

ОТЗЫВ

официального оппонента – д.т.н., профессора Степанова Сергея Федоровича на диссертацию Салова Романа Алексеевича «Обеспечение бесперебойной работы электротехнического комплекса с турбинами комбинированного питания при провалах напряжения и смене топлива», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Салова Р.А. посвящена проблеме обеспечения бесперебойной работы систем электроснабжения нефтяных месторождений, использующих попутный нефтяной газ (ПНГ) в качестве топлива для автономных электротехнических комплексов с турбинными генераторными электроустановками, работающими только на ПНГ, и турбинными генераторными электроустановками комбинированного питания, работающих на ПНГ или дизтопливе. Использование попутного нефтяного газа в качестве топлива для выработки электроэнергии является одним из наиболее энергоэффективных способов его утилизации. Однако при данном способе возможны кратковременные провалы в подаче ПНГ, что приводит к провалам генерируемого напряжения или к полной остановке агрегата. Данная ситуация требует перехода на работу с другим видом топлива. Неуспешное завершение режима смены топлива для турбинных генераторных электроустановок комбинированного питания приводит к нарушению непрерывного электроснабжения потребителей нефтегазового месторождения и как следствие к финансовым затратам, связанным со стоимостью потерянной генерируемой мощности комплекса. Автором подробно проанализированы существующие проблемы эксплуатации электротехнических комплексов с установками комбинированного питания и по результатам анализа выделены две основные проблемы, оказывающие влияние на бесперебойную работу:

- нарушение бесперебойной работы электротехнического комплекса комбинированной топологии на попутном нефтяном газе при смене топлива.
- нарушение бесперебойной работы электропривода газового компрессора в условиях возникновения провалов напряжения.

Необходимость решения данных проблем предопределяет актуальность диссертационной работы, как в научном, так и прикладном практическом плане.

Характеристика структуры диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложения. По каждой главе имеются выводы.

13-10
27.01.20

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены объект и предмет исследования. Сформулирована цель и изложены задачи исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту, их научная новизна, приведены основные результаты работы, их теоретическая и практическая значимость.

Первая глава посвящена выявлению существующих проблем эксплуатации электротехнических комплексов на попутном нефтяном газе (ПНГ), приводящих к их останову и нарушению непрерывности электроснабжения потребителей, а также постановке цели и задач дальнейшего исследования на основании проведенного анализа.

Во второй главе рассматривается комбинированная топология электротехнического комплекса на ПНГ. Описывается технологический процесс объекта исследований, назначение его основных элементов и режима смены топлива с целью выявления факторов, влияющих на бесперебойную работу электротехнического комплекса.

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям работы Z-инвертора при возникающих симметричных провалах напряжения. Как было показано в первой главе, использование Z-преобразователя является наиболее актуальным способом их компенсации.

В четвертой главе представлена разработка способа управления Z-инвертором, на основании полученных в третьей главе аналитических зависимостей, и результаты экспериментальной проверки. В первой части главы разработана модель для исследования переходных процессов в Z-инверторе. Представлены численные значения полученных аналитическим способом передаточных функций и проведено их сравнение с экспериментальными кривыми.

Заключение работы содержит изложение основных результатов и выводов.

Список литературных источников состоит из 115 наименований, 54 из которых принадлежат отечественным авторам, а 61 иностранным.

Степень обоснованности научных положений выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, теоретических выводов и практических рекомендаций диссертации подтверждается применением известных методов теории автоматического управления, а также корректным использованием математического аппарата, применением общепринятых математических моделей и законов электротехники, теории электрических машин, численных методов решения дифференциальных уравнений, сходимостью результатов имитационного моделирования работы Z-инвертора в составе электропривода газового компрессора и сравнением полученных автором временных зависимостей разряда конденсатора для Z-инвертора при провале напряжения с результатами исследований отечественных и зарубежных ученых.

Научные положения, выводы и результаты в целом обоснованы ссылками на апробированные источники.

Обоснование *первого защищаемого положения* представлено во второй главе диссертации. Автором проведены теоретические исследования работы электротехнического комплекса комбинированной топологии, в результате которых выдвинута гипотеза о связи режима смены топлива и распределения его суммарной электрической мощности между электроустановками.

Для опровержения поставленной гипотезы разработана компьютерная модель электротехнического комплекса, выявлены зависимости, отражающие влияние активной мощности турбинных генераторных электроустановок на остаточное давление в системе в режиме смены топлива как внешнего воздействия, и определены диапазоны регулирования турбинных генераторных электроустановок по активной мощности. На основании проведенных исследований автором разработан алгоритм управления суммарной электрической мощностью электротехнического комплекса, обеспечивающий бесперебойную работу комплекса в режиме смены топлива. Показана возможность применения разработанного алгоритма для других электротехнических комплексов, имеющих комбинированную технологическую схему.

Второе защищаемое положение раскрыто в третьей и четвертой главах. Его обоснованность обеспечивается результатами проведенных теоретических исследований работы Z-инвертора напряжения: получением передаточных функций преобразователя, кривых разряда конденсатора звена постоянного тока и разработкой алгоритма выбора параметров Z-инвертора, возможность компенсации провалов.

На основании установленной аналитической зависимости изменения напряжения конденсатора, автором разработан способ управления Z-инвертором. Установлено, что минимально допустимым снижением напряжения ЗПТ является снижение напряжения до 50% от номинального значения. Возможность компенсации провалов напряжения глубиной до 50% и длительностью 100мс доказывается результатами компьютерного моделирования электропривода газового компрессора с Z-инвертором, управляемого согласно разработанному способу. Это позволяет обеспечить бесперебойную работу электротехнического комплекса с турбинами комбинированного питания при указанных провалах напряжения.

Научная новизна работы

Установлено, что:

1. Основным фактором нарушения устойчивой работы турбинных генераторных электроустановок комбинированного питания является равномерное

распределении суммарной электрической мощности электротехнического комплекса между ними.

2. Разработан алгоритм управления суммарной электрической мощностью электротехнического комплекса с турбинами комбинированного питания, обеспечивающий его бесперебойную работу, что подтверждено результатами корректного компьютерного моделирования.

3. Разработан оригинальный алгоритм выбора параметров Z-преобразователя, в основе которого положено исследование динамического и стационарного режимов его работы при изменении значения входного напряжения, а также коэффициента пульсаций и параметров нагрузки, что обеспечивает работу инвертора в устойчивом режиме при симметричных провалах напряжения.

4. Получена аналитическая временная зависимость изменения напряжения конденсатора звена постоянного тока в условиях симметричных провалов напряжения, подтвержденная результатами проведенного компьютерного моделирования, на основании которой разработан способ управления Z-инвертором, обеспечивающий бесперебойную работу электропривода газового компрессора.

Практическое значение работы заключается в следующем:

1. Полученные в работе результаты являются информационно-методическим обеспечением для проектирования и разработки автономных электротехнических комплексов на базе ГТУ комбинированного типа, которые могут быть полезны для инженеров, занимающихся проектированием таких комплексов.

2. Сформулированы методические рекомендации по обеспечению бесперебойной работы электротехнического комплекса с турбинами комбинированного питания в виде разработанного алгоритма перераспределения его суммарной электрической мощности.

3. Разработан способ управления Z-инвертором в составе электропривода газового компрессора, позволяющий обеспечить его устойчивую работу при возникновении симметричных провалов напряжения глубиной до 50% и длительностью до 100мс.

4. Результаты диссертационной работы рекомендованы к внедрению в учебный процесс Горного университета, а также приняты к внедрению в производственную деятельность АО «Новая ЭРА», что подтверждается соответствующими актом и справкой.

5. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №20176175283 «Программа для вычисления параметров Z-инвертора с активно-индуктивной нагрузкой».

Таким образом, цель, поставленная в работе, автором достигнута.

Замечания по диссертации

При ознакомлении с работой возникли следующие вопросы и замечания:

1. На стр. 46 и далее в тексте 2 главы диссертации упоминается – суммарная электрическая мощность электротехнического комплекса. Прошу пояснить, что автор понимает под этим термином?

2. Согласно приведенному описанию электротехнического комплекса битопливные ГТУ 1 и ГТУ 2 имеют одинаковую мощность, однако представленные на стр. 55 выражения для Q_1 и Q_2 разные. Почему выбраны разные зависимости?

3. На этой же странице (стр. 55) фраза: *«В качестве уставок приняты приведенные ранее промышленные значения параметров»*. Какие промышленные значения имелась ввиду, и где в тексте главы они приведены?

4. На стр. 57 утверждение о достаточно хорошем совпадении расчетных данных с экспериментальными результатами необходимо проиллюстрировать числовыми данными.

5. На стр. 59 блок-схема алгоритма не в полной мере соответствует приведенному описанию. *«В случае дизельного топлива, алгоритм завершает работу, что свидетельствует о завершившемся переходе. В дальнейшем проводится периодический опрос всех ГТУ»*. В представленном алгоритме сигнал с блока «Дизельное» возвращается в начало алгоритма и реализует бесконечный цикл. Однако, исходя из описания, его следует направить в конец алгоритма *«что свидетельствует о завершившемся переходе»*.

Далее говорится о проведении периодического опроса всех ГТУ. В этом случае в алгоритм следует ввести таймер для формирования циклов опроса. Однако в блок-схеме он отсутствует.

6. В тексте диссертации имеется ряд опечаток и неточностей. Например:

- На стр. 22, 26 использован неверный падеж слов.
- На стр. 29 на рисунке 1.8 фазы питающего напряжения обозначены как F1, F2, F3, что является крайне неудачным выбором буквенного обозначения фаз питающего напряжения.

- В тексте 3 и 4 глав диссертации используется термин скважность состояния КЗ, однако формула для этой величины, приведенная на стр. 66, соответствует формуле для коэффициента заполнения указанного состояния. Как это согласуется между собой?

- На стр. 66 в формуле 3.6 отсутствует описание коэффициента М.
- На стр. 70 отсутствуют подрисовочные надписи к рисунку 3.10.
- На стр. 88 не совсем удачен оборот: «коэффициент состояния КЗ». Что имелось в виду?

Сделанные замечания носят не критичный характер, а недостатки, указанные в них, не снижают уровня представленной диссертации.

Общая оценка и заключение по диссертации

Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальной задачи в области обеспечения бесперебойной работы систем электроснабжения нефтяных промыслов с турбинами комбинированного питания, которая соответствует специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы». Диссертация имеет внутреннее единство, написана с использованием правильных технических терминов. Рисунки выполнены с соблюдением стандартов.

По теме диссертационного исследования опубликовано 10 работ, в том числе 3 работы в изданиях из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ, 3 – в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Апробация результатов. Основные положения и результаты работы прошли публичное обсуждение на 11 всероссийских и международных конференциях в период с 2016 по 2019 г.

Анализ публикаций автора позволяет утверждать, что содержание диссертации отражено в них с требуемой Положением ВАК полнотой.

Автореферат с достаточной полнотой отражает содержание диссертации.

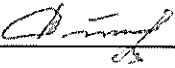
По диссертации можно сделать вывод, что работа Салова Романа Алексеевича представляет собой самостоятельное законченное научное исследование. Отмеченные выше замечания не ставят под сомнение основные положения работы, новизну и значимость её результатов и выводов.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа, Салова Романа Алексеевича «Обеспечение бесперебойной работы электротехнического комплекса с турбинами комбинированного питания при провалах напряжения и смене топлива» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая в полной мере соответствует критериям, установленным разделом 2 «Положения о

присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (утверждено приказом ректора Горного университета от 26.06.19 №839адм), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – **Салов Роман Алексеевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, за научно-обоснованное техническое решение задачи по обеспечению бесперебойной работы электротехнического комплекса с турбинами комбинированного питания при провалах напряжения и смене топлива.

Официальный оппонент,

профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехнология»
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
доктор технических наук


/Степанов Сергей Федорович /
«14» 01 2020 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». РФ, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, Тел.: +7 (8452) 99-88-11; 99-86-03, E-mail: inets@sstu.ru, сайт: [http:// www.sstu.ru](http://www.sstu.ru)

Подпись С.Ф. Степанова заверяю
Ученый секретарь Учёного совета
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»





Салтыкова Ольга Александровна