



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

Мониторинг низкочастотных колебаний в ЕЭС России по данным СМПР

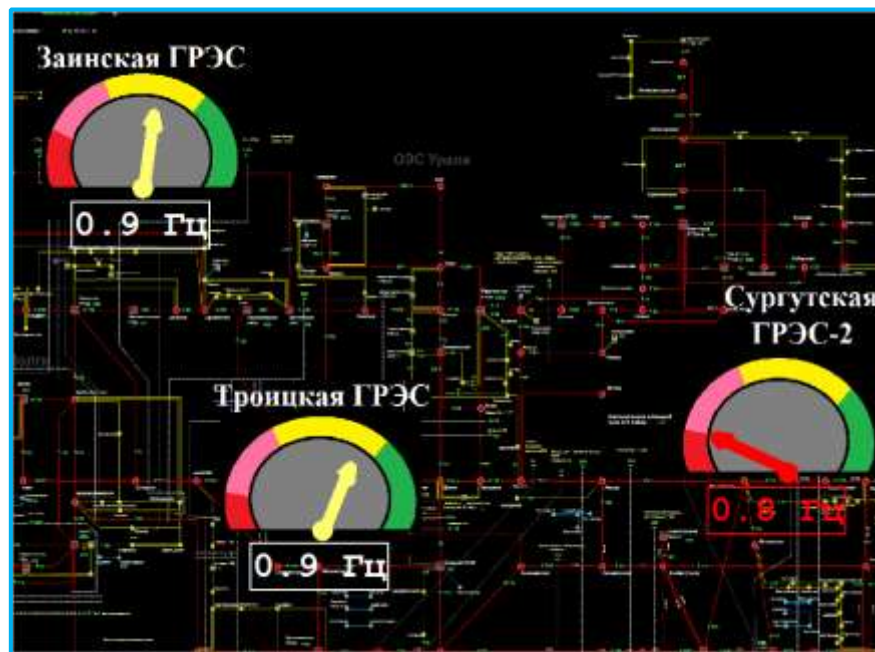
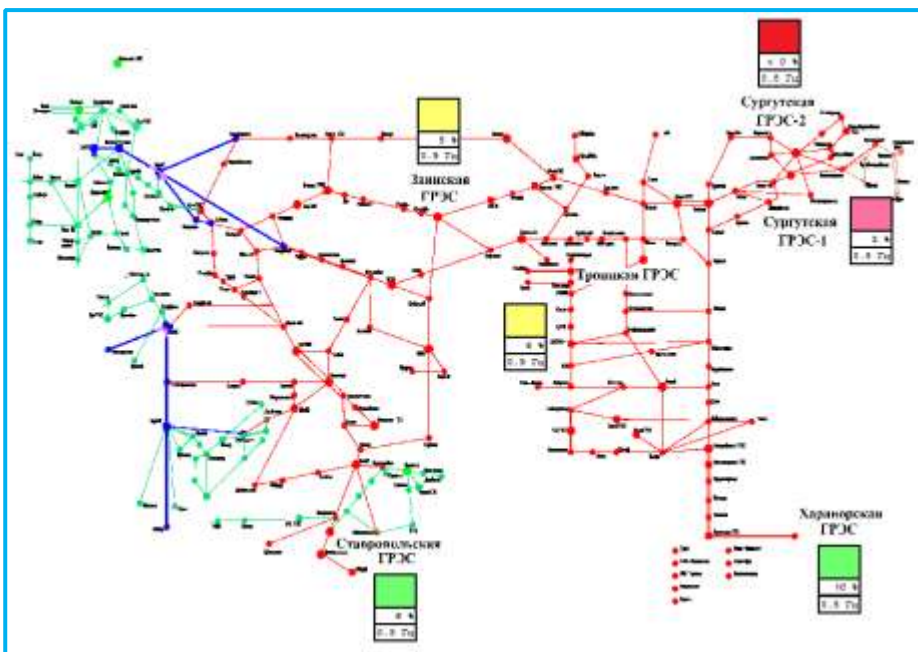


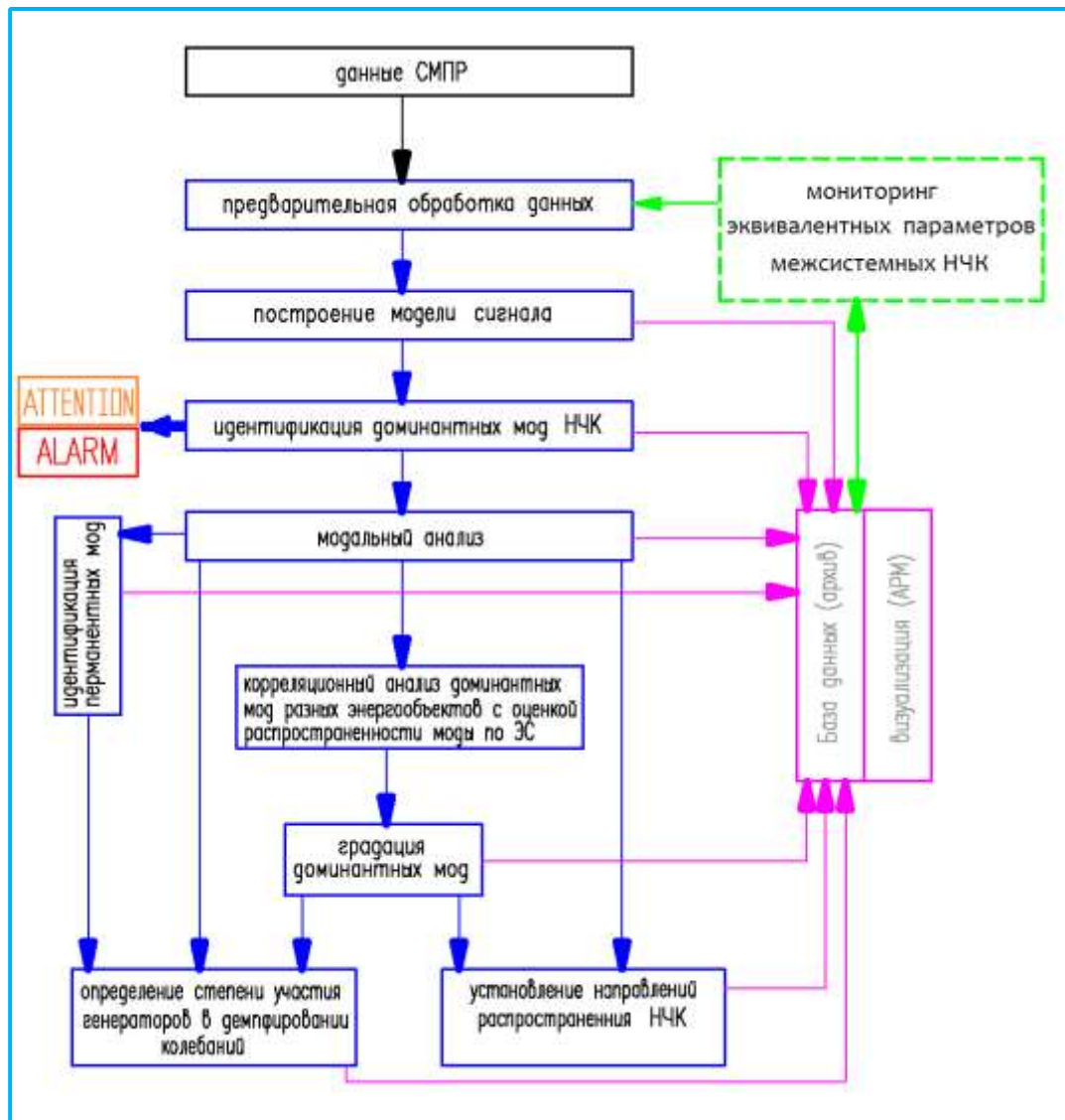
Проблематика НЧК

2

	Демпфирование	Частота
Сургутская ГРЭС-2	-0.1 %	0.9 Гц
Сургутская ГРЭС-1	0.1 %	0.9 Гц
Троицкая ГРЭС	3.6 %	0.9 Гц
Заинская ГРЭС	0.4 %	0.9 Гц
Ставропольская ГРЭС	6.5 %	0.8 Гц
Харанорская ГРЭС	6.0 %	0.6 Гц

- ❖ идентификация НЧК
- ❖ мониторинг колебательной устойчивости
- ❖ верификация цифровых моделей энергосистем
- ❖ оптимальная настройка АРВ
- ❖ адаптивное управление демпферными свойствами ЭС



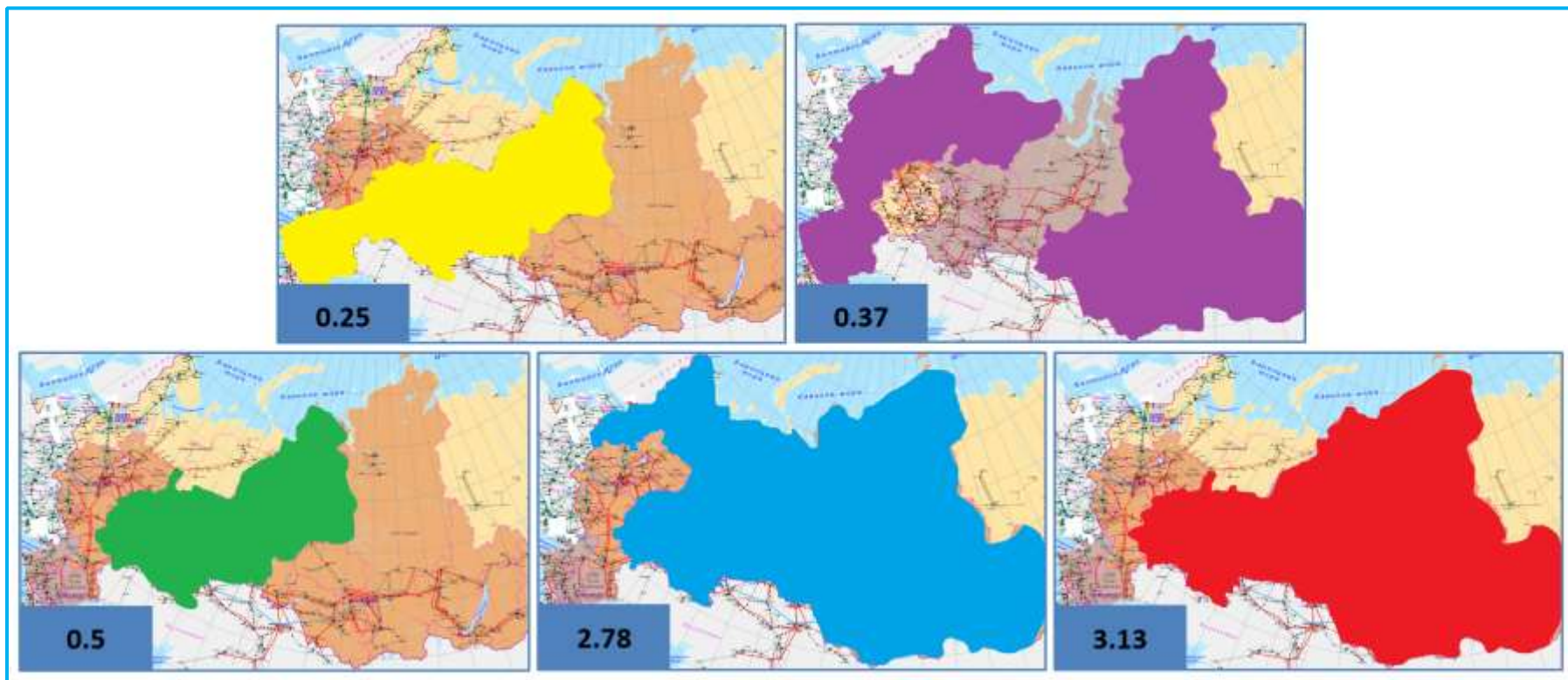


- ❖ непрерывный мониторинг спектральных свойств ПЭР как в нормальных, так и аварийных режимах работы энергосистемы
- ❖ источник данных - Автоматическая система сбора информации от регистраторов СМРР: высокая точность, требуемая дискретизация, синхронизированность
- ❖ организация информационного обмена между уровнями диспетчерской иерархии РДУ – ОДУ – ЦДУ
- ❖ в перспективе - транспортировка существенной части функционала на уровень PDC
- ❖ дополнительный блок мониторинга эквивалентных параметров межсистемных НЧК и статистического анализа



Модальный состав НЧК ЕЭС России

4



Распространение системных мод НЧК по операционным зонам ОДУ



Сводный перечень доминантных мод ЕЭС России. Параметры НЧК

5

Диапазон частот	0.1-1 Гц			1-4 Гц		
Параметры мод	$F, \text{Гц}$	$A, \text{мГц}$	$D, \text{с}$	$F, \text{Гц}$	$A, \text{мГц}$	$D, \text{с}$
ОЭС Северо-Запада	0.27	2.5	5	1.01	0.3	2.5
	0.37	1	3	2.00	0.6	<u>100</u>
				3.80	0.09	2
ОЭС Центра	0.35	0.7	3.5	2.78	0.06	4
	0.60	0.4	4.5	3.80	0.06-0.45	<u>2-60</u>
	0.96	0.23	5			
ОЭС Средней Волги	0.35	0.7	4	2.78	0.08	6.0
	0.50	0.6	3	3.30	0.14	4.3
ОЭС Урала	0.28	2	5	2.78	0.18	30
				3.30	0.03-0.3	<u>4-60</u>
				3.95	1	3.2
				2.20	0.07-2	<u>20-150</u>
				1.36	0.15-2.2	4
				1.1	0.08	8
ОЭС Сибири	0.14	2	3	2.78	0.2-1.8	<u>1-130</u>
	0.40	1.5	3.5	3.70	1	3
	0.55	0.7	3			
ОЭС Юга	0.23	1.5	6	3.50	0.2	3
				3.95	0.5	2.5



Энергообъекты с чрезвычайно низким уровнем демпфирования НЧК

6

Объект	Частота моды, Гц	Время затухания моды, с	Область распространения моды
Кольская АЭС	2	100	ОЭС Северо-Запада
Нововоронежская АЭС	3.8	60	ОЭС Северо-Запада ОЭС Центра
Южноуральская ГРЭС-2	3.3	60	ОЭС Средней Волги ОЭС Урала
Уренгойская ГРЭС	2.2	150	ОЭС Урала
Богучанская ГЭС	2.78	130	ОЭС Центра ОЭС Средней Волги ОЭС Урала ОЭС Сибири

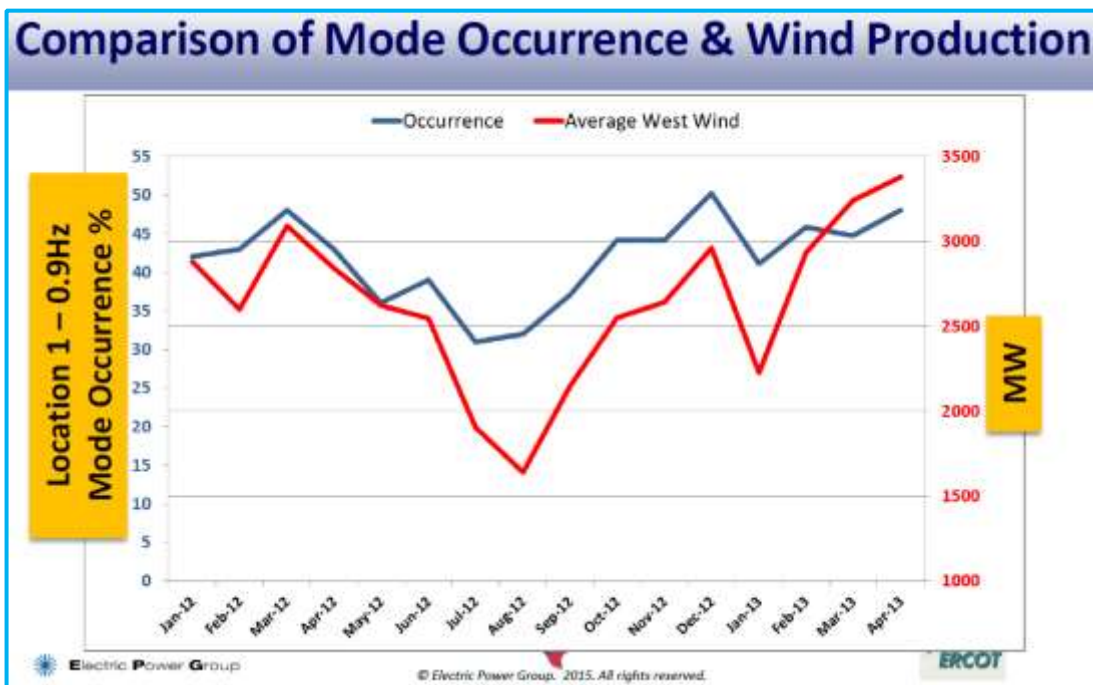
Дальнейшие исследования:

- расчет параметров НЧК отдельных энергоблоков указанных станций
- определение перечня АРВ, требующих корректной настройки
- выявление направления поиска источника повышенных НЧК



Уровень стабильности модального состава ЕЭС России:

- в диапазоне межзональных колебаний $0.1 \div 1$ Гц модальный состав изменился за календарный год на 25%
- в диапазоне колебаний $1 \div 5$ Гц модальный состав изменился за календарный год на 34%
- наиболее стабильными с точки зрения НЧК ПЭР - Берёзовская ГРЭС, ПС 500 кВ Алтай, ПС 750 кВ Ленинградская, ПС 500 кВ Бекетово

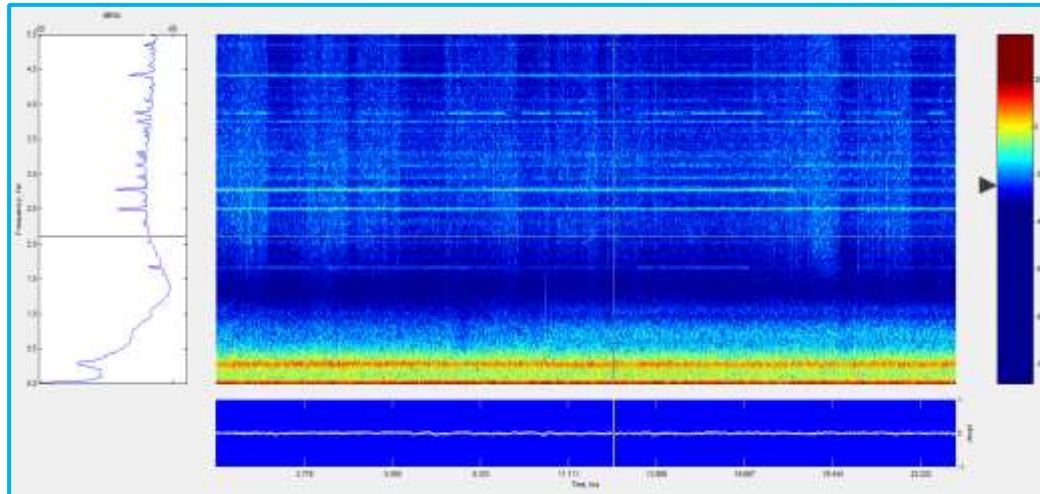




Идентификация НЧК на ряде крупных транзитов мощности

8

■ Кола-Карельский транзит



Суточная спектрограмма
частоты Кольской АЭС
в диапазоне 0-5 Гц

$f_{\text{нчк}} = 0,25 \text{ Гц}$

$A_{\text{max}} = 15 \text{ МВт}$

■ сечение Братская ГЭС – Красноярская ГЭС

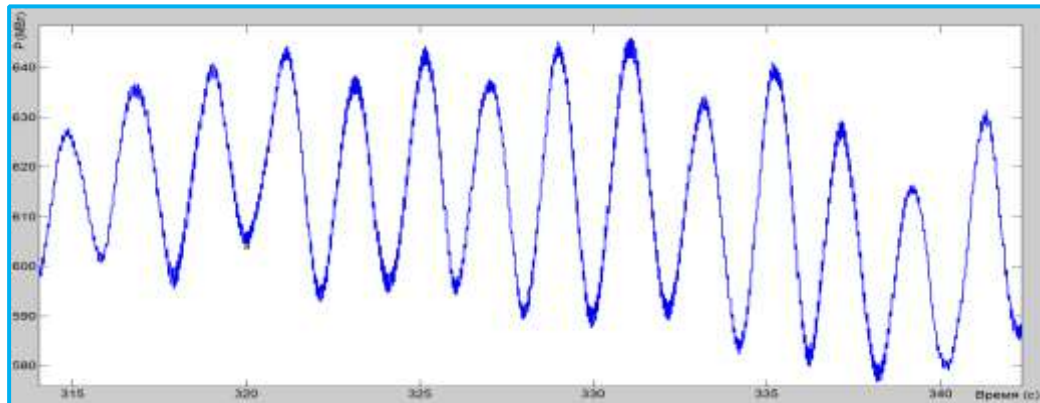


График колебаний активной
мощности по сечению
в нормальном режиме

$f_{\text{нчк}} = 0,5 \text{ Гц}$

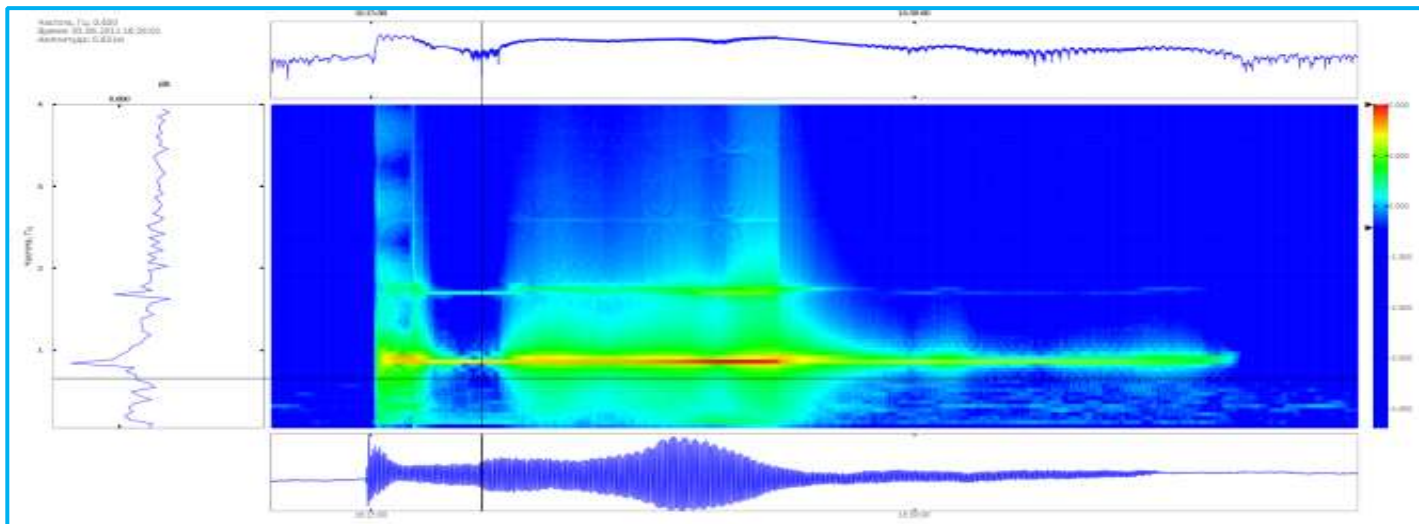
$A_{\text{max}} = 25 \text{ МВт}$



Вынужденные колебания блока №3 Сургутской ГРЭС-2

9

- частота колебаний режимных параметров 0,87 Гц
- размах колебаний частоты достигал 600 мГц ($49,65 \div 50,25$ Гц)
- активная мощность при исходной загрузке блока 800 МВт колебалась в пределах $580 \div 970$ МВт (49% от номинальной мощности)
- размах колебаний напряжения на генераторе составил 19% от номинального напряжения ($21 \div 25,6$ кВ)
- реактивная мощность при исходной загрузке блока 55 МВАр колебалась в пределах $120 \div 270$ МВАр

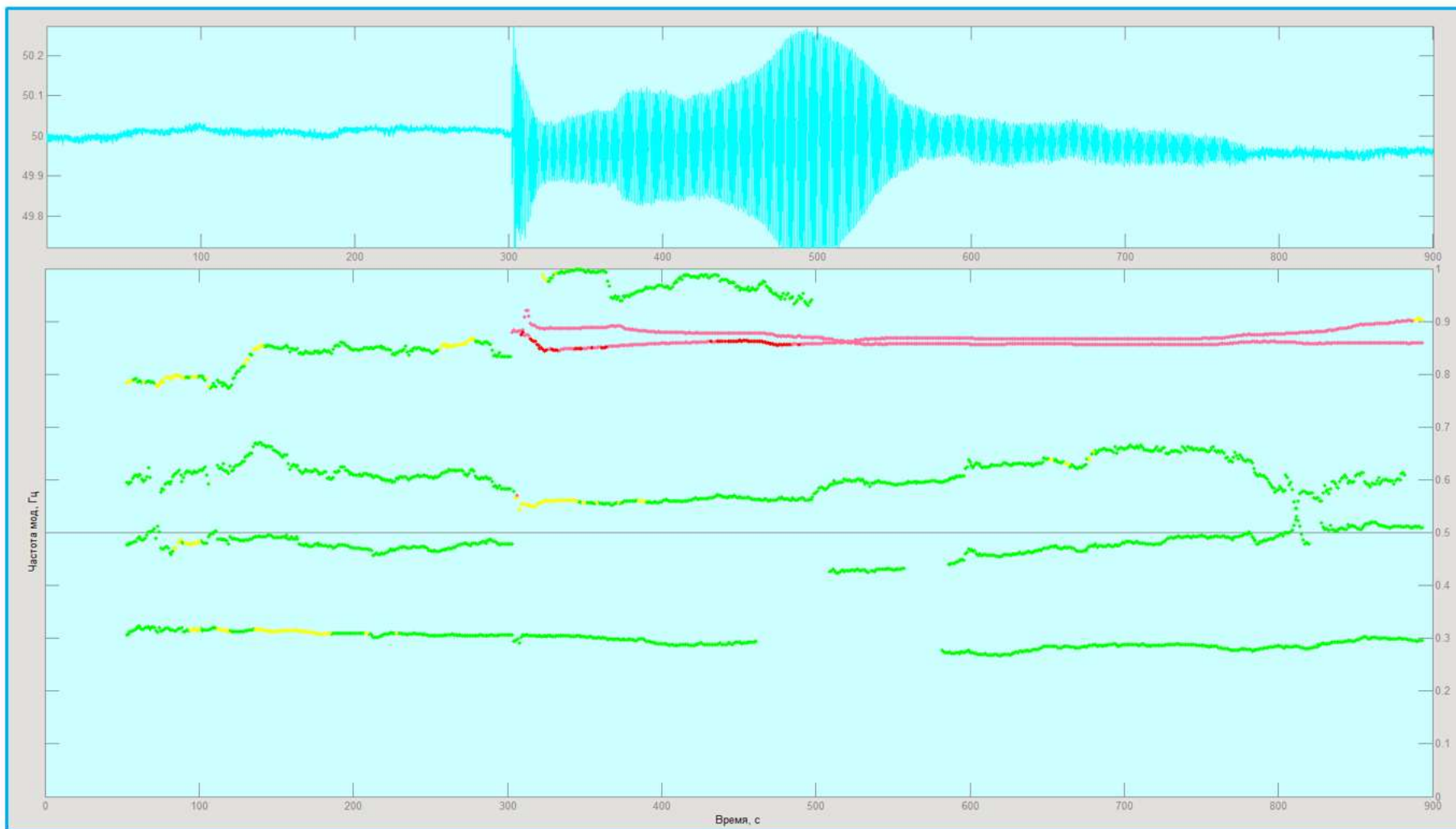


Спектрограмма частоты



Процесс смены доминантных мод НЧК блока №3 Сургутской ГРЭС-2

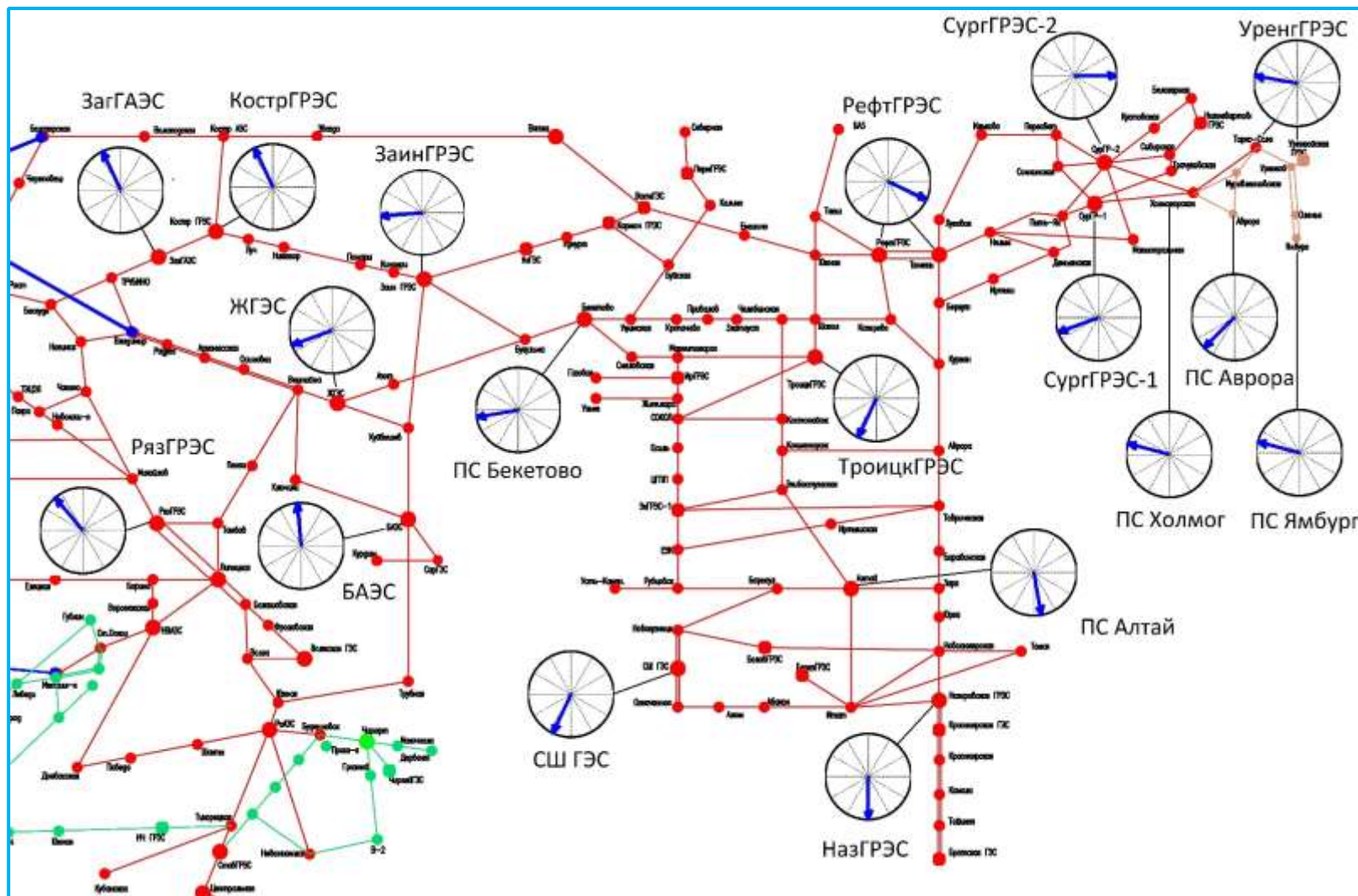
10





Форма моды вынужденных колебаний на объектах ЕЭС России

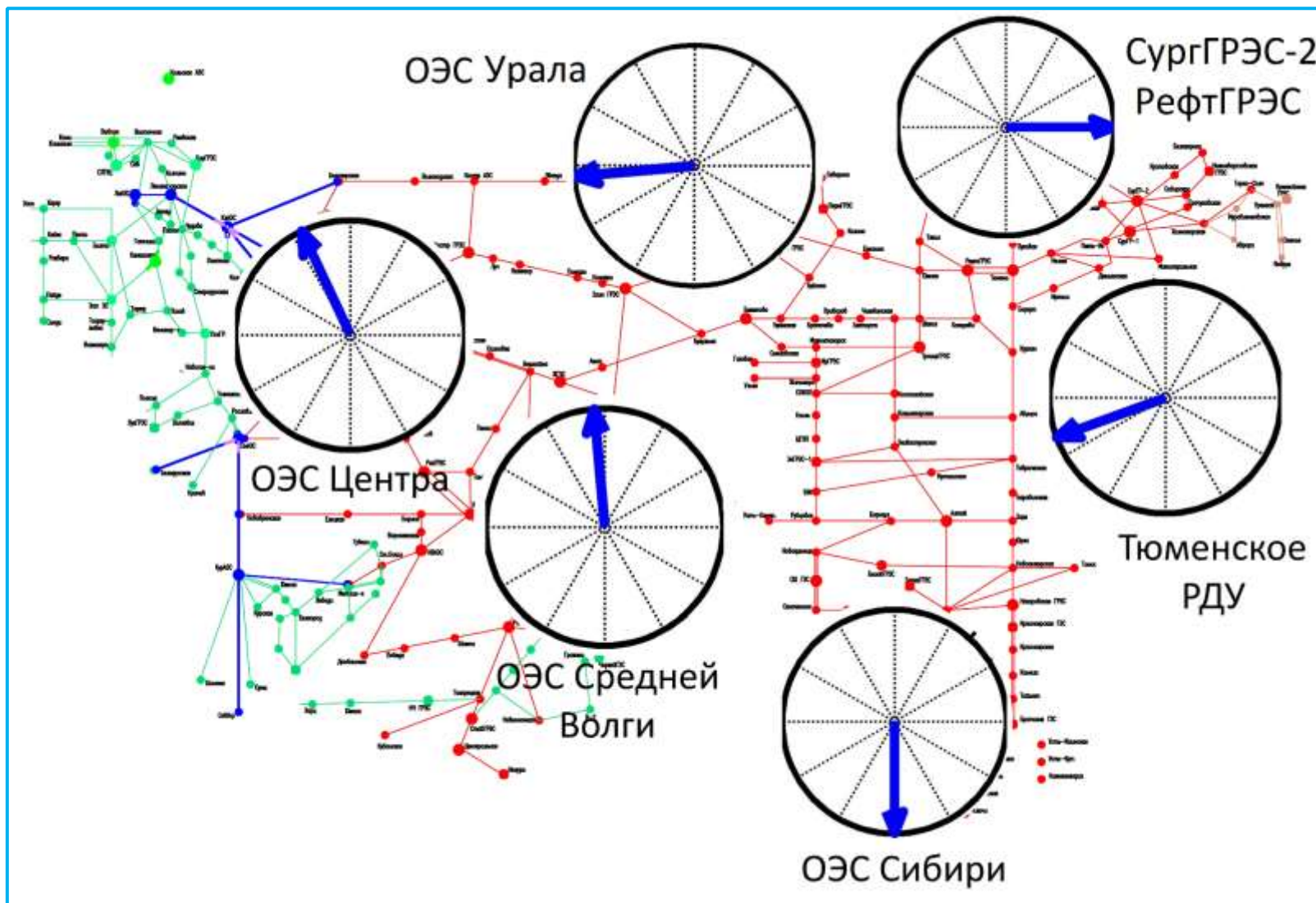
11





Эквивалентные вектора НЧК

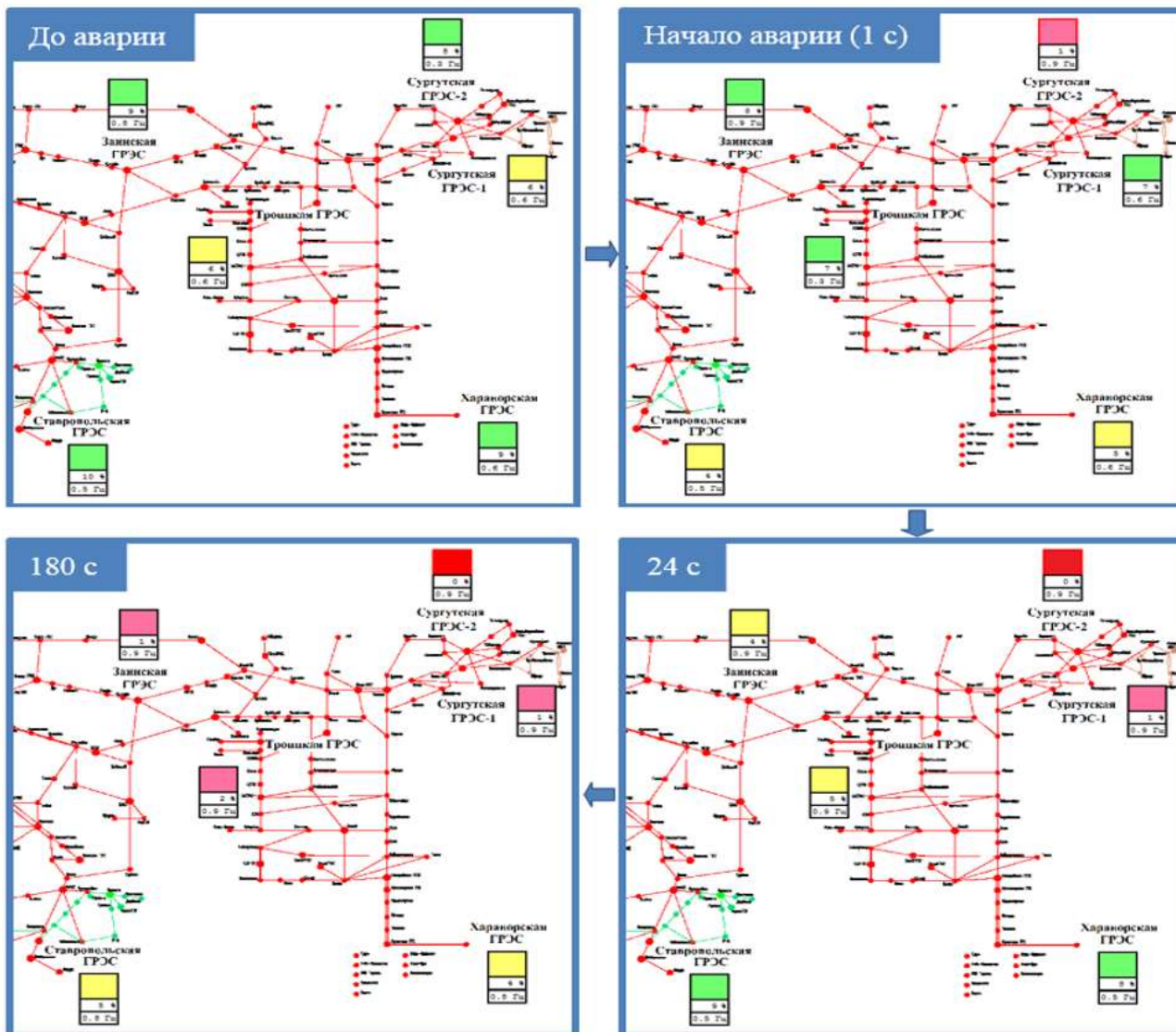
12





Процесс распространения вынужденных колебаний по ЕЭС России

13





- определен модальный состав НЧК ЕЭС России на основе анализа суточных данных ПЭР контрольных замерных дней 2013, 2014 гг.
- идентифицированы локальные и межзональные доминантные моды НЧК нормального режима ЕЭС России, рассчитаны параметры колебаний
- выявлены энергообъекты с чрезвычайно низким уровнем демпфирования мод с частотами в диапазоне $2 \div 3.8$ Гц
- обнаружены НЧК на крупных транзитах мощности с амплитудами, достигающими десятки МВт
- выполнен статистический анализ с определением уровня стабильности модального состава ЕЭС России
- выполнен анализ вынужденных НЧК, достигавших границы колебательной устойчивости энергосистемы (изучен процесс изменения состава доминантных мод энергообъекта – источника колебаний, определена форма моды и продемонстрированы этапы распространения колебаний по ЕЭС России с течением времени)



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Сайт в ЕЭС. RU

50,000

[О компании](#) [Деятельность](#) [Филиалы](#) [Новости](#) [Контакты и реквизиты](#)

ЕЭС России

www.so-ups.ru

Оперативная информация о работе ЕЭС России

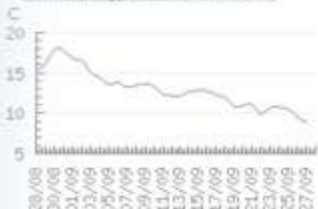


Индикаторы ЕЭС

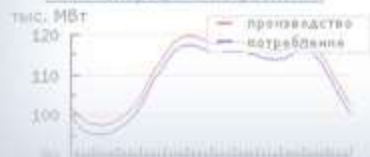
Частота в ЕЭС России



Температура в ЕЭС России



План генерации и потребления



Новости Системного оператора

25.08.2011 16:27
Рязанское РДУ приняло участие в тренировке по ликвидации аварий в региональной энергосистеме
В Рязанском РДУ прошла тренировка по ликвидации аварий в региональной энергосистеме. Тренировка проводилась в условиях эмуляции реальных температур.

23.09.2011 14:16
Системный оператор провел натурные испытания Единой энергосистемы России
Цель испытаний – проверка фактического действия систем параллельного регулирования генерирующего оборудования, фактического ввода услуг по нормированному параллельному регулированию частоты на территории ЕЭС России, определение фактического характера работы ЕЭС России и энергосистем стран участниц параллельной работы ЕЭС России.

22.08.2011 11:16
Курское РДУ приняло участие в ликвидации условного нарушения электроснабжения потребителей города Курска и Курской области

22 сентября в рамках подготовки к проведению осенне-зимнего периода 2011/2012 г. состоялась проверка готовности к работе в условиях параллельной работы ЕЭС России и энергосистем стран участниц параллельной работы ЕЭС России. Проверка проводилась в условиях эмуляции реальных температур.

21.08.2011 11:16
Ввод в эксплуатацию нового оборудования ЕЭС России и энергосистем стран участниц параллельной работы ЕЭС России

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ САЙТ
КОНКУРЕНТНОГО
ОТБОРА МОЩНОСТИ

САЙТ
БАЛАНСИРУЮЩЕГО РЫНКА

ВАКАНСИИ

РАСКРЫТИЕ
ИНФОРМАЦИИ

ПОДПИСКА НА НОВОСТИ

МИНЭНЕРГО РОССИИ

+1 3

Спасибо за внимание

Опалев Олег Леонидович

Контактная информация:

opalev@so-ups.ru, (499) 788-17-69