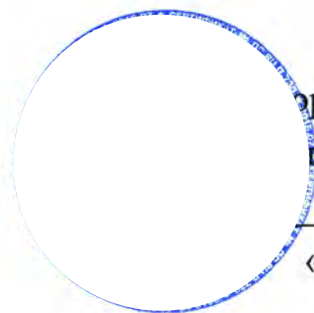


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1,  
Телефон: (499) 507-88-88 (многоканальный); факс: (499) 507-88-77  
ОКПО 02066612; ОГРН 1027739073845; ИНН/КПП 7736093127/773601001  
E-mail: [com@gubkin.ru](mailto:com@gubkin.ru); <http://www.gubkin.ru>



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор по научной и международной работе  
Института технических наук, профессор  
\_\_\_\_\_ А.Ф. Максименко

«22» октябре 2019 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

ФГАОУ ВО РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»  
на диссертационную работу Жеребцова Андрея Леонидовича  
на тему «Повышение эффективности синхронного электропривода  
газоперекачивающих станций в постфорсировочных режимах работы»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.09.03- «Электротехнические комплексы и системы»

В представленной на отзыв диссертационной работе и автореферате Жеребцова А.Л. отражены выполненные исследования, направленные на решение научной проблемы повышения устойчивости и эффективности работы синхронного привода газоперекачивающих агрегатов (ГПА) компрессорных станций (КС) при провалах напряжения за счет совершенствования способов и алгоритмов управления возбуждением синхронных машин.

Актуальность темы обусловлена частыми возмущениями в электрических сетях внутреннего и особенно внешнего электроснабжения, проявляющихся в виде провалов напряжения в узлах нагрузки и на вводах электродвигателей, которые неизбежны при эксплуатации электрических сетей и могут при-

водить к нарушению устойчивости электродвигателей и электротехнических систем в целом, остановам электродвигателей и технологических процессов. Особенно остро задача повышения устойчивости стоит для мощных синхронных электроприводов ГПА КС магистральных газопроводов, останов которых сопровождается выбросом газа на факел, нарушениями сложного технологического процесса, большими экономическими потерями. Одно из направлений решения проблемы связано с эффективным управлением форсировкой возбуждения синхронных двигателей в процессе провалов напряжения. В данной работе особое внимание уделено управлению возбуждением в постфорсировочных режимах, которые, как доказано в работе, во многом влияют на сохранение устойчивости двигателей. Таким образом, тема рассматриваемой диссертационной работы Жеребцова А.Л. по решению проблемы устойчивости синхронных приводов и многомашинных электротехнических систем в целом путем совершенствования способов и алгоритмов управления возбуждением синхронных двигателей в постфорсировочных режимах безусловно является актуальной.

**Основные результаты работы и их значимость.** В ходе проведенных исследований доказана необходимость совершенствования способов управления током возбуждения и алгоритмов управления возбуждением синхронных машин в постфорсировочных режимах, в которых при стандартных процедурах управления может наблюдаться перерегулирование токов возбуждения, сопровождаемое выпадением двигателя из синхронизма. Установлено, что при выходе машины из режима форсировки следует переходить к стандартному регулированию по коэффициенту мощности через стадию регулирования как напряжения, так и реактивной составляющей тока статора. Разработан алгоритм реализации предложенного способа и процедуры управления возбуждением в постфорсировочных режимах. Разработанные математические и компьютерные модели, а также экспериментальные исследования подтвердили эффективность предложенного способа и алгоритмов. Практическая ценность подтверждена актом внедрения результатов работы и практикой эксплуатации синхронных приводов ГПА КС в ООО «Газпром трансгаз Сургут».

#### **Рекомендации по использованию результатов**

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию на промышленных объектах с синхронными электроприводами большой мощно-

сти и в проектных организациях при разработке и модернизации систем автоматического регулирования возбуждения (АРВ) мощных синхронных двигателей (СД).

**Научная новизна** диссертационной работы определяется разработкой новых подходов в решении проблемы обеспечения технологического режима работы мощного синхронного электропривода в постфорсировочных режимах работы.

1. Разработана математическая модель электротехнической системы компрессорного цеха (КЦ) с мощными электроприводами на базе СД в программном комплексе MatLab, позволяющая проводить количественный анализ результатов расчета режимов с воспроизведением постфорсировочных режимов работы;

2. Разработан способ управления током возбуждения системы АРВ СД, позволяющий повысить устойчивость работы синхронного электродвигателя в постфорсировочных режимах работы и исключающий нарушение технологического режима работы КЦ;

3. Разработан алгоритм эффективного управления АРВ, позволяющий исключить эффект «перерегулирования» тока возбуждения системы АРВ СД при выходе из режима форсировки и предотвращающий выход синхронного двигателя из синхронизма.

#### **Обоснование и достоверность результатов**

Результаты диссертационной работы характеризуются как имеющие научное обоснование и завершенные.

Обоснованность и достоверность изложенных в диссертации выводов и результатов обеспечиваются применением известных теорий электрических цепей, машин переменного тока, автоматического управления и регулирования, использованием результатов вычислительных экспериментов и подтверждается совпадением результатов расчетных и экспериментальных исследований, внедрением результатов по теме исследования на действующих производственных объектах и достигнутых положительных итогов.

**Практическая ценность диссертационной работы** подтверждается следующими результатами:

1. Практически полностью устранены нарушения технологического процесса газотранспортного предприятия за счет внедрения разработанного

способа управления током возбуждения системы автоматического регулирования возбуждения синхронного двигателя и алгоритма эффективного управления АРВ СД в постфорсировочных режимах работы. За период 2011-2016 гг. произошло 79 аварийных остановов по причинам: провала напряжения в системе внешнего электроснабжения; изменения режима работы КЦ; пуска электроприводных ГПА. После внедрения в 2016-2018 гг. разработанного алгоритма и способа управления системы автоматического регулирования возбуждения синхронного двигателя аварийные остановки по указанным причинам не зафиксированы.

2. Минимизированы потери мощности и энергии в синхронном двигателе и внешней системе электроснабжения с использованием системы АРВ СД путем поддержания коэффициента мощности равным 1.

3. Повышена экологическая безопасность за счет снижения до 18 тыс. м<sup>3</sup> в год потерь от стравливания в атмосферу природного газа при нарушениях технологического процесса.

Основные положения диссертационной работы достаточно полно отражены в 8 научных публикациях (в т.ч. в 4 изданиях, рекомендованных ВАК), материалах научно-технических конференций и отраслевых научно-технических советов.

#### **Замечания по диссертационной работе**

1. В представленных математических моделях электротехнических систем недостаточно полно отражено моделирование электромагнитных процессов в трансформаторах, в частности, для расчета магнитных потоков, а через них и магнитной индукции, входящей в уравнения трансформатора (2.12), надо знать не только магнитодвижущую силу, но и магнитные проводимости, а для этого требуются схемы замещения магнитных цепей трансформаторов, которые в диссертации не приведены.

2. В моделях синхронных двигателей (например, на с. 95) не отражено, как были определены начальные значения потокоцеплений. Ссылка на рисунок 2.12 (видимо, имелся в виду рисунок 2.11) не убедительна, поскольку модель расчета установившегося режима синхронного двигателя приведена в закрытой форме, кроме названия идентификаторов, входных и выходных данных по ней мало что можно понять.

3. Численная реализация моделей электротехнических систем «трансформатор – двигатель» в диссертационной работе представлена слишком сжато – списком идентификаторов в приложении. Представленные в четвертой главе расчетные графики характеризуют процессы в двигателе, а не в системе в целом.

4. При оценке практической значимости диссертационной работы учтены также аварийные остановки электроприводов СТД-12500 по причине нарушения в работе вспомогательного оборудования электроприводных газоперекачивающих агрегатов (38 случаев), что не связано с проблематикой исследования.

Высказанные замечания относятся скорее к недостаткам в представлении результатов работы, стилю и форме изложения результатов исследований в диссертации и не опровергают основные положения, выносимые на защиту.

### **Заключение по работе**

Представленная диссертационная работа Жеребцова А.Л. на тему: «Повышение эффективности синхронного электропривода газоперекачивающих станций в постфорсировочных режимах работы» является завершенной научно-квалификационной работой, на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором исследований и разработок предложены решения повышения эффективности и устойчивости работы синхронного привода за счет совершенствования управления возбуждением в постфорсировочных режимах, и имеет существенное значение для совершенствования технологического процесса газотранспортного предприятия.

Диссертация отвечает требованиями п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842 (с актуальными изменениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы», автореферат полностью отражает основное содержание диссертации, а её автор, Жеребцов Андрей Леонидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной научной специальности.

Диссертационная работа и отзыв на неё обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Теоретическая электротехника и электрификация нефтяной и газовой промышленности» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» 16 октября 2019 года, протокол № 3

И.о. заведующего кафедрой  
теоретической электротехники и  
электрификации нефтяной и газовой  
промышленности,  
кандидат технических наук, доцент

Мелик-Шахназарова  
Ирена Александровна

Профессор кафедры  
теоретической электротехники и  
электрификации нефтяной и газовой  
промышленности,  
доктор технических наук, профессор

Ершов  
Михаил Сергеевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа  
(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».  
Почтовый адрес: 119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., д.65, корп. 1  
Тел.: (499) 507-88-88; факс: (499) 507-88-77,  
E-mail: [com@gubkin.ru](mailto:com@gubkin.ru);  
<http://www.gubkin.ru>

Подпись

Начальник  
отдела кадров

заверяю

Ю.Е. Ширяев