

УТВЕРЖДАЮ

Директор по системным
исследованиям

канд. техн. наук, доцент



Г. Герасимов

ПРОТОКОЛ №2

технического совещания

*по итогам испытаний регуляторов возбуждения AVR-2
гидрогенераторов ст. №1–4 Чиркейской ГЭС
(заключительный)*

05 ноября 2024 года

г. Санкт-Петербург

Присутствовали:

от АО «Энергокомплект»:

Петров П.В. – заместитель генерального директора;

от АО «НТЦ ЕЭС»:

Есипович А.Х. – начальник лаборатории НИО-3;

Кабанов Д.А. – заведующий сектором НИО-3;

Сульчакова А.Ю. – младший научный сотрудник НИО-3.

Рассмотрев вопрос об итогах испытаний регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1–4 Чиркейской ГЭС на математической модели ОЭС Юга (Договор №6-ТПиР-ПКМ-2024-ДФ/1080-244-2024/202-04-3Н-2024, Заказчик – ПАО «РусГидро», Исполнитель – АО «НТЦ ЕЭС»), представители указанных выше организаций отмечают следующее:

1. Целью испытаний являлась проверка и корректировка (при необходимости, выявленной в процессе проверки) параметров настройки регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1–4 Чиркейской ГЭС в схеме, адекватно отображающей условия работы электростанции в объединенной электроэнергетической системе (ОЭС) Юга.

2. Для проведения проверки на программно-аппаратном комплексе моделирования энергосистем в режиме реального времени RTDS (ПАК RTDS) АО «НТЦ ЕЭС» подготовлена математическая модель, адекватно отображающая условия работы Чиркейской ГЭС в ОЭС Юга на уровни 2024–2027 годов развития энергосистемы.

3. Программа испытаний согласована ОДУ Юга.

4. Предварительный выбор параметров настройки каналов регулирования и стабилизации регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1–4 Чиркейской ГЭС выполнен АО «НТЦ ЕЭС» в

цифровых моделях ОЭС Юга на уровне её развития в 2024–2027 годах, разработанных в рамках упомянутого Договора.

5. Чиркейская ГЭС в схеме представлена четырьмя математическими моделями гидрогенераторов, оснащенными моделями тиристорных систем независимого возбуждения.

6. К математическим моделям тиристорной системы независимого возбуждения каждого из гидрогенераторов Чиркейской ГЭС (в соответствии с графиком замены гидрогенераторов) поочередно подключался промышленный образец регулятора возбуждения AVR-2, на котором были установлены параметры настройки в соответствии с пунктом 4 настоящего Протокола, а к математическим моделям тиристорных систем независимого возбуждения остальных гидрогенераторов Чиркейской ГЭС – математические модели регуляторов возбуждения типа AVR-2, на которых были установлены (в соответствии с графиком замены гидрогенераторов) рабочие или расчетные (в соответствии с п. 4 настоящего Протокола) параметры настройки.

7. Регулятор возбуждения AVR-2 с установленной версией алгоритма v2.1.1304 имеет сертификат соответствия СТО 59012820.29.160.20.001-2012, зарегистрированный в реестре сертифицированных объектов СДС «СО ЕЭС» 09 декабря 2015 года за регистрационным № NTC3.SO.RU.0513.

8. Испытания в соответствии с требованиями Технического задания к Договору проводились в два этапа.

9. Первый этап испытаний включал реализацию части Программы испытаний, обеспечивающей проверку и корректировку (при необходимости, выявленной в процессе проверки) параметров настройки регулятора возбуждения AVR-2 гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС в схемах, адекватно отображающих условия работы электростанции в энергосистеме на уровень 2024 года ее развития.

10. Результаты первого этапа испытаний подведены на техническом совещании и оформлены соответствующим протоколом (Приложение А).

11. Второй этап испытаний включал реализацию части Программы испытаний, обеспечивающей проверку и корректировку (при необходимости, выявленной в процессе проверки) параметров настройки регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1, 3, 4 Чиркейской ГЭС в схеме, адекватно отображающей условия работы электростанции в энергосистеме на уровне 2025–2027 годов ее развития.

12. Испытания второго этапа проведены по рабочей программе, которая включала более 2500 основных экспериментов и была подготовлена на основе согласованной программы испытаний.

13. На втором этапе испытаний в качестве базовых рассмотрено 18 электрических режимов:

- режим зимнего максимума нагрузки на уровень 2025 года развития энергосистемы;

- режим зимнего минимума нагрузки на уровень 2025 года развития энергосистемы;
- режим летнего максимума нагрузки на уровень 2025 года развития энергосистемы;
- режим летнего минимума нагрузки на уровень 2025 года развития энергосистемы;
- режим максимума нагрузок на уровень 2025 года развития энергосистемы в период паводка;
- режим минимума нагрузок на уровень 2025 года развития энергосистемы в период паводка.
- режим зимнего максимума нагрузки на уровень 2026 года развития энергосистемы;
- режим зимнего минимума нагрузки на уровень 2026 года развития энергосистемы;
- режим летнего максимума нагрузки на уровень 2026 года развития энергосистемы;
- режим летнего минимума нагрузки на уровень 2026 года развития энергосистемы;
- режим максимума нагрузок на уровень 2026 года развития энергосистемы в период паводка;
- режим минимума нагрузок на уровень 2026 года развития энергосистемы в период паводка.
- режим зимнего максимума нагрузки на уровень 2027 года развития энергосистемы;
- режим зимнего минимума нагрузки на уровень 2027 года развития энергосистемы;
- режим летнего максимума нагрузки на уровень 2027 года развития энергосистемы;
- режим летнего минимума нагрузки на уровень 2027 года развития энергосистемы;
- режим максимума нагрузок на уровень 2027 года развития энергосистемы в период паводка;
- режим минимума нагрузок на уровень 2027 года развития энергосистемы в период паводка.

14. В процессе второго этапа испытаний рассмотрены нормативные возмущения вблизи ОРУ 330 кВ Чиркейской ГЭС и шин 330 кВ ПС 330 кВ Чирюрт.

15. В ходе испытаний для регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1, 3, 4 Чиркейской ГЭС выполнены:

- проверка эффективности параметров настройки при стабилизации эксплуатационных режимов;
- определение характера нарушения статической устойчивости;

- выбор параметров релейной форсировки возбуждения;
- проверка правильности настройки при возникновении аварийных небалансов активной мощности, вызывающих изменение частоты в энергосистеме;
- проверка работы ограничителя минимального возбуждения;
- проверка эффективности параметров настройки при расчетных возмущениях;
- проверка внутrigрупповой устойчивости.

16. Программа второго этапа испытаний выполнена полностью.

Выводы по результатам второго этапа испытаний:

1. Выбранные параметры настройки регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1, 3, 4 Чиркейской ГЭС обеспечивают успешную стабилизацию эксплуатационных режимов в нормальной и ремонтных схемах электрической сети, а также демпфирование послеаварийных колебаний при нормативных возмущениях вблизи ОРУ 330 кВ Чиркейской ГЭС и шин 330 кВ ПС 330 кВ Чирюрт на уровне 2025–2027 годов развития энергосистемы Юга.
2. Релейная форсировка возбуждения регулятора возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1, 3, 4 Чиркейской ГЭС при выбранных параметрах настройки функционирует в полном соответствии с Требованиями к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов, утвержденными приказом Минэнерго РФ от 13.02.2019 №98 (далее – Требования).
3. Регуляторы возбуждения AVR-2 обеспечивают правильную работу систем возбуждения гидрогенераторов ст. №1, 3, 4 Чиркейской ГЭС при возникновении аварийных небалансов активной мощности, вызывающих изменение частоты в энергосистеме.
4. Регуляторы возбуждения AVR-2 при выбранных параметрах настройки обеспечивает устойчивую работу гидрогенераторов ст. №1, 3, 4 Чиркейской ГЭС в режиме ограничения минимального возбуждения. При переходе в режим ограничения минимального возбуждения производить блокировку каналов системной стабилизации не следует.
5. При выбранных параметрах настройки регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1, 3, 4 обеспечивается внутrigрупповая устойчивость гидрогенераторов Чиркейской ГЭС.
6. АО «НТЦ ЕЭС» представит подробное описание результатов испытаний в техническом отчете по упомянутому Договору.

Заключение

1. Испытания цифровых регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1–4 Чиркейской ГЭС на ПАК RTDS в схеме ОЭС Юга проведены в два этапа в соответствии с Требованиями в полном объеме согласованной программы.
2. Регуляторы возбуждения AVR-2 гидрогенераторов ст. №1–4 Чиркейской ГЭС в схемно-режимных условиях ОЭС Юга на уровне ее развития в 2024–2027 годах при выбранных параметрах настройки обеспечивают эффективную стабилизацию электрических режимов энергосистемы, а также успешное демпфирование послеаварийных колебаний режимных параметров при нормативных возмущениях вблизи ОРУ 330 кВ Чиркейской ГЭС и шин 330 кВ ПС 330 кВ Чирюрт.
3. При проведении пуско-наладочных работ на системах возбуждения гидрогенераторов ст. №1–4 Чиркейской ГЭС в качестве исходных настроек регуляторов возбуждения AVR-2 рекомендуется установить параметры настройки согласно Приложению Б к настоящему Протоколу.

От АО «НТЦ ЕЭС»:

Начальник лаборатории НИО-3



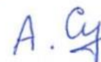
А.Х. Есипович

Начальник сектора НИО-3



Д.А. Кабанов

Младший научный сотрудник НИО-3



А.Ю. Сульчакова

От АО «Энергокомплект»:

Заместитель генерального директора



П.В. Петров

ПРИЛОЖЕНИЕ А

УТВЕРЖДАЮ

Директор по системным
исследованиям

канд. техн. наук, доцент

_____ А.С. Смирнов

ПРОТОКОЛ №1

технического совещания

*по итогам испытаний регулятора возбуждения AVR-2
гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС*



30 сентября 2024 года

г. Санкт-Петербург

Присутствовали:

от АО «Энергокомплект»:

Петров П.В. – заместитель генерального директора;

от АО «НТЦ ЕЭС»:

Есипович А.Х. – начальник лаборатории НИО-3;

Кабанов Д.А. – заведующий сектором НИО-3;

Сульчакова А.Ю. – младший научный сотрудник НИО-3.

Рассмотрев вопрос об итогах первого этапа испытаний регуляторов возбуждения AVR-2 гидрогенераторов №1–4 Чиркейской ГЭС на математической модели ОЭС Юга (Договор №6-ТПиР-ПКМ-2024-ДФ/1080-244-2024/202-04-3Н-2024, Заказчик – ПАО «РусГидро», Исполнитель – АО «НТЦ ЕЭС»), представители указанных выше организаций отмечают следующее:

1. Целью первого этапа испытаний являлась проверка и корректировка (при необходимости, выявленной в процессе проверки) параметров настройки регулятора возбуждения AVR-2 гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС в схеме, адекватно отображающей условия работы электростанции в объединенной электроэнергетической системе (ОЭС) Юга.

2. Для проведения проверки на программно-аппаратном комплексе моделирования энергосистем в режиме реального времени RTDS (ПАК RTDS) АО «НТЦ ЕЭС» подготовлена математическая модель, адекватно отображающая условия работы Чиркейской ГЭС в ОЭС Юга на уровень 2024 года ее развития.

3. Программа испытаний согласована ОДУ Юга.

4. Предварительный выбор параметров настройки каналов регулирования и стабилизации регулятора возбуждения AVR-2

гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС выполнен АО «НТЦ ЕЭС» в цифровых моделях ОЭС Юна на уровень её развития в 2024 году, разработанных в рамках упомянутого Договора.

5. Чиркейская ГЭС в схеме представлена четырьмя математическими моделями гидрогенераторов, оснащенными моделями тиристорных систем независимого возбуждения.

6. К математической модели тиристорной системы независимого возбуждения гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС подключен промышленный образец регулятора возбуждения AVR-2, на котором установлены параметры настройки в соответствии с пунктом 4 настоящего Протокола. К математическим моделям тиристорных систем независимого возбуждения гидрогенераторов ст. №1, №3 и №4 Чиркейской ГЭС подключены математические модели регуляторов возбуждения типа AVR-2, на которых установлены рабочие параметры настройки.

7. Регулятор возбуждения AVR-2 с установленной версией алгоритма v2.1.1304 имеет сертификат соответствия СТО 59012820.29.160.20.001-2012, зарегистрированный в реестре сертифицированных объектов СДС «СО ЕЭС» 09 декабря 2015 года за регистрационным № NTC3.SO.RU.0513.0018.

8. Испытания (первый этап: реконструкция гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС) проведены по рабочей программе, которая включала более 350 основных экспериментов и была подготовлена на основе согласованной программы испытаний.

9. На первом этапе испытаний в качестве базовых рассмотрено четыре электрических режима на уровень 2024 года развития энергосистемы:

- режим летнего максимума нагрузок;
- режим летнего минимума нагрузок;
- режим максимума нагрузок в период паводка;
- режим минимума нагрузок в период паводка.

10. В процессе испытаний рассмотрены нормативные возмущения вблизи ОРУ 330 кВ Чиркейской ГЭС (2СШ) и шин 330 кВ ПС 330 кВ Чирюрт.

11. В ходе испытаний для регулятора возбуждения AVR-2 гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС выполнены:

- проверка эффективности параметров настройки при стабилизации эксплуатационных режимов;
- определение характера нарушения статической устойчивости;
- выбор параметров релейной форсировки возбуждения;
- проверка правильности настройки при возникновении аварийных небалансов активной мощности, вызывающих изменение частоты в энергосистеме;
- проверка работы ограничителя минимального возбуждения;

- проверка эффективности параметров настройки при расчетных возмущениях;
- проверка внутригрупповой устойчивости.

12. Программа первого этапа испытаний выполнена полностью.

Выводы по результатам первого этапа испытаний:

1. Выбранные параметры настройки регулятора возбуждения AVR-2 гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС обеспечивают успешную стабилизацию эксплуатационных режимов в нормальной и ремонтных схемах электрической сети, а также демпфирование послеаварийных колебаний при нормативных возмущениях вблизи ОРУ 330 кВ Чиркейской ГЭС (2СШ) и шин 330 кВ ПС 330 кВ Чирюрт на уровень 2024 года развития энергосистемы Юга.
2. Релейная форсировка возбуждения регулятора возбуждения AVR-2 гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС при выбранных параметрах настройки функционирует в полном соответствии с Требованиями к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов, утвержденными приказом Минэнерго РФ от 13.02.2019 №98 (далее – Требования).
3. Регулятор возбуждения AVR-2 обеспечивает правильную работу системы возбуждения гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС при возникновении аварийных небалансов активной мощности, вызывающих изменение частоты в энергосистеме.
4. Регулятор возбуждения AVR-2 при выбранных параметрах настройки обеспечивает устойчивую работу гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС в режиме ограничения минимального возбуждения. При переходе в режим ограничения минимального возбуждения производить блокировку каналов системной стабилизации не следует.
5. При выбранных параметрах настройки регулятора возбуждения AVR-2 гидрогенератора ст. №2 обеспечивается внутригрупповая устойчивость гидрогенераторов Чиркейской ГЭС.
6. АО «НТЦ ЕЭС» представит подробное описание результатов первого этапа испытаний в техническом отчете по упомянутому Договору.

Заключение

1. Испытания цифрового регулятора возбуждения AVR-2 гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС на ПАК RTDS в схеме ОЭС Юга проведены в соответствии с Требованиями в полном объеме согласованной программы для первого этапа реконструкции гидрогенераторов.
2. Регулятор возбуждения AVR-2 гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС в схемно-режимных условиях ОЭС Юга на уровень ее развития в 2024 году при выбранных параметрах настройки обеспечивает эффективную

стабилизацию электрических режимов энергосистемы, а также успешное демпфирование послеаварийных колебаний режимных параметров при нормативных возмущениях вблизи ОРУ 330 кВ Чиркейской ГЭС (2СШ) и шин 330 кВ ПС 330 кВ Чирюрт.

3. При проведении пуско-наладочных работ на системе возбуждения гидрогенератора ст. №2 Чиркейской ГЭС в качестве исходных настроек регулятора возбуждения AVR-2 рекомендуется установить параметры настройки согласно Приложению к настоящему Протоколу.

От АО «НТЦ ЕЭС»:

Начальник лаборатории НИО-3



А.Х. Есипович

Начальник сектора НИО-3



Д.А. Кабанов

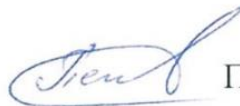
Младший научный сотрудник НИО-3



А.Ю. Сульчакова

От АО «Энергокомплект»:

Заместитель генерального директора



П.В. Петров