

Релейная защита и автоматика энергосистем 2012  
29 - 31 мая 2012, ВВЦ, Москва



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

# Перспективы развития систем АРЧМ в ЕЭС России

---

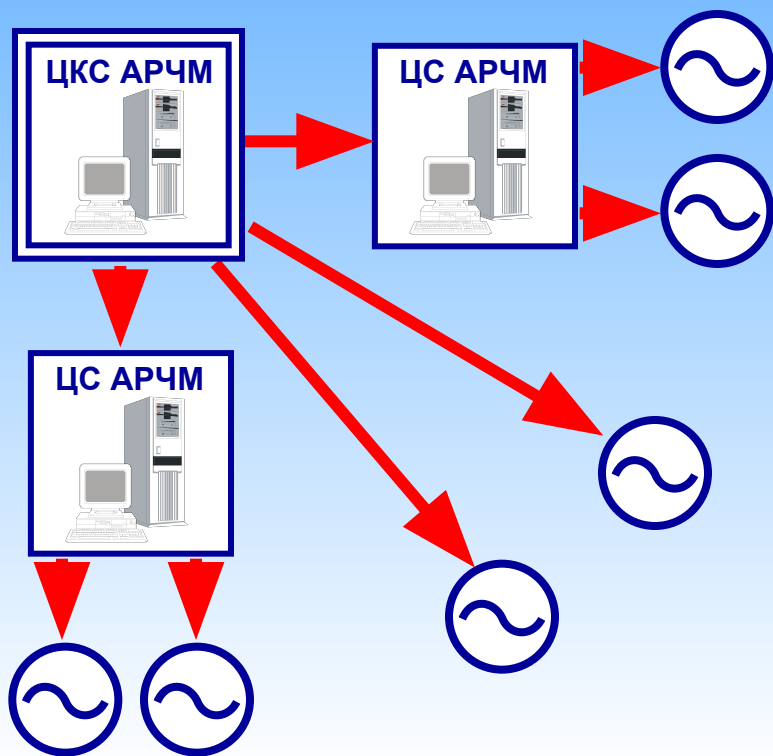
Сафронов Андрей Николаевич  
Начальник отдела режимной автоматики



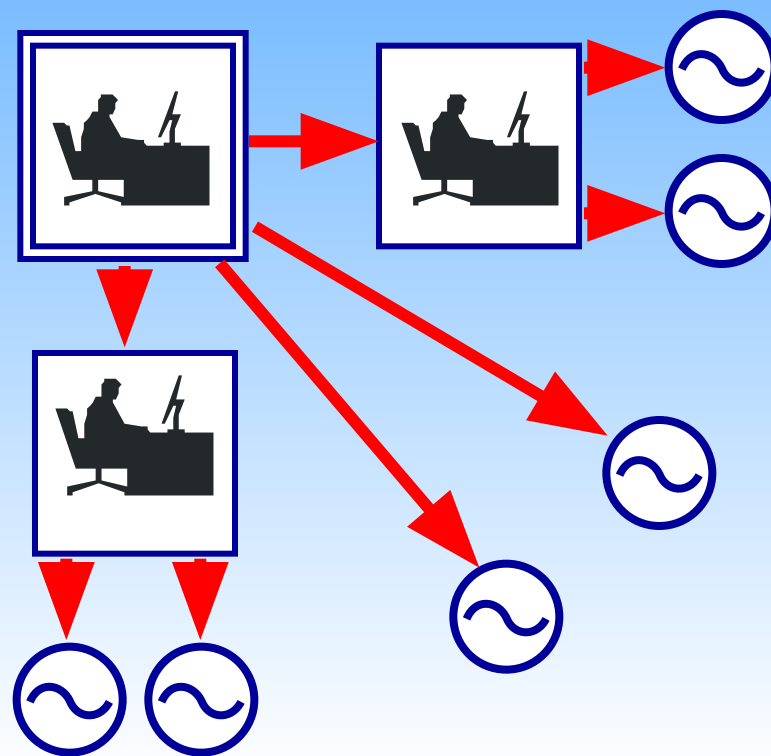
# Задачи вторичного регулирования частоты и мощности

Восстановление номинальной частоты и плановых перетоков мощности, ограничение перетоков мощности максимально допустимым значением

## Автоматическое регулирование



## Оперативное регулирование



**Задачи, выполняемые при оперативном и автоматическом вторичном регулировании частоты и мощности, идентичны**



# Необходимость систем АРЧМ

3

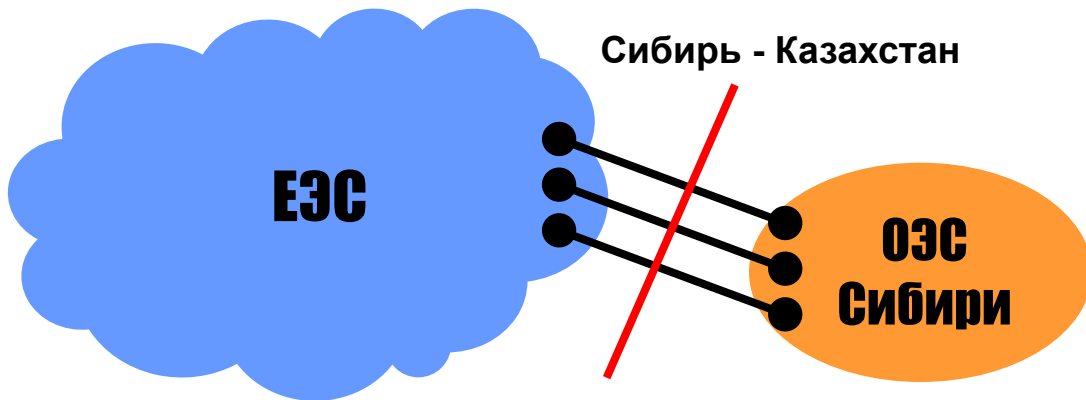
**Целью автоматизации процесса регулирования частоты и перетоков активной мощности является обеспечение возможности управления режимами энергосистем в темпе протекающих в них процессов, когда оперативное управление является малоэффективным**

**Создание и развитие централизованных систем (ЦС) АРЧМ для автоматизации процесса регулирования частоты и перетоков активной мощности обусловлено необходимостью обеспечения эффективной параллельной работы энергосистем большой мощности по линиям электропередач, имеющим относительно низкую пропускную способность**

**Повышение качества регулирования частоты и перетоков активной мощности за счет использования ЦС АРЧМ позволяет увеличить обмен мощности по межсистемным сечениям при сохранении надежности параллельной работы энергосистем**

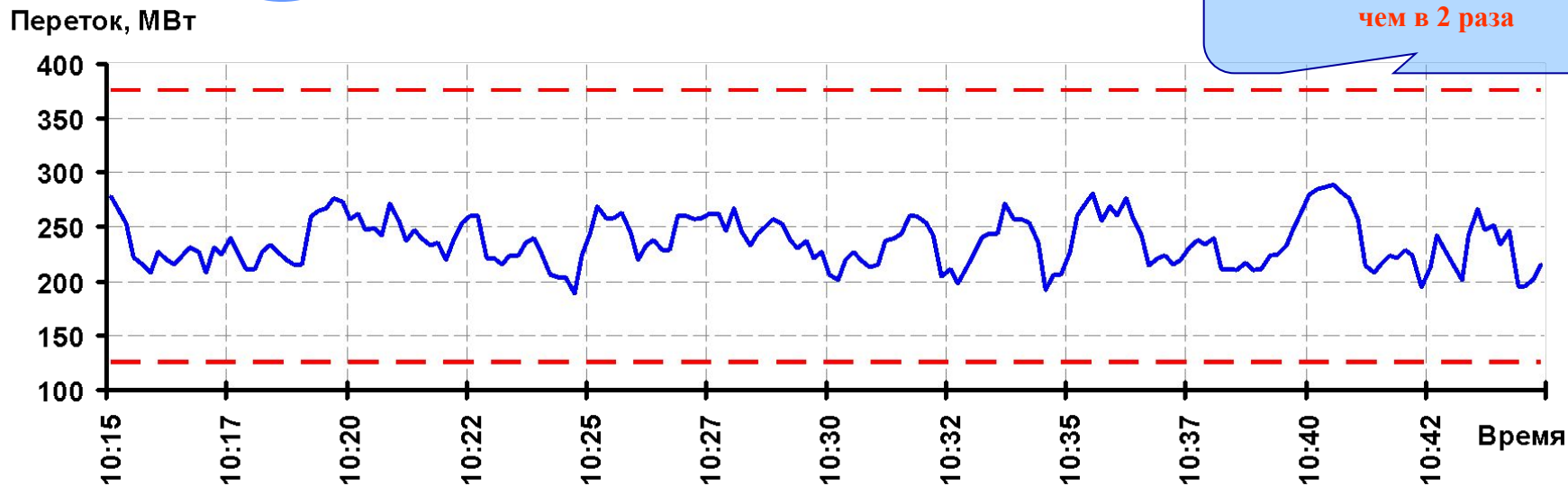


# Регулирование внешнего перетока мощности на примере ОЭС Сибири



Применение АРЧМ позволяет увеличить допустимый переток в соответствии с директивными отраслевыми документами

Амплитуда колебаний перетока при автоматическом вторичном регулировании снижается **более чем в 2 раза**



## При автоматическом вторичном регулировании:

- отклонение фактического перетока от плановых величин в несколько раз меньше чем при оперативном регулировании;
- влияние режима работы области регулирования на ЕЭС существенно меньше чем при оперативном.



# Вторичное регулирование частоты ЦКС АРЧМ

5



$$\Delta P = K_{\text{ч}} \times \Delta f, \quad K_{\text{ч}} = 20000 \text{ МВт/Гц}$$



# Структура и функции систем АРЧМ

6

## В состав ЦС/ЦКС АРЧМ входят:

- управляющий вычислительный комплекс (УВК), реализующий функции автоматического вторичного регулирования по заданным алгоритмам обработки поступающей информации, расчета и выдачи команд управления на регулирующие электростанции.
- система сбора и передачи информации (ССПИ) о параметрах режима и состоянии элементов электрической сети;
- система телеуправления регулируемыми электростанциями;
- стационарные устройства автоматического регулирования мощности генерирующего оборудования (ГРАМ ГЭС, САРЧМ (САУМ) энергоблоков ТЭС);

## Основные функции ЦС/ЦКС АРЧМ:

- регулирование заданного значения частоты или перетока мощности по межсистемному сечению для поддержания планового баланса мощности в энергосистеме путем компенсации постоянно существующих нерегулярных колебаний мощности и возникающих аварийных отключений генерирующего оборудования или нагрузки потребителей
- ограничение перетоков мощности в контролируемых сечениях для быстрого возврата режима в допустимую область и возможности увеличения передаваемой мощности по межсистемным сечениям

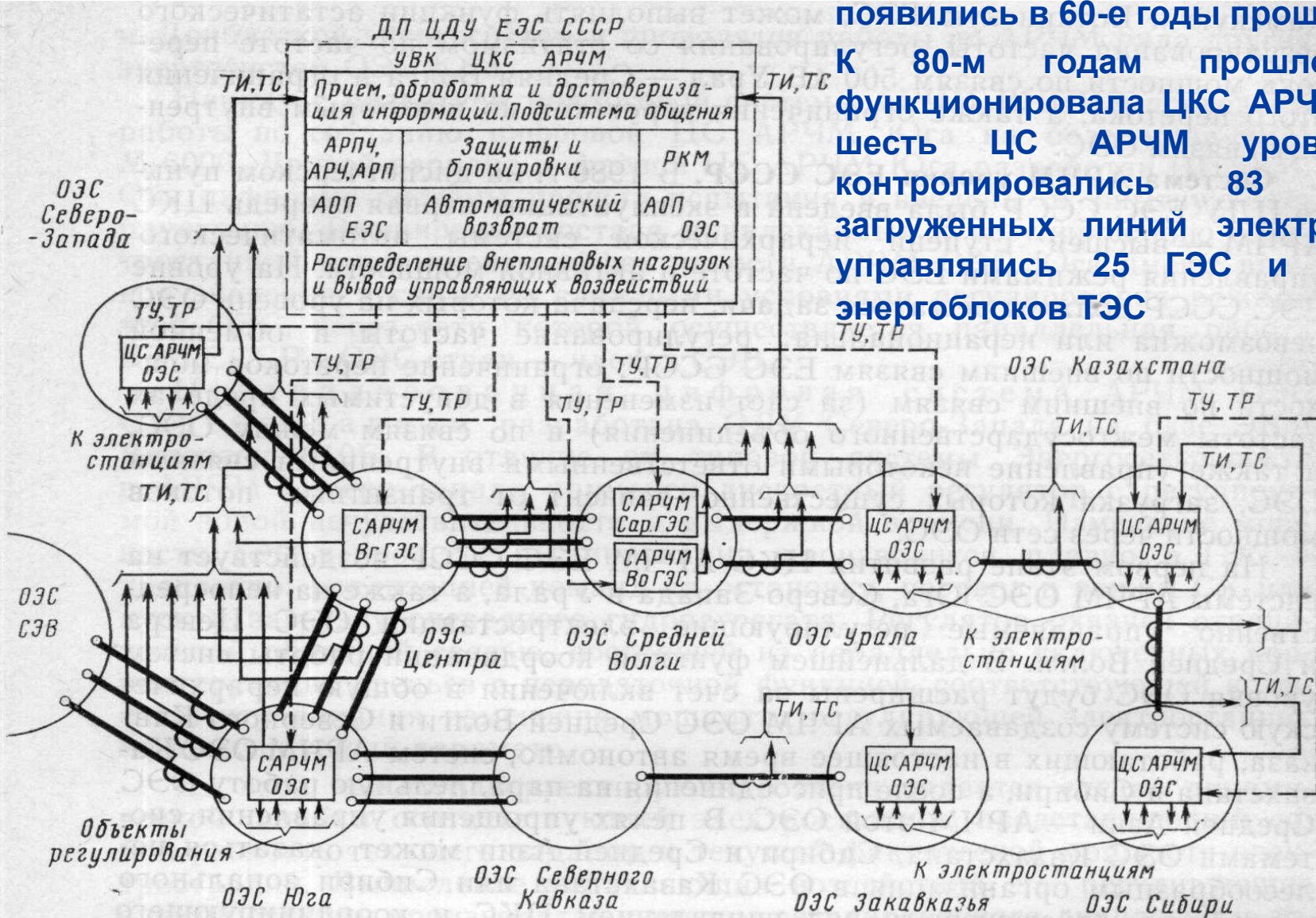


# История создания систем АРЧМ

7

В ЕЭС СССР первые ЦС АРЧМ появились в 60-е годы прошлого века

К 80-м годам прошлого века функционировала ЦКС АРЧМ СССР и шесть ЦС АРЧМ уровня ОЭС, контролировались 83 наиболее загруженных линий электропередач, управлялись 25 ГЭС и несколько энергоблоков ТЭС





# Мероприятия по развитию ЦС/ЦКС АРЧМ

8

Одним из первых документов, определяющим направления развития систем АРЧМ стала **«Концепция развития систем АРЧМ на 1990 год и перспективу до 2000 года»** ЦДУ ЕЭС СССР.

Развитие систем АРЧМ в ЕЭС России определялось организационными и нормативно-техническими документами РАО «ЕЭС России» и Системного оператора.

**Основными мероприятиями, связанными с развитием систем АРЧМ стали:**

- Разработка принципов и правил управления электроэнергетическим режимом ЕЭС России по частоте и перетокам активной мощности, включая принципы автоматизации вторичного регулирования, требования к техническим средствам вторичного регулирования;
- Разработка требований к участию генерирующего оборудования в автоматическом вторичном регулировании, обеспечению согласованной работы ЦС АРЧМ и автоматики управления мощностью генерирующего оборудования;
- Реализация единой технической политики в части управляющих вычислительных комплексов централизованных систем АРЧМ, устанавливаемых в диспетчерских центрах;
- Организация участия ГЭС и энергоблоков ТЭС в автоматическом вторичном регулировании в рамках функционирования оптового рынка электроэнергии и





# Требования к УВК ЦС/ЦКС АРЧМ

9

## **В УВК ЦС (ЦКС) АРЧМ выполняется:**

- Настройка регуляторов частоты и перетоков активной мощности, автоматических ограничителей перетоков для реализации требуемого качества и быстродействия вторичного регулирования
- Задание в регуляторах частоты и перетоков активной мощности ограничений для каждого объекта регулирования величины вторичного задания и скорости его изменения, согласованных с допустимыми параметрами изменения мощности ГЭС или энергоблока ТЭС.
- Задание коэффициентов долевого участия каждому объекту регулирования для используемых функций автоматического вторичного регулирования.
- Блокировка централизованного управления объектом:
  - при фиксации неисправности связи с ГРАМ ГЭС (САРЧМ энергоблока);
  - при получении сигналов о неисправности ГРАМ (САРЧМ);
  - при получении сигнала от ГРАМ (САРЧМ) о блокировке ЗВМ или о неготовности объекта к централизованному управлению;
  - при исчерпании вторичных резервов ГЭС (энергоблока ТЭС) на загрузку или разгрузку.



## Требования к взаимодействию с ЦС/ЦКС АРЧМ

**Для взаимодействия с УВК ЦС (ЦКС) АРЧМ на ГЭС или ТЭС организуются:**

■ модуль связи с ЦС (ЦКС) АРЧМ с функциями приема и передачи телеинформации, с контролем исправности каналов связи ГРАМ (САРЧМ) с УВК ЦС (ЦКС) АРЧМ;

■ Задатчик вторичной мощности (ЗВМ), выполняющий функции:

□ включения/отключения централизованного управления ГЭС (энергоблока ТЭС) от ЦС (ЦКС) АРЧМ,

□ приема и обработки вторичного задания от ЦС (ЦКС) АРЧМ,

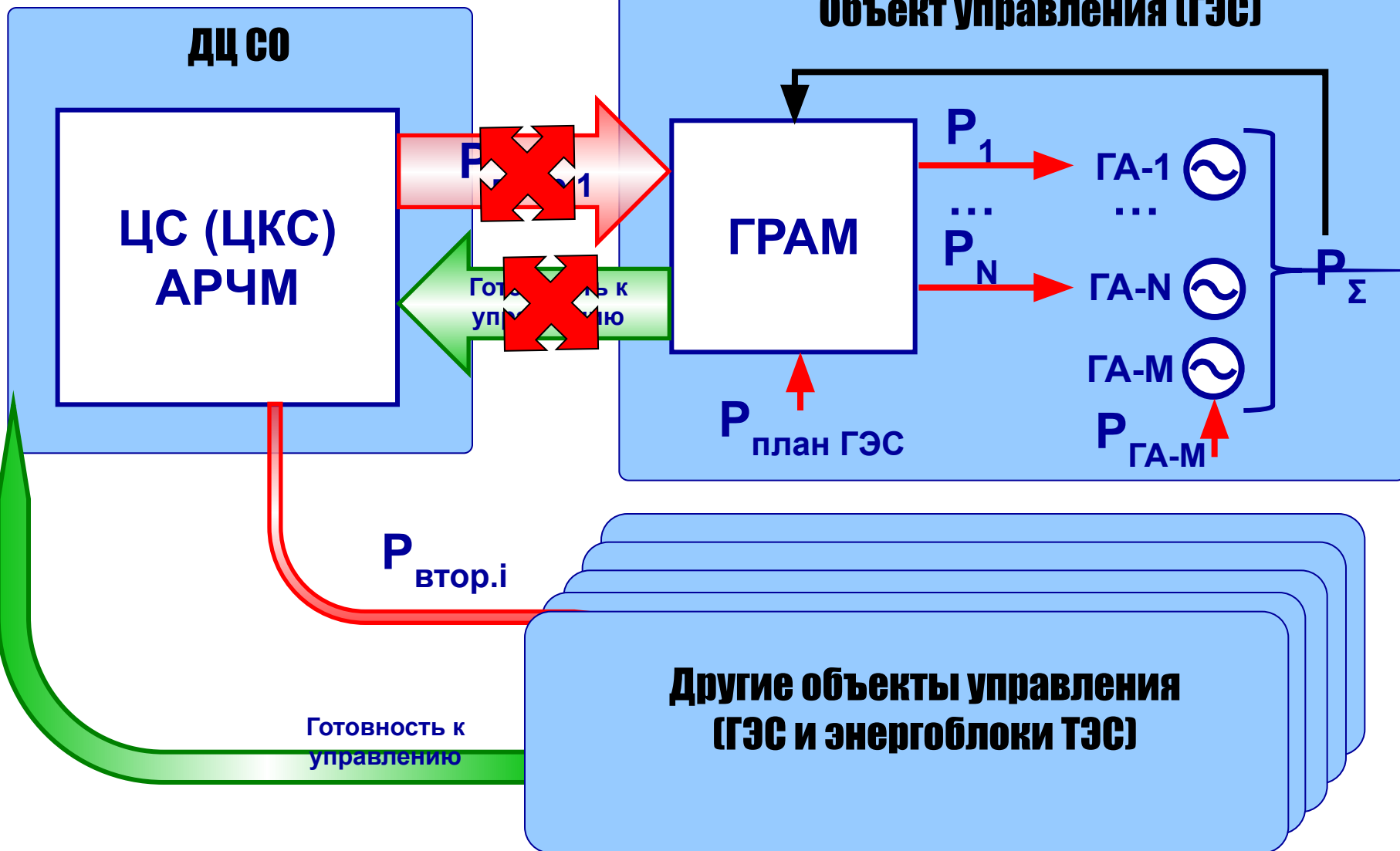
□ проверки достоверности поступающего вторичного задания,

□ защиты от недопустимого изменения вторичного задания (защита от «скачка»),

□ блокировки изменения вторичного задания с запоминанием на выходе ЗВМ предшествовавшего значения вторичного задания,

□ оперативного ввода ограничений диапазона вторичного задания.

# Взаимодействие ГРАМ ГЭС с ЦС/ЦКС АРЧМ





# Принципы управления от ЦС/ЦКС АРЧМ

12

- В УВК ЦС/ЦКС АРЧМ общее задание на изменение мощности объектов управления в каждом цикле управления делится на приращение задания регулирующей ГЭС и каждому из энергоблоков ТЭС пропорционально их коэффициентам долевого участия (КДУ) в регулировании
- С целью эффективного использования резервов вторичного регулирования, КДУ ГЭС и каждого из энергоблоков ТЭС задаются пропорционально величинам их диапазонов регулирования (заданные КДУ)
- Эта пропорциональность обеспечивается автоматически, независимо от количества подключенных к ЦС/ЦКС АРЧМ и участвующих на данном цикле регулирования энергообъектов
- Постоянство коэффициента передачи центрального регулятора обеспечивается автоматическим поддержанием равной единице (100%) суммы фактических КДУ участвующих на данном цикле в регулировании ГЭС и энергоблоков ТЭС, определяемых по заданным КДУ
- Текущее задание на выдачу вторичной мощности для ГЭС и каждого из энергоблоков формируется интегральным регулятором ЦС/ЦКС АРЧМ (с циклом 1 секунда) путем суммирования очередного приращения с ранее выданным заданием, передается по каналу телеуправления непрерывно, и вводится в ГРАМ ГЭС и САРЧМ (САУМ) энергоблоков в виде задания вторичной мощности дополнительно к заданию плановой мощности

**Важной особенностью является обеспечение единого заданного цикла работы всех составляющих элементов ЦС АРЧМ и их высокой надежности**



# Схема действующих систем АРЧМ

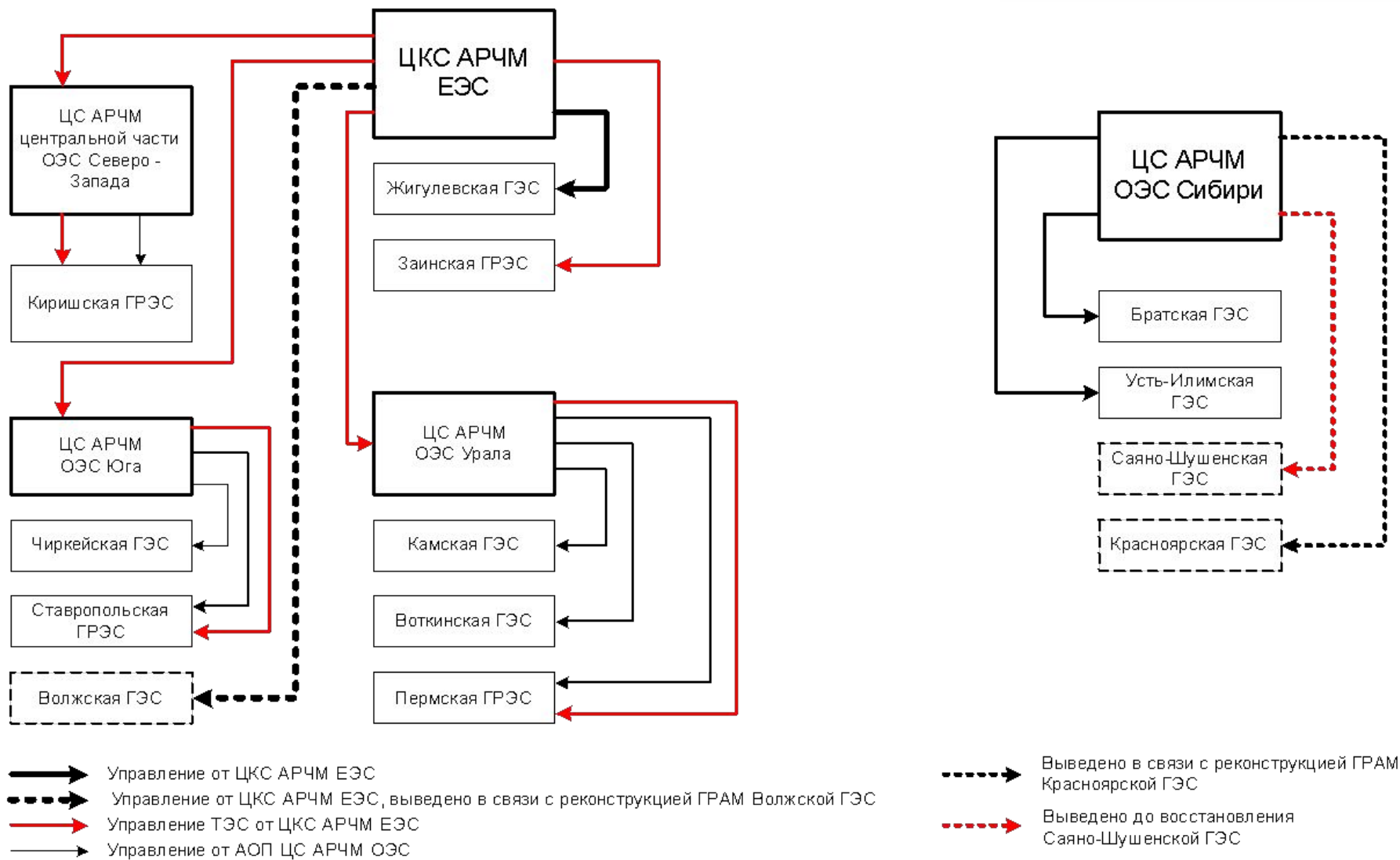


Рис.4. Структурная схема функционирования и взаимодействия централизованных систем АРЧМ

# Форма управления ЦКС АРЧМ

14

Таблица 1992 (11.02.2011 14:53:08) Табло 7(ЖиГЭС,ЗГРЭС №6,СГРЭС №3, КиришГРЭС №№1,4)\_МП АРЧМ СО-ЦДУ ЕЭС\_ckARCHM\_OIK2

## ТАБЛО №7 АРЧМ

ЦКС АРЧМ

<p><b>ЖиГЭС</b></p> <p>1182,03 ↓</p> <p><b>ТС ЖиГЭС</b></p> <p>Р макс. зд. 1200</p> <p><b>ЗАДАНИЕ -596,30</b></p> <p>Р мин. зд. -1200</p> <p><b>Вых. ЗВМ -624,00</b></p> <p>РКМ зд. 0,00</p> <p>ТМП+ 0,000</p> <p>ТМП- 0,000</p>	<p><b>ЗаинГРЭС блок№6</b></p> <p>135,15 ↓</p> <p><b>ТС ЗГРЭСбл№6</b></p> <p>Р макс. зд. 10,00</p> <p><b>Задание ЦКС -5,17</b></p> <p>Р мин. зд. -10,00</p> <p><b>Вых. ЗВМ -5,08</b></p> <p>РКМ зд. 0,00</p> <p>ТМП+ 0,010</p> <p>ТМП- -0,010</p>	<p><b>СтаврГРЭС бл№3</b></p> <p>262,24 ↓</p> <p><b>ТС СГРЭСбл3</b></p> <p>Р макс. зд. 15,00</p> <p><b>Задание ЦКС -7,60</b></p> <p>Р мин. зд. -15,00</p> <p>Задание ЦС -7,55</p> <p><b>Вых. ЗВМ -7,45</b></p> <p>РКМ зд. 0,00</p> <p>ТМП+ 0,010</p> <p>ТМП- -0,010</p>	<p><b>КиришГРЭС бл№1</b></p> <p>267,53 ↓</p> <p><b>ТС КГРЭСбл1</b></p> <p>Р макс. зд. 15,00</p> <p><b>Задание ЦКС 7,60</b></p> <p>Р мин. зд. -15,00</p> <p>Задание ЦС 7,75</p> <p><b>Вых. ЗВМ 7,70</b></p> <p>РКМ зд. 0,00</p> <p>ТМП+ 0,010</p> <p>ТМП- -0,010</p>	<p><b>КиришГРЭС бл№4</b></p> <p>269,21 ↓</p> <p><b>ТС КГРЭСбл4</b></p> <p>Р макс. зд. 15,00</p> <p><b>Задание ЦКС 7,60</b></p> <p>Р мин. зд. -15,00</p> <p>Задание ЦС 7,75</p> <p><b>Вых. ЗВМ 7,75</b></p> <p>РКМ зд. 0,00</p> <p>ТМП+ 0,010</p> <p>ТМП- -0,010</p>
--	--	--	---	---

Режим регулятора: АРПЧ  АРЧ  АРП  разгр.

F план. 50,000

F факт. 50,010

Сальдо план 100

Кор. по F -220

План+кор.по F -120

Сальдо факт. 134

Небал. России 220

		АРПЧ	АРП	АРЧ	
ОМП+:		0,00	0,00	0,000	
ОМП-:		0,00	0,00	0,000	
КДУ	ЖиГЭС	ЗГРЭСбл№6	СГРЭСбл№3	КГРЭСбл№1	КГРЭСбл№4
план	100,00	2,00	3,00	3,00	3,00
факт	90,09	1,80	2,70	2,70	2,70

№ АОП: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

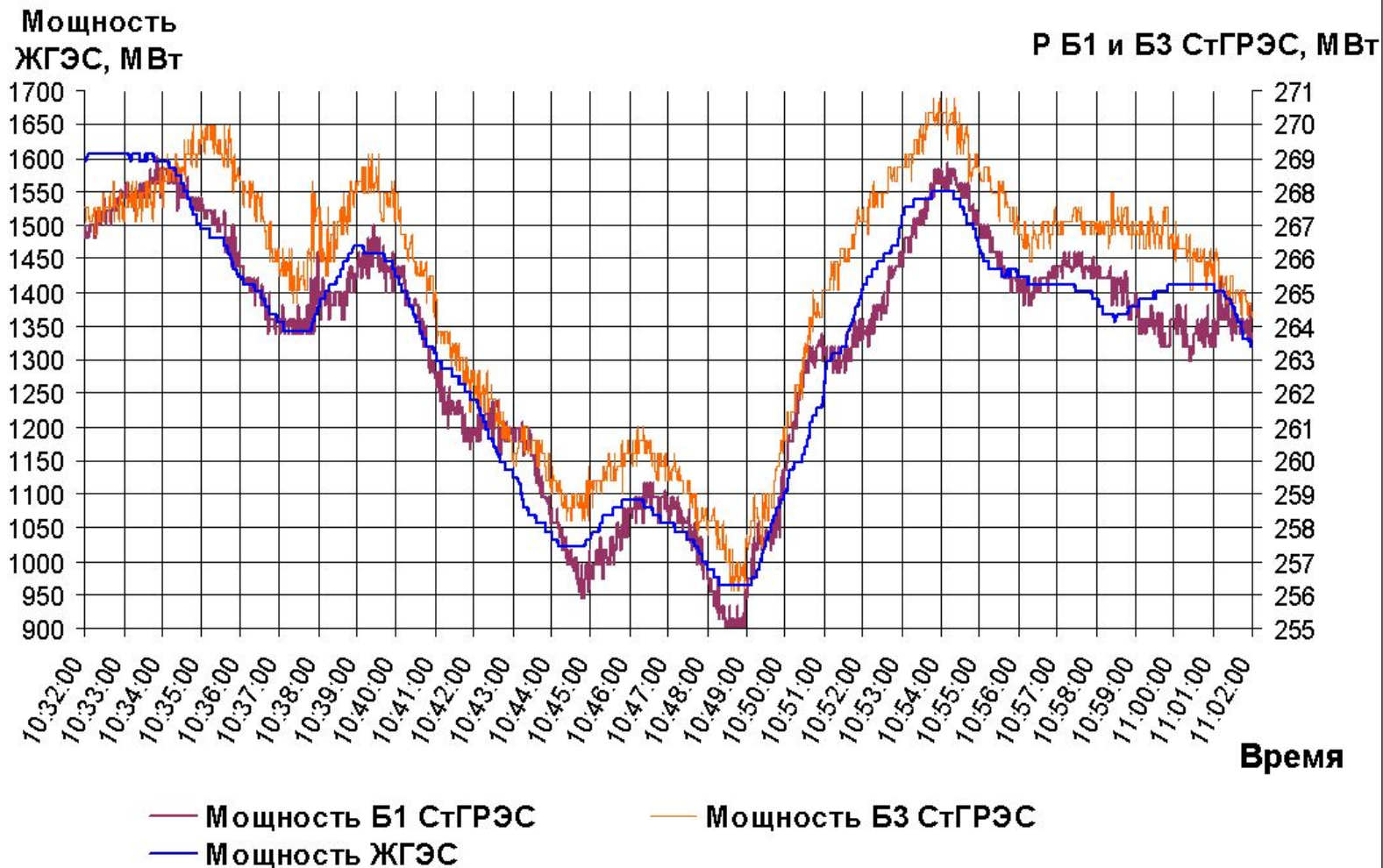
Табло(ЖГЭС,ВгГЭС) | Табло№2(КиришГРЭС) | Табло№3(СтаврГРЭС)

Табло№4(ЗГРЭСбл1-6) | Табло№5(ЗГРЭСбл7-12)



# Одновременное управление ГЭС и энергоблоками ТЭС

## Управление от ЦКС АРЧМ (сравнение мощности ЖГЭС и блоков №№ 1,3 СтГРЭС)





# Текущее состояние и перспективы развития систем АРЧМ в ЕЭС России

16

## Текущее состояние:

- Создана единая техническая платформа для развития системы АРЧМ и функционирования Рынка системных услуг (РСУ)
- Управляющие комплексы ЦС/ЦКС АРЧМ функционируют на одинаковой с ОИК программно-аппаратной базе, обеспечена возможность их связи с устройствами АРЧМ энергообъектов по цифровым каналам с использованием стандартных протоколов, обеспечена возможность значительного увеличения объектов управления
- Организовано иерархическое взаимодействие ЦКС АРЧМ ЕЭС с ЦС АРЧМ ОЭС Урала, ЦС АРЧМ ОЭС Юга и ЦС АРЧМ центральной части ОЭС Северо-Запада
- Для участия в НПРЧ и АВРЧМ на 16-ти ТЭС сертифицировано 65 энергоблоков суммарной установленной мощностью 20928 МВт
- С 2011 года функционирует РСУ по АВРЧМ с привлечением энергоблоков ТЭС
- Выполняются мероприятия по модернизации устройств АРЧМ на энергообъектах, подключению новых ГЭС и энергоблоков ТЭС к управлению ЦС/ЦКС АРЧМ

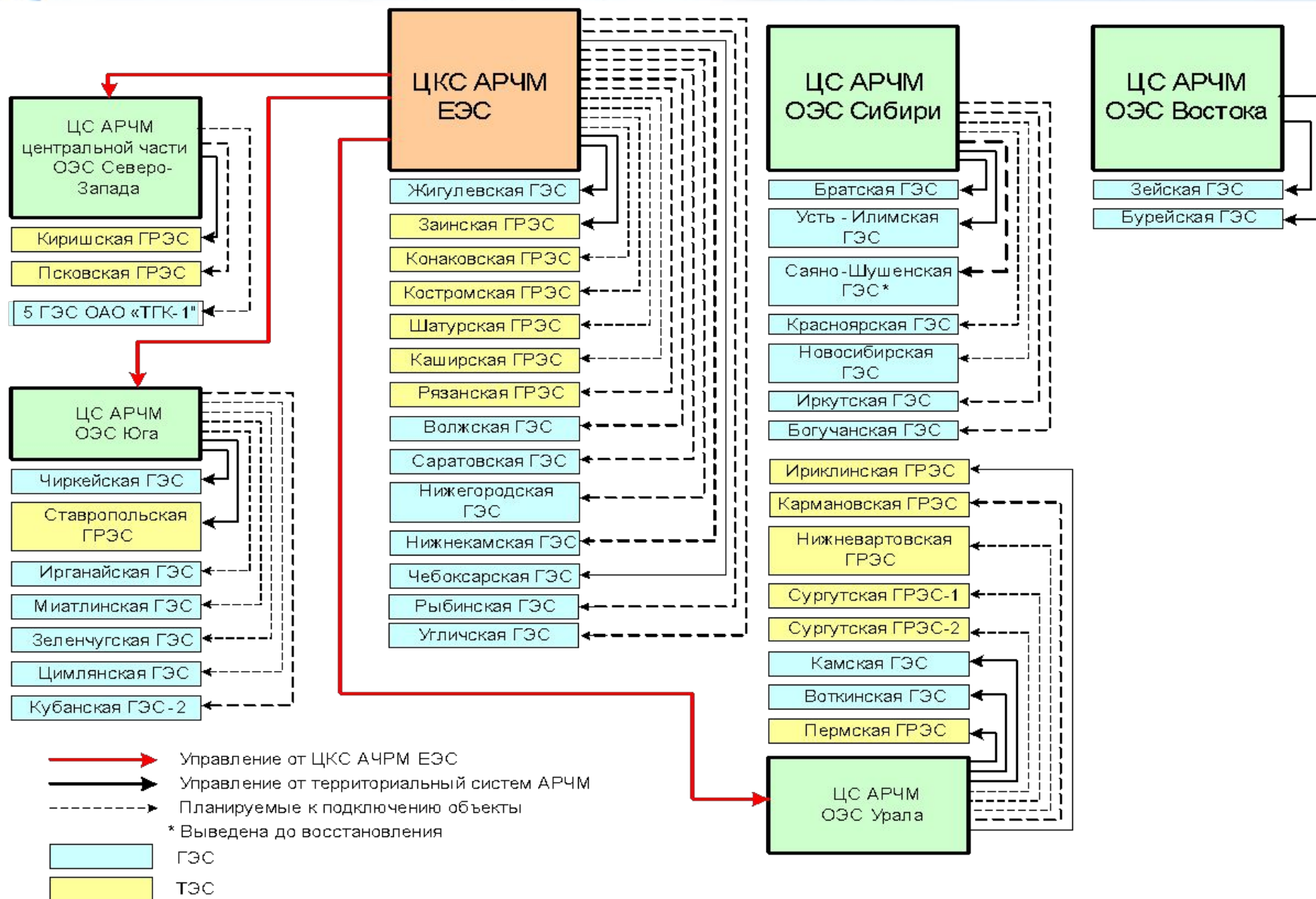
## Перспективы развития систем АРЧМ:

- Выполнение мероприятий, обеспечивающих возможность участия в АВРЧМ ГЭС мощностью более 100 МВт в соответствии с требованиями стандарта по согласованной работе систем АРЧМ с автоматикой управления мощностью ГЭС
- Увеличение количества подключаемых к ЦС/ЦКС АРЧМ сертифицированных энергоблоков ТЭС для возможности развития РСУ по АВРЧМ
- Проведение работ по исследованию возможности управления ВПТ от ЦС АРЧМ
- Совершенствование алгоритмов управления систем АРЧМ для наиболее оптимального управления электростанциями, с учетом их маневренности, месторасположения и наличия резервов регулирования





# Перспективная схема систем АРЧМ





**Спасибо за внимание**