



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

**«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»**

Автоматическое противоаварийное управление Система мониторинга запасов устойчивости

**Дьячков Владимир Анатольевич, к.т.н.
Заместитель главного диспетчера по режимам АО «СО ЕЭС»**



Обеспечение требований к устойчивости энергосистем

Обеспечение требований к устойчивости энергосистем

Снижение загрузки контролируемых сечений

Сооружение новых генерирующих объектов

Увеличение степени использования существующей пропускной способности электрической сети

Противоаварийное управление

Увеличение пропускной способности контролируемых сечений

Сооружение новых ЛЭП (оборудования)



Принципы организации противоаварийного управления

«2 ДО»

- Используются результаты заранее выполненных расчетов
- Рассматриваются наиболее тяжелые режимные условия

- Обеспечение требований к устойчивости в послеаварийных режимах
- Достаточное противоаварийное управление

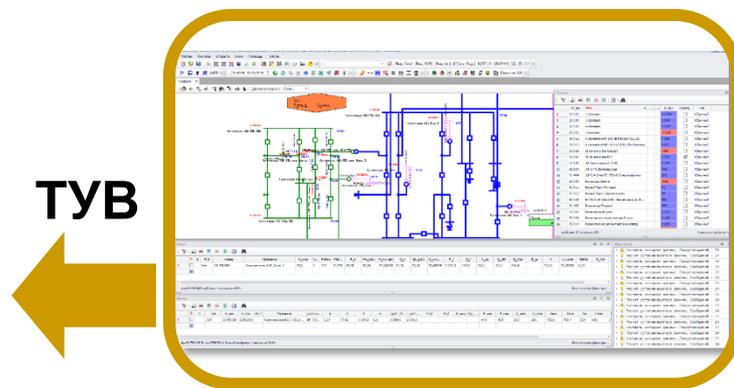
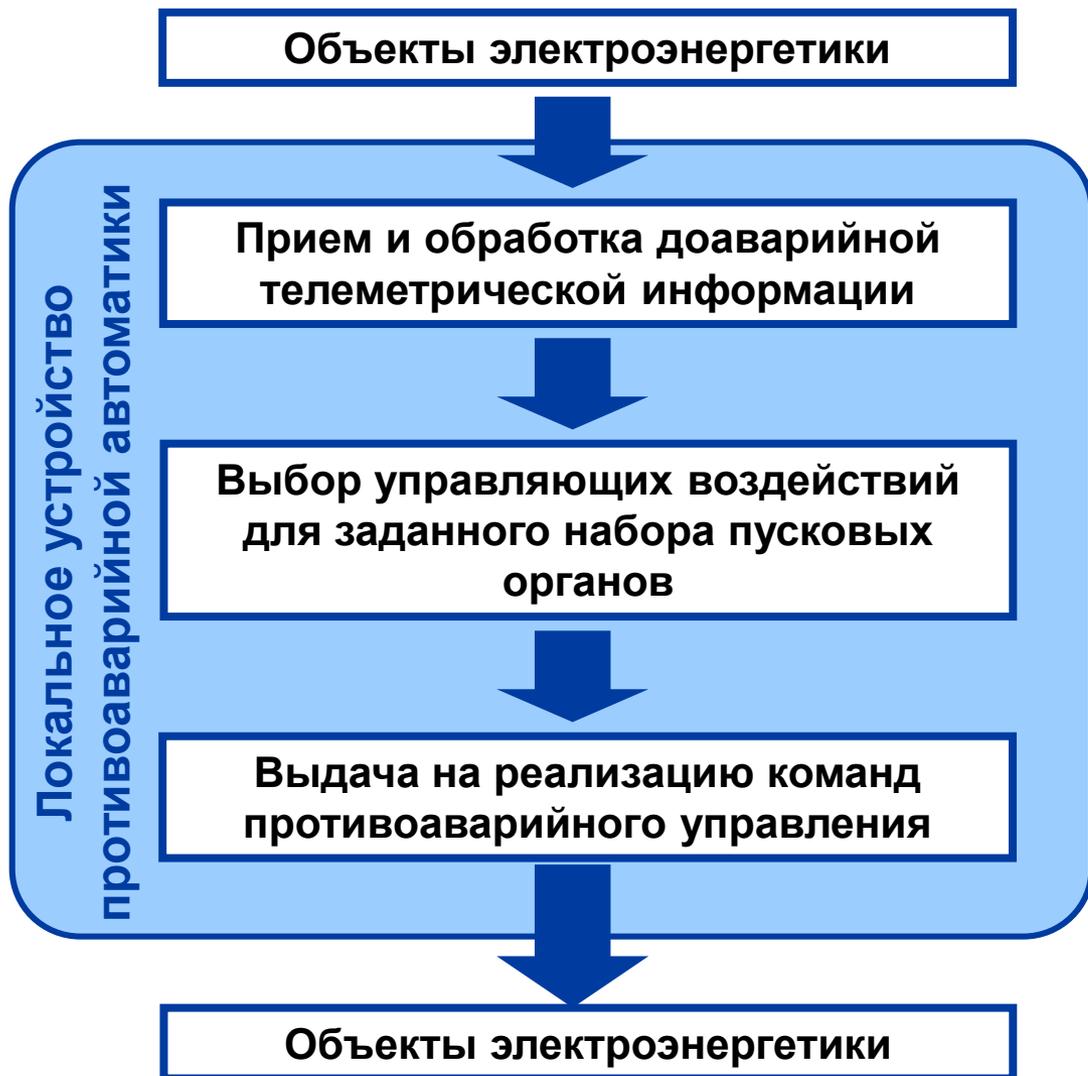
«1 ДО»

- Используются результаты расчетов «реального времени»
- Рассматриваются фактические режимные условия

- Обеспечение требований к устойчивости в послеаварийных режимах
- Оптимальное противоаварийное управление

Локальные устройства противоаварийной автоматики



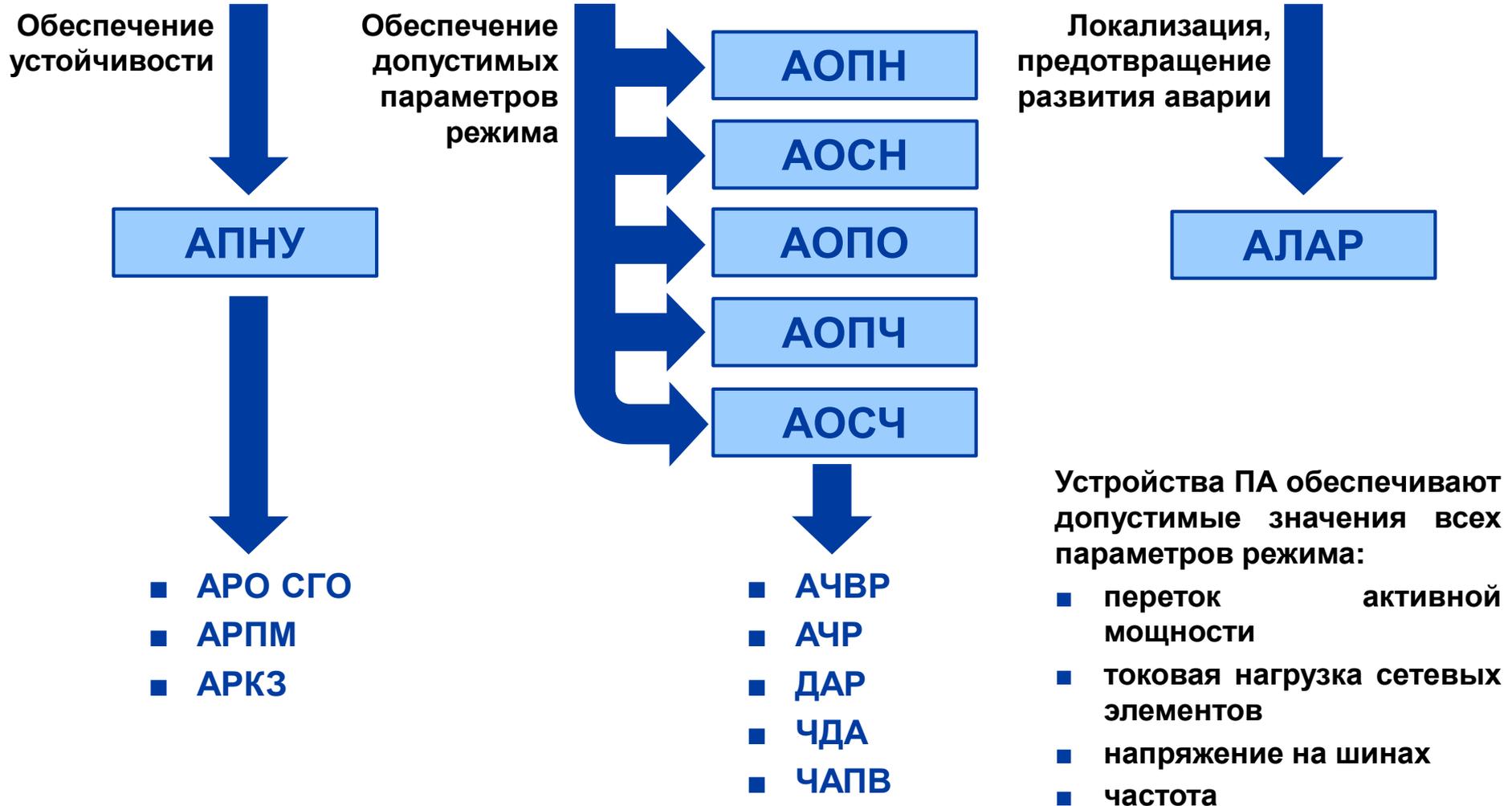


Определение необходимости реализации, вида и объема управляющих воздействий осуществляется на основании **заранее выполненных расчетов для наиболее тяжелых схемно-режимных условий** функционирования энергосистемы с учетом требований НТД (МУ).



Структура противоаварийного управления

Противоаварийная автоматика (ПА)





Автоматика разгрузки при отключении ЛЭП, сетевого и/или генерирующего оборудования (АРО СГО)

7

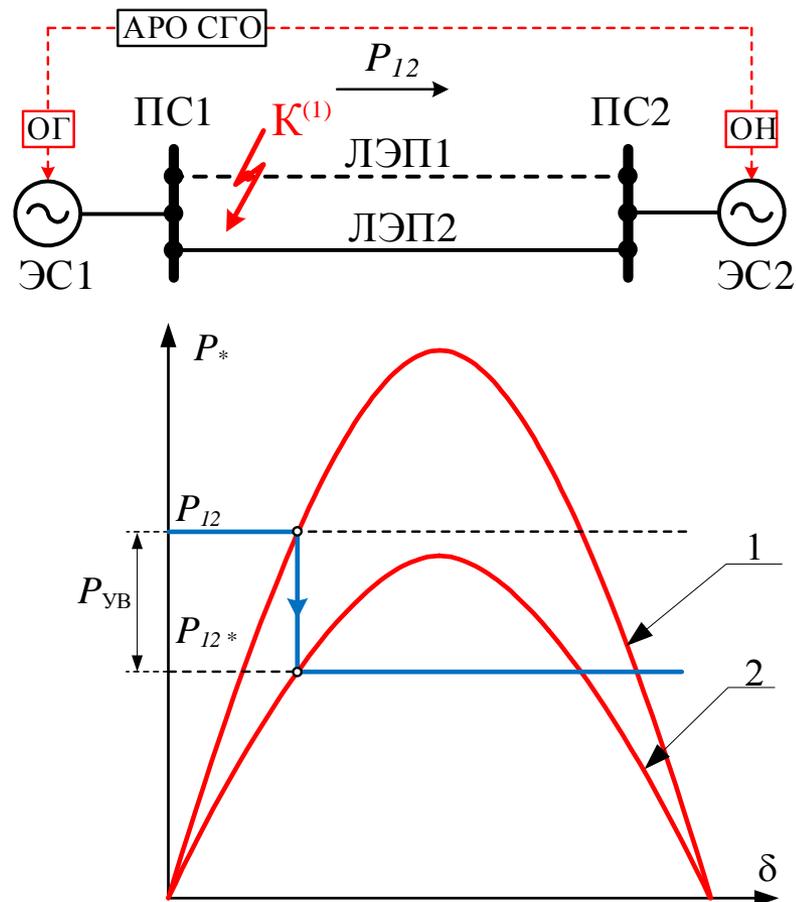
Назначение: предотвращение нарушения статической устойчивости при отключении ЛЭП, трансформаторного оборудования, генерирующего оборудования, систем (секций) шин

Пусковые факторы:

- отключение ЛЭП (ФОЛ)
- отключение систем (секций) шин (ФОСШ)
- отключение генерирующего оборудования (ФОБ)
- отключение трансформаторного оборудования (ФОТ)

Управляющие воздействия:

- ОН в дефицитной части энергосистемы
- ОГ в избыточной части энергосистемы
- КРТ с последующей ДРТ блоков электрических станций в избыточной части энергосистемы



Автоматика разгрузки при перегрузке по мощности (АРПМ)

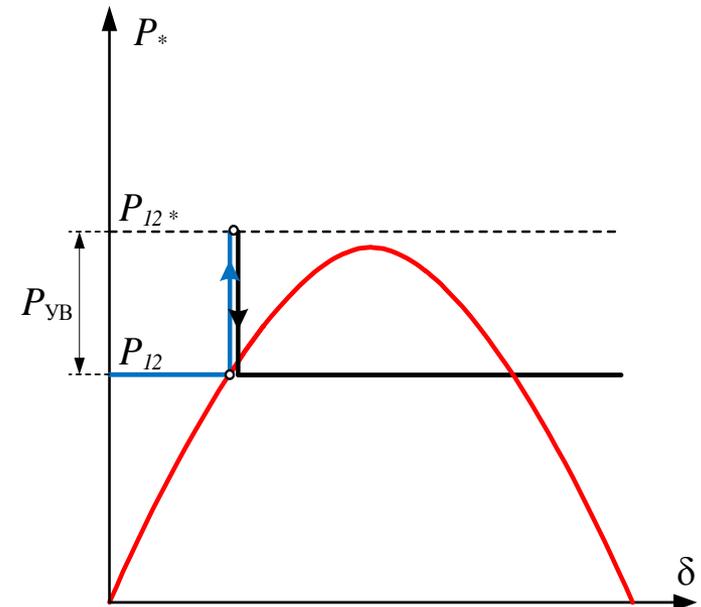
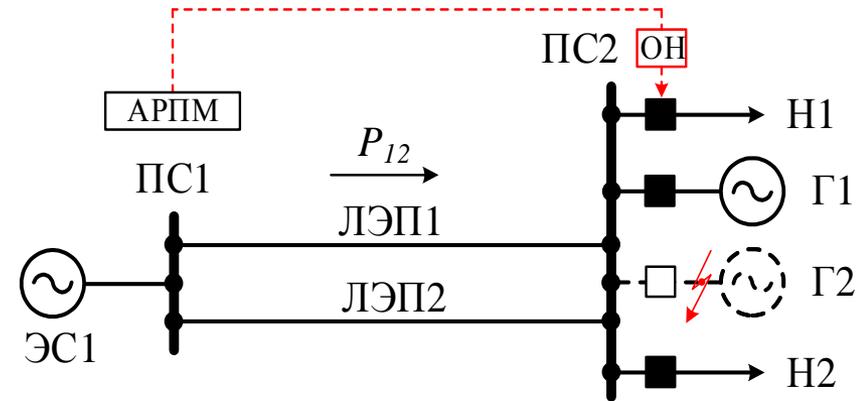
Назначение: ликвидация перегрузки сечения электрической сети по активной мощности

Пусковые факторы:

- превышение перетоком активной мощности заданной величины (АРПМ с ПО по активной мощности)
- превышение фазовым углом между векторами напряжений заданной величины (АРПМ с ПО по фазовому углу)

Управляющие воздействия:

- ОН в дефицитной части энергосистемы
- ОГ в избыточной части энергосистемы
- КРТ с последующей ДРТ блоков электрических станций в избыточной части энергосистемы





Автоматика разгрузки при коротких замыканиях (АРКЗ)

Назначение: предотвращение нарушения динамической устойчивости (ДУ) генерирующего оборудования электростанций

динамической устойчивости (ДУ)

Объекты электроэнергетики

Фиксация тяжести короткого замыкания (ФТКЗ)

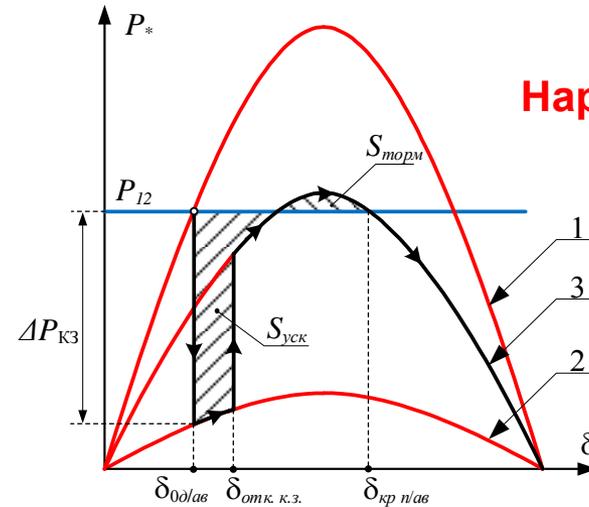
Прием и обработка доаварийной телеметрической информации

Выбора вида, объема и места (направления) реализации УВ

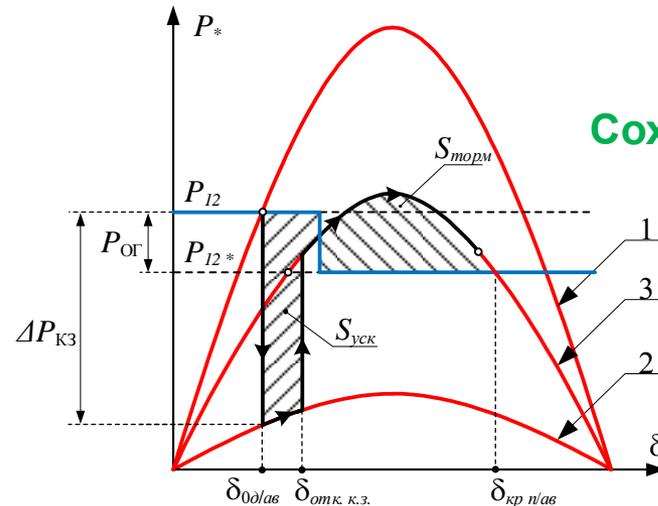
Выдача команд на реализацию управляющих воздействий

Объекты электроэнергетики

Автоматика разгрузки при коротких замыканиях



Нарушение ДУ



Сохранение ДУ



Автоматика разгрузки при коротких замыканиях (АРКЗ)

10

Фиксация тяжести КЗ:

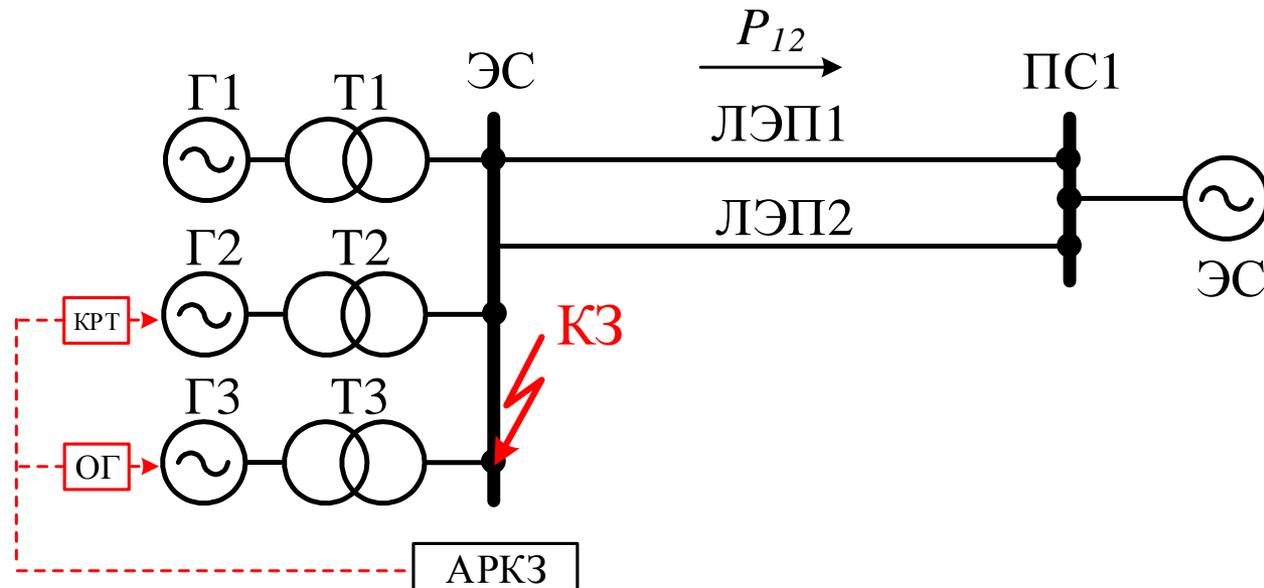
- по сбросу активной мощности электростанции (отдельных генераторов или групп генераторов)
- по снижению напряжения электрической сети на шинах электростанции
- по изменению угла между ЭДС и напряжением на шинах генераторов электростанции

Управляющие воздействия:

- КРТ (КРТ + ДРТ)
- ОГ
- изменение топологии сети

Принципы размещения:

- устройства АРКЗ должны устанавливаться на электростанциях*



* Допускается установка АРКЗ на ПС, если электростанция не имеет собственного распределительного устройства или установка АРКЗ на ПС обеспечивает ДУ генерирующего оборудования нескольких электростанций.



Назначение: выявление и ликвидация асинхронных режимов генераторов, электростанций и частей энергосистемы

Способ выявления асинхронного режима (типы устройств):

- скорость снижения сопротивления
- угловой
- токовый

Ликвидация асинхронного режима:

- на первом цикле
- после нескольких циклов

Управляющие воздействия:

- деление электрической сети
- ОГ

Принципы размещения:

- на всех связях по которым возможен асинхронной режим
 - два устройства АЛАР, на разных объектах электроэнергетики
 - на межгосударственных ЛЭП при отсутствии возможности установки АЛАР на разных объектах электроэнергетики допускается установка двух устройств АЛАР на одном объекте
- на всех генераторах АЭС и генераторах мощностью 500 МВт и выше ТЭС и ГЭС
- на генераторах мощностью менее 500 МВт ТЭС и ГЭС в соответствии с проектными решениями



Автоматика ограничения снижения напряжения (АОСН) Автоматика ограничения повышения напряжения (АОПН)

12

Автоматика ограничения снижения напряжения (АОСН)

Назначение: предотвращение недопустимого по величине и длительности снижения напряжения по условиям устойчивости генерирующего оборудования и потребителей

Пусковые факторы:

- снижение напряжения в электрической сети

Управляющие воздействия:

- изменение режима работы или эксплуатационного состояния СКРМ
- отключение потребителей электрической энергии (ОН)

Автоматика ограничения повышения напряжения (АОПН)

Назначение: предотвращение недопустимого по величине и длительности повышения напряжения на оборудовании объектов электроэнергетики

Пусковые факторы:

- повышение напряжения в электрической сети

Управляющие воздействия:

- изменение эксплуатационного состояния СКРМ
- отключение ЛЭП

Принципы размещения:

- на ЛЭП номинальным напряжением 500 кВ длиной более 200 км
- на ЛЭП номинальным напряжением 500 кВ длиной менее 200 км и на ЛЭП меньшего класса напряжения в соответствии с проектными решениями
- с каждой стороны ЛЭП



Автоматика ограничения перегрузки оборудования (АОПО)

13

Назначение: предотвращение недопустимой по величине и длительности токовой перегрузки ЛЭП и электросетевого оборудования

Пусковые факторы:

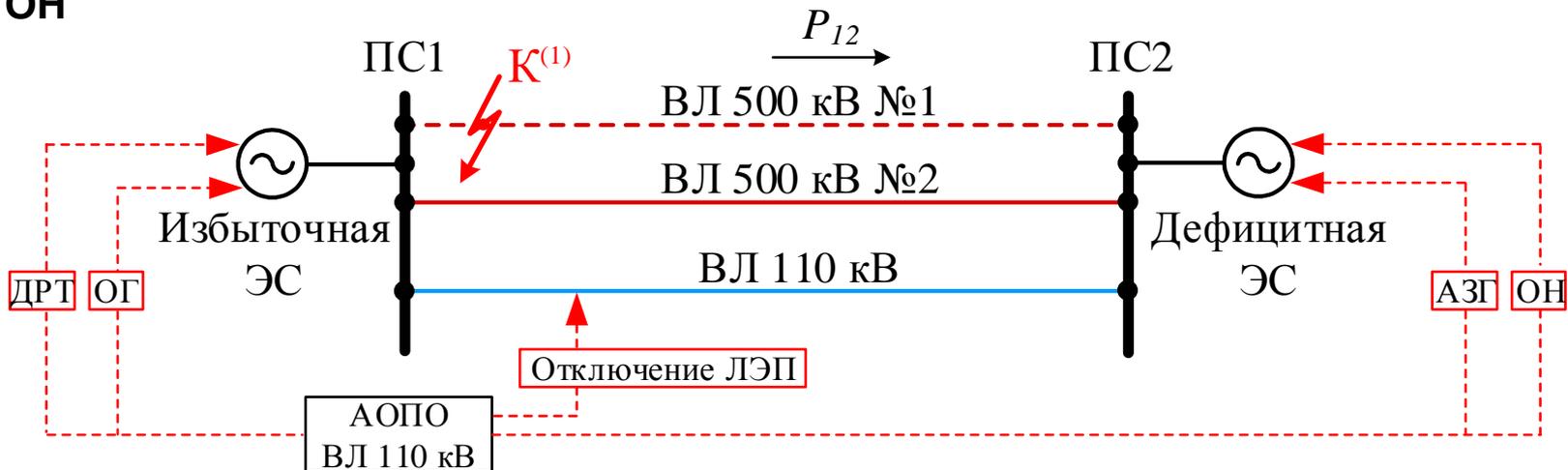
- повышение тока

Управляющие воздействия:

- в избыточной ЭС:
 - ДРТ (КРТ+ДРТ)
 - ОГ
- в дефицитной ЭС:
 - АЗГ
 - ОН

Требования:

- возможность задания не менее двух ступеней и не менее трех групп уставок по току
- возможность изменения уставок (групп уставок)
- учет направления перетока активной мощности по защищаемому элементу
- измерение тока – в месте установки устройства АОПО





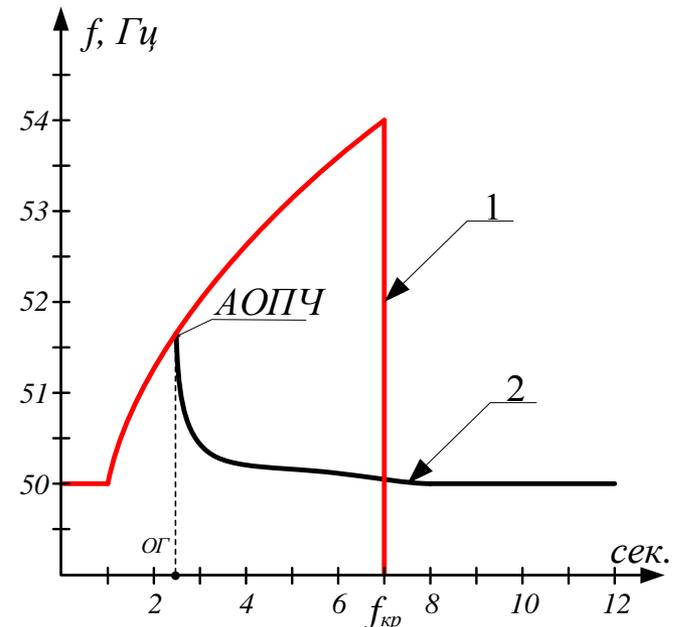
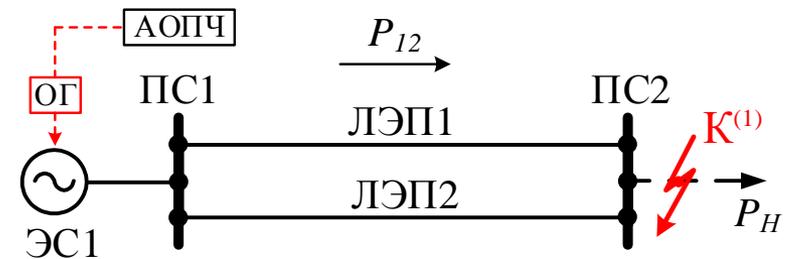
Назначение: предотвращение недопустимого по величине и длительности повышения частоты в энергосистеме до уровня, при котором возможно срабатывание автоматов безопасности или технологических защит от повышения частоты вращения турбин ТЭС, ГЭС и АЭС

Пусковые факторы:

- повышение частоты
- повышение частоты и скорость изменения частоты

Управляющие воздействия:

- отключение генераторов (ОГ)
- кратковременная разгрузка турбин энергоблоков (КРТ) с последующей длительной разгрузкой турбин энергоблоков (ДРТ)



Назначение: предотвращение недопустимого по условиям устойчивой работы генерирующего оборудования и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии снижения частоты и полного погашения энергосистемы или ее части при возникновении дефицита активной мощности, в том числе при аварийном выделении энергосистемы или ее части на изолированную работу

Функции АОСЧ выполняются устройствами

Автоматический частотный ввод резерва (АЧВР)

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

Дополнительная автоматическая разгрузка (ДАР)

Частотная делительная автоматика (ЧДА)

Частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ)

Назначение: снижение дефицита активной мощности в целях предотвращения срабатывания устройств АЧР или минимизации объема управляющих воздействий, реализуемых действием устройств АЧР

Пусковой фактор:

- снижение частоты

Управляющие воздействия:

- автоматическая загрузка генераторов (АЗГ)

ГЭС (ГАЭС) оснащённые АЧВР действуют на

Частотный пуск резервных гидроагрегатов

Перевод в генераторный режим гидроагрегатов, работавших в режиме синхронных компенсаторов

Набор нагрузки на гидроагрегатах, имеющих резервную мощность

Отключение гидроагрегатов ГАЭС, работающих в двигательном режиме или их разгрузка



Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

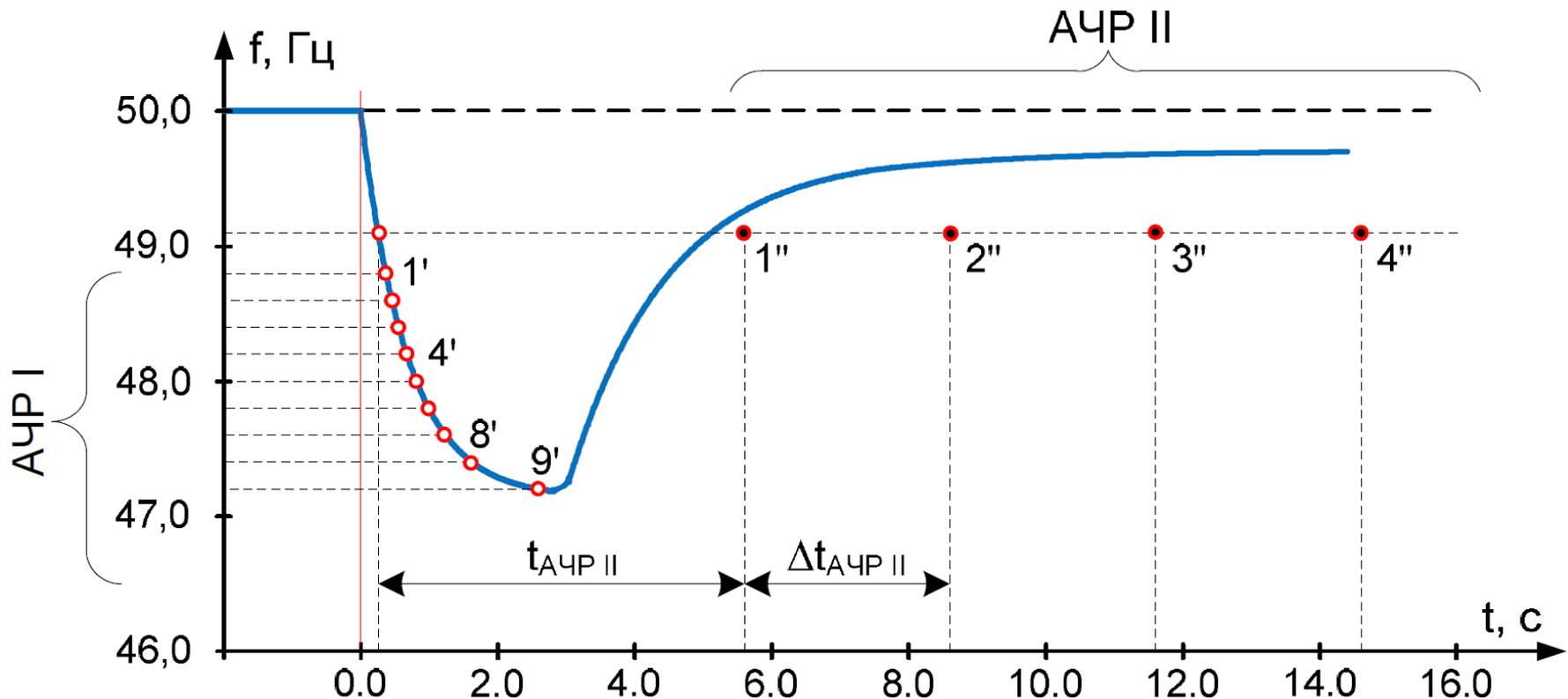
Назначение: предотвращение недопустимого по условиям устойчивой работы генерирующего оборудования и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии снижения частоты и ее последующее восстановление

Пусковой фактор:

- снижение частоты

Управляющие воздействия:

- отключение нагрузки (ОН)



Назначение: обеспечение эффективной работы устройств АЧР-1

Пусковые факторы:

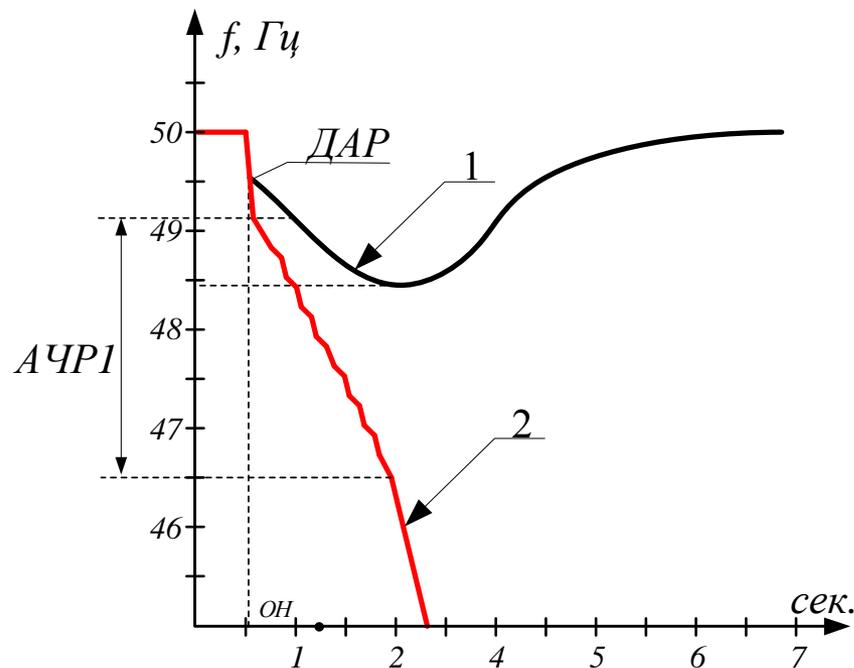
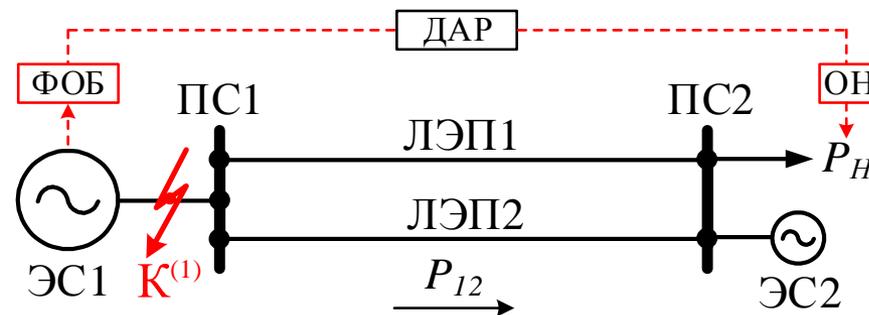
- отключение ЛЭП
- отключение сетевого оборудования
- отключение генерирующего оборудования

Управляющие воздействия:

- отключение нагрузки

Требования к ДАР:

- не допускается использование пускового фактора скорости снижения частоты
- использование при вероятности возникновения аварийного дефицита активной мощности более 45 % и скорости снижения частоты более 1,8 Гц/с





Назначение: предотвращение полного останова ТЭС при недопустимом снижении частоты в энергосистеме

Пусковые факторы:

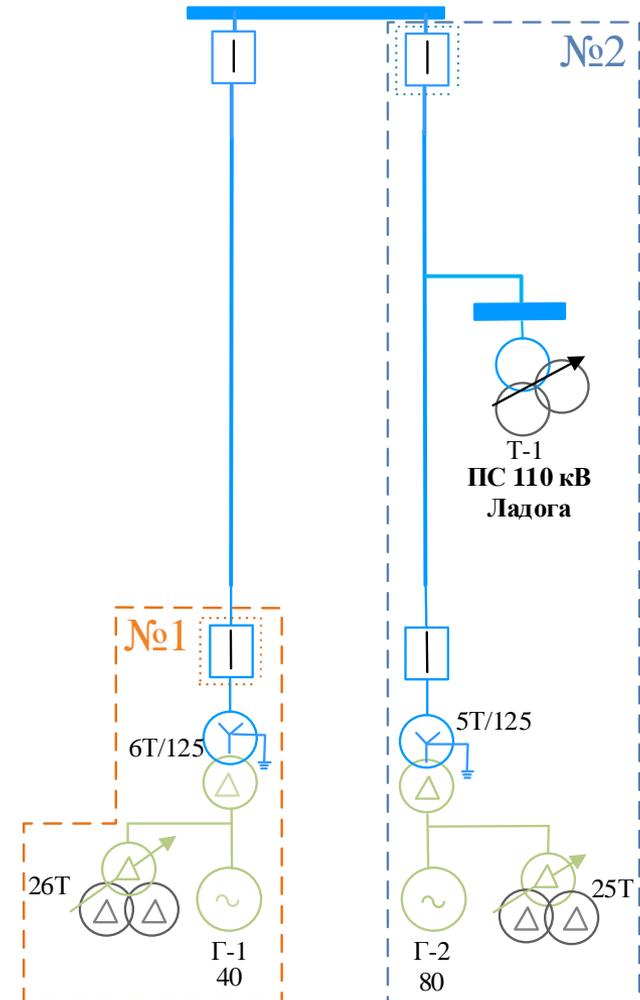
- снижение частоты

Управляющие воздействия:

- выделение электростанций, их частей или отдельных энергоблоков (генераторов) на собственные нужды
- выделение электростанций, их частей или отдельных энергоблоков (генераторов) на изолированный район нагрузки

Требования к ЧДА:

- ЧДА должна реализовываться на всех ТЭС установленной мощностью 25 МВт и более
- измерительные органы ЧДА должны устанавливаться только на электростанциях





Частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ)

20

Назначение: автоматическое восстановление электроснабжения потребителей электрической энергии, нагрузка которых отключена действием АЧР, в процессе восстановления частоты в энергосистеме

Пусковые факторы:

- повышение частоты

Управляющие воздействия:

- включение нагрузки потребителей электрической энергии, отключенных действием АЧР

Требования к ЧАПВ:

- рекомендуется устанавливать на подстанциях, на которых действиями оперативного персонала невозможно быстрое восстановление электроснабжения нагрузки потребителей электрической энергии, отключенной действием устройств АЧР

ЧАПВ			
f, Гц	t, сек	МВт	% от АЧР
49,8	10	20,6	6,8%
	15	8,3	2,7%
	20	11,6	3,8%
49,7	10	12,7	4,2%
	15	4,8	1,6%
	20	8,8	2,9%
49,6	10	1,0	0,3%
	20	9,7	3,2%
49,5	10	2,5	0,8%
	20	0,2	0,1%
49,4	10	8,4	2,8%
	15	17,2	5,7%
Сумма ЧАПВ		105,8	34,8%



Задание логики действия и настройки устройств ПА



Требуется проверка алгоритмов функционирования устройств ПА



Проверка алгоритмов устройств ПА

Проверка алгоритмов функционирования устройств ПА:

- оценка соответствия выходных воздействий возмущениям



Группа СТО СО
Нормы и
требования к
устройствам ПА



Разработаны:
АЛАР, АЧР, АОПЧ,
АРПМ, АРКЗ (ФТКЗ),
АОПО

Планируется
разработка
ФОЛ (ФОВ, ФОВ, ...),
ЛАПНУ, АОПН,
АОСН, АЧВР, ДАР

Система добровольной сертификации



Любая организация, соответствующая критериям, может быть органом по добровольной сертификации
Критерии:

- Наличие необходимого количества экспертов
- Независимость оплаты труда экспертов от результатов сертификации
- Оснащение соответствующей производственно-технической базой

Централизованная система противоаварийной автоматики

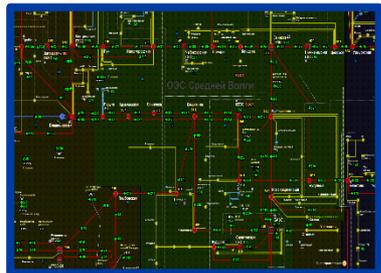




ОИК

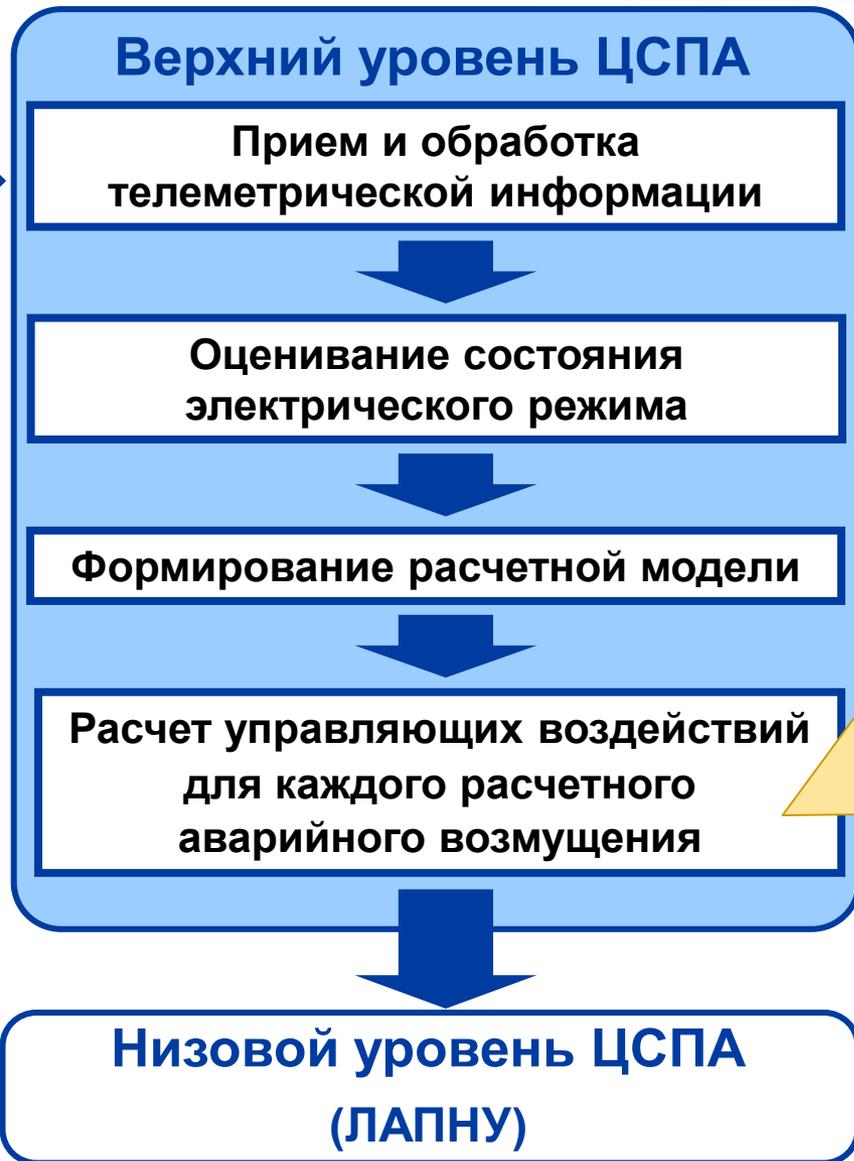
Централизованная система противоаварийной автоматики

24



Возможно
использование
информации от
СМНР

Длительность
расчетного цикла
не более 30 секунд



Контроль
диспетчера

*Определение
необходимости
реализации, вида и
объема управляющих
воздействий для
каждого расчетного
аварийного возмущения
осуществляется на
основании фактических
схемно-режимных
условий
функционирования
энергосистемы*



Введены в промышленную эксплуатацию 7 централизованных систем противоаварийной автоматики:

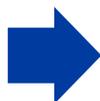
- ОЭС Востока
- ОЭС Сибири
- ОЭС Урала
- ОЭС Средней Волги
- ОЭС Юга
- ОЭС Северо-Запада
- Тюменская энергосистема

Планируется разработка и ввод в работу ЦСПА:

- ОЭС Центра



Эффективность применения ЦСПА



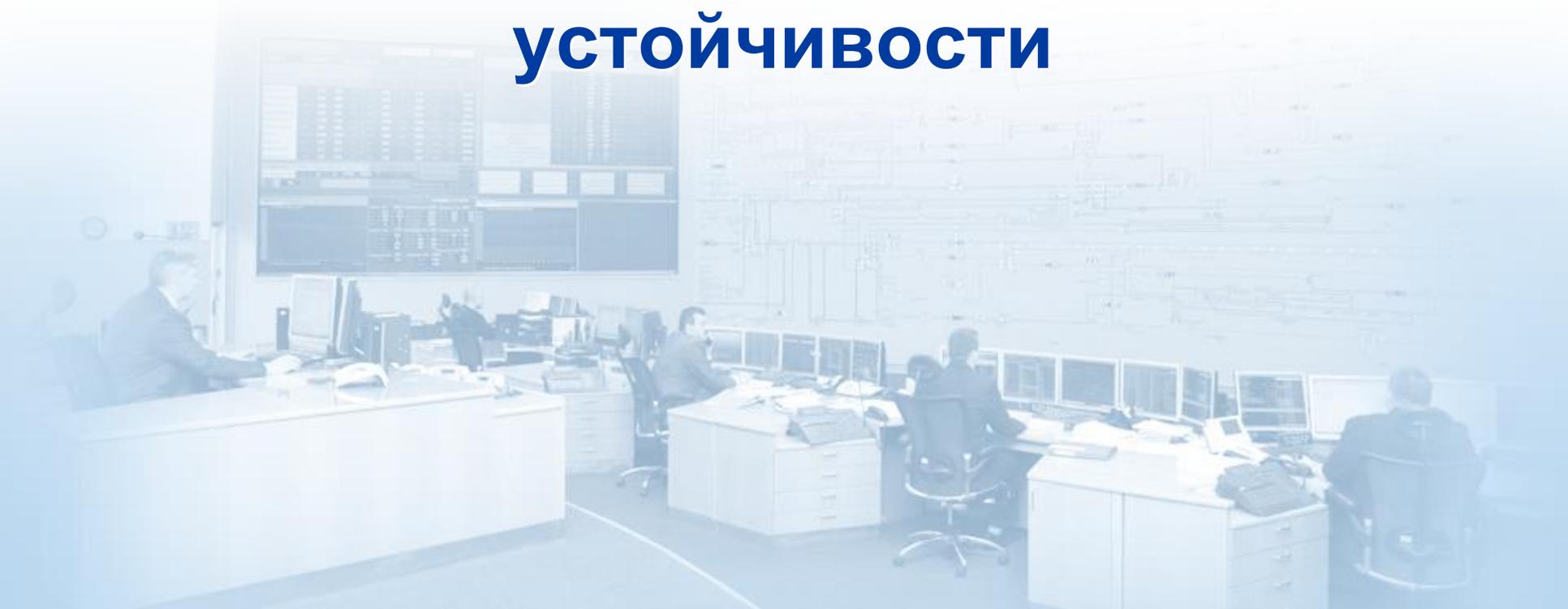
Оптимизация (снижение объема, отсутствие реализации) управляющих воздействий

ОГ 300 МВт ГЭС (вместо ОГ 1000 МВт АЭС)

Отсутствие реализации ОН

Отсутствие реализации ОГ

Система мониторинга запасов устойчивости





Необходимость применения технологии СМЗУ

27

Расчет МДП

Режим off-line
(технолог)

Режим on-line
(СМЗУ)

Наиболее неблагоприятное сочетание режимно-балансовых условий функционирования энергосистем с учетом требований НТД (МУ)

Фактические режимно-балансовые условия функционирования энергосистем

Требования к устойчивости энергосистем

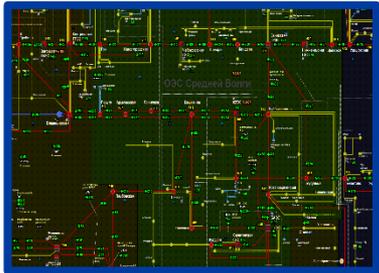
Отсутствие учета фактических режимно-балансовых условий

Максимальное использование фактической пропускной способности сети

СМЗУ позволяет осуществлять управление электроэнергетическим режимом с максимальным использованием пропускной способности сети в текущих схемно-режимных и режимно-балансовых условиях функционирования энергосистемы



ОИК



Возможно
использование
информации от
СМНР

СМЗУ

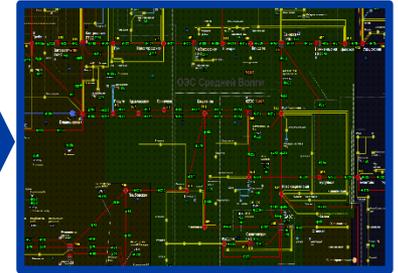
Прием и обработка
телеметрической информации

Оценивание состояния
электрического режима

Формирование расчетной модели

Расчет допустимых перетоков для
заданных контролируемых
сечений в соответствии с
действующей нормативно-
технической документацией с
учетом действия
противоаварийной автоматики

ОИК



Контроль
диспетчера

Определение
допустимых
перетоков
осуществляется на
основании
фактических схемно-
режимных условий
функционирования
энергосистемы



Применение СМЗУ в ЕЭС России

29

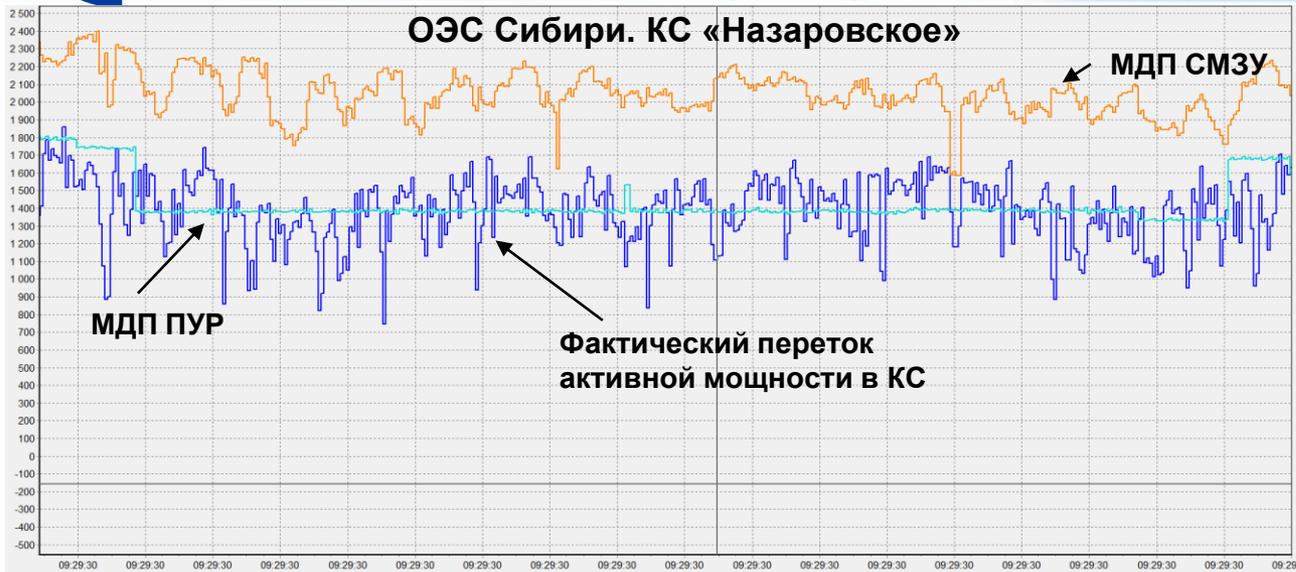
Введены в промышленную эксплуатацию 4 системы мониторинга запасов устойчивости
В разработке находятся 6 систем мониторинга запасов устойчивости

Энергосистема	Год ввода
ОЭС Северо-Запада	2015
Кольская энергосистема	2015
ОЭС Юга	2017
ОЭС Сибири	2017
ОЭС Урала	Планируется, 2019
ОЭС Востока	Планируется, 2019
Крымская энергосистема	Планируется, 2019
Тюменская энергосистема	Планируется, 2019
ОЭС Центра	Планируется, 2020
ОЭС Средней Волги	Планируется, 2020



Технический эффект применения СМЗУ при управлении электроэнергетическим режимом

30



Максимальная эффективность СМЗУ по увеличению использования пропускной способности КС **800 МВт**



Максимальная эффективность СМЗУ по увеличению использования пропускной способности КС **500 МВт**



Технология СМЗУ в задачах краткосрочного планирования

31



Определение сетевых ограничений для прогнозируемых схемно-режимных и режимно-балансовых условий функционирования энергосистем:

- повышение точности планирования
- оптимизация режима работы генерирующего оборудования

Пилотный проект
5 КС в ОЭС Сибири
Оперативная технология

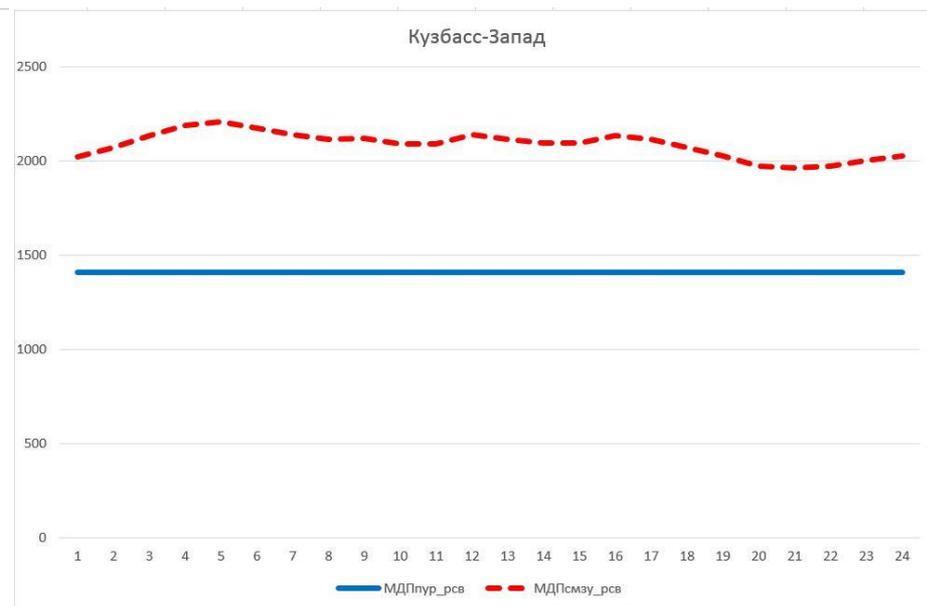
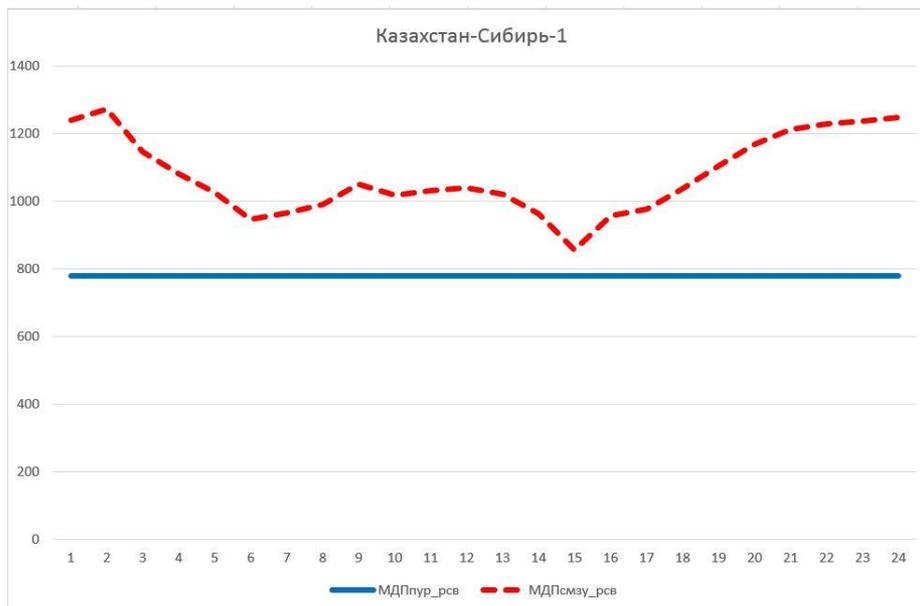
Отработка принципов и методик
Реализовано: ОДУ Сибири



Автоматизированный режим

Создание полнофункционального ПО
Планируется к реализации: все ДЦ

Эффективность применения технологии СМЗУ в задачах краткосрочного планирования



Эффективность СМЗУ:

увеличение степени использования
пропускной способности КС – **400 МВт**

Эффективность СМЗУ:

увеличение степени использования
пропускной способности КС – **700 МВт**



Изменения в регламенты оптового рынка:

- АО «СО ЕЭС» инициированы и Наблюдательным Советом Ассоциации «НП Совет рынка» приняты изменения в регламенты рынка в части использования технологии СМЗУ для актуализации МДП в контролируемых сечениях при управлении режимом работы ЕЭС России в реальном масштабе времени
Дата вступления в силу – 01.06.2018
- АО «СО ЕЭС» инициированы и Наблюдательным Советом Ассоциации «НП Совет рынка» приняты изменения в регламенты рынка в части использования СМЗУ для актуализации МДП в контролируемых сечениях при актуализации расчетной модели (в задачах краткосрочного планирования) (*оперативная технология*)
Дата вступления в силу – 01.07.2018
- АО «СО ЕЭС» на заседание Наблюдательного Совета Ассоциации «НП Совет рынка» вынесен вопрос по уточнению основных принципов использования технологии СМЗУ при расчете максимально допустимых перетоков контролируемых сечений, учитываемых при формировании расчетных моделей РСВ/БР (*автоматизированная технология*)



www.so-ups.ru

Оперативная информация о работе ЕЭС России

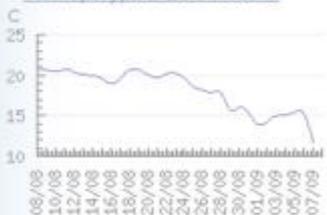


Индикаторы ЕЭС

Частота в ЕЭС России



Температура в ЕЭС России



План генерации и потребления



Новости Системного оператора

02.09.2016 14:54

Потребление электроэнергии в ЕЭС России в августе 2016 года увеличилось на 2,9 % по сравнению с августом 2015 года. Электростанции ЕЭС России выработали 79,7 млрд кВт·ч, что на 3,2 % больше, чем в августе 2015 года

Спасибо за внимание!

01.09.2016 12:16

Введен в действие новый национальный стандарт в области релейной защиты и автоматики
1 сентября введен в действие национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 56865-2016 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Релейная защита и автоматика. Технический учет и анализ функционирования. Общие требования»

30.08.2016 15:09

В Новоуральске прошел VI Межрегиональный летний образовательный форум «Энергия молодости»

С 23 по 27 августа 2016 года в Новоуральске (Свердловская область) прошел VI Межрегиональный летний образовательный форум «Энергия молодости», в числе организаторов которого Благотворительный фонд «Надежная смена» и АО «Системный оператор Единой энергетической системы»

29.08.2016

Системный оператор представил актуальные исследования и разработки в сфере управления энергосистемами на 46-й Сессии СИГРЭ в Париже

Три из представленных докладов были полностью подготовлены специалистами АО «СО ЕЭС», четыре – в соавторстве с сотрудниками российских вузов, научных организаций и электроэнергетических компаний

23.08.2016 07:48

К 95-летию оперативно-диспетчерского управления. Часть 7. 1960-е годы. Новые технологии

САЙТ
КОНКУРЕНТНОГО
ОТБОРА МОЩНОСТИ

САЙТ ОПТОВОГО РЫНКА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
И МОЩНОСТИ

ТЕХНОЛОГИЯ
ЦЕНОЗАВИСИМОГО
ПОТРЕБЛЕНИЯ

ТК / МТК
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ
«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

СИСТЕМА
ДОБРОВОЛЬНОЙ
СЕРТИФИКАЦИИ

ВАКАНСИИ

ДОСКА ПОЧЕТА
АО «СО ЕЭС»