

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «НТЦ ЕЭС»

В.А. Крицкий



ПРОТОКОЛ

технического совещания

**по итогам испытаний регуляторов возбуждения AVR-4М
гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС на ПАК РВ АО «НТЦ ЕЭС»
(Протокол испытаний)**

21 февраля 2018 года

г. Санкт-Петербург

Присутствовали:

от Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока:

Кириллов И. П. – главный специалист отдела устойчивости и противоаварийной автоматики Службы электрических режимов;
Новобранец А. Ю. – специалист 1 категории отдела устойчивости и противоаварийной автоматики Службы электрических режимов;

от ПАО «Силовые машины»:

Ничипорчик А. М. – ведущий инженер-программист отдела по проектированию систем возбуждения энергетических машин;

от АО «НТЦ ЕЭС»:

Герасимов А. С. – заместитель генерального директора;
Смирнов А. Н. – заведующий отделом электроэнергетических систем (НИО-3);
Есипович А. Х. – заведующий лабораторией НИО-3;
Кабанов Д. А. – заведующий сектором НИО-3, руководитель работы;
Зеленин А. С. – старший научный сотрудник НИО-3, ответственный исполнитель работы.

Рассмотрев вопрос об итогах испытаний регуляторов возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС с использованием программно-аппаратного комплекса моделирования энергосистем в режиме реального времени (ПАК РВ) АО «НТЦ ЕЭС» (Договор № 1119-03-3-17, Заказчик – ПАО «Силовые машины»), проходивших в АО «НТЦ ЕЭС» с 12 по 21 февраля 2018 года, представители указанных выше организаций отмечают следующее:

1. Целью испытаний являлась проверка параметров настройки регуляторов возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6

Зейской ГЭС и корректировка этих параметров (при необходимости, выявленной в процессе проверки) на ПАК РВ АО «НТЦ ЕЭС» в схеме, адекватно отображающей условия работы электростанции в объединенной энергосистеме (ОЭС) Востока, по методике, приведенной в приложении Д СТО 59012820.29.160.20.001-2012.

2. Испытания проведены с использованием ПАК РВ АО «НТЦ ЕЭС» в математической модели, адекватно отображающей планируемые условия работы Зейской ГЭС в ОЭС Востока на уровни 2018, 2019, 2022 и 2023 годов развития энергосистемы.

3. Предварительный выбор параметров настройки каналов регулирования и стабилизации регуляторов возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС выполнен АО «НТЦ ЕЭС» в эталонных цифровых моделях ОЭС Востока на уровни 2018, 2019, 2022 и 2023 годов ее развития, разработанных в рамках упомянутого договора.

4. К математической модели тиристорной системы независимого возбуждения гидрогенератора №6 Зейской ГЭС посредством интерфейсных блоков ПАК РВ подключен натурный образец регулятора возбуждения AVR-4М с установленной версией программного обеспечения 40.01, в котором заданы параметры настройки в соответствии с пунктом 3 настоящего протокола. Математические модели тиристорных систем независимого возбуждения гидрогенераторов №2, 3 Зейской ГЭС оснащены верифицированными¹ математическими моделями регулятора возбуждения КОСУР-Ц, в которых заданы рабочие параметры настройки. К математическим моделям тиристорных систем независимого возбуждения гидрогенераторов №1, 4, 5 Зейской ГЭС подключены:

- на этапе 2018 года – математические модели регуляторов возбуждения типа АРВ-СД, в которых заданы рабочие параметры настройки;
- на этапе 2019 года – натурный образец регулятора возбуждения AVR-4М², в котором заданы параметры настройки в соответствии с пунктом 3 настоящего протокола (гидрогенератор №1), математические модели регуляторов возбуждения типа АРВ-СД, в которых заданы рабочие параметры настройки (гидрогенераторы №4 и 5);
- на этапе 2022 года – натурные образцы регуляторов возбуждения AVR-4М², в которых заданы параметры настройки в соответствии с пунктом 3 настоящего протокола (гидрогенераторы №1 и 4), математическая модель регулятора возбуждения типа АРВ-СД, в которой заданы рабочие параметры настройки (гидрогенератор №5).

¹ Верификация математических моделей выполнена по натурным частотным характеристикам

² С установленной версией программного обеспечения 40.01

- на этапе 2023 года – натурные образцы регуляторов возбуждения AVR-4М³, в которых заданы параметры настройки в соответствии с пунктом 3 настоящего протокола.

5. Натурные образцы регуляторов возбуждения AVR-4М с установленной версией программного обеспечения 40.01 имеют сертификат соответствия СТО 59012820.29.160.20.001-2012, зарегистрированный в реестре сертифицированных объектов СДС «СО ЕЭС» 30 сентября 2013 года за регистрационным № NTC3.SO.RU.0513.0001.

6. Для проведения испытаний разработана и согласована с Филиалом АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока «Программа испытаний регуляторов возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС на ПАК РВ АО «НТЦ ЕЭС»».

7. Испытания проведены по рабочей программе, которая включала свыше 1400 основных экспериментов и была подготовлена на основе согласованной «Программы испытаний...».

8. При испытаниях в качестве базовых рассмотрены 8 электрических режимов:

- режим зимнего максимума нагрузок на уровень развития ОЭС Востока в 2018 году;
- режим летнего максимума нагрузок на уровень развития ОЭС Востока в 2018 году;
- режим зимнего максимума нагрузок на уровень развития ОЭС Востока в 2019 году;
- режим летнего максимума нагрузок на уровень развития ОЭС Востока в 2019 году;
- режим зимнего максимума нагрузок на уровень развития ОЭС Востока в 2022 году;
- режим летнего максимума нагрузок на уровень развития ОЭС Востока в 2022 году;
- режим зимнего максимума нагрузок на уровень развития ОЭС Востока в 2023 году;
- режим летнего максимума нагрузок на уровень развития ОЭС Востока в 2023 году.

9. В процессе испытаний рассмотрены нормативные возмущения вблизи шин 500 кВ и 220 кВ Зейской ГЭС с учетом действия комплексов противоаварийной автоматики.

10. В процессе испытаний обнаружено, что:

- на этапах 2022 и 2023 годов развития энергосистемы Востока параметры настройки каналов регулирования и стабилизации

³ С установленной версией программного обеспечения 40.01

регуляторов возбуждения *AVR-4M*, выбранные в эталонных цифровых моделях ОЭС Востока, не обеспечивают апериодический характер нарушения статической устойчивости при утяжелении электроэнергетического режима и требуют коррекции;

- при моделировании нормативных возмущений вблизи шин 220 кВ Зейской ГЭС, приводящих к отключению одного гидрогенератора станции и, как следствие, снижению частоты в энергосистеме со скоростью менее 0.05 Гц/с, функция блокировки каналов системной стабилизации вводится избыточно, и ее параметры настройки требуют коррекции.

11. В ходе испытаний выполнены:

- коррекция параметров настройки каналов регулирования и стабилизации регуляторов возбуждения *AVR-4M* по условиям обеспечения апериодического характера нарушения статической устойчивости при утяжелении электроэнергетического режима на всех этапах модернизации систем возбуждения гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС;
- проверка эффективности скорректированных параметров настройки регуляторов возбуждения *AVR-4M* гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС с учетом графика модернизации систем возбуждения гидрогенераторов станции в нормальных и послеаварийных режимах по условиям обеспечения успешной стабилизации режимных параметров на уровень развития ОЭС Востока в 2018, 2019, 2022 и 2023 годах;
- проверка отсутствия взаимного негативного влияния и внутригрупповой неустойчивости при работе на Зейской ГЭС гидрогенераторов, оснащенных регуляторами возбуждения *AVR-4M*, КОСУР-Ц и АРВ-СД;
- оптимизация параметров настройки алгоритма релейной форсировки возбуждения регуляторов возбуждения *AVR-4M* гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС и проверка ее эффективности;
- проверка правильности работы ограничителей минимального возбуждения регуляторов возбуждения *AVR-4M* гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС;
- коррекция параметров настройки функции блокировки каналов системной стабилизации регуляторов возбуждения *AVR-4M* гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС при возникновении аварийных небалансов активной мощности, вызывающих изменение частоты в энергосистеме;
- проверка эффективности параметров настройки регуляторов возбуждения *AVR-4M* гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС с учетом графика модернизации систем возбуждения станции при расчетных возмущениях вблизи шин 500 кВ и 220 кВ Зейской ГЭС.

12. Программа испытаний выполнена полностью.

Выводы по результатам испытаний:

1. Параметры настройки регуляторов возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС после коррекции, выполненной в ходе испытаний, обеспечивают успешную стабилизацию эксплуатационных режимов и демпфирование послеаварийных колебаний при нормативных возмущениях в нормальной и ремонтных схемах сети 500 кВ и 220 кВ.
2. Релейная форсировка возбуждения регуляторов возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС после проведенной оптимизации параметров функционирует в полном соответствии с требованиями СТО: снятие релейной форсировки возбуждения обеспечивается после восстановлении напряжения на статоре гидрогенератора до своего исходного значения в нормальной и ремонтных схемах сети при нормативных возмущениях вблизи шин 500 кВ и 220 кВ Зейской ГЭС.
3. Регуляторы возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 при скорректированных по результатам испытаний параметрах блокировки системного стабилизатора обеспечивают правильную работу систем возбуждения гидрогенераторов станции при возникновении аварийных небалансов активной мощности.
4. Подробное описание результатов испытаний будет выполнено АО «НТЦ ЕЭС» и представлено в техническом отчете по упомянутому Договору.

Заключение

1. Испытания регуляторов возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС на программно-аппаратном комплексе моделирования энергосистем в режиме реального времени в схеме энергосистемы Востока проведены в соответствии со Стандартом АО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.160.20.001-2012 «Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов» в полном объеме согласованной программы.
2. Регуляторы возбуждения AVR-4М гидрогенераторов №1, 4, 5 и 6 Зейской ГЭС при выбранных по результатам испытаний параметрах настройки в схемно-режимных условиях ОЭС Востока на уровне ее развития в 2018, 2019, 2022 и 2023 годах обеспечивают эффективную стабилизацию электрических режимов энергосистемы, а также успешное демпфирование послеаварийных колебаний режимных параметров при нормативных возмущениях вблизи шин 500 кВ, 220 кВ Зейской ГЭС.
3. При проведении пуско-наладочных работ на системах возбуждения новых гидрогенераторов №1, 4, 5, 6 Зейской ГЭС в качестве исходных

настроек регуляторов возбуждения AVR-4М рекомендуется установить параметры настройки согласно Приложению А к настоящему Протоколу.

От АО «НТЦ ЕЭС»:

Заместитель генерального директора



А.С. Герасимов

Заведующий НИО-3



А.Н. Смирнов

Заведующий лабораторией НИО-3



А.Х. Есипович

Заведующий сектором НИО-3



Д.А. Кабанов

Старший научный сотрудник НИО-3



А.С. Зеленин

От ПАО «Силовые машины»:

Ведущий инженер-программист отдела
по проектированию систем возбуждения
энергетических машин



А.М. Ничипорчик

От Филиала ПАО «РусГидро» – «Зейская ГЭС»:

Начальник службы технологических
систем управления



А.В. Сячин

От Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока:

Главный специалист отдела устойчивости
и противоаварийной автоматики
Службы электрических режимов



И.П. Кириллов

Специалист 1 категории отдела устойчивости
и противоаварийной автоматики
Службы электрических режимов



А.Ю. Новобранец