



**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор  
АО «НТЦ ЕЭС»

В.А. Крицкий

## **ПРОТОКОЛ**

*технического совещания*

*по итогам испытаний регуляторов возбуждения AVR-2М  
гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС для рабочих версий ПО  
на ЦАФК АО «НТЦ ЕЭС»  
(Протокол испытаний №3)*

*25 июня 2019 года*

*г. Санкт-Петербург*

### **Присутствовали:**

*от Филиала ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация» «Усть-Илимская ГЭС»:*

Никитин А.М. – руководитель группы тиристорного возбуждения;

*от ПАО «Силовые машины»:*

Хлямков В.А. – главный конструктор 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;

Тимофеева Я.А. – младший научный сотрудник НИО-3;

Выборных Д.С. – инженер НИО-3

Рассмотрев вопрос об итогах испытаний регуляторов возбуждения AVR-2М гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС для рабочих версий программного обеспечения (ПО) на цифро-аналого-физическом комплексе (ЦАФК) АО «НТЦ ЕЭС» (Договор №2018-20У/1252-03-3-19, заказчик –

ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация», исполнитель – АО «НТЦ ЕЭС»), представители указанных выше организаций отмечают следующее:

1. Целью испытаний являлась проверка и корректировка (в случае необходимости, выявленной при проверке) рабочих параметров настройки регуляторов возбуждения AVR-2М гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС на ЦАФК АО «НТЦ ЕЭС» в схеме объединенной энергосистемы (ОЭС) Сибири, по методике, приведенной в приложении Б СТО 59012820.29.160.20.001-2012 (далее – Стандарт).

2. Для проведения испытаний на ЦАФК подготовлена физическая модель, адекватно отображающая планируемые условия работы Усть-Илимской ГЭС в ОЭС Сибири на уровень развития энергосистемы в 2019 году.

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

4. К физическим моделям статических тиристорных систем независимого возбуждения гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС подключены восемь промышленных образцов регуляторов возбуждения типа AVR-2М с рабочими параметрами настройки (к двум укрупненным блокам Г1+Г2 и Г3+Г4 – с установленной версией ПО 12.2, к шести укрупненным блокам Г5+Г6, Г7+Г8, Г9+Г10, Г11+Г12, Г13+Г14 и Г15+Г16 – с установленной версией ПО 21.4).

5. Регуляторы возбуждения типа AVR-2М, установленные в системах возбуждения гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС, не соответствуют Стандарту, так как на них не используется сертифицированная версия ПО (20.01).

6. Испытания проведены по рабочей программе, которая включала 545 основных экспериментов и была подготовлена на основе согласованной программы испытаний.

7. При испытаниях в качестве базовых рассмотрено 4 электрических режима:

- режим летнего максимума нагрузки ОЭС Сибири при максимальной загрузке Усть-Илимской ГЭС;
- режим летнего минимума нагрузки ОЭС Сибири при максимальной загрузке Усть-Илимской ГЭС;
- режим зимнего максимума нагрузки ОЭС Сибири при максимальной загрузке Усть-Илимской ГЭС;
- режим зимнего минимума нагрузки ОЭС Сибири при максимальной загрузке Усть-Илимской ГЭС.

Во всех рассмотренных режимах гидрогенераторы Усть-Илимской ГЭС загружены до максимальной активной мощности с учетом ограничения суммарной загрузки станции величиной допустимого

перетока в контролируемом сечении «Выдача мощности Усть-Илимской ГЭС»<sup>1</sup>.

8. В процессе испытаний рассмотрены нормативные возмущения вблизи шин 500 кВ и 220 кВ Усть-Илимской ГЭС.

9. В ходе испытаний выполнены:

- проверка эффективности рабочих параметров настройки *AVR-2M* в нормальных, послеаварийных и предельных режимах по условиям обеспечения успешной стабилизации режимных параметров на уровень развития ОЭС Сибири в 2019 году;
- проверка рабочих параметров релейной форсировки возбуждения;
- проверка рабочих параметров настройки ограничителя минимального возбуждения;
- проверка эффективности параметров настройки при нормативных возмущениях вблизи шин 500 кВ и 220 кВ Усть-Илимской ГЭС;
- проверка правильности работы регуляторов возбуждения при возникновении аварийных небалансов активной мощности.

10. Программа испытаний выполнена полностью.

#### Выводы по результатам испытаний:

1. Рабочие параметры настройки регуляторов возбуждения *AVR-2M* гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС обеспечивают успешную стабилизацию эксплуатационных режимов в нормальной и ремонтных схемах сети, а также демпфирование послеаварийных колебаний при нормативных возмущениях вблизи шин 500 кВ и 220 кВ Усть-Илимской ГЭС.
2. Релейная форсировка возбуждения регуляторов возбуждения *AVR-2M* гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС при ряде нормативных возмущений приводит к избыточному повышению напряжения на статорах генераторов после отключения короткого замыкания. Устранить этот недостаток путем коррекции параметров настройки не представляется возможным, так как в рабочих версиях ПО не предусмотрено отдельное задание уставок ввода и снятия форсировки возбуждения.
3. В рабочих версиях ПО регуляторов возбуждения *AVR-2M* гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС не реализован алгоритм блокировки каналов стабилизации при изменении частоты со скоростью 0,05 Гц/с и более с настраиваемой выдержкой времени на ввод и запретом работы блокировки при возникновении в

---

<sup>1</sup> Исходные схемы и режимы согласованы Филиалом АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири

энергосистеме синхронных колебаний параметров электроэнергетического режима, что не соответствует требованиям Стандарта. При повышении частоты в энергосистеме (аварийный избыток мощности) это вызывает необоснованное повышение напряжения на статорах генераторов и шинах 220 кВ и 500 кВ Усть-Илимской ГЭС, а при понижении частоты в системе (аварийный дефицит мощности) – необоснованное снижение напряжения.

4. Рабочие параметры настройки ограничителей минимального возбуждения (ОМВ) регуляторов возбуждения AVR-2М обеспечивает устойчивую работу гидрогенераторов в зоне ОМВ.
5. АО «НТЦ ЕЭС» представит подробное описание результатов испытаний в техническом отчете по упомянутому Договору.

### Заключение

1. Испытания цифровых регуляторов возбуждения AVR-2М гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС на цифро-аналого-физическом комплексе АО «НТЦ ЕЭС» в схеме объединенной энергосистемы Сибири при рабочих параметрах настройки регуляторов 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-2М гидрогенераторов Усть-Илимской ГЭС в схемно-режимных условиях ОЭС Сибири на уровень развития в 2019 году при рабочих параметрах настройки обеспечивают стабилизацию электрических режимов энергосистемы, а также успешное демпфирование послеаварийных колебаний режимных параметров при нормативных возмущениях вблизи шин 220 кВ и 500 кВ Усть-Илимской ГЭС.
3. Использование не сертифицированных версий ПО в регуляторах возбуждения AVR-2М гидрогенераторов Г1–Г16 Усть-Илимской ГЭС приводит к избыточному повышению напряжения на статорах генераторов при ликвидации нормативных возмущений, вызванных короткими замыканиями вблизи шин 500 кВ и 220 кВ Усть-Илимской ГЭС и к необоснованному повышению/понижению напряжения на статорах генераторов и шинах 500 кВ и 220 кВ Усть-Илимской ГЭС при возникновении аварийных небалансов активной мощности (повышении/понижении частоты) в энергосистеме.
4. Для повышения надежности параллельной работы Усть-Илимской ГЭС с энергосистемой Сибири рекомендовать ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация» рассмотреть вопрос о замене рабочих версий ПО регуляторов возбуждения AVR-2М гидрогенераторов ГЭС на

сертифицированную версию ПО 20.01 и выполнить коррекцию рабочих параметров настройки этих регуляторов.

**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

Младший научный сотрудник НИО-3

Я.А. Тимофеева

Инженер НИО-3

Д.С. Выборных

**От Филиала ООО «ЕвроСибЭнерго-Гидрогенерация»  
«Усть-Илимская ГЭС»:**

Руководитель группы  
тиристорного возбуждения

А.М. Никитин

**От ПАО «Силовые машины»:**

Главный конструктор по проектированию  
систем возбуждения энергетических машин

В.А. Хлямков