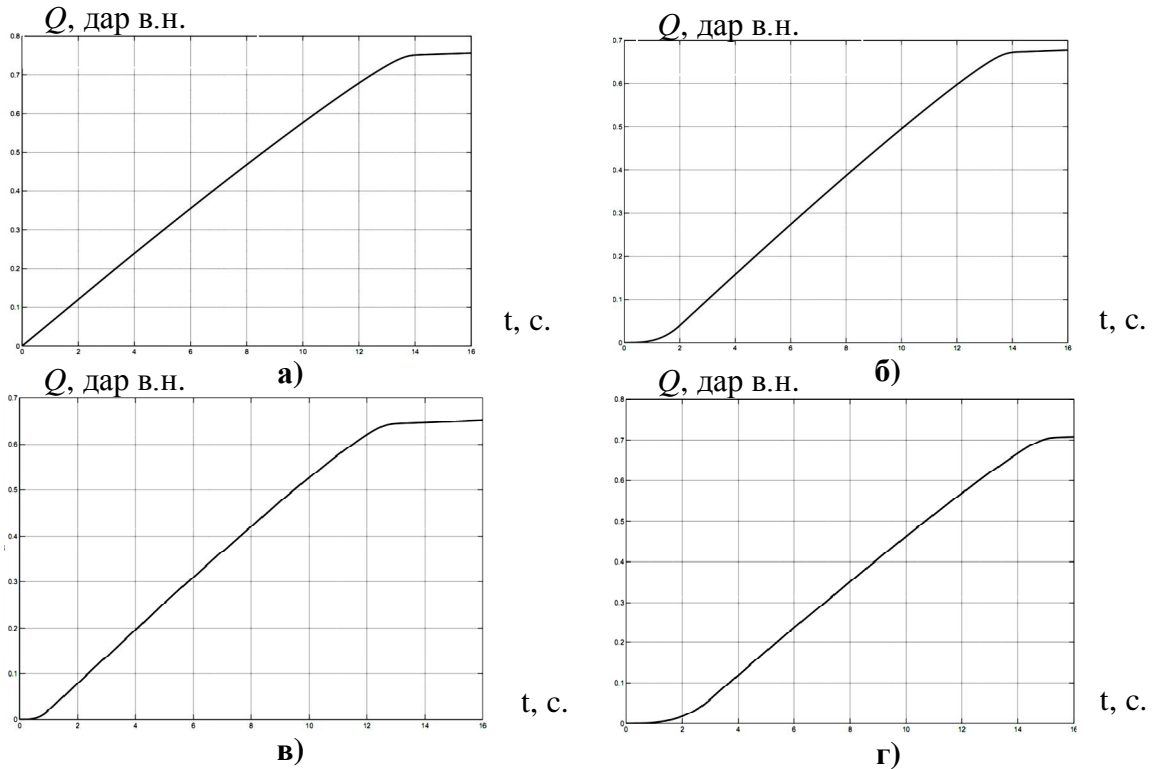
Расми 10. Модел барои тадқиқи речайи корандозии ҳаракатовари электрикии асинхронӣ бо инвертори ҷараён

Графикҳои равандҳои гузарандаи корандозии муҳаррикҳои асинхронӣ ва синхронӣ бо инвертори ҷараён (расмҳои 9 ва 11) қимати оптималии бузургиҳои муҳаррикҳо нисбат ба дигар системаҳои корандозии мунтазам, монанди таҷҳизоти корандозии мунтазам ё табдилдиҳандаи басомад бо инвертори шиддат, нишон медиҳад.



Расми 11. Равадҳои гузарандаи корандозии ҳаракатовари электрикии асинхронӣ бо инвертори ҷараён: ҷараён I , суръати кунҷӣ ω , momenti электромагнитӣ M дар в.н.

Натиҷаи моделиронии гармшавии симпечҳои муҳаррики синхронӣ дар вақти корандозии мустақим ва мунтазам дар расми 12 нишон дода шудааст.



Расми 12. Графикҳои ҳосилшавии энергияи гармӣ дар муҳаррики навъи ВДС2-325: а) корандозии мустақим; б) корандозии мунтазам, модоми зиёдкунии шиддат $U_{1н}$ аз 0 то $U_{ном}$ дар 1 с; в) корандозии мунтазам, модоми зиёдкунии шиддат $U_{1н}$ аз 0 то $U_{ном}$ дар 2 с; г) корандозии мунтазам, модоми зиёдкунии шиддат $U_{1н}$ аз 0 то $U_{ном}$ дар 3 с.

Графикҳои дар рафти моделиронӣ ба даст омадаи энергияи гармӣ дар функсияи вақт (расми 12) нишон медиҳад:

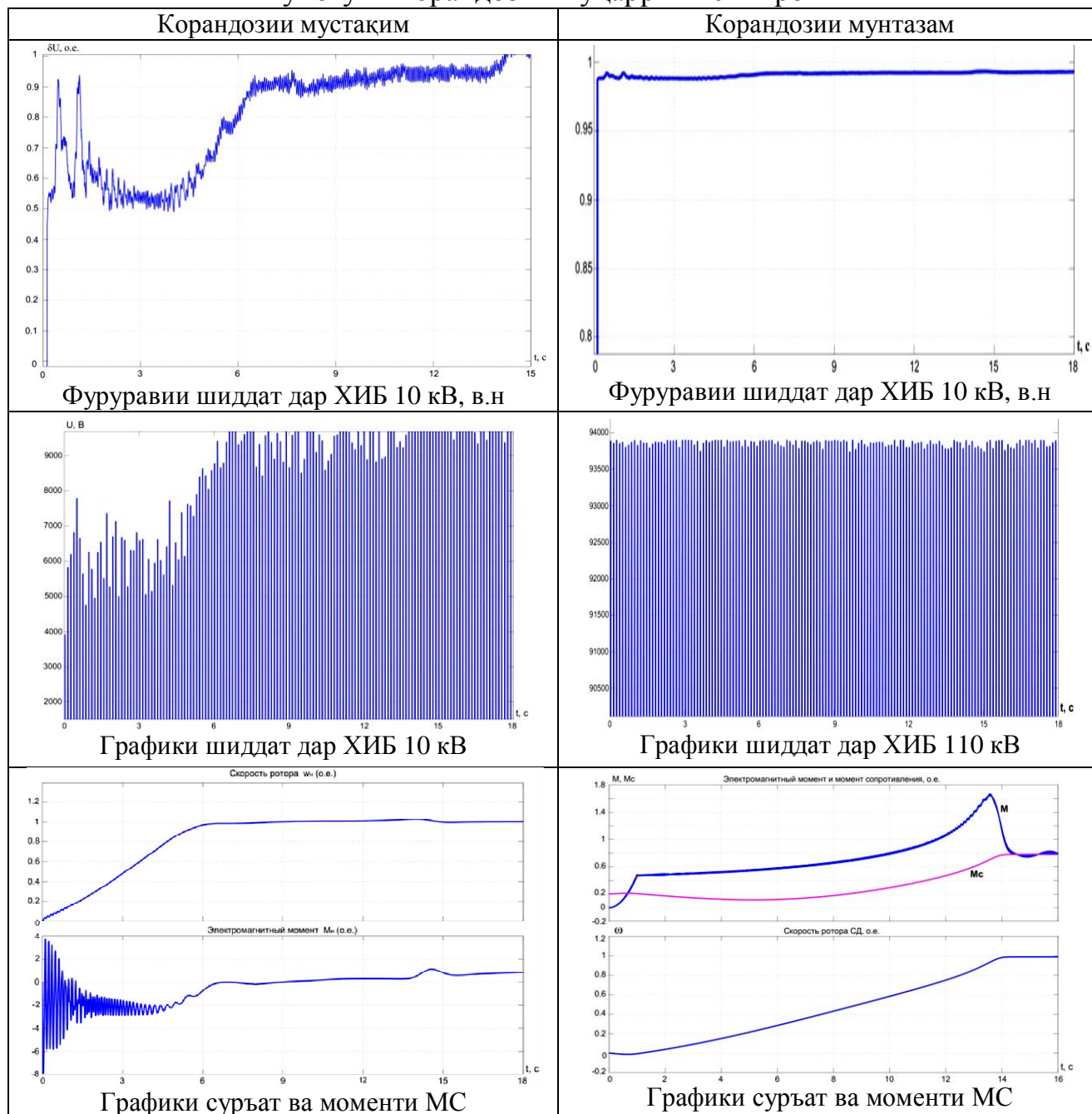
- 1) дар вақти корандозии мустақим миқдори гармии ҳосилшаванда қимати калонтарин дорад (0,76 в.н.);
- 2) дар вақти корандозии мунтазам, модоми зиёдкунии шиддати статор аз 0 то $U_{ном}$ дар 1 с, миқдори гармӣ минималӣ аст (0,66 в.н.);
- 3) дар вақти корандозии мунтазам, модоми зиёдкунии шиддати статор аз 0 то $U_{ном}$ дар 2 ва 3 с, миқдори гармӣ афзун шуд (0,69 ва 0,71 в.н.), ки бо зиёдшавии давомнокии корандозӣ шарҳ додан мумкин аст.

Равандҳои гузариши системаи таъминоти барқ модоми роҳҳои гуногуни корандозии муҳаррики синхронӣ дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Чӣ хеле, ки натиҷаи моделиронӣ (ҷадвали 1) нишон медиҳад, роҳи корандозии мунтазам бо инвертори ҷараён нисбат ба корандозии мустақим, беҳбудидо дорад, ба монанди:

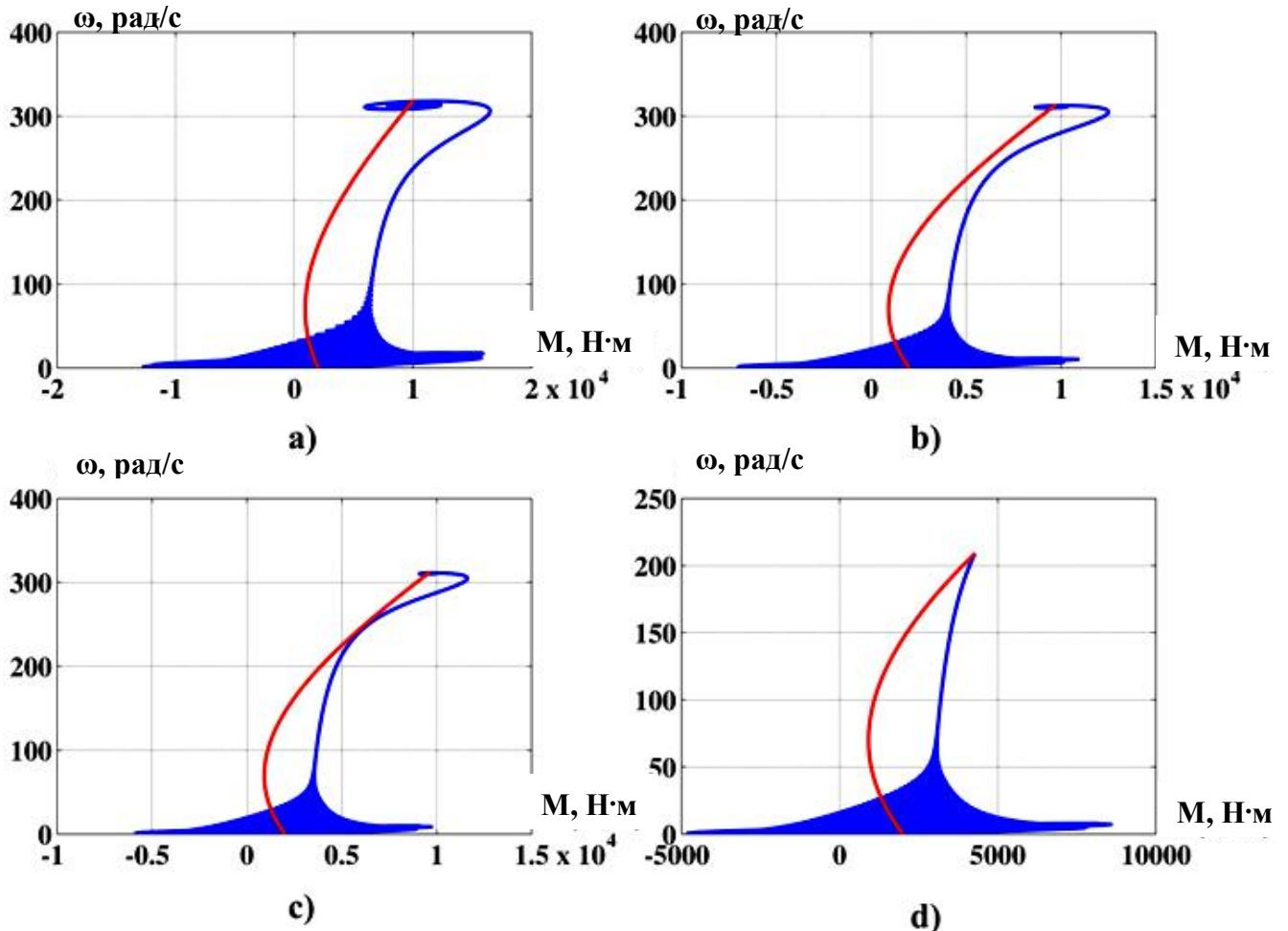
- маҳдудкунии ҷараёни корандозии МС (расми 9) дар ҳудуди $1,5I_n$;
- маҳрум кардани тағйирёбии аломативазкунандаи моменти муҳаррик дар речаи корандозӣ;
- минимизатсияи фуруравии шиддат дар ХИБ ва бо ин васила дар системаи таъминоти барқи пойгоҳи обкашӣ.

Ҷадвали 1 – Натиҷаи моделиронии системаи таъминоти барқ модоми роҳҳои гуногуни корандозии муҳаррики синхронӣ



Дар боби панҷум масъалаҳои асосии баланд бардоштани кори бетаваккуфи системаи таъминоти барқи пойгоҳи обкашӣ дар речаҳои корандозии муҳаррикҳои электрикӣ дида баромада шудаанд. Схекаи таъвизии трансформатор ва энергосистема оварда шудааст, ҳисоби бузургиҳои характеристикаҳои механикӣ муҳаррики электрикӣ модоми шиддати бозмонда дар ноқилҳои манба иҷро шудааст, тадқиқоти фуруравии шиддат дар вақти корандозии муҳаррикҳои асинхронӣ ва синхронӣ иҷро шудаанд. Ҳисоби фуруравии шиддат да системаи таъминоти барқи пойгоҳи обкашӣ иҷро гардидааст. Барои асосноккунии техникӣ-иқтисодии роҳи пешниҳодшуда барои корандозии муҳаррикҳои баландшиддати пойгоҳҳои обкашӣ, таҳлили бозори табдилдиҳандаҳо ва таҷҳизот барои корандозии мунтазам гузаронида шуд, инчунин таҳлили нишондиҳандаҳои асосии иқтисодии соҳаи

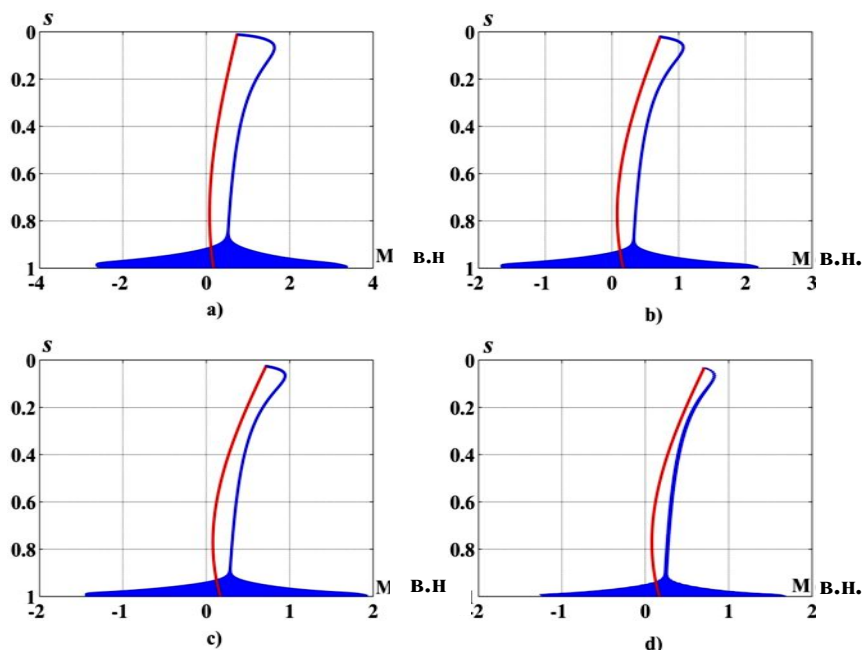
кишоварзии вилояти Суғд иҷро карда шудааст. Ҳисоби мӯҳлати хароҷотбарории системаи корандози мунтазам дар асоси инвертори ҷараён иҷро карда шуд. Аз рӯи натиҷаҳои ҳосилшуда феҳристи тавсияҳо барои баланд бардоштани эътимоднокии кори системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашӣ омода карда шуд. Характеристикаҳои муҳаррики асинхронӣ, шиддаташ 10 кВ ва ҷараёни статор 350 А, дар вақти қиматҳои гуногуни шиддати бозмонда дар ноқилҳои манба ва фурӯравии шиддат, дар расми 13 нишон дода шудаанд.



Расми 13. Характеристикаҳои механикии муҳаррики асинхронӣ модоми гуногун будани қимати шиддати бозмонда: а) 100%, б) 80%, с) 75%, д) 70%.

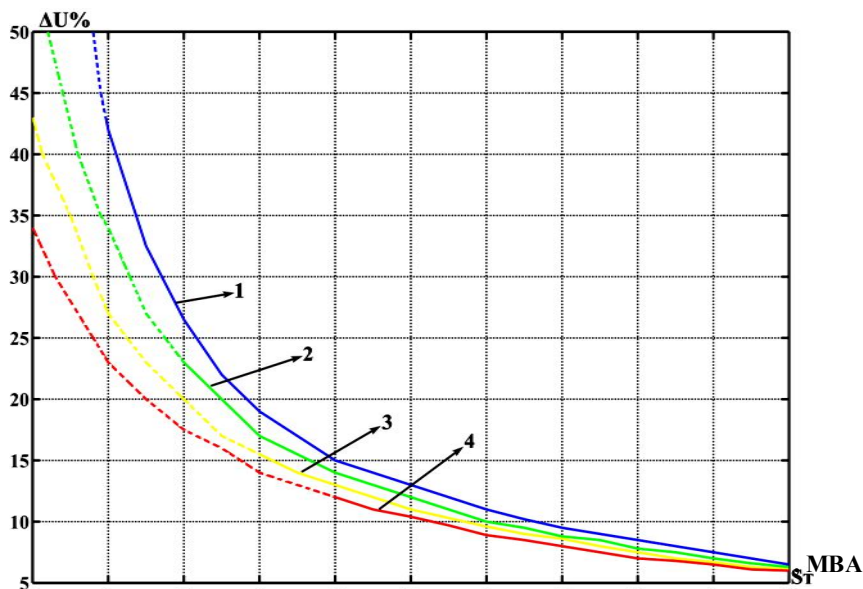
Характеристикаҳои ҳосилшуда нишон медиҳанд, ки бо камшавии шиддати бозмонда, захираи моменти динамикӣ дар вақти корандозӣ кам шуда, боиси гармшавӣ ва кашол ёфтани давомнокии корандозии муҳаррик мегардад. Ҳолати вазнини речаи корандозӣ мувофиқ ба тадқиқот, модоми шиддати бозмонда аз 75% паст дида мешавад, дар вақти 70% будан – муҳаррик ба кор надаромад.

Барои соختани характеристикаи механикии муҳаррики синхронӣ, муҳаррики амудии навъи ВДС2-325/69-16 бо иқтидори 8 МВт, шиддати статор 10 кВ, ҷараёни статор 540 А интихоб гардид. Дар натиҷа характеристикаҳои механикии муҳаррики синхронӣ дар қиматҳои гуногуни шиддати бозмонда ҳосил карда шуд (расми 14).



Расми 14. Хarakterистикаҳои механикии муҳаррики синхронии навъи ВДС2-325/69-16 модоми қиматҳои гуногуни шиддати бозмонда: 100%, 80%, 75% и 70%.

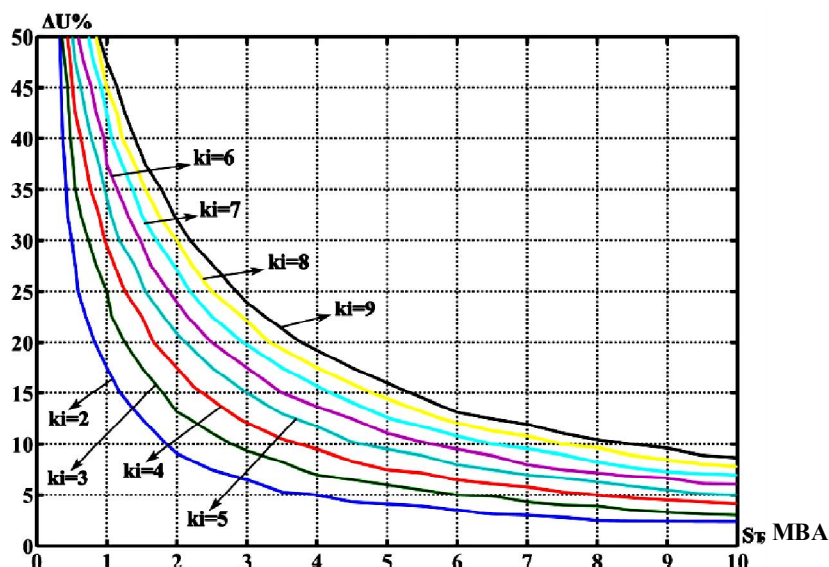
Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки модоми чуқурии фурӯравии шиддат аз 20% зиёд будан, муҳаррик дорои захираи ками моменти динамикӣ мешавад ва баромад ба суръати зерсинхронӣ кашол меёбад. Дар расми 15 графикҳои фурӯравии шиддат дар вақти корандозии мустақими муҳаррики асинхронӣ вобаста аз иқтидори трансформатор нишон дода шудааст.



Расми 15. Вобастагии таъсири кори МА ба чуқурии фурӯравии шиддати шабака ΔU дар вақти корандозии муҳаррикҳои навбатӣ: 1 – корандозии муҳаррики якҷум; 2 – корандозии муҳаррики дуҷум модоми кор кардани МЭ якҷум; 3 – корандозии сеҷум муҳаррик, модоми коркунии 2 дигар муҳаррик, 4 – корандозии муҳаррики чорҷум.

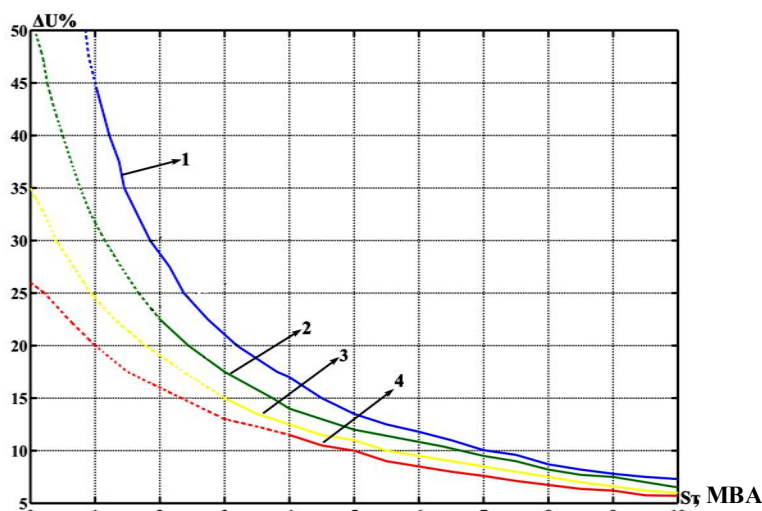
Вобастагиҳои графیکیи расми 15 нишон медиҳад, ки фурӯравии шиддати калонтарин дар вақти корандозии муҳаррики якҷум ба амал меояд, баъдан бо корандозии муҳаррикҳои навбатӣ фурӯравии шиддат камтар мешавад. Речаи корандозии муҳаррики якҷум аз ҳама речаи вазнин барои системаи таъминоти барқ

ба ҳисоб меравад. Дар расми 16 вобастагҳои чуқурии фурӯравии шиддати шабака аз иқтидори трансформатори шиддатдиҳанда модоми гуногун будани қаратнокии ҷараёни қорандозии муҳаррики асинхронӣ нишон дода шудааст. Ин графикҳо барои қорандозии мустақими муҳаррики яқум дуруст меоянд.



Расми 16. Таъсири ҷараёнҳои қорандозии муҳаррики асинхронӣ ба чуқурии фурӯравии шиддат ΔU модоми қорандозии мустақим

Графикҳои овардашуда (расми 16) имкони баҳодихӣ ба қимати фурӯравии шиддат модоми гуногун будани қимати ҷараёни қорандозии муҳаррик ва гуногун будани қимати номиналии иқтидори трансформатор, медиҳад. Дар расми 17 графикҳои таъсири қори параллелии муҳаррикҳои синхронӣ ба чуқурии фурӯравии шиддат модоми қорандозии мустақими муҳаррики синхронӣ оварда шудаанд.



Расми 17. Вобастагҳои графיקии таъсири МС параллел қор қардаистода ба чуқурии фурӯравии шиддат ΔU модоми қорандозии мустақим: 1 – қорандозии муҳаррики яқум, 2 – қорандозии муҳаррики дуҷум, модоми қор қардани муҳаррики яқум, 3 – қорандозии муҳаррики сеҷум ва 4 – қорандозии муҳаррики қорум модоми қор қардани се муҳаррикҳо.

Графикҳои овардашудаи расми 17 дурустанд танҳо барои қорандозии мустақими муҳаррики синхронӣ. Агар қорандозӣ бо таҷҳизоти қорандозии мунтазам

ё табилдихандаи басомад ичро шавад, он гоҳ графикҳо фарқ мекарданд. Тадқиқоти гузаронида шуда, нишон доданд, ки речаи аз ҳама вазнин барои системаи таъминоти барқи пойгоҳҳои обкашӣ, корандозии мустақими муҳаррики синхронии якум мебошад. Агар муҳаррик $\cos\phi$ номиналӣ дошта бошад, он гоҳ фурӯрави шиддат модоми корандозии муҳаррики навбатӣ 10-15% паस्तтар мешавад.

Дар вақти истифодаи табилдихандаи басомад, сарфаи умумии шабонарӯзии нерӯи барқ баробар мешавад:

$$\Delta W_{\text{сут}} = \sum_i^k \Delta P_i \cdot t_i, \quad (1)$$

дар ин ҷо ΔP_i – сарфаи иқтидор дар i -ум давра, кВт; t_i – вақти кори ҳаракатовари электрикӣ бо сарбории доимӣ, соат.

Сарфаи солонаи нерӯи барқ

$$\Delta W_{\text{год}} = 365 \cdot \Delta W_{\text{сут}}. \quad (2)$$

Бо тарофаи амалкунанда, арзиши нерӯи барқи сарфашуда баробар мешавад

$$CT_{\text{ээ}} = \Delta W_{\text{год}} \cdot T_{\text{э}}, \quad (3)$$

дар ин ҷо $T_{\text{э}}$ – тарофа ба нерӯи барқ, сомонӣ кВт·соат.

Мӯҳлати хароҷотбарории табилдихандаи басомад, сол

$$T_{\text{ок}} = \frac{CT_{\text{пч}}}{CT_{\text{ээ}}}, \quad (4)$$

дар ин ҷо $CT_{\text{пч}}$ – нархи табилдиханда, сомонӣ.

Дар ҷадвали 2 нишондиҳандаҳои иқтисодӣ ва техникийи системаҳои корандозии мунтазами муҳаррикҳои баландшиддати пойгоҳҳои обкашӣ оварда шудаанд.

Ҷадвали 2 – Нишондиҳандаҳои техникий-иқтисодии системаҳои корандозии мунтазами муҳаррикҳои синхронии калониқтидор

№	Нишондиҳанда	Системаҳо барои корандозии мунтазам		
		ТБ	ТКМ	Инвертори чараён
1	Иқтидори муҳаррик, кВт	8000,00	8000,00	8000,00
2	Нархи табилдиханда, млн. сомонӣ	4,38 - 7,30	2,19 - 2,34	2,19 - 2,34
3	Имконияти корандозии гурӯҳи муҳаррикҳо	нест	ҳаст	ҳаст
4	Ҳудуди маҳдудкунии чараён	то $3 \cdot I_{\text{ном}}$	то $3 \cdot I_{\text{ном}}$	то $1,3 \cdot I_{\text{ном}}$
5	ККФ-и система, %	95,0 – 98,0	99,50 - 99,90	99,50 - 99,90

Маълумоти ҷадвали 2 исбот мекунад, ки самари зиёдтарро истифодаи инвертори чараён муқоиса ба дигар таҷҳизот, медиҳад. Бузургҳои техникийи инвертори чараён ва ТКМ қариб якхелаанд, вале инвертори чараён маҳдудкунии чуқуртари чараёни корандозӣ дорад. Барои муҳаррикҳои иқтидорашон 8 МВт нархи ТБ тақрибан 2-4 маротиба аз инверторҳои чараён ва ТКМ гарантар аст. Аз ҷиҳати энергетикӣ (ККФ) инверторҳои чараён аз ТБ 2-5% беҳтар аст. Мӯҳлати хароҷотбарории система бо инвертори чараён аз 2,3 то 2,84 солро ташкил дод, ки ин кофӣ барои таҷҳизоти барқии системаи таъминоти барқ мебошад. Речаи кории пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда мавсимӣ буда, таваққуф дар кори онҳо ба

хисороти техникӣ ва иқтисодии назаррас оварда мерасонад. Варианти азнавқунии пешниҳодшуда барои баланд бардоштани захираи техникий таҷҳизоти барқии пойгоҳҳои обкашӣ бо инвертори чараён, инноватсионӣ ва ояндадор барои татбиқ мебошад. Баробари ин, аввал эътимодноқӣ ва устувории системаи таъминоти барқ баланд мешавад, устувории обёрикунии заминҳо ва бетаваккуф таъмин мешавад, дуҷум захираи техникий таҷҳизоти пойгоҳи обкашӣ баланд мегардад, сеюм интервалҳои таъмирҳо калон мешавад, шумораи таъмирҳои нақшавӣ кам мешаванд. Роҳи ҳалли техникий пешниҳодшаванда имкони босамар идораи речаҳои қорӣи пойгоҳҳои обкаширо дорад, баробари ин сифат ва ҳаҷми ҳосили кишоварзӣ баланд мешавад.

НАТИҶАҲО ВА ХУЛОСАҲОИ АСОСӢ

1. Ҳолатҳои бад аз ҳисоби танзими дастии диҳиши насосҳо ва қорандозии муҳаррикҳои қалонқидор дар пойгоҳи обкашӣ рух медиҳанд. Аниқ қарда шуд, ки қорандозии зуд-зуди муҳаррикҳои насосҳо ба қоҳиш ёфтани мӯҳлати қорӣ таҷҳизоти пойгоҳ оварда, ба қор ва ҳолати техникий пойгоҳҳои обкашии ҳамсоя таъсири манфӣ мерасонад [16-А, 38-А].

2. Аз рӯи натиҷаҳои тадқиқоти мувозинаи энергетикӣи пойгоҳи обкашӣ, маълум қарда шуд, ки самаранокии истифодаи ҳаракатовари электрикӣ бо танзими басомадӣ аз чуқурии танзими маҳсулнокии насос вобаста аст. Дар нуқтаҳои диҳиши максималии насос талафҳои иқтидор дар насос бо танзими басомадӣ метавонад зиёд шавад, нисбат ба танзими диҳиши насос бо кубурбанд [9-А].

3. Мувофиқ ба натиҷаи тадқиқоти моделҳои математикий мавҷудаи муҳаррикҳои асинхронӣ ва синхронӣ, моделҳои компютери СТБ ПОО бо МА ва МС насосҳо модоми қорандозии мустақим ва мунтазам, қорқард қарда шудаанд [24-А, 25-А, 30-А, 31-А]. Самти асосии ин моделҳо тадқиқоти равандҳои гузарандаи қорандозии муҳаррики баландшиддат ва СТБ ПОО мебошад.

4. Моделҳои компютерӣ барои тадқиқоти равандҳои гузарандаи қорандозии МА ва МС бо инвертори чараён, қорқард шудаанд [7-А, 8-А, 32-А].

5. Моделҳои компютерӣ барои тадқиқи гармшавии симпечҳои статори МС ва ноқилҳои ХИБ дар СТБ модоми қорандозии мустақим ва мунтазामी муҳаррик, қорқард шудаанд. Натиҷаи моделиронӣ нишон дод, ки гармшавии симпеч ва ноқилҳои ХИБ дар қорандозии мустақим зиёдтар аст нисбат ба қорандозии мунтазам [6-А, 37-А].

6. Натиҷаи тадқиқоти қорӣи бетаваккуфи СТБ ПОО нишон доданд, ки қимати ғайри имқонпазири фурӯравии шиддат модоми қорандозии муҳаррики баландшиддати яқум дида мешавад ва он барои пойгоҳи обкашии АНС-1 24,6% ташкил дод. Дар вақти қорандозии муҳаррикҳои дуҷум ва сеюм қимати фурӯравии шиддат қамтар шуд ва 19,7%, 16,8% ташкил дод. Вале, қиматҳои ҳосилшуда ба меъёрҳои қабулшуда мувофиқ нест, ки дар натиҷа дар пойгоҳи таҳқиқшаванда, таваккуфҳо ва садамаҳо бисёр рух медиҳанд.

7. Асосноккунии техникий-иқтисодии татбиқи системаи қорандозии мунтазам барои муҳаррикҳои баландшиддати ПОО ва муқоисаи техникий-иқтисодии роҳҳои воситаҳои системаи қорандозии мунтазам барои баланд бардоштани қорӣи бетаваккуфи СТБ ПОО, иҷро шудаанд. Натиҷаҳои таҳлил: нархи инвертори чараён

2-4 маротиба арзонтар аст нисбат ба табдилдиҳандаҳои басомад; инвертори ҷараён имкони маҳдудкунии ҷараёни корандозии муҳаррики электрикӣ то $1,3 \cdot I_{ном}$ дорад [1-А, 2-А].

8. Ҷорабинӣ барои баланд бардоштани қори бетаваққуфи СТБ ПОО сатҳи якум бо инвертори ҷараён пешниҳод шудааст [35-А]. Самаранок ва мақсаднок будани ҷорабиниро натиҷаҳои тадқиқот дар диссертатсия ва корҳои илмӣ олимони хориҷии соҳаи мазкур, тасдиқ мекунанд. Аз рӯи натиҷаи тадқиқот: модоми корандозии МС бо инвертори ҷараён фуруравии шиддат дар СТБ ПОО, махсусан дар ХИБ 10 кВ ба $\delta U=2-3\%$ баробар гашт, ки он бо стандарт мувофиқ аст; дар ХИБ 110 кВ фуруравии шиддат ба $\delta U=0,5-0,8\%$ баробар гашт; таҳлили спектралӣ ХИБ 10 кВ ва 110 кВ модоми корандозии МС бо инвертори ҷараёни сатҳи умумии коэффитсиенти таркиби лаппишнокии шиддатро мувофиқан $K_U=2,28\%$ ва $K_U=0,7\%$ нишон дод; мӯҳлати қори муҳаррики электрикӣ модоми чунин корандозӣ 30-40% зиёд мегардад; давомнокии истифодабарии дастгоҳҳои технологӣ 50-60% меафзояд [1-А, 8-А].

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМӢ АЗ РӢИ МАВЗӢИ ДИССЕРТАТСИЯ

Наширияҳо дар маҷаллаҳои тақризии дар ҚОА тавсияшуда:

[1 – А] Дадабаев, Ш.Т. Мероприятия по повышению технического ресурса электрооборудования мощных оросительных насосных станций / Ш.Т. Дадабаев, Э.Ю. Абдуллазянов, Е.И. Грачева // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2023. – Т. 25. – № 2. – С. 26-40.

[2 – А] Дадабаев, Ш.Т. Технико-экономическое обоснование применения системы плавного пуска для высоковольтных электродвигателей насосных агрегатов / Ш.Т. Дадабаев, Е.И. Грачева // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24. – № 1. – С. 141-150.

[3 – А] Исследование пусковых режимов асинхронных двигателей при низком качестве электроэнергии питающей сети / Ш.Т. Дадабаев, Е.И. Грачева, И.Р. Каримов, С. Валтчев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 1(49). – С. 3-15.

[4 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследование пусковых переходных процессов асинхронного двигателя при пониженной частоты напряжения сети / Ш.Т. Дадабаев, И.И. Исмоилов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 10. – С. 290-295.

[5 – А] Мирхаликова, Д.С. Исследование пусковых режимов асинхронного электропривода оросительной насосной станции при пониженном напряжении сети / Д.С. Мирхаликова, Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 303-309.

[6 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследование нагрева обмоток синхронного электродвигателя большой мощности при прямом пуске / Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 213-215.

[7 – А] Дадабаев, Ш.Т. Компьютерное моделирование инвертора тока используемое для пуска высоковольтных электродвигателей / Ш.Т. Дадабаев // Известия

Тулъского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 2. – С. 370-375.

[8 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследование эффективности пуска высоковольтных синхронных электродвигателей при помощи инвертора тока / Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 10. – С. 618-621.

[9 – А] Дадабаев, Ш.Т. Оптимизация пусковых режимов работы высоковольтных электроприводов оросительной насосной станции с учетом жаркого климата / Ш.Т. Дадабаев // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2018. – Т. 61. – № 2. – С. 86-91.

[10 – А] Дадабаев, Ш.Т. Разработка математической модели системы регулирования насосных агрегатов оросительной станции первого подъема / Ш.Т. Дадабаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 9-1. – С. 532-536

[11 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследование технологических и переходных процессов электроприводов турбомеханизмов / Ш.Т. Дадабаев, Х.А. Рахматов, Б.А. Абдумаликов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 4. – С. 256-262.

[12 – А] Вохидов, А.Д. К вопросу о задачах повышения надежности системы электроснабжения насосной станции первого подъема / А.Д. Вохидов, Ш.Т. Дадабаев, Ф.М. Разоков // Надежность. – 2016. – Т. 16. – № 4(59). – С. 36-39.

[13 – А] Дадабаев, Ш.Т. Перспективы внедрения регулируемых электроприводов в насосных агрегатах большой мощности / Ш.Т. Дадабаев // Энергетик. – 2015. – № 7. – С. 31-33.

[14 – А] Дадабаев, Ш.Т. Математическая модель оросительной насосной станции первого подъема / Ш.Т. Дадабаев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 3(178). – С. 239-242.

[15 – А] Дадабаев, Ш.Т. Исследования применения энергоэффективных способов управления в электроприводах с вентиляторной нагрузкой / Ш.Т. Дадабаев, В.Н. Ларионов // Вестник Таджикского технического университета. – 2014. – № 4(28). – С. 56-59.

[16 – А] Дадабаев, Ш.Т. Обзор и оценка способов управления насосными установками / Ш.Т. Дадабаев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2013. – № 12. – С. 28-30.

[17 – А] Дадабаев, Ш.Т. Особенности механических характеристик электроприводов с вентиляторным характером нагрузки / Ш.Т. Дадабаев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2013. – № 11. – С. 29-34.

Наширхо дар маҷаллаҳои тақризи ва конференсияҳои базаи маълумоти байналхалқии SCOPUS, Web of Science:

[18 – А] Failure Distribution Laws for 110 kV Overhead Power Lines in a Sharply Continental Climate / M. Toshkhodzhaeva, E. Gracheva, M. Homidova [et al.] // *4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*, – Lipetsk, 2022, – P. 787-791.

[19 – А] Dadabaev, S.T. Study of starting transition processes of asynchronous motor at a lowered mains voltage frequency / S.T. Dadabaev, Z.A. Dadabaeva, E.I. Gracheva //

Sustainable Energy Systems: innovative perspectives : Conference proceedings, Saint-Petersburg, 29–30 October 2020. – Saint-Petersburg: Springer, Cham, 2021. – P. 206-213.

[20 – А] Some issues of the functioning of electric power systems with distributed generation sources / M.I. Toshkhodzhaeva, A.A. Mirzoakhmedev, S.T. Dadabaev, E.I. Gracheva // *Sustainable Energy Systems: innovative perspectives : Conference proceedings*, Saint-Petersburg, 29–30 October 2020. – Saint-Petersburg: Springer, Cham, 2021. – P. 331-338.

[21 – А] Modeling the Reliability of High-Voltage Power Transmission Lines Taking into Account the Influence of the Parameters of a Sharply Continental Climate / E. Gracheva, M. Toshkhodzhaeva, O. Rahimov [et al.] // *International Journal of Technology*. – 2020. – Vol. 11. – No 8. – P. 1557-1569.

[22 – А] Dadabaev, S. Computer Modeling of Pumping Station with Unregulated Electric Drive / S. Dadabaev, E. Gracheva // *E3S Web of Conferences*, Saint-Petersburg, 29–30 October 2020. – Saint-Petersburg, 2020. – P. 01039.

[23 – А] Problems of Electric Power System Management taking into account Sources Distributed Generation / M. Toshkhodzhaeva, O. Rahimov, S. Dadabaev, E. Gracheva // *E3S Web of Conferences*, Saint-Petersburg, 29–30 October 2020. – Saint-Petersburg, 2020. – P. 01034.

[24 – А] Dadabaev, S.T. Modeling of starting transition processes of asynchronous motors with reduced voltage of the supply network / S.T. Dadabaev, T.M. Islomovna, M.D. Saidulloevna // *European Journal of Electrical Engineering*. – 2020. – Vol. 22. – No 1. – P. 23-28.

Мақолаҳо дар дигар нашрияҳо

[25 – А] Дадабаев, Ш. Т. Моделирование пусковых режимов синхронного электропривода насосной станции / Ш. Т. Дадабаев // САПР и моделирование в современной электронике : Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции, Брянск, 21–22 октября 2021 года. – Брянск: Новый формат, 2021. – С. 115-119.

[26 – А] Дадабаев, Ш. Т. Исследование пусковых режимов асинхронного двигателя при низком качестве питающей сети / Ш. Т. Дадабаев // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте : материалы XV МНТК, Вологда, 08 декабря 2020 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2021. – С. 87-91.

[27 – А] Дадабаев, Ш. Т. Исследования провалов напряжения в сети при пусковых режимах мощных асинхронных двигателей / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2020. – № 2. – С. 102-107.

[28 – А] Дадабаев, Ш. Т. К вопросу об исследовании провалов напряжения в сети при пусковых режимах электропривода насосных станций / Ш. Т. Дадабаев // Современные проблемы и перспективы развития науки, техники и образования. [Электронный ресурс]: Материалы I Национальной научно-практической конференции (30 ноября 2020 г.); ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (1,29 Мб). – Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г. И. Носова», 2020. С. 773-776.

[29 – А] Дадабаев, Ш. Т. К вопросу эффективности внедрения регулируемых электроприводов в насосных станциях / Ш. Т. Дадабаев // Наука и образование -

2019 : Материалы всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 15 ноября 2019 года. – Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2020. – С. 296-301.

[30 – А] Дадабаев, Ш. Т. Моделирование пусковых режимов синхронных электродвигателей насосных агрегатов / Ш. Т. Дадабаев // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности : Материалы III МНТК, Чебоксары, 14–16 ноября 2019 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2019. – С. 311-314.

[31 – А] Дадабаев, Ш. Т. Моделирование мягкого пуска синхронных электроприводов / Ш. Т. Дадабаев // САПР и моделирование в современной электронике : Сборник научных трудов III МНПК, Брянск, 24–25 октября 2019 года. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2019. – С. 140-144.

[32 – А] Дадабаев, Ш. Т. Компьютерное моделирование инвертора тока в программе MATLAB/Simulink используемое для электроприводов большой мощности / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2019. – № 1. – С. 113-118.

[33 – А] Дадабаев, Ш. Т. Математическое моделирование системы регулирования насосной станции путем изменения производительности насоса / Ш. Т. Дадабаев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2018) : Труды МНТК, Самара, 14–16 апреля 2018 года / Под редакцией С.А. Прохорова. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2018. – С. 982-987.

[34 – А] Дадабаев, Ш. Т. Математическая модель системы регулирования насосных агрегатов / Ш. Т. Дадабаев // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. – 2018. – № 1(6). – С. 37-43.

[35 – А] Дадабаев, Ш. Т. Теория и практика использования инвертора тока для пуска высоковольтного синхронного электропривода / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2018. – № 1. – С. 95-99.

[36 – А] Дадабаев, Ш. Т. Исследование пусковых переходных процессов высоковольтного синхронного электропривода с учетом нагрева и жаркого климата / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2017. – № 1. – С. 179-184.

[37 – А] Дадабаев, Ш. Т. Компьютерное моделирование нагрева синхронных электроприводов насосных агрегатов при различных способах пуска / Ш. Т. Дадабаев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017) : труды МНТК, Самара, 14–16 марта 2017 года. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2017. – С. 878-882.

[38 – А] Дадабаев, Ш. Т. К вопросу эффективности внедрения регулируемого электропривода в насосных агрегатах оросительных станций первого подъема / Ш. Т. Дадабаев // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи : материалы IV российской молодежной научной школы-конференции: в 2 томах, Томск, 01–03 ноября 2016 года / Томский политехнический университет. Том 1. – Томск: ООО «ЦРУ», 2016. – С. 4-10.

[39 – А] Дадабаев, Ш. Т. Анализ пусковых режимов крупных вертикальных синхронных двигателей насосных агрегатов / Ш. Т. Дадабаев // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии : сборник докладов 4-й МНПК в рамках выставки «Энергосбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение», Екатеринбург, 26–28 мая 2015 года / научный редактор Ф. Н. Сарапулов. – Екатеринбург: ООО "Издательство УМЦ УПИ", 2015. – С. 160-163.

АННОТАТСИЯ

ба диссертатсияи Дадобоев Шаҳбоз Толибҷонович дар мавзӯи «Баланд бардоштани кори бетаваққуфи системаҳои таъмини барқи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда модоми тағйирдиҳии сарбории онҳо», ки барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.14.01 – Системаҳо ва мучтамаъҳои энергетикӣ пешниҳод шудааст.

Калимаҳои калидӣ: пойгоҳи обкашии обёрикунанда (ПОО), ҳаракатовари электрикӣ (ҲЭ), системаи таъминоти барқ (СТБ), муҳарриқи электрии баландшиддат (МЭБ), муҳарриқи асинхронӣ (МА), муҳарриқи синхронии амудӣ МСА, захираи техникӣ, моделиронии математикӣ, моделиронии компютерӣ, таҷҳизоти корандози мунтазам (ТКМ), инвертори чараён, табдилдиҳандаи басомад, фурӯравии шиддат, сифати нерӯи барқ.

Мубрамияти мавзӯи диссертатсия. Кор ба ҳалли мушкилоти ҳам назариявӣ ва ҳам амалии баланд бардоштани кори бетаваққуфи СТБ ПОО бахшида шудааст.

Мақсади кори диссертатсионӣ: баланд бардоштани кори бетаваққуфи СТБ ПОО дар вақти тағйирдиҳии сарбории онҳо ва баланд бардоштани захираи техникӣ таҷҳизоти барқии ПОО мебошад.

Усулҳои таҳқиқот. Дар таҳқиқот усулҳои назарияи ҲЭ ва электротехника, усулҳои моделиронии математикӣ ва компютерӣ, инчунин усули мувозинатии энергетикӣ дар вақти кори агрегатҳои обкаш истифода бурда шудаанд.

Навоариҳои илмии кор.

1. Коркарди моделҳои ҲЭ асинхронӣ ва синхронӣ, ки аз моделҳои вучуд дошта бо имкониятҳои тадқиқоти маҷмӯӣ гузаронидан доир ба бузургҳои ҲЭ дар вақти корандозии мустақим ва мунтазам, ба монанди чараёни фазагии муҳаррик, суръати ротори он, моменти электромагнитӣ, гармшавии симпечҳо ва фурӯравии шиддат, фарқ мекунад.

2. Коркарди модели компютерии ҲЭ асинхронӣ ва синхронӣ бо инвертори чараён, ки имкони гузаронидани тадқиқоти дақиқи бузургҳои ҲЭ дар вақти корандозӣ бо назардошти таъсироти манфии беруна, дорад.

3. Коркарди моделҳои компютерӣ, ки бо ёрии онҳо имкони танзими речаҳои корандозии таҷҳизоти барқӣ – муҳаррик ва агрегати обкаш – бо истифодаи инвертори чараён ва самаранок чорӣ намудани чорабинӣ доир ба баланд бардоштани кори бетаваққуфи СТБ ПОО, мавҷуд аст. Ин роҳи корандозии муҳаррикҳо аз роҳҳои мавҷуд буда бо қимати минималии чараёнҳои корандозии муҳаррик, маҳдудкунии ҷиддии моментҳои электромагнитии аломаташон тағйирёбандаи муҳаррик, минимизатсияи фурӯравии шиддат ва баландгардии устувории энергосистемаи пойгоҳҳои обкашии обёрикунанда, фарқ мекунад.

Аҳамияти амалии кор. Истифодаи хулосаҳо ва тавсияҳои пешниҳодшуда ба самаранок идоракунии ҲЭ пойгоҳҳои обкашии системаҳои обёрикунанда, минимизатсияи фурӯравии шиддат дар шабака, баландшавии устувории энергосистема ва захираи техникӣ дастгоҳҳои пойгоҳҳои обкашӣ, оварда мерасонад.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия дар ҳаҷми 192 саҳефа иҷро шуда, аз муқаддима, 5 боб, хулоса, 133 номгӯи адабиётҳо, 7 замима, 20 ҷадвал ва 121 расм иборат аст.

АННОТАЦИЯ

на диссертацию Дадабаева Шахбоза Толибджоновича на тему: «**Повышение бесперебойности работы систем электроснабжения оросительных насосных станций при изменении их нагрузок**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Ключевые слова: оросительная насосная станция, электропривод, система электроснабжения, высоковольтный электродвигатель, асинхронный двигатель, вертикальный синхронный двигатель, технический ресурс, математическое моделирование, компьютерное моделирование, устройства плавного пуска, инвертор тока, преобразователи частоты, провал напряжения, качества электроэнергии.

Актуальность темы диссертации: Работа посвящена решению как теоретических, так и практических проблем повышения бесперебойности работ системы электроснабжения оросительных насосных станций.

Цель диссертационной работы - повышение бесперебойности работы систем электроснабжения оросительных насосных станций при изменении их нагрузок.

Методы исследования. При проведении исследований применялись методы теории ЭП и электротехники, методы математического и компьютерного моделирования, а также метод энергетических балансов при работе НА.

Научная новизна.

1. Разработаны компьютерные модели асинхронного и синхронного ЭП, отличающиеся от известных моделей тем, что позволяют проводить комплексные исследования параметров ЭП при прямом и плавном пуске, включающих в себя фазные токи двигателя, скорость вращения его ротора, электромагнитный момент, а также нагрев обмоток и провалы напряжения.

2. Разработана компьютерная модель асинхронного и синхронного ЭП с инвертором тока, позволяющая проводить детальный анализ параметров ЭП при пуске с учётом внешних возмущений.

3. Разработаны компьютерные модели, с помощью которых возможно регулировать пусковые режимы электрооборудования - двигателей и НА - при использовании инвертора тока и эффективно внедрять мероприятия по повышению бесперебойности работы СЭС ОНС. Данный способ пуска двигателей отличается от существующих минимальными значениями пусковых токов, строгим ограничением пусковых знакопеременных электромагнитных моментов электродвигателя и минимизацией провалов напряжения в сети, а также повышением устойчивости работы энергосистем, объединяющих ОНС.

Практическая ценность работы. Использование предложенных выводов и рекомендаций способствует эффективному управлению ЭП НС оросительных систем, минимизации провалов напряжения в сети, повышению бесперебойности энергосистемы, увеличению технического ресурса ЭД НС и электрооборудования ОНС в целом.

Структура и объем диссертации. Диссертация представлена на 192 страницах, содержит введение, 5 глав, заключение, 133 литературных источника, 7 приложений, 20 таблиц и 121 рисунок.

ANNOTATION

for the dissertation of Dadabaev Shakhboz Tolibjonovich on the topic: “Increasing the uninterrupted operation of power supply systems of irrigation pumping stations when their loads change,” submitted for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.14.01 – Electric power systems and complexes.

Key words: irrigation pumping station (IPS), electric drive (ED), power supply system, high-voltage electric motor, asynchronous motor, vertical synchronous motor, technical resource, mathematical modeling, computer modeling, soft starters, current inverter, frequency converters, voltage dip, power quality.

Relevance of the dissertation topic: The work is devoted to solving both theoretical and practical problems of increasing the uninterrupted operation of the power supply system of irrigation pumping stations.

The purpose of the dissertation work is to increase the uninterrupted operation of power supply systems of irrigation pumping stations when their loads change.

Research methods. When conducting research, methods of electric power theory and electrical engineering, methods of mathematical and computer modeling, as well as the method of energy balances during plant operation were used.

Scientific novelty.

1. Computer models of asynchronous and synchronous electric drives have been developed, which differ from well-known models in that they allow complex studies of electric drive parameters during direct and soft starting, including phase currents of the motor, rotation speed of its rotor, electromagnetic torque, as well as heating of the windings and failures voltage.

2. A computer model of asynchronous and synchronous electric drives with a current inverter has been developed, which allows for a detailed analysis of the electric drive parameters during startup, taking into account external disturbances.

3. Computer models have been developed with the help of which it is possible to regulate the starting modes of electrical equipment - motors and equipment - when using a current inverter and to effectively implement measures to increase the uninterrupted operation of the solar power station IPS. This method of starting motors differs from existing ones in the minimum values of starting currents, strict limitation of starting alternating electromagnetic torques of the electric motor and minimization of voltage dips in the network, as well as increasing the stability of the operation of power systems that combine IPS.

Practical value of the work. The use of the proposed conclusions and recommendations contributes to the effective management of the PS ED of irrigation systems, minimizing voltage dips in the network, increasing the uninterrupted operation of the power system, increasing the technical resource of the PS ED and the electrical equipment of the PS in general.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation is presented on 192 pages, contains an introduction, 5 chapters, a conclusion, 133 literary sources, 7 appendices, 20 tables and 121 figures.