

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента

Сацука Евгения Ивановича на диссертацию

Поляковой Ольги Юрьевны на тему «РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ДЕФИЦИТНОГО ЭНЕРГОРАЙОНА С ПГУ НА ИЗОЛИРОВАННУЮ РАБОТУ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

На отзыв представлены: диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав с выводами, заключения, библиографического списка из 110 наименования.

1. Актуальность темы диссертации

В соответствии с существующими нормативно-правовыми документами и федеральными законами, регулирующими процессы в сфере электроэнергетики, одним из приоритетных направлений в данной области является обеспечение надежной работы ЕЭС России. В условиях ввода новых типов генерирующих установок, а также непрерывной модернизации электроэнергетического оборудования и противоаварийной автоматики энергосистем, вопросам надежного и бесперебойного электроснабжения должно уделяться особое внимание.

После начала эксплуатации ПГУ в ЕЭС России их установленная мощность стала стремительно увеличиваться. На сегодняшний день в некоторых энергорайонах доля установленной мощности данного вида генерирующего оборудования является преобладающей. В условиях продолжающегося роста и широкого распространения следует уделять пристальное внимание надежности эксплуатации ПГУ в различных режимах работы энергосистемы. На текущий момент особенно актуальна проблема реакции данных энергоустановок на отклонение частоты, так как некорректное регулирование может повлечь масштабное отключение потребителей. В целях такого анализа невозможно прибегать только лишь к натурным испытаниям в связи с большими объемами работ и рисками, связанными с их проведением. С учетом современных тенденций, перспективно для данных целей использовать математическое моделирование.

В контексте вышесказанного не вызывает сомнений актуальность задач, решаемых в диссертационной работе Поляковой О.Ю. на тему регулирования частоты при выделении дефицитного энергорайона с ПГУ на изолированную работу.

2. Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, включающего 110 наименований, и 2 приложений, содержит 122 страницы, включая 56 рисунков и 5 таблиц.

Во введении изложена актуальность выполненного исследования, сформулированы цели, задачи и научная новизна, охарактеризована практическая ценность полученных результатов исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе акцентируется внимание на широком распространении ПГУ в ЕЭС России, подчеркивается, что применение ПГУ в отечественной энергетике началось относительно недавно, в сравнении с другими странами. Внимание уделяется конструктивным особенностям ПГУ и системам регулирования частоты, описанию протекаемых процессов при эксплуатации ПГУ, а также влиянию внешних условий на работу ПГУ. Выполнено сравнение нормативных требований к участию ПГУ в регулировании частоты в ЕЭС России и европейских странах. Описаны некоторые проблемы, возникающие при эксплуатации ПГУ в условиях отклонений частоты, а также существующий опыт решения данных проблем.

Вторая глава посвящена вопросам моделирования ПГУ в целях исследования изменения частоты в электроэнергетической системе. Рассмотрены наиболее распространенные цифровые модели газовых турбин, применяемые в заявленных целях, для дальнейших исследований выбирается модель Роуена, представлено ее описание. Делается вывод, что для изучения вопросов, связанных со снижением частоты, моделирование котла-утилизатора и паровой турбины может производиться с помощью инерционных звеньев.

В третьей главе подробно разбирается проблема снижения мощности ПГУ при снижении частоты, представлена реакция ПГУ на данный процесс, что подкреплено результатами проведенных экспериментов в Matlab Simulink. Подчеркивается важность выполнения математического моделирования в целях анализа работы ПГУ при выделении энергорайона на изолированную работу. Также, уделяется внимание расчету объемов нагрузки, отключаемой от АЧР, в условиях выделения ПГУ на изолированную работу в энергорайоне с дефицитом мощности.

В четвертой главе предложено использовать форсировку мощности ПГУ с целью предотвращения снижения мощности в выделившемся энергорайоне. Представлено описание алгоритма форсировки мощности. Произведено сравнение разработанного алгоритма с предлагаемым в литературе, основанным на увеличении потенциального перегрева, представлено обоснование преимуществ форсировки мощности ПГУ. Протестирована работа алгоритма форсировки мощности при эксплуатации ПГУ совместно с другими типами установок в выделившемся энергорайоне.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы, подтверждающие успешное решение поставленных задач.

3. Соответствие диссертации паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Тематика и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы, а именно пунктам:

6. Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике.

9. Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.

13. Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

4. Методы исследования

В работе применялись методы математического моделирования, параметрической оптимизации, теоретические основы электротехники. Исследования проводились с использованием интерактивной среды MatLab Simulink, комплекса для расчетов электрических режимов RastrWin.

5. Степень обоснованности положений и достоверности полученных результатов

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов подтверждаются их убедительной физической интерпретацией, корректным использованием по назначению методов теории электроэнергетических систем, а также выполнением соответствующего моделирования с сопоставлением полученных результатов, их обсуждением в узкопрофессиональной среде специалистов.

6. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

В рамках проводимого исследования заявленная проблема регулирования частоты при выделении дефицитного энергорайона с ПГУ на изолированную работу была рассмотрена всесторонне. Отдельно следует выделить следующие элементы новизны полученных результатов:

- Разработан алгоритм форсировки мощности ПГУ при снижении частоты, позволяющий в начальные моменты аварии кратковременно увеличивать мощность установки, тем самым предотвращая ее снижение, что способствует поддержанию частоты.
- Предложено регулирование напряжения посредством изменения уставки APB с целью снижения небаланса мощности в выделившемся энергорайоне, имеющем генерацию в виде ПГУ.
- Показано, что предлагаемые меры могут быть использованы совместно, что позволяет добиться ощутимо лучших результатов, чем применение их по отдельности.

7. Практическая значимость и использование результатов диссертационной работы

В рамках диссертационной работы были разработаны и протестированы подходы, направленные на решение важной практической задачи – предотвращение лавинообразного снижения частоты при выделении дефицитного энергорайона с ПГУ на изолированную работу. Результаты проведенного исследования позволяют полагать, что предложенные автором алгоритмы позволяют успешно решать поставленную задачу, повышая безопасность электроснабжения конечных потребителей.

8. Публикации основных результатов диссертационной работы

Основные результаты работы подробно изложены в научных публикациях: диссертантом опубликованы 12 работ, в том числе 6 – в зарубежных изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus. Результаты неоднократно докладывались на российский и международных научно-технических конференциях.

9. Замечания и вопросы

1. Описанные в п. 1.3 (стр.23) особенности регулирования частоты с использованием ПГУ не всегда выполняются на практике. В частности, в ЕЭС России зачастую первичное регулирование осуществляется только за счет газовой турбины. Именно поэтому в отечественных требованиях не обозначено как конкретно должно осуществляться первичное регулирование (подходы могут быть разными), а требования предъявляются только к конечному результату – динамике регулирования и величине первичной мощности, при этом в качестве объекта регулирования рассматривается ПГУ в целом.
2. В п.1.3.1 (стр. 24) указано, что требования к ПГУ при их участии в НПРЧ более жесткие, чем к участию в НПРЧ. На самом деле для ПГУ в части динамики изменения активной мощности при изменении частоты требования одинаковые, что видно из таблицы 1.1, разница только в величине «мертвой» полосы первичного регулирования.
3. Расчет отклонения частоты при отключении блока мощностью 1200 МВт в п.1.4 (стр.27) выполнен слишком упрощенно. В таких расчетах нельзя не учитывать реакцию нагрузки и всей совокупности генерирующего оборудования. Многолетние наблюдения, в том числе натурные системные испытания, показывают, что коэффициент статической частотной характеристики объединенной энергосистемы ЕЭС России и стран участников параллельной работы составляет в среднем около 20000 МВт/Гц, а, следовательно, реальное отклонение частоты будет отличаться от рассчитанного в 2 раза.
4. При моделировании работы газовой турбины в разделе 2.2.1 необходимо было бы учесть обратную связь по активной мощности, так как ПГУ, устанавливаемые в ЕЭС России имеют в обязательном порядке регулятор активной мощности с коррекцией по частоте. Регулятор температуры зачастую работает не как регулятор, а как технологическая защита, вступающая в действие только при превышении температурой заданной величины.
5. Указанный в п.3.3 (стр.58) критерий выбора максимального небаланса для выбора объема АЧР I не является единственным и определяющим, поэтому объем АЧР I в энергосистемах ЕЭС России, как правило, составляет 60-70 % от нагрузки потребления вместо указанных 40%.
6. В разделе 4.2 (стр.86) предложено введение зависимости уставки АРВ от частоты. На самом деле все регуляторы, применяемые в ЕЭС России, как отечественные, так и зарубежные, имеют канал регулирования по отклонению

частоты, при этом согласно «Требованиям по к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов», утвержденных приказом Минэнерго №98 от 13.02.2019, данный канал должен блокироваться при изменении частоты со скоростью 0,05 Гц/с и более для того чтобы избежать снижения напряжения на нагрузке ниже минимально допустимого при снижении частоты.

7. В разделе 4.3 (стр.89) в качестве метода идентификации отделения энергорайона рассматривается фиксация скорости изменения частоты. Необходимо было бы привести способ определения скорости изменения частоты и время фиксации (время усреднения полученных мгновенных значений), так для корректного расчета скорости изменения частоты необходимо брать достаточно большой интервал усреднения, что влияет на время фиксации момента отделения района.

10. Общее заключение

В целом представленную диссертационную работу Поляковой Ольги Юрьевны можно считать самостоятельной законченной научно-квалифицированной работой, обладающей актуальностью, новизной и практической значимостью. На основании выполненных автором исследований предложено решение задачи предотвращения снижения частоты при выделении дефицитного энергорайона с ПГУ на изолированную работу.

Диссертационная работа Поляковой Ольги Юрьевны полностью отвечает всем требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент,
Начальник службы внедрения противоаварийной и
режимной автоматики АО «СО ЕЭС»
доктор технических наук, доцент

Сацук Евгений Иванович

Сведения:

Полное наименование организации: Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы»

Юридический адрес: 109074, Россия г. Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3.

Телефон: +7 499 788 15 18

Эл. адрес: satsuk-ei@so-ups.ru

Подпись Е.И. Сацука заверяю

Начальник департамента
управления персоналом



П.О. Шарыпанов