



О. В. КРЮКОВ
В. Н. МЕЩЕРЯКОВ
М. Н. СЫЧЕВ
Н. И. СЫЧЕВ
В. А. ИППОЛИТОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ГАЗОПРОВОДОВ



«Инфра-Инженерия»

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ГАЗОПРОВОДОВ

Монография

*Под общей редакцией доктора технических наук О. В. Крюкова
и доктора технических наук В. Н. Мещерякова*

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022

УДК 621.3
ББК 31.2
С56

Авторы:

Крюков О. В., Мещеряков В. Н., Сычев М. Н., Сычев Н. И., Ипполитов В. А.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
профессор кафедры электрооборудования, электропривода и автоматики
НГТУ им. Р. Е. Алексеева *В. Г. Титов*;

доктор технических наук, профессор, руководитель
НОЦ «Энергоэффективные двигатели двойного питания» НИ Мордовского
гос. университета им. Н. П. Огарева, эксперт РАН РФ *И. В. Гуляев*

С56 Современные электроэнергетические и электромеханические системы компрессорных станций газопроводов : монография / [Крюков О. В. и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук О. В. Крюкова и д-ра техн. наук В. Н. Мещерякова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 200 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-0983-4

Рассмотрены конкурентные преимущества новых аппаратных и алгоритмических средств электроэнергетических и электромеханических установок, обеспечивающих эффективную работы технологического оборудования современных компрессорных станций газотранспортных систем. Предложены инновационные методы в разработке энергоэффективных систем электроснабжения и автоматизированного электропривода центробежных нагнетателей и аппаратов воздушного охлаждения газа при работе в статических и динамических режимах работы. Предложены методы и результаты комплексного проектирования АСУ ТП, включая телемеханику и диспетчеризацию работы электроприводных компрессорных станций магистрального транспорта газа.

Для специалистов электроэнергетических направлений, занятых в проектировании и эксплуатации оборудования компрессорных станций ЕГС России. Может быть использовано студентами при выполнении курсовых и дипломных проектов, при обучении в магистратуре и аспирантуре по соответствующим направлениям.

УДК 621.3
ББК 31.2

ISBN 978-5-9729-0983-4

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Список используемых сокращений	5
Введение	9
Глава 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ОБОРУДОВАНИЕ КС.....	12
1.1. Опыт пуско-наладочных работ по введению в эксплуатацию КС в модульной компоновке.....	12
1.2. Моделирование пульсаций потока газа в трубопроводе с использованием программного комплекса ANSYS CFX.....	23
1.3. Основные направления и задачи энергосбережения при реконструкции КС.....	31
1.4. Инновационные решения в проектировании систем наружного освещения компрессорных станций.....	38
1.5. Особенности организации РЗиА вдольтрасовых ВЛ-10 кВ магистральных газопроводов.....	48
1.6. Программа внедрения и строительства электростанций и энергоустановок на период до 2030 года	59
1.7. Расширение функциональных возможностей РУ КТП «Каскад».....	73
1.8. Анализ вариантов резервирования объектов электроэнергетики газовой промышленности.....	80
Глава 2. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ.....	91
2.1. Перспективы применения современных преобразователей частоты для регулирования производительности ЭГПА.....	91
2.2. Исследование устойчивости магнитного подвеса ЭГПА	102
2.3. Синтез векторной САР возбуждения ЭГПА.....	120
2.4. Теоретическое обоснование и аппаратные возможности перехода на ТОиР ЭГПА по состоянию	133
2.5. Особенности групповой работы электроприводов КС.....	154
2.6. Инверторы напряжения и инверторы тока с релейным регулированием выходных переменных	160

2.7. Схема оптимального частотного управления электроприводом на базе асинхронного короткозамкнутого двигателя и АИТ с РРТ	166
2.8. Схема оптимального частотного управления асинхронным электроприводом на базе АИН.....	182
Заключение	187
Список литературы.....	188

Составлено в соответствии с Типовой научно-исследовательской работой по теме «Анализ и разработка конструкции гидравлических узлов для трансформаторных подстанций» № 1.1.10573.02.01.01-2005	
Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Климентьев Н.А.	
Ведущий научный сотрудник – кандидат технических наук, доцент Пантелеймонов Е.П.	
Составлено в соответствии с Типовой научно-исследовательской работой по теме «Анализ и разработка конструкции гидравлических узлов для трансформаторных подстанций» № 1.1.10573.02.01.01-2005	
Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Климентьев Н.А.	
Ведущий научный сотрудник – кандидат технических наук, доцент Пантелеймонов Е.П.	
Аналитический раздел	
1.1. Аналитика существующих гидравлических схем с целью определения способа дальнейшего развития гидравлической агрегатации	
1.2. Постановка задачи для дальнейшего разработки гидравлической агрегатации	
2.1. Аналитическое исследование гидравлической агрегатации для трансформаторов с линзовидными обмотками	
2.2. Оценка идентификации параметров гидравлической агрегатации	
2.3. Анализ гидравлической агрегатации в соответствии с критериями Р.С.Джорджа и И.Г.Линдберга	
2.4. Оптимизация гидравлической агрегатации в соответствии с критериями Р.С.Джорджа и И.Г.Линдберга	
2.5. Выводы по гидравлической агрегатации	
3.1. Аналитическое исследование гидравлической агрегатации для трансформаторов с цилиндрическими обмотками	
3.2. Оценка идентификации параметров гидравлической агрегатации	
3.3. Анализ гидравлической агрегатации в соответствии с критериями Р.С.Джорджа и И.Г.Линдберга	
3.4. Оптимизация гидравлической агрегатации в соответствии с критериями Р.С.Джорджа и И.Г.Линдберга	
3.5. Выводы по гидравлической агрегатации	
4.1. Выводы по гидравлической агрегатации	
4.2. Заключение	

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перед всей отечественной промышленностью и лидерами экономики, такими как группа компаний ПАО «Газпром», стоят грандиозные задачи нового проектирования, строительства, модернизации систем газодобычи, транспорта и переработки природного газа в Российской Федерации и устойчивых поставок газа зарубежным потребителям. Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин заявил [1], что Россия за 20 лет может увеличить добычу природного газа практически в 1,5 раза до уровня 1 трлн кубометров, и все возможности для этого у страны имеются. Россия должна сохранять лидерство и увеличивать свое присутствие на мировом рынке углеводородов. Глава Минэнерго России также отметил [2], что, в соответствии с проектом Генеральной схемы развития газовой отрасли, инвестиции на ее развитие до 2030 года могут составить 12,3–14,7 трлн рублей.

Еще 15–20 лет назад на российском рынке нового электроэнергетического оборудования практически отсутствовали понятия «энергоэффективность», «ресурсосбережение», «мониторинг онлайн», не говоря уже про интеллектуальные системы, системы прогнозирования технического состояния, адаптивные системы. Сегодня все эти тенденции не только получили реальное воплощение в различных технических системах и технологических агрегатах, но и продолжают свое развитие. Так, например, еще в 2011 году запущена первая компрессорная станция, работающая по принципам малолюдных и безлюдных технологий, а сегодня таких уже несколько. Подобные объекты, относящиеся к категории объектов повышенной опасности реализованы в электроэнергетике, химии и других отраслях промышленности и особенно в ТЭК.

Под термином «энергоэффективность» сегодня понимается эффективное (рациональное) использование энергетических (электрических, тепловых, углеводородных, возобновляемых и прочих) ресурсов. То есть стремление использования меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения технологических процессов на производстве или условий жизнеобеспечения зданий и сооружений при соблюдении требований к охране окружающей среды. Эта отрасль знаний находится на стыке нескольких наук в инженерии, экономики, юриспруденции и социологии.

В этой связи при подходе к анализу состояния энергоэффективных технологий необходимо учитывать действующие нормативные и правовые документы национального и международного уровней:

- Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ».
- Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 28.08.2003 № 1234-Р).
- Климатическая доктрина РФ (утверждена Распоряжением Президента РФ от 17 декабря 2009 г. № 861-рп).
- Доктрина энергетической безопасности РФ (утверждена Указом Президента РФ от 13 мая 2019 г. № 219).
- Указ Президента РФ от 30 сентября 2013 г. № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов».
- Постановление Правительства РФ от 15 мая 2010 г. № 340 «Правила установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности».
- Генеральная схема развития газовой отрасли на период до 2030 года (утверждена приказом Минэнерго России от 6 июня 2011 г.).
- Политика ПАО «Газпром» в области энергоэффективности и энергосбережения (утверждена постановлением Правления ПАО «Газпром» от 11 октября 2018 г. № 39).
- ISO 50001:2018-08 (второе издание) Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению.

В этой связи только комплексный и системный подход к задаче энергоэффективности и энергосбережению на различных объектах может дать ощутимый результат. Однако сегодня на рынке энергоэффективных и энергосберегающих технологий и оборудования можно наблюдать лишь технические решения локальных задач, которые могут приводить в целом для производств и к отрицательным результатам. Так, например, массовое увлечение внедрением преобразователей частоты для плавного регулирования параметров электроприводов технологических агрегатов без должного технико-экономического обоснования приводит к ухудшению энергетических показателей электрических сетей и большим потерям на компенсацию реактивной мощности и гармонического состава напряжения в узлах подключения нагрузки и снижению ресурса электрооборудования. При этом незначительная экономия активной электроэнергии на локальном объекте нередко приводит к значительному росту других видов энергии (реактивной, тепловой и др.).

Кроме того, большая часть производителей нового отечественного электрооборудования в рамках концепции импортозамещения слепо копирует

дешевые иностранные образцы (китайские, турецкие и прочие), которые не отвечают современному уровню ведущих мировых лидеров в области энергоэффективности и энергосбережения. Это обусловлено тем, что на нашем отечественном рынке главным критерием выбора энергетического оборудования является его минимальная цена, а не технические возможности и энергетическая безопасность длительной безаварийной работы техники.

В этой связи возможности отечественных производителей к переходу на производство современных цифровых и интеллектуальных электроэнергетических и электромеханических систем (подстанций, распределительных устройств, электроприводов) для различных объектов и технологических комплексов. Подобные разработки ведутся на ведущих отечественных предприятиях, включая ООО «ТСН-электро» на базе КРУ «Каскад», а ИТ-алгоритмы и технологии запатентованы [3–7]. Активное внедрение в энергетику сетевых технологий и увеличение доступности средств автоматизации низкого и среднего уровня связано с применением программируемых контроллеров и средств человека-машинного интерфейса.

Во вновь представленной монографии, в отличие от предыдущих [8–12], посвященных анализу основных направлений энергосбережения в газовой отрасли, энергосберегающих технологий и мероприятиям по снижению энергозатрат при магистральном транспорте газа, в настоящем издании делается акцент на системные решения по всем проблемам газотранспортных систем во взаимосвязи с решением экологических задач и АСУ КС. Систематизация новых аппаратных и алгоритмических возможностей электрооборудования КС производится адаптировано к конкретным параметрам промышленных установок с возможностью реализации систем комплексной автоматизации.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам – доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ, профессору кафедры «Электрооборудование, электропривод и автоматика» НГТУ им. Р. Е. Алексеева В. Г. Титову и доктору технических наук, профессору, руководителю НОЦ «Энергоэффективные двигатели двойного питания» НИ Мордовского гос. университета им. Н. П. Огарева, эксперту РАН РФ И. В. Гуляеву за ценные замечания по редактированию структуры и текста монографии.

Научное издание

КРЮКОВ Олег Викторович
МЕЩЕРЯКОВ Виктор Николаевич
СЫЧЕВ Максим Николаевич
СЫЧЕВ Николай Иванович
ИППОЛИТОВ Владимир Алексеевич



СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ГАЗОПРОВОДОВ

Монография

ISBN 978-5-9729-0983-4



Подписано в печать 28.01.2022

Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс».

Издательство «Инфра-Инженерия»
160011, г. Вологда, ул. Козленская, д. 63

Тел.: 8 (800) 250-66-01

E-mail: booking@infra-e.ru

<https://infra-e.ru>

Издательство приглашает
к сотрудничеству авторов
научно-технической литературы