

Отзыв

официального оппонента

на диссертационную работу Энхсайхан Эрдэнэбат

«Управление режимами электрических сетей с распределенной малой генерацией (на примере Монгольской энергосистемы)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

1. Актуальность избранной темы и ее соответствие специальности 05.14.02 – Электростанции и электроэнергетические системы

Диссертационная работа Энхсайхан Эрдэнэбат. направлена на теоретическое обоснование и практическое решение актуального для современной российской энергетики вопроса – влияние распределенной малой генерации на устойчивость ЭЭС, пропускную способность электрической сети, надежность электроснабжения, способы децентрализованного управления режимами электрической сети с распределенными объектами с малой генерацией. Им выполнен анализ связанных с этим вопросов, путем использования математического и физического моделирования, разработки и исследований технических решений, в том числе способов управления малой генерацией.

Соискатель правильно выделил важное направление развития систем современной электроэнергетики – тенденцией их развития является децентрализация производства электроэнергии с переходом к использованию электрогенераторов микро (десятки и сотни киловатт) и малой мощности (1 до 25 МВт), располагаемых в непосредственной близости к нагрузкам. При этом в Монгольской энергосистеме (МЭС) также масштабно развиваются генерирующие источники малой мощности, как топливные, так и возобновляемые.

На основании изложенного с полным основанием можно заключить, что по содержанию диссертационная работа полностью соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ по специальности 05.14.02 – Электростанции и электроэнергетические системы и является актуальной.

2. Структура работы и основные научные результаты

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 178 страницах, содержит 88 рисунков и 40 таблиц, список литературы из 103 наименования и 2 приложения. К работе прилагается официально разосланный в установленные сроки автореферат диссертации на 24 страницах.

Глава 1 посвящена подробному анализу развития распределенной генерации в мире, России и Монголии и его влияния на управляемость и надежность энергосистем. Показано, что масштабное развитие малой синхронной и электронной генерации является общей тенденции, которая существенно влияет на динамические

свойства энергосистем, вызывает необходимость разработки новых средств и способов управления режимами энергосистем.

Для эффективно работы малой генерации необходимо ее включение во внешнюю мощную электрическую сеть, однако, плохая электромеханическая совместимость генераторов малой и большой мощности требует нового решения проблемы управления подобными режимами.

Глава 2 посвящена исследованию влияния распределенной электронной и топливной генерации на устойчивость Macrogrid (МЭС). При исследовании устойчивости режимов ЭЭС предложено использовать традиционную для РФ классификацию видов устойчивости, характера процессов при ее нарушении, вызывающих эти нарушения, а также критериев для ее оценки.

Исследование влияния электронной генерации на устойчивость в Macrogrid проводилось путем сравнения результатов моделирования режимов МЭС без и с распределенной малой электронной генерации. Рассматривались варианты концентрированного расположения ВИЭ в утяжеляемых районах и распределенного расположения по всей сети. Максимальный эффект по повышению статической устойчивости обеспечивается при концентрированном расположении ВИЭ в дефицитных районах, однако, это безусловно снижает балансовую устойчивость системы вследствие стохастичности ВИЭ.

Увеличение предельного по статической устойчивости перетока по сечениям при учете электронной генерации от ВИЭ обусловлено также регулированием реактивной мощности инверторов для поддержания допустимого напряжения в сети МЭС.

Не менее актуальна для МЭС проблема динамической устойчивости малой генерации, которая была исследована на примере динамической устойчивости работы Mini ТЭС Ухаахудаг в составе южной подсистемы Монголии. Для решения указанной проблемы было исследовано применение инновационной системной автоматики опережающего сбалансированного деления НГТУ.

Глава 3 посвящена моделированию и управлению установившимися режимами электрической сети при подключении Minigrid в двух точках.

Показано, что при присоединении Minigrid к внешней электрической сети в двух точках, возможно, ее использование для снижения потерь мощности и повышения пропускной способности участка контролируемой и внешней электрической сети. Потери мощности снижаются за счет включения в контур электрической сети фазоповоротного устройства, ЭДС которого определяется при минимизации суммарных потерь мощности в прилегающей локальной сети с учетом внешней электрической сети на основе текущей оценки в реальном времени ее эквивалентного сопротивления. Способ проверен на имитационной модели.

Моделирование распределенного расчета установившегося режима на тестовой схеме, подтвердило работоспособность предложенного метода.

Глава 4 посвящена испытаниям ПТК на физической модели энергосистемы. программно-технического комплекса режимного и противоаварийного управления MinigrId позволяет управлять режимом MinigrId на базе синхронной малой генерации в автономном режиме и при параллельной работе с внешней электрической сетью.

3. Степень обоснованности научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность результатов работы обеспечена теоретическими обоснованиями, совпадением результатов, полученных теоретически, с результатами экспериментов при моделировании и натурных испытаниях автоматики опережающего сбалансированного деления на физической модели, максимально приближенных к реальным условиям функционирования энергосистемы.

Новизна научных результатов представлена следующими разработками автора:

- Выполнено исследование влияния распределения малой генерации по электрической сети на устойчивость Macrogrid и пропускную способность сечений электрической сети (на пример МЭС).

- Исследована возможность и эффективность применения автоматики опережающего сбалансированного деления в локальных системах энергоснабжения МЭС.

- Проведены испытания автоматики опережающего сбалансированного деления на физической модели MinigrId, подтвердившие ее работоспособность и эффективность.

- Предложен способ децентрализованного управления уравнительными перетоками мощности в замкнутом контуре при присоединении MinigrId к внешней электрической сети в двух точках.

- Предложен метод и алгоритм распределенного расчета установившегося режима в электрической сети с MinigrIdами.

Практическая значимость работы определяется тем, что основные результаты исследований и разработок автора, представленные в настоящей диссертации, могут учитываться при дальнейшем развитии малой синхронной и электронной генерации в Монголии.

Полученные динамические характеристики энергоблока малой ТЭС уже использованы при определении ограничений на режимы существующей электростанции и могут учитываться на аналогичных объектах.

Способ децентрализованного управления уравнительными перетоками мощности в замкнутом контуре при присоединении MinigrId к внешней электрической сети может найти применение на множестве объектов и реализуется в создаваемом по проекту АО Тюменьэнерго ПТК MinigrId.

4. Апробация работы и подтверждение опубликования основных положений работы

Результаты исследований широко апробированы участием автора в международных и российских научно-технических конференциях, в научных семинарах профильных кафедр российских и монгольских университетов.

Основные положения диссертации достаточно полно опубликованы в 11 печатных работах, в том числе в 2 научных работах в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. 1 работа включена в наукометрическую базу SCOPUS и 8 работ в прочих российских, монгольских и международных изданиях.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Наибольший интерес оппонента вызвали:

- Предложенная технология (способ параллельной работы с опережающим сбалансированным делением системы) направлена на ограничение токов КЗ, токов замыкания на землю, предотвращение нарушений устойчивости параллельной работы с возникновением асинхронных режимов, исключение ударных моментов на валах синхронных машин, исключения необходимости согласования защит внешней сети с защитами и автоматикой присоединяемой сети с ТЭС.
- Разработанный способ снижения потерь в электрической сети, шунтируемой присоединяемой в двух точках Minigrd.

5. Основные замечания по работе

5.1. При исследовании влияния распределенной электронной и топливной генерации на устойчивость Macrogrid МЭС использовались “Методические указания по устойчивости энергосистем”, который был утвержден в Минюсте РФ 03 августа 2018 года. Есть ли подобный документ в МЭС?

5.2. Стр. 57 – 59. Видно, разница в величинах пределов передаваемой мощности при наличии и отсутствии электронной генерации от ВИЭ по сечению 1 около 2% при подключении примерно 120 МВт ВИА. Похоже и по сечению 2. Это, скорее всего, находится в пределах погрешности расчетов. Так ли это, какие выводы?

5.3. На рис. 9 автореферата и рис.3.2 диссертации не указано положение выключателей. Необходимы пояснения.

5.4. Стр. 105 Указано, что по результатам локальных измерений изменений мощности через ФПУ, мощности по линиям связи присоединяемой к электрической сети схемы выдачи мощности электростанции Minigrd при зондирующем изменении вводимой в контур ЭДС, определяют эквивалентное сопротивление всего района электрической сети, шунтируемого присоединяемой схемой. Процесс повторяется с ввода зондирующей ЭДС при каждом существенном изменении режима электрической сети. Но не указаны критерии существенных измерений, а также величина и длительность воздействий зондирующей ЭДС?

5.5. Стр. 106 утверждается, что «Для определения эквивалентного сопротивления внешней сети воспользуемся принципом наложения, в соответствии с которым любое изменение ЭДС в контуре приведет к **линейному** изменению тока в контуре - контурного тока I_k ». Так ли это? А нелинейные статические характеристики по напряжению? Нужна ли синхронизация измерений по стандарту IEEE C37.11.1 и 2? Какие приняты допущения?

5.6. Когда сравнивались результаты «...полученные по ПВК и рассчитанные по программе тестирования алгоритма. Погрешность вычисления модулей и фаз напряжений в узлах контролируемой сети не превышала 0,001 кВ и 0,001 град, соответственно». Это не погрешность, а отклонение от принятого эталона.

5.7. В тексте диссертации (стр. 113) приведено, что «...С учетом результатов расчетов установившихся режимов в отдельных Minigrid на уровне ЦУС выполняется дорасчет установившегося режима **полной** схемы электрической сети с учетом рассчитанных на уровне Minigrid данных для моделей примыкающих узлов. Учет результатов расчетов, полученных для отдельных Minigrid, производится в узлах примыкания Minigrid к внешней сети с заданием в них узловых мощностей и закрепления векторов напряжений». Возникает вопрос - полученные вектора напряжений и узловых мощностей в узлах примыкания с Minigrid получают какой статус (балансирующих/регулирующих) если в них закрепляются и напряжения, и мощности? А также для фиксированного момента времени или некоторого интервала?

5.8. Замечания общего характера и по оформлению:

В автореферате, на взгляд оппонента, излишне подробно описывается ЭС Монголии, что снизило возможность более детального представления научной части работы.

Аббревиатура ПТК впервые встречается на стр. 10, а расшифровка приводится уже на стр.132 диссертации, хотя и приведена в глоссарии.

Текст диссертации не лишен опечаток и некоторых неточностей.

6. Общее заключение

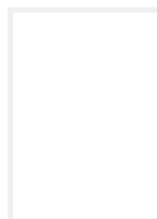
Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы в целом.

Диссертационная работа по актуальности темы и объему выполненных автором исследований является законченной научной квалификационной работой. Диссертация базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчётов; написана грамотно и аккуратно оформлена; по каждой главе и работе в целом сделаны выводы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и разработанным теоретическим положениям, научной новизне полученных результатов и их практической значимости с учетом сведений об апробации, публикациях и внедрении. Диссертационная работа соответствует

критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённым постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, в том числе и п.9, так как в ней изложены научно обоснованные технические решения контроля устойчивости узлов двигательной нагрузки.

С учетом вышеизложенного рассмотренная диссертация отвечает требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», а ее автор – **Энхсайхан Эрдэнэбат** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры «Автоматизированных
электрических систем»
Уральский энергетический институт
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный
университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина»
Тел. +7 9122008045
E-mail: asberdin@mail.ru

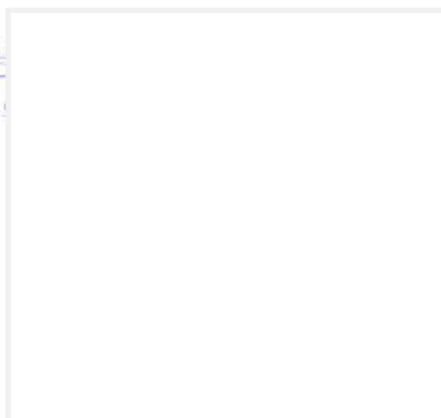


Бердин
Александр Сергеевич

04.12.2019

Подпись официального оппонента заверяю:

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В. А.



Отзов получен 04.12.2019г. Проф. /Осинцев В.А./
с отзовом ознакомлен 04.12.2019г. Проф. /Э. Энхсайхан/