



**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Президент НИ «НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор

Н.Д. Роголев

«28» декабря 2023 г.

ПРОТОКОЛ

заседания секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления в ЕЭС России» и секции «Управления режимами энергосистем, РЗА» НИ «НТС ЕЭС» по теме:
«Влияние работы систем автоматического управления гидротурбин на надежность работы энергосистемы»

07 декабря 2023 г.

г. Москва

Присутствовало: 33 человека (список представлен в Приложении 1).

На заседании выступили:

С вступительным словом:

- Председатель секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России», к.т.н. – А.В. Жуков;

- Начальник службы внедрения противоаварийной и режимной автоматики АО «СО ЕЭС», д.т.н., доцент – Е.И. Сацук (приложение 2);

С докладом:

- «Влияние работы систем автоматического управления гидротурбин на надежность работы энергосистемы» - О.В. Гуриков (АО «НТЦ ЕЭС») (приложение 3).

В обсуждении докладов и прениях выступили:

А.В. Жуков, А.Ф. Бондаренко, А.Н. Калинин, Е.И. Сацук, О.В. Гуриков, А.П. Морозов, А.Н. Сафронов.

Заслушав доклады, выступления участников в дискуссии, заседание отмечает следующее:

1. Задача регулирования частоты и мощности гидроагрегатов (ГА) при их работе как параллельно с энергосистемой большой мощности, так и параллельно с энергосистемой сравнимой мощности или в изолированном районе без других источников генерации, является достаточно изученной. Производители систем автоматического управления гидроагрегатов (САУ ГА) при разработке алгоритмов работы этих устройств учитывают особенности работы ГА. Так, в настоящий момент при работе ГА в сети предусматривается, как минимум, два режима работы:

- «Мощность», обеспечивает участие в общем первичном регулировании частоты (ОПРЧ) с требуемыми характеристиками, но может не обеспечивать устойчивость регулирования частоты при отделении на работу в изолированном районе;

- «Частота», ни по скорости, ни по точности не обеспечивает выполнение требований к ОПРЧ, но выполняет задачу устойчивого регулирования частоты в изолированном районе.

2. САУ ГА – это система регулирования, которая должна корректно функционировать не только в нормальных режимах, но и на всех этапах развития технологических нарушений в энергосистеме. Работа САУ ГА существенным образом влияет на надежность и живучесть энергосистемы. Для проверки функционирования САУ ГА энергосистем большой мощности проводятся специализированные натурные испытания по проверке генерирующего оборудования на соответствие требованиям к ОПРЧ. Испытания по проверке корректности функционирования САУ ГА в изолированных системах проводятся только в исключительных случаях при внесении изменений в алгоритмы работы САУ ГА после технологических нарушений, связанных с ее неправильной работой.

3. За последние годы в ЕЭС России был зарегистрирован ряд технологических нарушений, вызванных некорректной работой САУ ГА, которые сопровождались значительным экономическим ущербом. Из таких событий можно выделить следующие:

3.1. Технологическое нарушение в ОЭС Востока 1 августа 2017 года с некорректной работой САУ ГА Бурейской и Зейской ГЭС. Было отключено 1200 МВт электрической нагрузки и произошло полное погашение Бурейской ГЭС.

3.2. Технологическое нарушение в ОЭС Северо-Запада 29 октября 2018 года с некорректной работой САУ ГА Серебрянской ГЭС-15 и Серебрянской ГЭС-16.

3.3. Несколько технологических нарушений с 2019 по 2023 годы в Западном энергорайоне Якутской энергосистемы (ОЭС Востока) с

некорректной работой САУ ГА Вилуйской ГЭС-1, Вилуйской ГЭС-2 и Светлинской ГЭС.

4. Таким образом, несмотря на учет особенностей работы ГА производителями САУ ГА и успешный результат проверки соответствия генерирующего оборудования действующей нормативно-технической документации, в том числе на соответствие требованиям к ОПРЧ, возможна некорректная работа САУ ГА в изолированных энергосистемах, которая может приводить к развитию технологических нарушений.

5. В связи с вышесказанным, задача повышения надежности работы и живучести энергосистемы за счет совершенствования САУ ГА и методик работы с САУ ГА представляется актуальной.

6. АО «НТЦ ЕЭС» по данному направлению выполнило:

6.1. Разработку новых моделей гидротурбин и методик работы с САУ ГА, которые позволяют выполнять проверку функционирования, выбор параметров настройки, разработку алгоритмов работы САУ ГА. Разработаны математические модели основных типов гидротурбин, достоверность которых достаточна для исследования переходных процессов с изменением частоты в энергосистеме. Разработаны методики, позволяющие выполнять работы с моделированием работы САУ ГА в специализированных промышленных расчетных комплексах и с подключением промышленного образца или макета САУ ГА к модели энергосистемы, функционирующей в режиме реального времени.

6.2. Расследование ряда технологических нарушений с воспроизведением и анализом причин некорректной работы САУ ГА Вилуйских ГЭС, Серебрянских ГЭС, Зейской ГЭС, Бурейской ГЭС.

6.3. Коррекцию алгоритмов и оптимизацию параметров САУ ГА Серебрянских ГЭС.

6.4. Разработку и внедрение систем мониторинга САУ ГА.

6.5. Проверку на функционирование алгоритмов промышленных образцов САУ ГА Серебрянских ГЭС и Красноярской ГЭС.

6.6. Обобщение опыта по результатам обзора технологических нарушений, произошедших как в ЕЭС России, так и за рубежом.

6.7. Разработку предложений по совершенствованию нормативно-технической документации, предъявляющей требования к функционированию САУ ГА.

6.8. Публикацию в журналах основных материалов по некоторым из выполненных работ.

7. Работы, выполненные АО «НТЦ ЕЭС» по данному направлению, обладают высокой практической значимостью, результаты данных работ использованы собственниками генерирующего оборудования (ПАО «РусГидро», ПАО «ТГК-1», АО «Красноярская ГЭС»), производителями САУ ГА и АО «СО ЕЭС».

8. На основе обобщения опыта по результатам обзора технологических нарушений, произошедших как в ЕЭС России, так и за рубежом, АО «НТЦ ЕЭС» делает следующие выводы:

8.1. Некорректная работа САУ ГА наблюдается не только в ЕЭС России, но и в энергосистемах других стран с большой долей ГЭС.

8.2. В многолетнем процессе модернизации САУ ГА повышались скорость и точность регулирования в его основном режиме «Мощность», что в конечном итоге снизило устойчивость регулирования частоты при работе ГА параллельно с энергосистемой сравнимой мощности или в изолированном районе.

8.3. Испытания на каждом очередном гидроагрегате после повышения скорости и точности регулирования в САУ ГА может не показывать заметного снижения качества регулирования частоты в энергосистеме. Однако при накоплении «критической массы» таких ГА может произойти появление незатухающих колебаний частоты большой амплитуды. Накопление «критической массы» может происходить и постепенно, и внезапно из-за изменения структуры энергосистемы. Так, в большинстве произошедших технологических нарушений в ЕЭС России с их развитием по причине некорректной работы САУ ГА, происходило повышение доли ГЭС в общей мощности энергосистемы за счет аварийного отделения энергорайона с преобладанием гидрогенерации и последующим возникновением колебаний частоты и мощности с нарастающей амплитудой.

8.4. Действовавшая до недавнего времени НТД не содержала в явном виде детальные требования к функционированию САУ ГА в условиях изолированной работы энергосистемы с преобладанием гидрогенерации. В связи с этим алгоритмы регулирования в режиме «Частота», как и алгоритмы автоматического перехода в режим «Частота», определялись только опытом и имеющимися наработками производителей САУ ГА. При этом их полномасштабная проверка не выполнялась ввиду организационной и технической сложности проведения соответствующих натуральных испытаний. Это обуславливает как большое разнообразие алгоритмов регулирования в режиме «Частота» и алгоритмов автоматического перехода в режим «Частота», так и отсутствие проверки их влияния на надежность и живучесть энергосистемы.

8.5. В широкой практике отсутствуют модели гидротурбин и САУ ГА, достоверные с позиции анализа переходных процессов с изменением частоты в энергосистеме, и метод выбора их параметров, а у производителей САУ ГА дополнительно отсутствуют модели энергосистем и опыт их использования. Из-за этого у специалистов, выполняющих анализ переходных процессов в энергосистеме, отсутствует возможность достаточно подробно проанализировать работу САУ ГА и выявить в полном объеме недостатки алгоритмов регулирования. Это затрудняет применение и развитие подхода математического моделирования для анализа работы САУ ГА в целом. Это также приводит к большому числу алгоритмических недостатков в САУ ГА, которые невозможно выявить ввиду ограниченности состава экспериментов натуральных испытаний, что дополнительно снижает надежность и живучесть энергосистем.

9. АО «СО ЕЭС» и ПАО «РусГидро» согласованно ведут деятельность по совершенствованию нормативных требований, предъявляемых к САУ ГА. АО «НТЦ ЕЭС» на основе анализа произошедших технологических нарушений, действующей нормативно-технической документации разработали рекомендации по совершенствованию нормативных требований. В апреле 2023 года был введен в действие ГОСТ Р 70661-2023 «Устройства автоматического регулирования частоты и активной мощности гидроагрегатов гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций. Нормы и требования». ГОСТ устанавливает требования: к режимам работы САУ ГА в энергосистеме большой мощности и в изолированной энергосистеме; к условиям перехода из одного в другой режим; к проведению испытаний САУ ГА для подтверждения соответствия требованиям ГОСТ. Целью стандарта является повышение надежности и живучести работы энергосистем с преобладающей долей гидрогенерации.

10. Необходимо продолжить работу по совершенствованию нормативно-технической документации в части разработки требований и методики проверки параметров настройки САУ ГА на математической модели энергосистемы, где установлены гидроагрегаты.

11. Необходима разработка стандарта, определяющего требования по работе систем автоматического регулирования частоты и активной мощности блоков тепловых станций, аналогично требованиям к ГЭС.

Рассмотрев материалы НТС и заслушав докладчиков, совместное заседание секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления» и секции «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС» **приняло следующие решения:**

1. Одобрить выполненную работу по анализу влияния работы систем автоматического управления гидроагрегатов на надежность работы энергосистемы.

2. Рекомендовать АО «НТЦ ЕЭС»:

2.1. Продолжить работы по теме исследования САУ ГА.

2.2. Увеличить публикационную активность по теме исследования САУ ГА.

3. Рекомендовать ПАО «РусГидро» и АО «СО ЕЭС»:

3.1. Продолжить совершенствование нормативно-технической документации в части разработки требований и методики проверки параметров настройки САУ ГА на математической модели энергосистемы, где установлены гидроагрегаты. Провести апробацию методики на выбранных ГЭС.

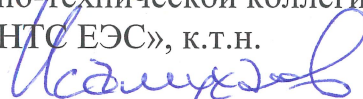
3.2. Рассмотреть вопрос целесообразности адаптации действующей НТД по ОПРЧ и АВРЧМ к особенностям работы технологически изолированных энергосистем.

4. Рекомендовать АО «СО ЕЭС» инициировать разработку стандарта, определяющего требования по работе систем автоматического регулирования частоты и активной мощности блоков тепловых станций, аналогично требованиям к ГЭС, с привлечением АО «НТЦ ЕЭС» и генерирующих компаний.

Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор

 В.В. Молодюк

Ученый секретарь
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.


Я.Ш. Исамухамедов

Председатель секции «Управление
режимами энергосистем, РЗА»
НП «НТС ЕЭС»

 А.Ф. Бондаренко

Ученый секретарь секции
«Управление режимами энергосистем,
РЗА» НП «НТС ЕЭС», к.т.н.

 Ю.И. Лужковский

Председатель секции «Проблемы
надежности и эффективности
релейной защиты и средства
автоматического системного
управления в ЕЭС России» НП
«НТС ЕЭС», к.т.н.

 А.В. Жуков

Ученый секретарь секции «Проблемы
надежности и эффективности
релейной защиты и средства
автоматического системного
управления в ЕЭС России» НП «НТС
ЕЭС»

 А.И. Расщепляев