



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

«УТВЕРЖДАЮ»

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

Н.Д. Рогалев

«23» марта 2022 г.

ПРОТОКОЛ

заседания секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления» и секции «Управления режимами энергосистем, РЗА» НИ «НТС ЕЭС» по теме: **«Сильное регулирование возбуждения и стабилизация режимов в многомашинных энергосистемах»**

19 февраля 2021 г.

г. Москва

Присутствовало: 59 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

С докладами:

- «Сильное регулирование возбуждения и стабилизация режимов при возмущениях в многомашинной энергосистеме» - Ф.Л. Коган (АО «НТЦ ФСК ЕЭС») (приложение 2).

- «Анализ функционирования АРВ синхронных генераторов с различными сигналами каналов стабилизации частоты» - Т.Г. Климова (ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ») (приложение 3).

В обсуждении докладов и прениях выступили:

А.В. Жуков, А.Ф. Бондаренко, И.З. Черномзав, А.А. Юрганов, И.Ф. Перельман, Т.Г. Климова, А.С. Герасимов, А.А. Бурмистров

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

1. Особенностью ЕЭС России является передача электрической энергии по протяжённым межсистемным связям. В энергообъединениях с такой протяженной структурой могут возникать системные низкочастотные слабозатухающие колебания параметров электрического режима. Системные низкочастотные колебания снижают запас по статической и динамической устойчивости и могут привести к нарушению параллельной работы электростанций и энергосистем, возникновению асинхронного режима и каскадному развитию технологического нарушения. Основными устройствами, влияющими на демпферные свойства ЕЭС России, являются системы возбуждения (СВ) и автоматические регуляторы возбуждения (АРВ) синхронных генераторов электростанций.

2. В течение последних пятнадцати лет происходило повсеместное замещение устаревших АРВ типа ЭПА, АРВ-СД, АРВ-СДП1 и др. автоматическими регуляторами возбуждения отечественного и зарубежного производства, выполненными на новой микропроцессорной элементной базе и функционирующими по новым, более эффективным законам управления (включение в передаточную функцию регулятора интегрирующих звеньев в канал регулирования напряжения и в общий канал регулирования и т.п.).

3. С целью обеспечения надёжности и правильности функционирования АРВ и СВ генераторов электростанций АО «СО ЕЭС» реализовал ряд мероприятий, в том числе ввод в действие ГОСТ 21558-2018 «Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия» и стандарт АО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.160.20.004-2019, а также выпуск приказа Министерства энергетики РФ от 13 февраля 2019 г. N 98 «Об утверждении требований к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов...».

4. В настоящее время в ЕЭС России в диспетчерских центрах АО «СО ЕЭС» функционирует система мониторинга системных регуляторов, отслеживающая корректность и эффективность работы АРВ синхронных генераторов электростанций. Объективные средства контроля, имеющиеся в распоряжении АО «СО ЕЭС», а также данные системы мониторинга

системных регуляторов свидетельствуют об отсутствии в настоящее время в ЕЭС России проблемы возникновения по вине некорректной работы АРВ незатухающих колебаний режимных параметров.

5. С целью повышения эффективности законов регулирования автоматических регуляторов возбуждения синхронных генераторов Коганом Ф.Л. предложен способ стабилизации режимов, заключающийся в использовании в качестве входного сигнала в структуре стабилизации отечественных АРВ разность отклонений между частотой вращения вала каждого генератора и частотой напряжения на сборных шинах электростанции. Предполагается, что при использовании предложенного входного сигнала АРВ обеспечит подавление возникающих колебаний с большей эффективностью, что будет способствовать скорейшей синхронизации генераторов между собой.

6. Эффективность предложенного способа на ряде примеров была продемонстрирована в ходе сравнительных натурных испытаний в ОЭС Сибири, проведенных в 80-х годах прошлого века, с использованием способа стабилизации, предложенного Коганом Ф.Л. и реализованного на АРВ типа АРВ-СДП1.

7. Эффективность предложенного способа подтверждается исследованиями Климовой Т.Г. и Николаевой О.О. (кафедра РЗиА НИУ «МЭИ») на цифровой модели энергосистемы, реализованной с помощью программно-аппаратных комплексов RTDS и MATLAB, показавшими, что в конкретной схеме использование для каналов стабилизации предлагаемого способа обеспечивает существенно лучшую стабилизацию режимов во всех схемно-режимных ситуациях. Однако, целесообразна проверка эффективности предлагаемого способа стабилизации в многомашинной системе с различным составом генераторов и нагрузок.

8. В настоящее время большинство паровых и газовых турбоагрегатов оснащены устройствами измерения частоты вращения, сигналы которых используются в системах регулирования частоты и мощности энергоблоков, однако возможность применения результатов их измерений для целей регулирования возбуждения синхронных генераторов не исследовалась и остается под вопросом.

9. Эффективность предложенного способа в случае его реализации в физических образцах новых отечественных АРВ не исследовалась.

10. Необходимо продолжить изучение и обсуждение вопроса о корректности предложенной интерпретации колебаний вектора внутренней

ЭДС генератора и вектора напряжений статора (см. Приложение 2 к протоколу).

11. Необходима дальнейшая всесторонняя проверка, в том числе, с использованием физических моделей и натурных экспериментов, эффективности предлагаемого способа стабилизации для АРВ, функционирующих с использованием современных законов регулирования, а также эффективности и возможности получения для целей регулирования возбуждения синхронных генераторов сигналов устройств измерения частоты вращения, которым оснащаются современных турбогенераторы. В число вопросов для дальнейшей проработки также следует включить:

- исследование влияния предлагаемого способа стабилизации на крутильные колебания линии вала турбоагрегатов;
- проработку вопросов практической реализации и технических требований к преобразовательным каналам измерения механической частоты вращения агрегата.

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 работы Ф.Л. Когана по совершенствованию алгоритмов функционирования АРВ синхронных генераторов.

2. Рекомендовать заинтересованным организациям рассмотреть материалы, вопросы, предложения и замечания (приложения 4-6), рассмотренные на данном заседании секций НП «НТС ЕЭС» к предложенному Ф.Л. Коганом способу демпфирования колебаний синхронных генераторов и ответ Ф.Л. Когана рецензентам (приложение 7), в целях их учета при проведении дальнейших научных исследований в данном направлении.

3. Рекомендовать провести дальнейшую всестороннюю проверку эффективности предлагаемого способа стабилизации в многомашинной системе с различным составом и типами генераторов и нагрузок для определения многообразия условий, при которых необходимо совершенствование алгоритмов функционирования АРВ синхронных генераторов. В программу модельных исследований следует, помимо определения зон устойчивости в нормальных и ремонтных режимах, включить большие набросы и сбросы нагрузки, которые могут возникнуть при разделении энергосистемы на части, близкие к шинам электростанции КЗ различных видов, внезапные переходы генераторов из индуктивного квадранта в емкостный и обратно.

4. Рекомендовать провести дальнейшую всестороннюю проверку с использованием цифровых и физических моделей, а также натурных

экспериментов, эффективности предлагаемого способа стабилизации для новых отечественных цифровых АРВ, а также эффективности и возможности получения для целей регулирования возбуждения синхронных генераторов сигналов устройств измерения частоты вращения, которым оснащаются современные турбогенераторы.

5. Рекомендовать производителям современных автоматических регуляторов возбуждения синхронных генераторов (НПО «Русэлпром-Электромаш» и др.) рассмотреть возможность участия в исследованиях в части изготовления опытного образца АРВ и опытной системы измерения разности между частотой вращения вала агрегата турбина-генератор и частотой напряжения на сборных шинах электростанции.

6. НП «НТС ЕЭС» организовать обсуждение на заседании секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления» темы «Выбор типа и разработка методики настройки многополосного системного стабилизатора».

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.И. Исамухамедов

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

А.Ф. Бондаренко

Ученый секретарь секции
«Управление режимами энергосистем,
РЗА» НП «НТС ЕЭС»

А.Ф. Морозова

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

Список участников

заседания секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления» и секции «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС» по теме:

«Сильное регулирование возбуждения и стабилизация режимов в многомашиных энергосистемах»

	ФИО	Организация
1.	Аглиулин Салих Габидулович	АО «Сибтехэнерго»
2.	Алексеев Валерий Сергеевич	НПП «ЭКРА»
3.	Антонов Владислав Иванович	НПП «ЭКРА»
4.	Бажанова Дмитрия Львовича	ООО СП «МЭН»
5.	Балихин Кирилл Александрович	ИА ПАО «РусГидро»
6.	Баракин Александр Константинович	АО «Сибтехэнерго»
7.	Баракин Константин Александрович	АО «Сибтехэнерго»
8.	Бондаренко Александр Фёдорович	АО «СО ЕЭС»
9.	Бурмистров Александр Александрович	Силовые машины
10.	Виницкий Юрий Данилович	
11.	Воротницкий Валерий Эдуардович	
12.	Гельфанд Александр Маркович	НП «НТС ЕЭС»
13.	Герасимов Андрей Сергеевич	АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление»
14.	Гуриков Олег Викторович	АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление»
15.	Гусев Юрий Павлович	НИУ «МЭИ»
16.	Деревенцев Кирилл Александрович	Колымская ГЭС
17.	Дудкин Александр Александрович	АО «Сибтехэнерго»
18.	Жуков Андрей Васильевич	АО «СО ЕЭС»
19.	Иванов Николай Геннадьевич	НПП «ЭКРА»
20.	Кабанов Дмитрий Анатольевич	АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление»
21.	Калинин Алексей Никодимович	ПАО «РусГидро»
22.	Каппес Александр Дмитриевич	ООО «Прософт-Системы»
23.	Кириленко Павел Владимирович	Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока
24.	Коган Феликс Лазаревич	АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
25.	Колобродов Евгений Николаевич	ГК ТЕКОН
26.	Константинов Евгений Петрович	ОАО «ВНИИР»
27.	Кошельков Иван Александрович	ООО НПП «ЭКРА»
28.	Крюков Василий Дмитриевич	Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Центра
29.	Лебедев Владимир Дмитриевич	ИГЭУ
30.	Локтионов Андрей Викторович	Новосибирская ГЭС
31.	Морозов Алексей Павлович	ИА ПАО «РусГидро»
32.	Нагай Владимир Иванович	Южэнергосетьпроект
33.	Наровлянский Владимир Григорьевич	АБС Электро
34.	Никитина Анастасия Николаевна	ООО НПП «ЭКРА»
35.	Николаева Ольга Олеговна	НИУ «МЭИ»
36.	Новиков Николай Леонтьевич	АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
37.	Перельман Илья Фабович	НП «НТС ЕЭС»

	ФИО	Организация
38.	Петров Владимир Сергеевич	ООО НПП «ЭКРА»
39.	Попов Евгений Николаевич	ООО НПП "Русэлпром-Электромаш"
40.	Порозков Максим Андреевич	ООО «Прософт-Системы»
41.	Рабинович Марк Аркадьевич	
42.	Расщепляев Антон Игоревич	АО «СО ЕЭС»
43.	Сацук Евгений Иванович	АО «СО ЕЭС»
44.	Сидоров Владислав Леонидович	Воткинская ГЭС
45.	Сидоров Владислав Леонидович	Воткинская ГЭС
46.	Смирнов Андрей Николаевич	АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление»
47.	Солдатов Александр Вячеславович	ООО НПП «ЭКРА»
48.	Ткаченко Василий Петрович	ООО СП «МЭН»
49.	Тыквинский Алексей Михайлович	ООО «Прософт-Системы»
50.	Хлямков Владислав Анатольевич	Силовые машины
51.	Чернов Николай Николаевич	Жигулевская ГЭС
52.	Черномзав Игорь Зейликович	ООО «ИНКОНТРОЛ»
53.	Чупров Иван Андреевич	Саяно-Шушенская ГЭС
54.	Шапеев Александр Анатольевич	ОАО «ВНИИР»
55.	Шевченко Вячеслав Михайлович	АО «Сибтехэнерго»
56.	Шендер Сергей Евгеньевич	ООО «Прософт-Системы»
57.	Шивиров Артем Викторович	ОАО «ВНИИР»
58.	Юрганов Алексей Анатольевич	СПбПУ Петра Великого
59.	Негреев Александр Петрович	АО «СО ЕЭС»