



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

Система непрерывного мониторинга технического состояния и корректности функционирования систем автоматического регулирования энергоблоков электрических станций



Цели и задачи системы мониторинга

- **Одной из причин возникновения и развития аварийных ситуаций в энергосистеме является некорректная работа систем управления и регулирования энергоблоков**
- **Аналитическая обработка данных синхронизированных векторных измерений и осуществление в режиме реального времени:**
 - **регистрацию фактов некорректной работы** устройства автоматического управления – АРВ, АРЧВ, систем группового регулирования активной и реактивной мощности
 - **выявление источника некорректной работы** (указывать на конкретный или конкретные агрегаты, некорректная или неэффективная работа которых приводит к недопустимому изменению параметров электроэнергетического режима)



Система мониторинга системных регуляторов энергосистемы

- **разработана в 2012 году** в интересах АО «СО ЕЭС» как многоуровневая информационно-аналитическая система, реализуемая на электростанции и обеспечивающая непрерывный мониторинг работоспособности АРВ и СВ генераторов электростанции с передачей соответствующей информации в диспетчерский центр
 - **с 2014 года** находится в промышленной эксплуатации на **Северо-Западной ТЭЦ (СПб)**
 - **с 2016 года** находится в промышленной эксплуатации на **Краснодарской ТЭЦ**
- **в 2018 году разработано универсальное ПО мониторинга системных регуляторов (УПО СМСР)** - программный модуль, входящий в состав программного обеспечения концентратора синхронизированных векторных данных (КСВД) и содержащий алгоритмы системы мониторинга системных регуляторов
- **в 2019 году УПО СМСР интегрировано в Автоматическую систему сбора информации УСВИ АО «СО ЕЭС» (АССИ СМПР)** и создана распределенная СМСР, к которой подключено 10 объектов, в том числе Пермская ГРЭС, Рефтинская ГРЭС, Нижневартовская ГРЭС, Нововоронежская АЭС и др. Планируется подключение еще 50 объектов



Система мониторинга функционирования систем регулирования энергоблоков электрических станций

- **в 2019 году начата разработка** алгоритмов мониторинга автоматических регуляторов частоты вращения (АРЧВ), систем группового регулирования активной и реактивной мощности (ГРАРМ, ГУВ)
- **в 2021 году создан** и опробован на испытательном стенде в АО «НТЦ ЕЭС» пилотный образец анализатора
- **в 2022 году разработана проектная документация** для внедрения пилотной системы на объекте ПАО «РусГидро» - Новосибирская ГЭС
- **2023 год** – ввод пилотной системы мониторинга на Новосибирской ГЭС в опытную эксплуатацию.



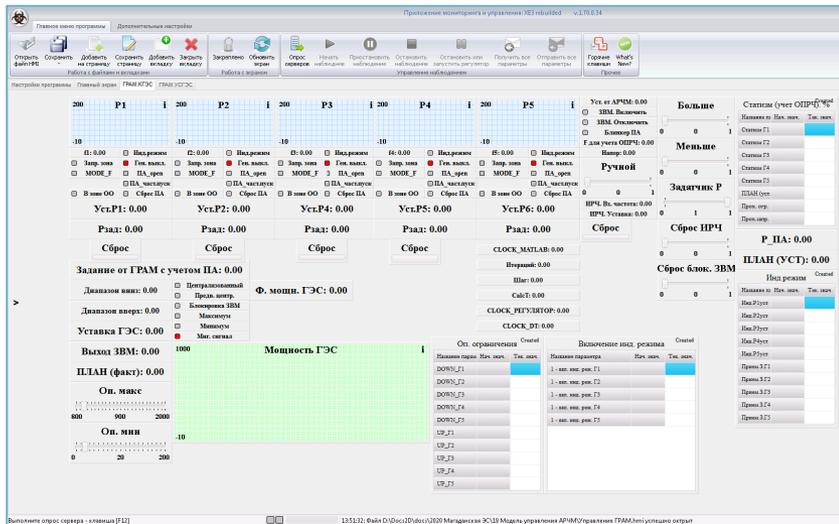
Реализованная на сегодняшний день функциональность системы мониторинга

Объект мониторинга	Наименование критерия
АРВ и СВ	<ol style="list-style-type: none">1. Наличие колебательного процесса.2. Отсутствие ввода релейной форсировки возбуждения.3. Преждевременное завершение релейной форсировки.4. Отсутствие блокировки каналов стабилизации при изменении частоты.5. Некорректная работа ОМВ.6. Некорректная работа ограничителя тока ротора.
ГРНRM, ГУВ	<ol style="list-style-type: none">1. Недостаточная точность регулирования.2. Наличие колебательного процесса.3. Выход за допустимые уровни напряжения при регулировании реактивной мощности.4. Некорректное включение в работу системы регулирования.
АРЧВ	<ol style="list-style-type: none">1. Неавтоматический режим АРЧВ (вмешательство в первичное регулирование).2. Недостаточная точность поддержания мощности.3. Несоответствие величины мертвой полосы и статизма требуемым значениям.4. Наличие колебательного процесса.5. Отсутствие адекватной/должной реакции при изменении частоты.6. Пересечение допустимых динамических границ требуемой первичной мощности.7. Задержка изменения фактической мощности при изменении задания по мощности.8. Непредоставление диапазона первичного регулирования.9. Отсутствие ограничения минимальной и максимальной мощности.
Блочный/ станционный регулятор, ГРАМ	<ol style="list-style-type: none">1. Недостаточная точность поддержания мощности электростанции/блока.2. Наличие колебательного процесса.3. Отсутствие блокировки системы регулирования при действии ПА.4. Скачкообразное изменение группового задания при деблокировке ПА.5. Нарушение функционирования системы регулирования в зонах ограниченной работы, нерекомендованной работы, технологических ограничений, оперативных ограничений.6. Задержка изменения суммы заданий по мощности агрегатов при изменении полученного внешнего задания.7. Скачкообразное изменение группового задания.8. Отсутствие сигнализации при непредоставлении диапазона вторичного регулирования.

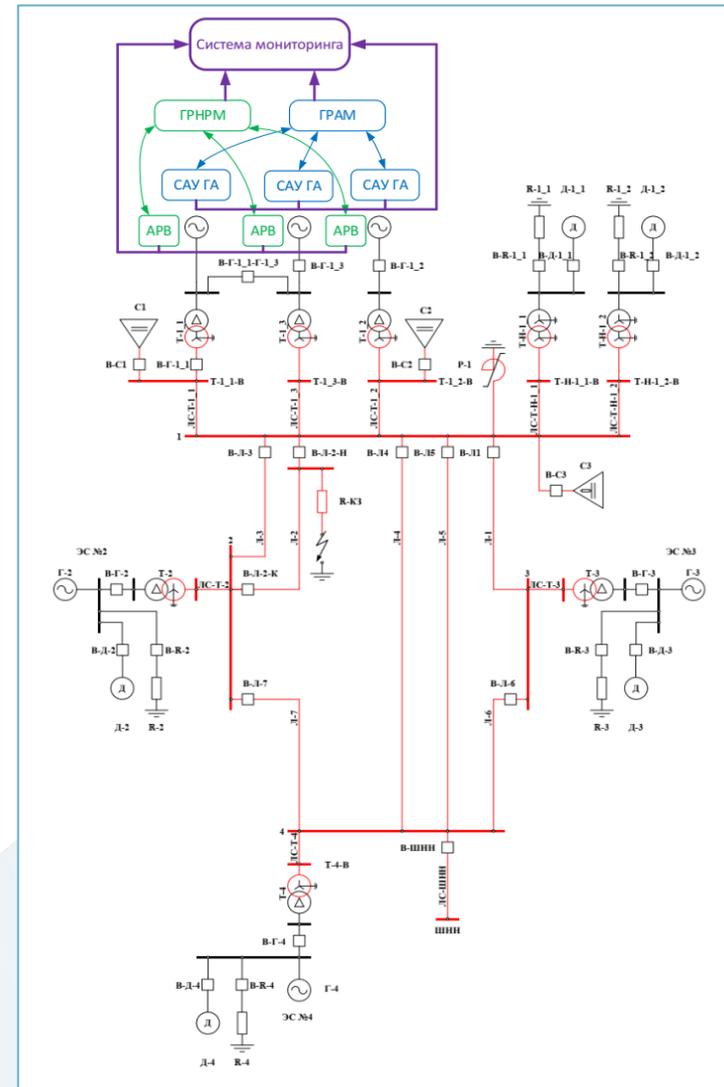


Тестовая схема энергосистемы на ЦАФК АО «НТЦ ЭЭС»

Модели АРВ, САУ ГА, ГРНРМ, ГРАМ реализованы на ПАК «Регулятор»



Интерфейс ПАК «Регулятор» (на примере ГРАМ ГЭС)



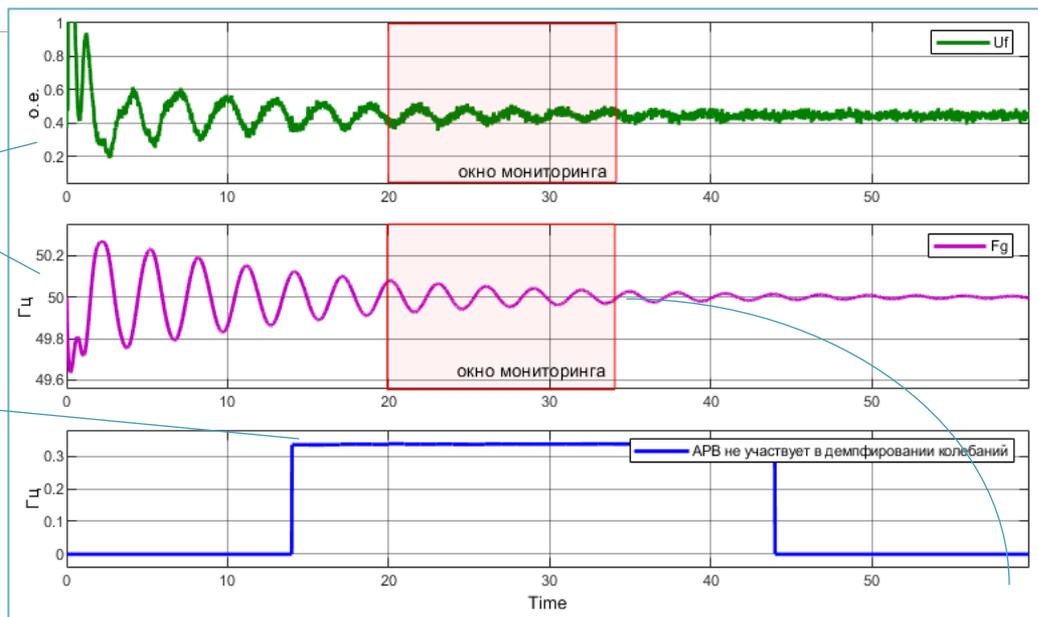
Тестовая схема энергосистемы



Критерий АРВ Наличие колебательного процесса

Входные
сигналы

Сигнал
срабатывания
системы
мониторинга

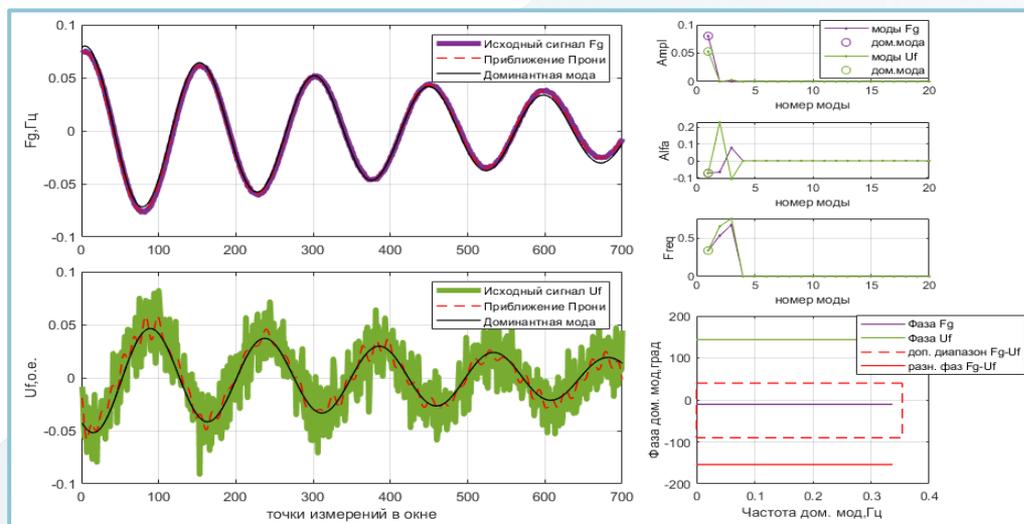


Выявленное нарушение:

АРВ генератора не участвует в демпфировании колебаний на межсистемной частоте 0,3 Гц. В случае усугубления схемно-режимной ситуации возможно нарушение устойчивой работы с энергосистемой

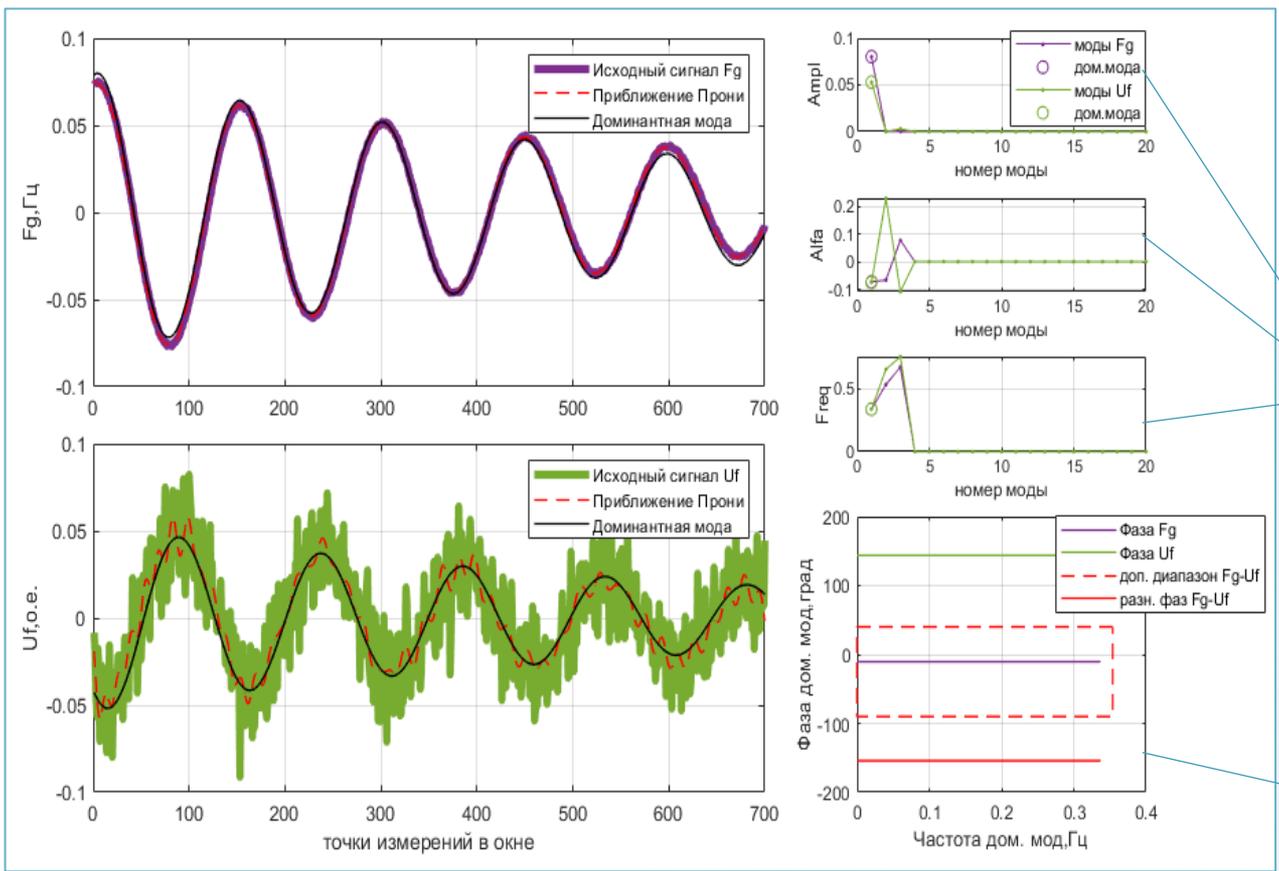
Решение:

Требуется корректировка параметров настройки каналов регулирования и стабилизации (системного стабилизатора)



➤ Колебания на частоте 0,3 Гц. Параметры настройки АРВ: $KOU=10, Tint=1, K1U=1, K1if=1, K0F=0, K1F=0$

Критерий АРВ. Наличие колебательного процесса. Принцип работы



- Аппроксимация входных сигналов суммой затухающих синусоид (метод Прони)
- Выявление пары доминантных составляющих с одинаковой частотой
- Оценка допустимости разницы по фазе в доминантных составляющих

Характеристики колебательных составляющих (амплитуда, декремент затухания, частота)

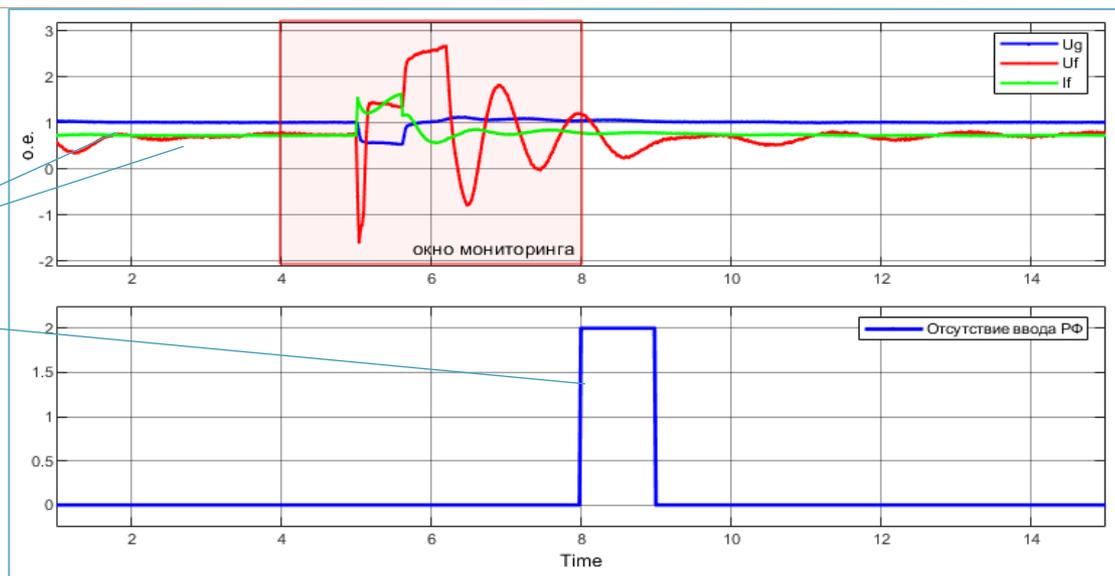
Разность по фазе находится вне допустимого диапазона – нарушение критерия



Критерий АРВ и СВ. Отсутствие релейной форсировки возбуждения

Входные
сигналы

Сигнал
срабатывания
системы
мониторинга

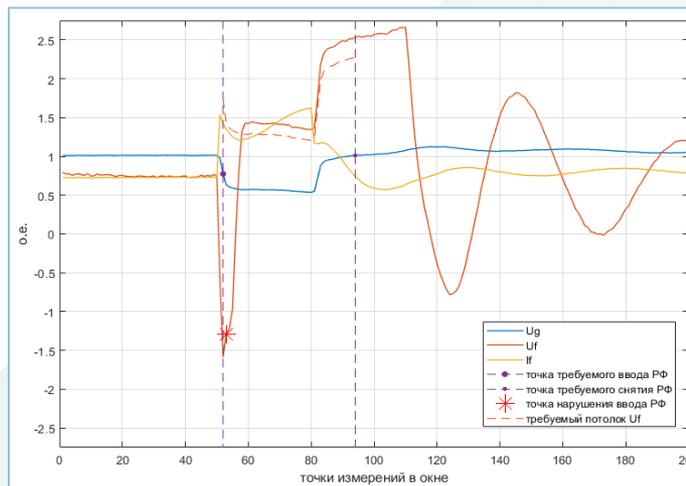


Выявленное нарушение:

Релейная форсировка возбуждения не вводится или вводится с задержкой, возможно нарушение динамической устойчивости

Решение:

Требуется корректировка параметров настройки АРВ в части работы релейной форсировки возбуждения либо алгоритма релейной форсировки



- В процессе работы алгоритма определяются моменты времени требуемого ввода и снятия релейной форсировки. Контролируется наличие потолочного значения напряжения возбуждения.



Критерий АРЧВ. Недостаточная точность поддержания мощности

Входные
сигналы

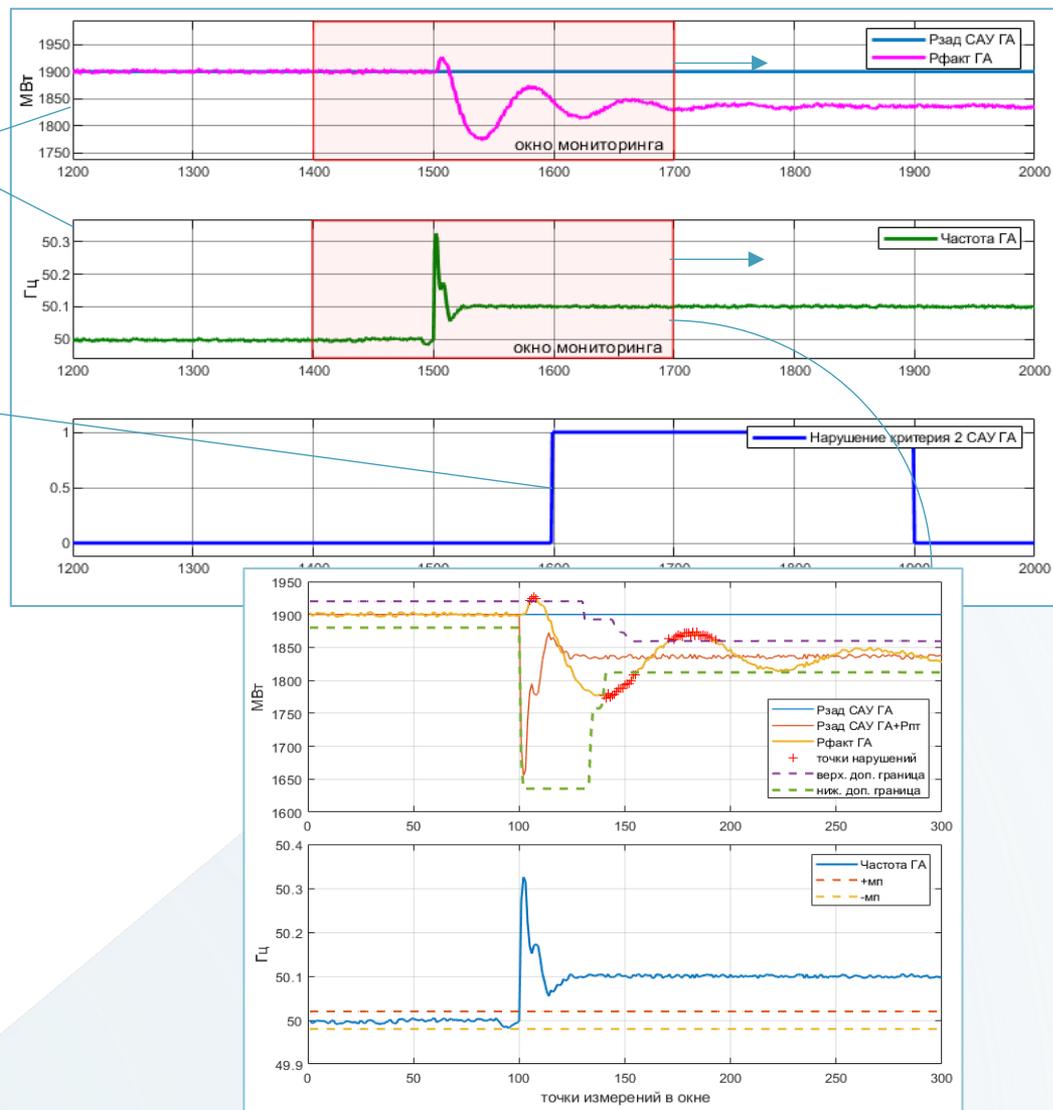
Сигнал срабатывания
системы мониторинга

Выявленное нарушение:

АРЧВ не удовлетворяет требованиям по первичному регулированию (НПРЧ (при участии), либо ОПРЧ)

Решение:

Требуется корректировка параметров настройки АРЧВ

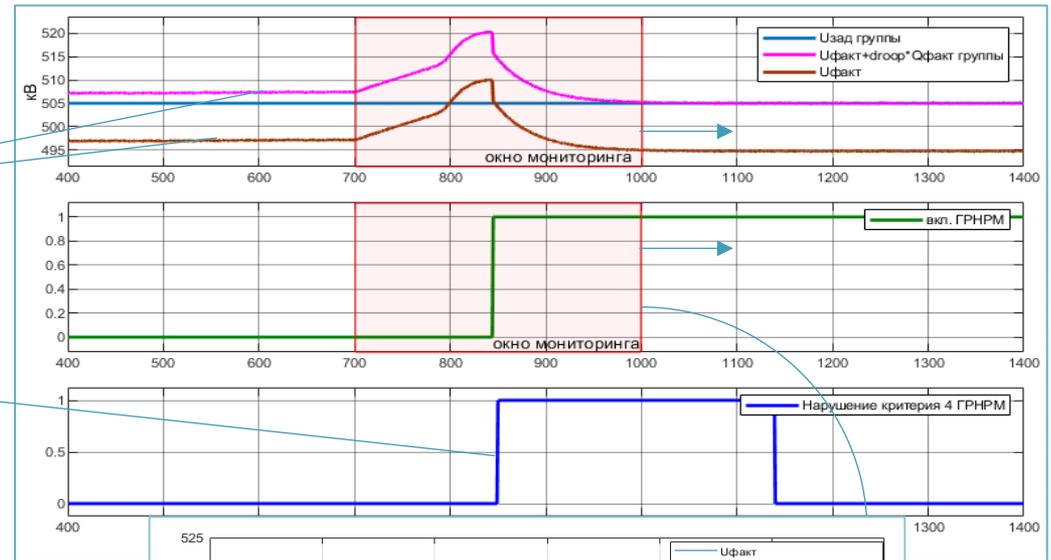




Критерий ГУВ/ГРНМ. Некорректное включение в работу системы группового регулирования

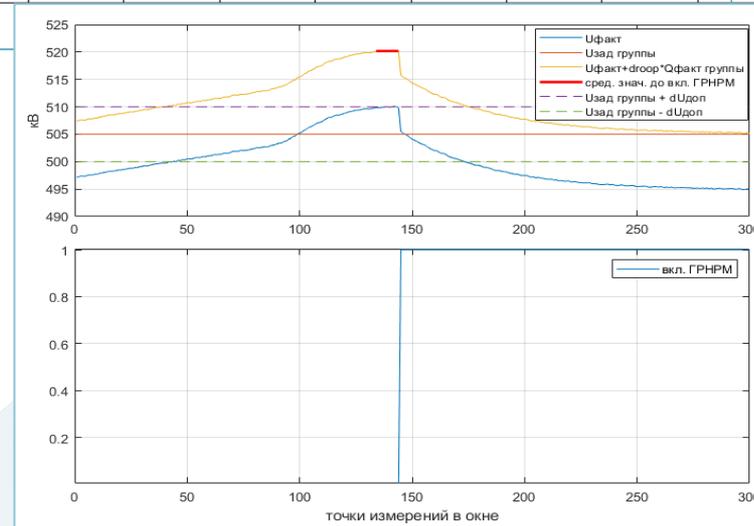
Входные сигналы

Сигнал срабатывания системы мониторинга



Выявленное нарушение:
Отсутствие слежения задания ГУВ/ГРНМ за текущим электрическим режимом энергосистемы

Решение:
Требуется корректировка алгоритмов ГУВ/ГРНМ



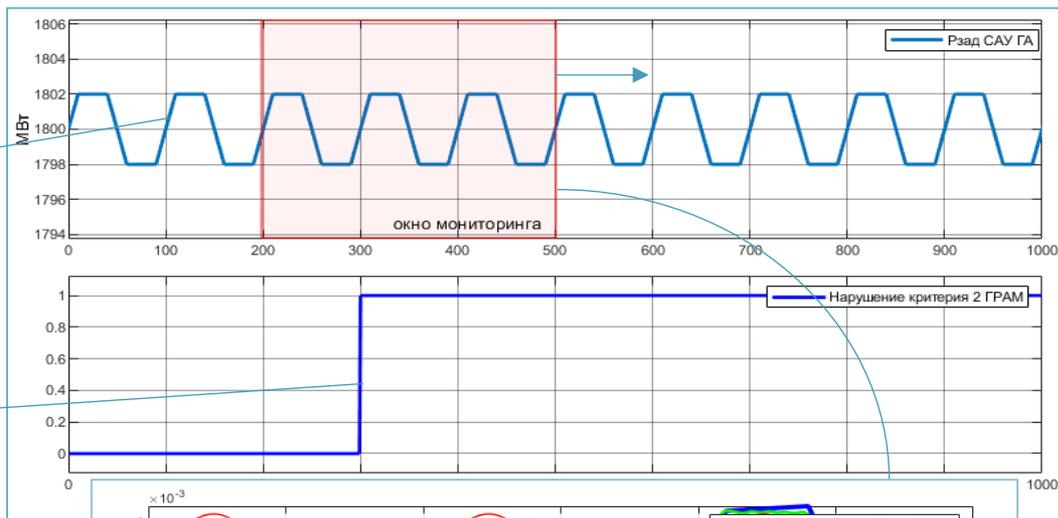
- Режим регулирования напряжения ГУВ/ГРНМ. Некорректное включение в работу ГУВ/ГРНМ.



Критерий блочный/станционный регулятор мощности (ГРАМ). Наличие колебательного процесса

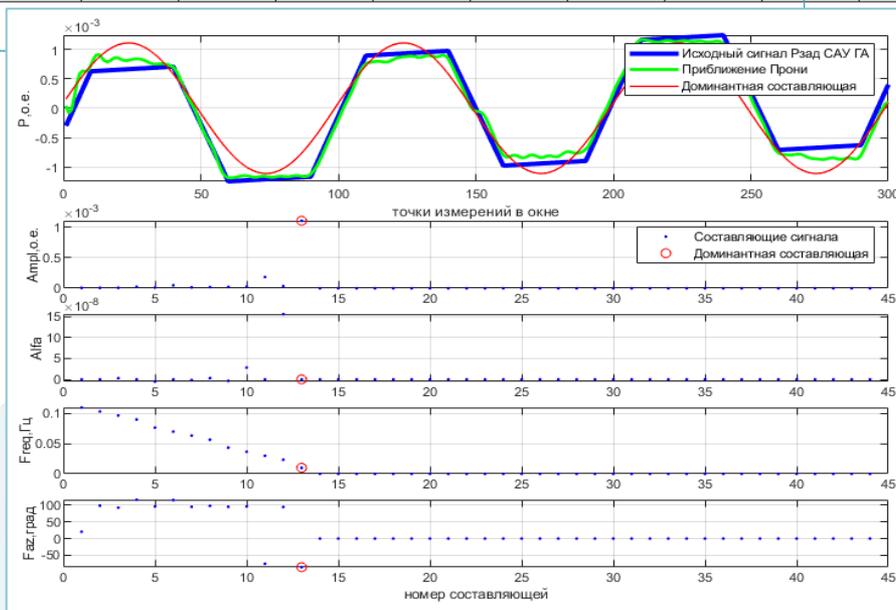
ВХОДНОЙ СИГНАЛ

Сигнал срабатывания системы мониторинга



Выявленное нарушение:
ГРАМ является источником колебаний

Решение:
Требуется настройка алгоритмов ГРАМ



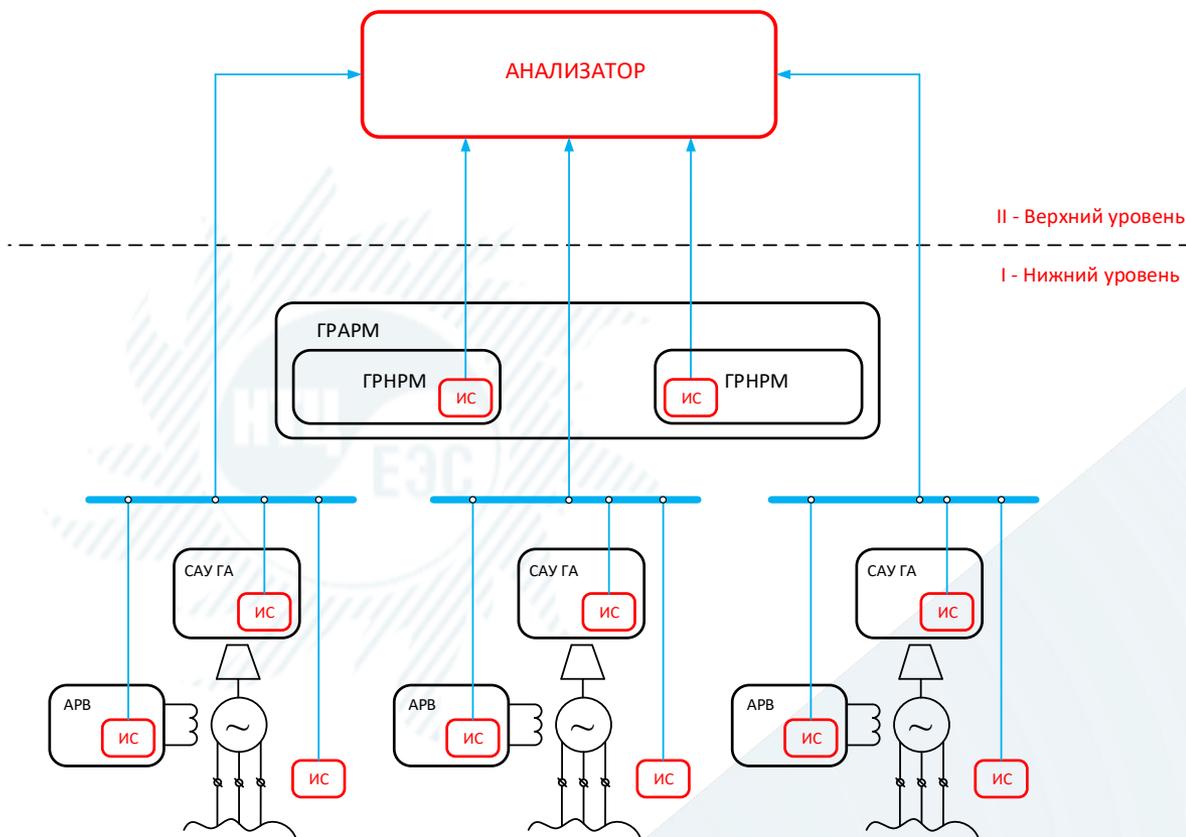


Система мониторинга функционирования систем регулирования энергоблоков электрических станций

Разработанная система мониторинга имеет иерархическую структуру, состоящую из двух уровней:

нижний уровень: устройства сбора и первоначальной обработки информации – вычисления по измеренным фазным токам и напряжениям активной и реактивной мощности, частоты напряжения и пр.

верхний уровень (анализатор): центр сбора и обработки алгоритмами критериев оценки правильности функционирования АРВ, ГРНРМ, САУ ГА и ГРАМ информации, поступающей с нижнего уровня.





Внедрение системы мониторинга обеспечит

Выявление некорректного функционирования АРВ, АРЧВ, систем блочного/станционного регулирования в различных схемно-режимных условиях работы энергосистемы (в том числе до возникновения аварий, причинами которых могут являться устройства регулирования)

Упрощение процедуры анализа работы АРВ, АРЧВ, систем блочного/станционного регулирования (в том числе в ходе расследований аварий)

система мониторинга будет предоставлять оперативному персоналу информацию о неисправностях и выявленных незатухающих синхронных колебаниях в режиме реального времени для своевременного принятия решения о их ликвидации и недопущения развития технологического нарушения



Внедрение системы мониторинга обеспечит

Наличие объективных данных о работе систем управления и регулирования позволит минимизировать штрафные санкции со стороны организаций, осуществляющих надзорный функции

Мониторинг участия генерирующего оборудования в ОПРЧ осуществляется АО «СО ЕЭС» по данным ОИК и собственных информационных систем, имеющих существенные по величине тренды записи регистрируемой информации.

Система мониторинга обеспечивает запись синхронизированной по времени информации до и после возникновения нарушения с дискретностью до 20 мс, что позволяет с уверенностью вести диалог о корректности предъявляемых к собственнику претензий

Система мониторинга позволит собственникам объектов генерации иметь независимый источник объективной информации о работе генерирующего оборудования и его систем регулирования



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

Благодарю за внимание!

АО «Научно-технический центр
Единой энергетической системы»
(АО «НТЦ ЕЭС»)

г. Санкт-Петербург,
ул. Курчатова, д. 1, лит. А.

г. Москва,
деревня Румянцево, поселение Московский,
Центральная улица, 3Ас1

+7 (812) 297-54-10
+7 (812) 552-62-23 (факс)
ntc@ntcees.ru