

УТВЕРЖДАЮ

Директор по системным
исследованиям
канд. техн. наук, доцент



А.С. Герасимов

ПРОТОКОЛ

технического совещания

**по итогам испытаний регуляторов возбуждения AVR-3МТК
турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2**

31 марта 2025 года

г. Санкт-Петербург

Присутствовали:

от АО «Силовые машины»:

Хлямков В.А. – главный конструктор – начальник конструкторского отдела систем возбуждения энергетических машин;

от АО «НТЦ ЕЭС»:

Есипович А.Х. – главный эксперт НИО-3;

Кабанов Д.А. – начальник сектора НИО-3;

Выборных Д.С. – младший научный сотрудник НИО-3;

Дегтярев В.В. – начальник сектора НИО-3;

Булыгина М.А. – ведущий инженер НИО-3.

Рассмотрев вопрос об итогах испытаний регуляторов возбуждения AVR-3МТК турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2 на физической модели энергосистемы (Договор №261-04-ЗН-2024, Заказчик – АО «Силовые машины», 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-3МТК турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2 на цифро-аналога-физическом комплексе (ЦАФК) в схеме физической модели, адекватно отображающей условия работы электростанции в ОЭС Урала, по методике, приведённой в приложении А ГОСТ Р 70609-2022.

2. Для проведения проверки на ЦАФК подготовлена физическая модель, адекватно отображающая условия работы Сургутской ГРЭС-2 в ОЭС Урала на уровни 2026–2029 годов ее развития.

3. Программа испытаний согласована Филиалом АО «СО ЕЭС» ОДУ Урала.

4. Предварительный выбор параметров настройки каналов регулирования и стабилизации регуляторов возбуждения *AVR-3МТК* турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2 выполнен АО «НТЦ ЕЭС» в разработанных в рамках упомянутого Договора цифровых моделях ОЭС Урала на уровне её развития в 2026–2029 годах.

5. Сургутская ГРЭС-2 в схеме представлена восемью модельными агрегатами, каждый из которых оснащен моделью тиристорной системы возбуждения. На первом этапе (2026–27 гг.) модернизации генерирующего оборудования:

- к тиристорным системам возбуждения турбогенераторов блоков № 1, 2, 3, 4, 6 Сургутской ГРЭС-2 подключены промышленные образцы регуляторов возбуждения *AVR-3МТК*¹;
- к тиристорной системе возбуждения турбогенератора блока № 5 подключена верифицированная цифровая модель регулятора возбуждения *Unitrol 6800* с рабочими параметрами настройки²;
- к тиристорным системам возбуждения турбогенераторов блоков № 7, 8 подключены верифицированные цифровые модели регуляторов возбуждения *EX2100* с рабочими параметрами настройки³.

На втором этапе (2027–28 гг.) модернизации произведена замена рабочих параметров настройки *AVR-3МТК* турбогенератора блока № 3 на расчетные параметры.

На третьем этапе (2028–29 гг.) модернизации генерирующего оборудования произведена замена регулятора возбуждения *Unitrol 6800* турбогенератора № 5 на промышленный образец регулятора возбуждения *AVR-3МТК*, на котором установлены расчетные параметры настройки.

6. Регулятор возбуждения *AVR-3МТК* с установленной версией алгоритма функционирования 31.01 имеет сертификат соответствия Требованиям к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов, утвержденным приказом Минэнерго России от 13.02.2019 № 98, зарегистрированный в реестре сертифицированных объектов СДС «СО ЕЭС» 01 апреля 2024 года за регистрационным № *NE03.SO.RU.0222.0034*.

7. Испытания проведены по рабочей программе, которая включала 1302 основных эксперимента и была подготовлена на основе согласованной программы испытаний.

8. В качестве базовых рассмотрено двенадцать характерных режимов ОЭС Урала:

- режим зимнего максимума нагрузки на уровень 2026 года развития энергосистемы;
- режим зимнего минимума нагрузки на уровень 2026 года развития энергосистемы;

¹ На АРВ блоков №1, 3, 4, 6 заданы рабочие параметры в соответствии с листингами настроек. На АРВ блока №2 – расчетные параметры настройки.

² В соответствии с листингами настроек.

³ В соответствии с листингами настроек.

- режим летнего максимума нагрузки на уровень 2027 года развития энергосистемы;
- режим летнего минимума нагрузки на уровень 2027 года развития энергосистемы;
- 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 2028 года развития энергосистемы;
- режим летнего минимума нагрузки на уровень 2028 года развития энергосистемы;
- режим зимнего максимума нагрузки на уровень 2028 года развития энергосистемы;
- режим зимнего минимума нагрузки на уровень 2028 года развития энергосистемы;
- режим летнего максимума нагрузки на уровень 2029 года развития энергосистемы;
- режим летнего минимума нагрузки на уровень 2029 года развития энергосистемы.

9. В процессе испытаний рассмотрены нормативные возмущения вблизи шин 500 кВ Сургутской ГРЭС-2.

10. В ходе испытаний для регуляторов возбуждения AVR-ЗМТК турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2 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 узла Сургутской ГРЭС-2;
- проверка внутригрупповой устойчивости.

11. Программа испытаний выполнена полностью.

Испытания показали, что:

1. Выбранные параметры настройки регуляторов возбуждения AVR-ЗМТК турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2 обеспечивают:

- отсутствие незатухающих синхронных колебаний при достижении предела передаваемой мощности;
- демпфирование колебаний в послеаварийных режимах;

- внутригрупповую устойчивость;
- устойчивую работу синхронного генератора с учетом действия устройств и комплексов ПА;
- соответствие параметров настройки релейной форсировки возбуждения Требованиями к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов, утвержденными приказом Минэнерго РФ от 13.02.2019 №98 (далее – Требования);
- устойчивую работу синхронного генератора в режиме ограничения минимального возбуждения⁴.

2. АО «НТЦ ЕЭС» представит подробное описание результатов испытаний в техническом отчете по упомянутому Договору.

Заключение

1. Испытания цифровых регуляторов возбуждения AVR-3МТК турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2 на цифро-аналого-физическом комплексе в схеме энергосистемы Урала проведены в соответствии с Требованиями в полном объеме согласованной программы.
2. Выбранные параметры настройки регуляторов возбуждения AVR-3МТК турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2 соответствуют критериям п. А.4.4 ГОСТ Р 70609-2022.
3. При проведении пуско-наладочных работ на системах возбуждения турбогенераторов блоков № 2, 3, 5 Сургутской ГРЭС-2 в качестве исходных настроек регуляторов возбуждения AVR-3МТК рекомендуется установить параметры настройки согласно Приложению к настоящему Протоколу.

От АО «НТЦ ЕЭС»:

Главный эксперт НИО-3

Начальник сектора НИО-3

Младший научный сотрудник НИО-3

А.Х. Есипович

Д.А. Кабанов

Д.С. Выборных

От АО «Силовые машины»:

Главный конструктор – начальник
конструкторского отдела систем
возбуждения энергетических машин

В.А. Хлямков

⁴ При переходе в режим ограничения минимального возбуждения производить блокировку каналов системной стабилизации не следует

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Таблица основных рекомендуемых параметров настройки регуляторов
возбуждения AVR-3МТК турбогенераторов блоков № 2, 3, 5
Сургутской ГРЭС-2**

Параметр настройки	Ед. изм.	Описание	Значение параметра	
			Блок № 2, 3	Блок № 5
<i>T004 VerSystemProg</i>	-	Номер версии программного обеспечения реализации системных функций	31.01	
<i>T410 k0U</i>	<i>puUf/puUg</i>	Коэффициент регулирования по отклонению напряжения при работе генератора в сети	20	
<i>T420 k0F</i>	<i>puUf/Hz</i>	Коэффициент регулирования по отклонению частоты	1	
<i>T421 T0F</i>	<i>s</i>	Постоянная времени фильтра, формирующего сигнал отклонения частоты	2	
<i>T422 Ta0F</i>	<i>s</i>	Постоянная времени фильтра канала отклонения частоты	0,08	
<i>T430 k1F</i>	<i>puUf/Hz/s</i>	Коэффициент регулирования по производной частоты	1	
<i>T431 T1F</i>	<i>s</i>	Запаздывание фильтра, формирующего производную частоты	0,06	
<i>T432 Ta1F</i>	<i>s</i>	Постоянная времени фильтра канала производной частоты	0,2	
<i>T439 k1If@<</i>	<i>puUf/puIf/s</i>	Коэффициент регулирования по производной тока ротора при $Q_g < Q_g@k1If$	1	
<i>T440 k1If@></i>	<i>puUf/puIf/s</i>	Коэффициент регулирования по производной тока ротора при $Q_g > Q_g@k1If$	1	
<i>T441 T1If</i>	<i>s</i>	Запаздывание фильтра, формирующего производную тока ротора	0,02	
<i>T442 Ta1If</i>	<i>s</i>	Постоянная времени фильтра канала производной тока ротора	0,15	
<i>T450 k1U</i>	<i>puUf/puUg/s</i>	Коэффициент регулирования по производной напряжения генератора	3	
<i>T451 T1U</i>	<i>s</i>	Запаздывание фильтра, формирующего производную напряжения генератора	0,02	
<i>T452 Ta1U</i>	<i>s</i>	Постоянная времени фильтра канала производной напряжения	0,06	
<i>T470 DropUg</i>	<i>puUg/s</i>	Скорость снижения напряжения статора, определяющая необходимость ввода релейной форсировки	0,1	
<i>T471 kSetForc</i>	-	Релейная форсировка (уставка ввода)	0,85	
<i>T473 kResetForc</i>	-	Релейная форсировка (уставка снятия)	0,98	0,95
<i>T472 tForcOff</i>	<i>s</i>	Релейная форсировка (задержка на снятие)	0,05	0,1
<i>T510 TsCmn</i>	<i>s</i>	Постоянная времени интегратора смещения при работе генератора в сети	2	
<i>T620 kLimQg</i>	<i>puUf/puQg</i>	Коэффициент регулирования по отклонению реактивной мощности при ограничении минимального возбуждения	5	
<i>T468 tBlockUg'If'</i>	<i>s</i>	Время блокировки сигналов по производным тока ротора и напряжения генератора после отключения короткого замыкания	0,01	
<i>T469 tBlockPSS'</i>	<i>s</i>	Время блокировки сигналов каналов системной стабилизации после отключения короткого замыкания	0,04	