



**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор  
АО «НТЦ ЕЭС»

В.А. Крицкий

24 мая 2018 года

## **ПРОТОКОЛ**

*технического совещания*

*по итогам испытаний регуляторов возбуждения AVR-3MT блоков №1 и №3 Балаковской АЭС на ЦАФК АО «НТЦ ЕЭС»  
(Протокол испытаний)*

*18 мая 2018 года*

*г. Санкт-Петербург*

### **Присутствовали:**

*от Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Средней Волги:*

Дадонов Д.Н. – ведущий эксперт СЭР;

*от Филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция»:*

Хречков А.Н. – ведущий инженер участка РЗАБ ЭЦ;

*от ПАО «Силовые машины»:*

Скуфин Н.А. – ведущий инженер по проектированию систем возбуждения энергетических машин;

*от АО «НТЦ ЕЭС»:*

Герасимов А.С. – заместитель генерального директора – директор департамента системных исследований и перспективного развития;

Смирнов А.Н. – заведующий отделом электроэнергетических систем (НИО-3);

Есипович А.Х. – заведующий лабораторией НИО-3, руководитель работы;

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

Гущина Т.А. – старший научный сотрудник НИО-3

Прохоров К.В. – младший научный сотрудник НИО-3;

Дегтярев В.В. – заведующий сектором НИО-3.

Рассмотрев вопрос об итогах испытаний регуляторов возбуждения AVR-3MT турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1 и №3 Балаковской АЭС на ЦАФК АО «НТЦ ЕЭС» (Договор №9/47653-Д/ОД УКС-09 / 1153-03-3-17, Заказчик – Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция», Исполнитель – АО «НТЦ ЕЭС»), представители указанных выше организаций отмечают следующее:

1. Целью испытаний являлась проверка параметров настройки регуляторов возбуждения AVR-3МТ турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1 и №3 Балаковской АЭС и корректировка этих параметров (при необходимости, выявленной в процессе проверки) на цифро-аналого-физическом комплексе (ЦАФК) АО «НТЦ ЕЭС» в схеме, адекватно отображающей условия работы электростанции в объединенной энергосистеме (ОЭС) Средней Волги, по методике, приведенной в приложении Б СТО 59012820.29.160.20.001-2012.

2. Для проведения испытаний на ЦАФК подготовлена физическая модель, адекватно отображающая планируемые условия работы Балаковской АЭС в ОЭС Средней Волги на уровни 2019 и 2020 годов развития энергосистемы.

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

4. Предварительный выбор параметров настройки каналов регулирования и стабилизации регуляторов возбуждения AVR-3МТ турбогенераторов блоков №1 и №3 Балаковской АЭС выполнен АО «НТЦ ЕЭС» в эталонных цифровых моделях ОЭС Средней Волги на уровень ее развития в 2019 году (для AVR-3МТ блока №1) и 2020 году (для AVR-3МТ блока №3), разработанных в рамках упомянутого Договора.

5. К физическим моделям бесщеточных систем возбуждения турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1-4 Балаковской АЭС подключены:

- промышленный образец регулятора возбуждения AVR-3МТ с системной версией программного обеспечения 31.01, на котором установлены параметры настройки, выбранные расчетным путем (блок №1);
- промышленный образец регулятора возбуждения AVR-3МТ с системной версией программного обеспечения 31.01, на котором установлены рабочие параметры настройки<sup>1</sup> (блок №2);
- промышленный образец регулятора возбуждения АРВ-М<sup>2</sup>, на котором установлена 557 версия программного обеспечения и рабочие параметры настройки<sup>1</sup> (этап 2019 года) или промышленный образец регулятора возбуждения AVR-3МТ с системной версией программного обеспечения 31.01, на котором установлены параметры настройки, выбранные расчетным путем (блок №3);
- промышленный образец регулятора возбуждения AVR-3МТ с системной версией программного обеспечения 31.01, на котором

---

<sup>1</sup> Согласно станционному листингу настроек

<sup>2</sup> Программное обеспечение регулятора возбуждения АРВ-М (алгоритмы функционирования, структура каналов регулирования и стабилизации) реализовано на промышленном образце регулятора возбуждения AVR-2М.

установлены параметры настройки согласно «Протоколу испытаний» от 15.12.2017 г. (блок №4).

6. Регулятор возбуждения AVR-3MT с установленной версией программного обеспечения 31.01 имеет сертификат соответствия СТО 59012820.29.160.20.001-2012, зарегистрированный в реестре сертифицированных объектов СДС «СО ЕЭС» 14 апреля 2014 года за регистрационным № *NTC3.SO.RU.0513.0010*.

7. Испытания проведены по рабочей программе, которая включала свыше 1300 основных экспериментов и была подготовлена на основе согласованной программы испытаний.

8. При испытаниях в качестве базовых рассмотрены 4 электрических режима:

- режим паводка на уровень развития энергосистемы в 2019 году;
- режим зимнего максимума нагрузок на уровень развития энергосистемы в 2020 году;
- режим летнего минимума нагрузок на уровень развития энергосистемы в 2020 году;
- режим паводка на уровень развития энергосистемы в 2020 году.

9. В процессе испытаний рассмотрены нормативные возмущения вблизи шин 220 кВ и 500 кВ Балаковской АЭС с учетом действия комплекса противоаварийной автоматики при загрузке каждого из четырех блоков Балаковской АЭС на 1080 МВт, а также нормативные возмущения в нормальной схеме при загрузке каждого из четырех блоков на 1170 МВт.

10. В ходе испытаний выполнены:

10.1. для регулятора возбуждения AVR-3MT турбогенератора блока №1:

- проверка эффективности параметров настройки в нормальных, послеаварийных и предельных режимах по условиям обеспечения успешной стабилизации режимных параметров на уровень развития ОЭС Средней Волги в 2019 году;
- определение характера нарушения статической устойчивости;
- выбор параметров релейной форсировки возбуждения;
- проверка работы ограничителя минимального возбуждения;
- проверка эффективности параметров настройки при нормативных возмущениях узла Балаковской АЭС;

10.2 для регулятора возбуждения AVR-3MT турбогенератора блока №3:

- проверка эффективности параметров настройки в нормальных, послеаварийных и предельных режимах по условиям обеспечения успешной стабилизации режимных параметров на уровень развития ОЭС Средней Волги в 2020 году;

- определение характера нарушения статической устойчивости;
- выбор параметров релейной форсировки возбуждения;
- проверка правильности настройки регуляторов возбуждения турбогенераторов Балаковской АЭС при возникновении аварийных небалансов активной мощности<sup>3</sup>;
- выбор параметров ограничителя минимального возбуждения и проверка его корректной работы;
- проверка эффективности параметров настройки при нормативных возмущениях узла Балаковской АЭС.

10.3 для регуляторов возбуждения AVR-3MT турбогенераторов блоков №1-4:

- проверка эффективности параметров настройки при загрузке Балаковской АЭС на 4680 МВт.

11. В процессе испытаний выявлена целесообразность коррекции рабочих параметров релейной форсировки возбуждения регуляторов возбуждения AVR-3MT турбогенераторов блоков №2 и №4 Балаковской АЭС.

12. В процессе испытаний установлено, что при моделировании ряда нормативных возмущений узла Балаковской АЭС, вызванных короткими замыканиями, возникают значительные по амплитуде колебания режимных параметров, которые приводят к попаданию генераторов в зону действия ограничителя минимального возбуждения, во время нахождения в которой ток возбуждения возбудителя и напряжение ротора генератора не ограничиваются, что приводит к значительному превышению этих параметров своих максимально допустимых значений (2 о.е.) более, чем в два раза.

13. Коррекция настройки регуляторов возбуждения AVR-3MT, выполненная разработчиками регулятора в ходе испытаний (Приложение А к настоящему протоколу), обеспечила ограничение тока возбуждения возбудителя и напряжения ротора генератора на уровне 2 о.е. при выполнении всех экспериментов, предусмотренных рабочей программой.

14. Программа испытаний выполнена полностью.

---

<sup>3</sup> Для регуляторов AVR-3MT блоков №1 и №3

### Выводы по результатам испытаний:

1. Выбранные параметры настройки регуляторов возбуждения AVR-3МТ турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1 и №3 Балаковской АЭС обеспечивают успешную стабилизацию эксплуатационных режимов в нормальной и ремонтных схемах сети при нормативных возмущениях узла Балаковской АЭС<sup>4</sup>.
2. Релейная форсировка возбуждения регуляторов возбуждения AVR-3МТ турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1 и №3 Балаковской АЭС при выбранных параметрах настройки функционирует в полном соответствии с требованиями СТО 59012820.29.160.20.001-2012.
3. Регуляторы возбуждения AVR-3МТ обеспечивают правильную работу систем возбуждения турбогенераторов №1 и №3 Балаковской АЭС при возникновении аварийных небалансов активной мощности, вызывающих изменение частоты в энергосистеме.
4. Регуляторы возбуждения AVR-3МТ при выбранных параметрах настройки обеспечивают устойчивую работу турбогенераторов №1 и №3 Балаковской АЭС в режиме ограничения минимального возбуждения. При переходе в режим ограничения минимального возбуждения блокировку каналов стабилизации производить не следует.
5. Выбранные параметры настройки регуляторов возбуждения AVR-3МТ турбогенераторов блоков №1-4 Балаковской АЭС при увеличении их установленной мощности до 1170 МВт в нормальной схеме обеспечивают эффективную стабилизацию эксплуатационных режимов и демпфирование послеаварийных колебаний при нормативных возмущениях<sup>4</sup>.
6. Для обеспечения функционирования регуляторов возбуждения AVR-3МТ турбогенераторов блоков №2 и №4 Балаковской АЭС в соответствии с требованиями СТО 59012820.29.160.20.001-2012 следует выполнить коррекцию рабочих параметров настройки релейной форсировки возбуждения этих регуляторов.
7. АО «НТЦ ЕЭС» представит подробное описание результатов испытаний в техническом отчете по упомянутому Договору.

### **Заключение**

1. Испытания цифровых регуляторов возбуждения AVR-3МТ турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1 и №3 Балаковской АЭС на цифро-аналого-физическом комплексе в схеме энергосистемы Средней Волги проведены в соответствии со Стандартом АО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.160.20.001-2012 «Требования к системам возбуждения и

---

<sup>4</sup> С учетом коррекции настройки регуляторов возбуждения AVR-3МТ (п. 13)

- автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов» в полном объеме согласованной программы.
2. Регулятор возбуждения AVR-3MT турбогенератора ТВВ-1000-4У3 блока №1 Балаковской АЭС в схемно-режимных условиях ОЭС Средней Волги на уровень развития 2019 года при выбранных параметрах настройки обеспечивает эффективную стабилизацию электрических режимов энергосистемы, а также успешное демпфирование послеаварийных колебаний режимных параметров при нормативных возмущениях узла Балаковской АЭС<sup>4</sup>.
  3. Регуляторы возбуждения AVR-3MT турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1 и №3 Балаковской АЭС в схемно-режимных условиях ОЭС Средней Волги на уровень развития 2020 года при выбранных параметрах настройки обеспечивают эффективную стабилизацию электрических режимов энергосистемы, а также успешное демпфирование послеаварийных колебаний режимных параметров при нормативных возмущениях узла Балаковской АЭС<sup>4</sup>.
  4. Регуляторы возбуждения AVR-3MT турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1-4 Балаковской АЭС при увеличении установленной мощности каждого из блоков до 1170 МВт при выбранных (блоки №1, №3 и №4) и рабочих (блок №2) параметрах настройки обеспечивают успешное демпфирование послеаварийных колебаний режимных параметров при нормативных возмущениях узла Балаковской АЭС в нормальной схеме<sup>4</sup>.
  5. При проведении пуско-наладочных работ на системе возбуждения турбогенераторов ТВВ-1000-4У3 блоков №1 и №3 Балаковской АЭС в качестве исходных настроек регуляторов возбуждения AVR-3MT рекомендуется установить параметры настройки согласно Приложению Б к настоящему Протоколу<sup>4</sup>.
  6. При проведении планового останова блока №2 и при проведении работ по модернизации системы возбуждения на блоке №4 Балаковской АЭС следует для регуляторов возбуждения AVR-3MT этих турбогенераторов выполнить коррекцию настройки согласно Приложению А к настоящему протоколу и рабочих параметров релейной форсировки согласно Приложению Б к настоящему Протоколу.

От АО «НТЦ ЕЭС»:

Зам. Генерального директора

А.С. Герасимов

Зав. НИО-3

А.Н. Смирнов

Зав. лабораторией НИО-3

А.Х. Есипович

Зав. сектором НИО-3

Д.А. Кабанов

Старший научный сотрудник НИО-3

Т.А. Гущина

Младший научный сотрудник НИО-3  К.В. Прохоров


**От Филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция»:**

Ведущий инженер участка РЗАБ ЭЦ  А.Н Хречков

**от Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Средней Волги:**

Ведущий эксперт СЭР  Д.Н. Дадонов

**От ПАО «Силовые машины»:**

Ведущий инженер по проектированию систем возбуждения энергетических машин  Н.А. Скуфин





Публичное акционерное общество «Силовые машины - ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт»  
(ПАО «Силовые машины»)

ул. Ватутина, д. 3, лит. А, Санкт-Петербург, Россия, 195009, тел. +7 (812) 346-70-37, факс +7 (812) 346-70-35  
mail@power-m.ru; www.power-m.ru

22.05.2018 № 7080806-340  
На № от

Генеральному директору  
АО «НТЦ ЕЭС»  
Крицкому В.А.

[ntc@ntcees.ru](mailto:ntc@ntcees.ru)

**Тема:** Корректировка программного обеспечения регулятора AVR-ЗМТ

Уважаемый Виктор Анатольевич,

В процессе испытаний регуляторов возбуждения AVR-ЗМТ блоков №1 и №3 Балаковской АЭС на ЦАФК АО «НТЦ ЕЭС» была выполнена корректировка программного обеспечения, обеспечивающая ограничение максимального тока возбуждения возбудителя и напряжения ротора на заданных уровнях при работе ограничителя минимального возбуждения.

Суть корректировки заключается в разрешении доступа пользователя к программному переключателю T17 swLimQgMaxLevel, обеспечивающему выбор стратегии режимов ограничения.

При значении данного переключателя «1» (установлено до корректировки), ОМВ имеет приоритет выше, чем ограничители максимального тока возбуждения и максимального напряжения ротора. При значении данного переключателя «0», ОМВ имеет приоритет ниже, чем ограничители максимального тока возбуждения и максимального напряжения ротора.

После корректировки значением переключателя T17 swLimQgMaxLevel по умолчанию является «0».

Прошу данное письмо считать Приложением к Протоколу технического совещания по итогам испытаний регуляторов возбуждения AVR-ЗМТ блоков №1 и №3 Балаковской АЭС на ЦАФК АО «НТЦ ЕЭС» (Протокол испытаний).

С уважением,  
Главный конструктор по проектированию  
систем возбуждения энергетических машин

Хлямков В. А.

Скуфин Н.А.  
[Skufin\\_NA@power-m.ru](mailto:Skufin_NA@power-m.ru)  
(812) 326-71-81