



# Научно-технический центр Единой энергетической системы



Использование цифро-аналого-  
физического комплекса  
ОАО «НТЦ ЕЭС» для испытаний и  
настройки устройств режимного и  
противоаварийного управления

# Состав ЦАФК ОАО «НТЦ ЕЭС»



## Машинный зал:

- 67 генераторов и первичных двигателей;
- 166 моделей комплексной нагрузки.

## Зал статического оборудования:

- 150 силовых трансформаторов;
- 700 линий электропередачи;
- 8 передач постоянного тока;
- ШР, УПК, СТК, СТАТКОМ.

# Состав ЦАФК ОАО «НТЦ ЕЭС»



## Аналоговая и цифровая части ЦАФК:

- настраиваемые аналоговые и цифровые модели паровых, гидравлических и газовых турбин и их систем регулирования и управления;
- модели автоматических регуляторов возбуждения различных модификаций;
- устройства, моделирующие по заданной программе сложные аварийные возмущения в энергосистемах и действия комплексов локальной и централизованной противоаварийной автоматики;
- датчики электрических параметров ( $I$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $\delta$ ,  $S$ ), сигналы которых используются для управления, измерения и регистрации;
- система цифрового осциллографирования.



Зал управления



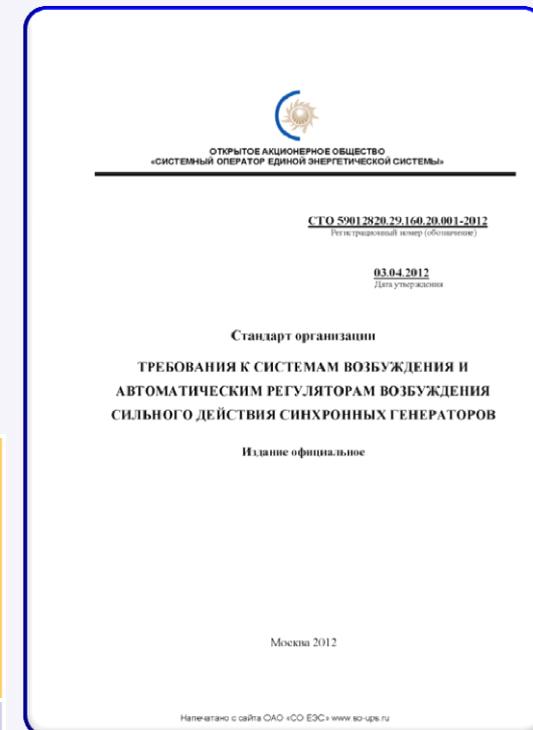


- Сертификация образцов автоматических регуляторов возбуждения сильного действия - проверка на соответствие требованиям стандарта ОАО «СО ЕЭС»;
- экспертиза новых автоматических регуляторов возбуждения и подготовка к проведению сертификации;
- настройка автоматических регуляторов возбуждения для конкретных энергообъектов «под ключ»;
- натурные испытания на функционирование устройств управления, защиты и автоматики, систем АСУ ТП в реальном времени (АЛАР, WAMS, ГРАРМ и т. д.).

# Развитие программы и схемы испытаний, разработка Стандарта



На основе разработанных методических материалов и накопленного опыта аттестационных испытаний в 2012 г. ОАО «СО ЕЭС» выпущен и введен в действие стандарт СТО 59012820.29.160.20.001-2012 «Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов».



Параметры программы испытаний...	Программа комплексных системных испытаний... (2004 г.)	Стандарт ОАО «СО ЕЭС» «Требования к системам возбуждения... (2012 г.)
Кол-во опытов	42	80
Кол-во схем	6	7
Кол-во режимов	10	16

Аттестованы в точном соответствии с методикой сертификационных испытаний АРВ сильного действия синхронных генераторов, приведенной в Стандарте, 15 регуляторов возбуждения (3 – российских, 12 – зарубежных).

# Перечень аттестованных регуляторов, полностью соответствующих требованиям Стандарта ОАО «СО ЕЭС»



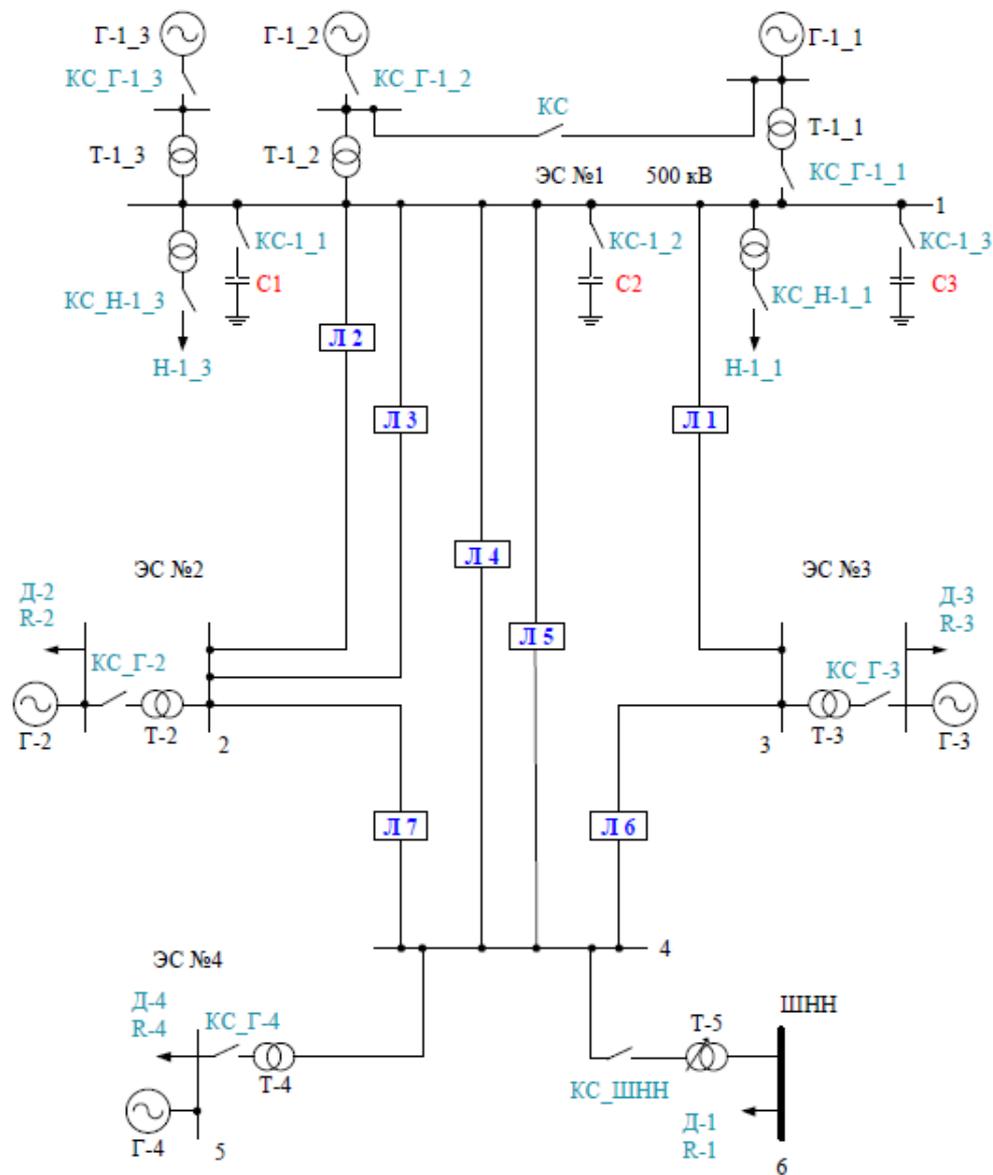
№ п/п	Название АРВ (СВ)	Компания-изготовитель	Страна	Год аттестации (повт. испытаний)
1	<i>DECS-400</i>	Баслер Электрик	США	2007 (2012)
2	<i>THYRIPOL</i>	Сименс	Германия	2010 (2011)
3	<i>Unitrol 6000 (6800)</i>	АББ	Швейцария	2010 (2012)
4	<i>EX2100</i>	Дженерал Электрик	США	2011
5	<i>EAA</i>	Ансальдо Энергия	Италия	2011
6	<i>GMR3(THYNE1)</i>	Андритц Гидро	Австрия	2011
7	<i>GMR3 (THYNE4/5/6)</i>	Андритц Гидро	Австрия	2011
8	<i>MEC-600</i>	Мицубиши	Япония	2011
9	АРВ-СДЕ	СКВ ЭЦМ	Россия	2012
10	<i>AVR-3MT(K)</i>	Силовые машины	Россия	2012
11	<i>SEMIPOLE</i>	Конвертим	Германия	2012
12	<i>AVR-2M</i>	Силовые машины	Россия	2012
13	<i>DECS-2100</i>	Баслер Электрик	США	2012
14	<i>Unitrol 6080</i>	АББ	Швейцария	2012
15	<i>EX-2100-BR</i>	Дженерал Электрик	США	2012

# Перечень регуляторов, получивших сертификат соответствия требованиям Стандарта ОАО «СО ЕЭС»

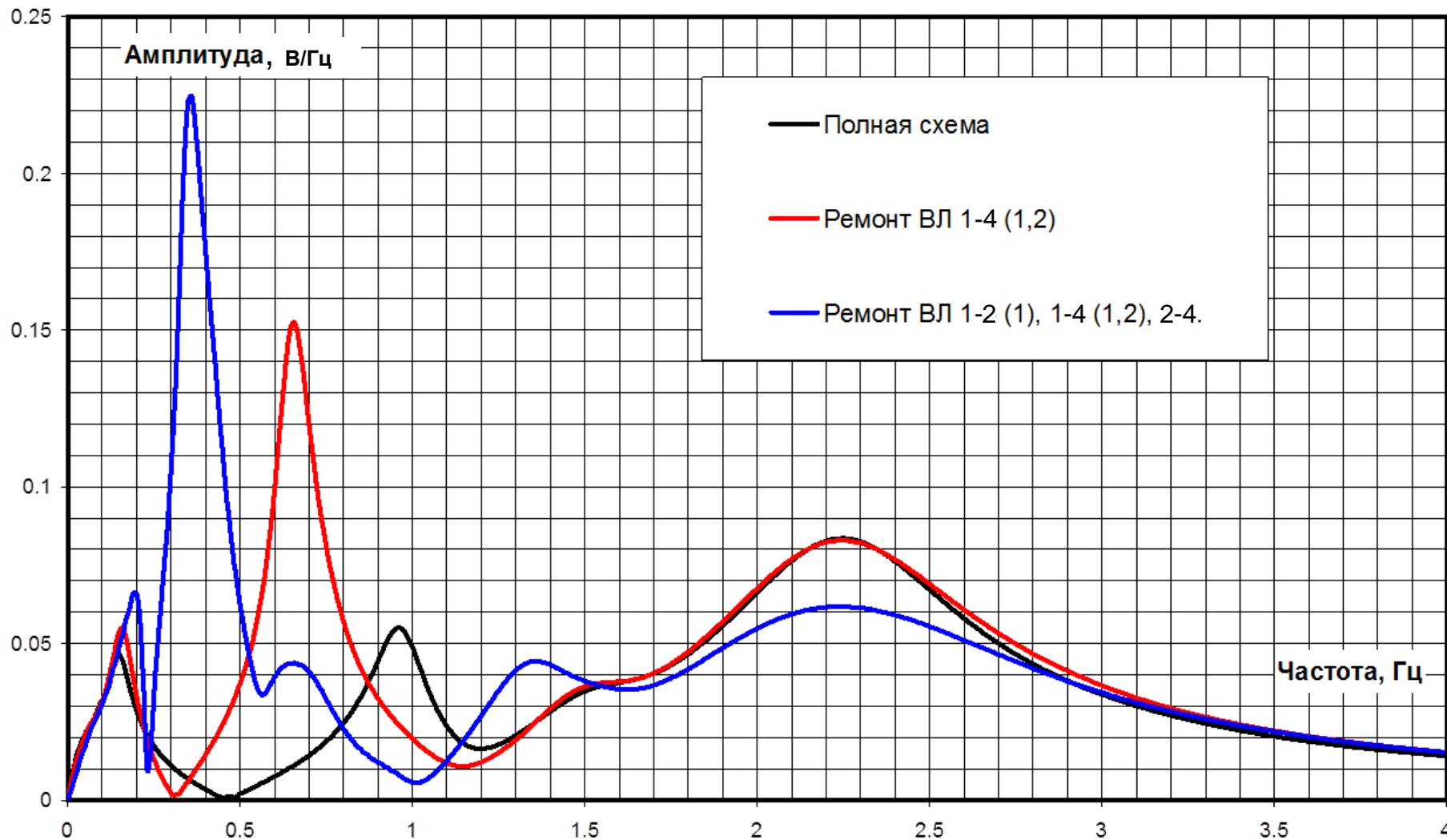


№ п/п	Название АРВ (СВ)	Компания-изготовитель	Страна	Год сертификации
1	AVR-4M	Силовые машины	Россия	2013
2	EX-2100E	Дженерал Электрик	США	2013
3	EX-2100E-BR	Дженерал Электрик	США	2013
4	АРВ-РЭМ	ЗАО «НПП «Русэлпром-Электромаш»	Россия	2013
5	АРВ-РЭМ700	ЗАО «НПП «Русэлпром-Электромаш»	Россия	2013

# Схема для сертификации АРВ



# Режимные частотные характеристики





**ТЕХНОЛОГИЯ ИСПЫТАНИЙ  
ЦИФРОВЫХ АРВ НА ЦАФК И ИХ  
НАСТРОЙКА «ПОД КЛЮЧ» ДЛЯ  
КОНКРЕТНЫХ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ**

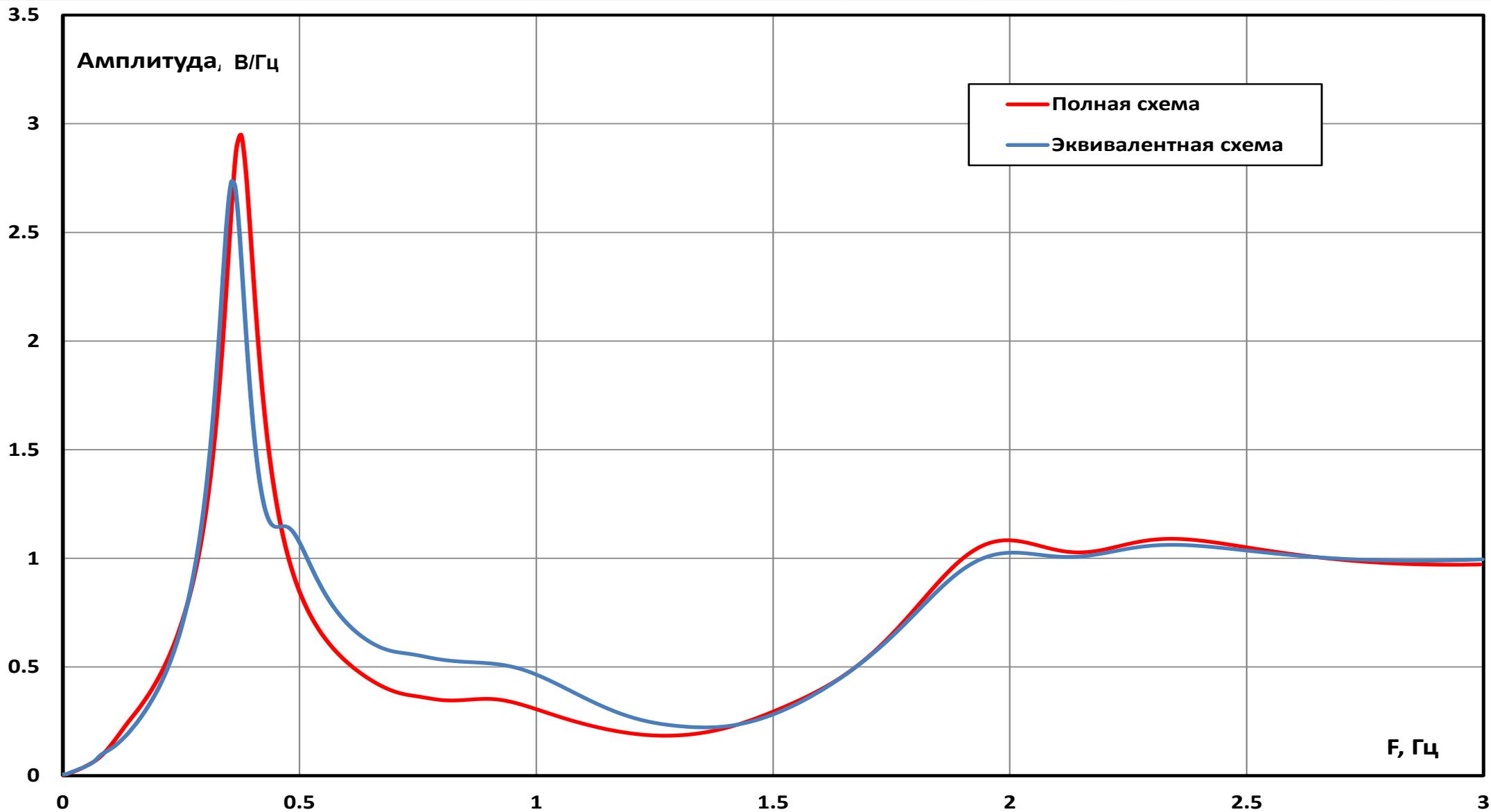
# Технология испытаний и настройки регуляторов возбуждения синхронных генераторов



Включает в себя следующие основные этапы:

- создание на базе ЦАФК физической модели энергосистемы;
- разработка программы испытаний;
- проведение испытаний регуляторов возбуждения и настройка их каналов регулирования и стабилизации «под ключ».

# Оценка адекватности цифровой эквивалентной схемы эталонной схеме



# Настройка «под ключ» выполняется для важных объектов: крупных ГЭС, ГРЭС и АЭС



- Саяно-Шушенская ГЭС (6.4 ГВт);
- Усть-Илимская ГЭС (3.5 ГВт);
- Загорская ГАЭС (1.2 ГВт);
- Кольская АЭС (1.44 ГВт);
- Калининская АЭС (3 ГВт) – 2010 г.;
- Богучанская ГЭС (3 ГВт) – 2010 г.;
- Смоленская АЭС (3 ГВт) – 2010 г.;
- Березовская ГРЭС (2.4 ГВт) – 2013 г.;
- Красноярская ГЭС (3 ГВт) – 2013 г.;
- Сургутская ГРЭС-2 (3 ГВт) – 2013 г.;
- Ленинградская АЭС/АЭС-2 (4/1.2 ГВт) – 2012 г.;
- Нововоронежская АЭС (1.8 ГВт) – 2013 г.;
- Курская АЭС (4 ГВт) – 2011 г.;
- Назаровская ГРЭС (1.24 ГВт) – 2012 г.



**ЭКСПЕРТИЗА  
(ПРОВЕРКА НА  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ) ЦИФРОВЫХ  
АВТОМАТИЧЕСКИХ  
МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ  
УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И  
АВТОМАТИКИ И РАЗРАБОТКА  
РЕКОМЕНДАЦИЙ  
ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ В ЕЭС РОССИИ**

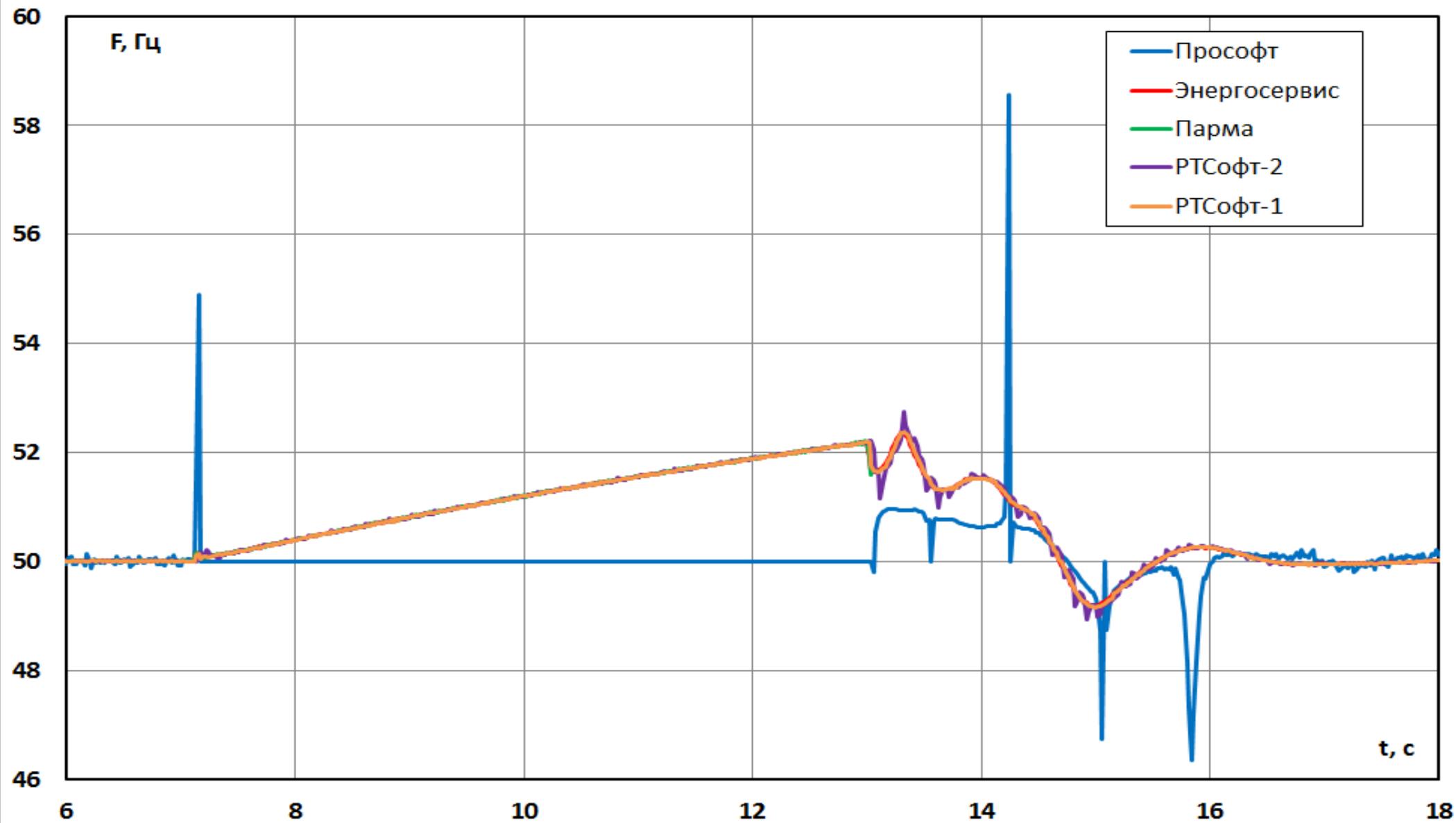


## **Устройства ликвидации асинхронных режимов:**

- АЛАР-Ц (ОАО «НИИПТ», Россия);
- АЛАР-М (ОАО Институт «Энергосетьпроект», Россия);
- АЛАР в составе МКПА (ДВГТУ, Россия).

## **Групповые регуляторы напряжения, активной и реактивной мощности:**

- Саяно-Шушенской ГЭС (ОАО «Промавтоматика», Россия);
- Нижегородской ГЭС (ЗАО «Синетик», Россия);
- Братской ГЭС (ОАО «Ракурс», Россия);
- Новосибирской ГЭС (ОАО «Ракурс», Россия);
- Усть-Каменогорской ГЭС (ОАО «Ракурс», Россия)





## Характеристика ЕЭС России:

- Протяженная структура.
- Слабые и полностью загруженные связи между региональными энергосистемами.
- Низкие запасы статической и динамической устойчивости.

*В этих условиях значительную роль в обеспечении системной надежности играют системы возбуждения (СВ) и автоматические регуляторы возбуждения (АРВ), от правильной и эффективной работы которых во многом зависит устойчивая параллельная работа российской энергосистемы.*



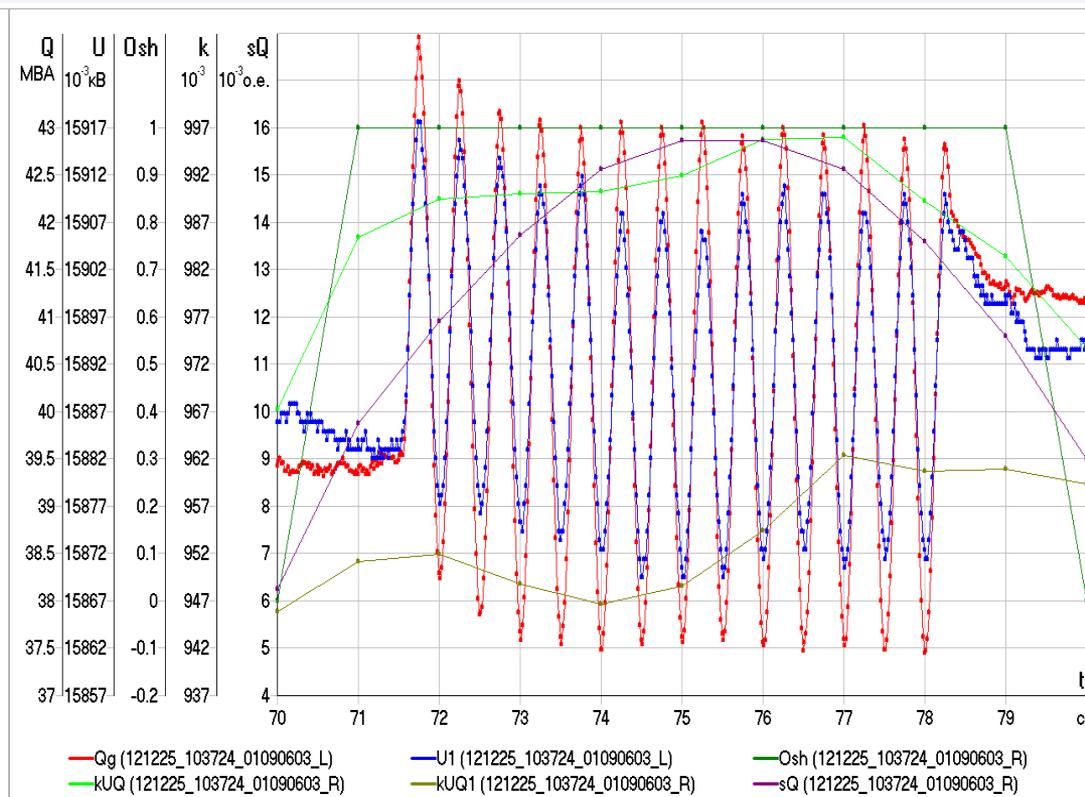
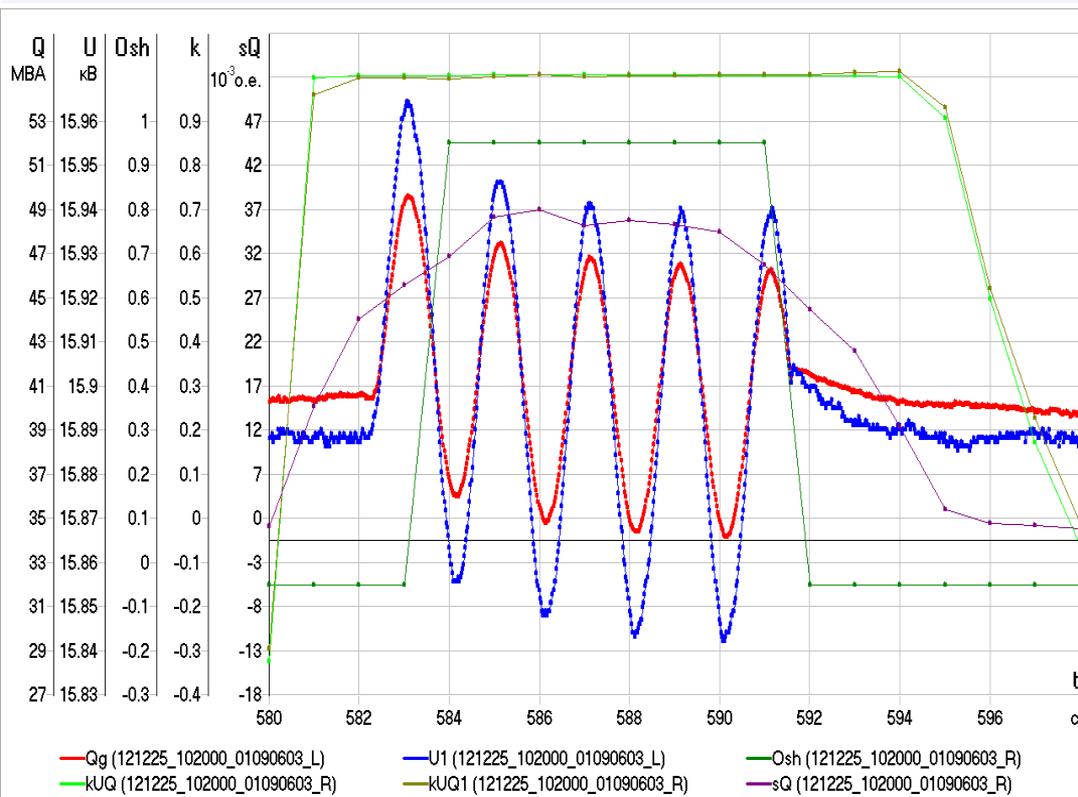
## Особенности современного этапа развития ЕЭС России

- усложнение электрических режимов;
- ввод большого количества ПГУ зарубежных производителей;
- широкомасштабная замена морально и физически устаревших СВ и АРВ на полностью цифровые системы возбуждения;
- значительное увеличение поставщиков СВ и АРВ в основном за счет зарубежных компаний

# Система мониторинга системных регуляторов



Для проверки функции выявления источника синхронных колебаний во время проведения комплексных испытаний было принято решение активировать встроенные в АРВ генераторов источники меандрового и синусоидального сигналов с настраиваемой частотой.



Частота сигнала источника 0,5 Гц

Частота сигнала источника 2 Гц



Благодарю за внимание!