



# **ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ РЗА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СИСТЕМНОЙ НАДЕЖНОСТИ**

**Заместитель главного диспетчера ОАО «СО ЕЭС»  
Жуков Андрей Васильевич**



**ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы» (ОАО «СО ЕЭС») – инфраструктурная организация российской энергетики – создано 17 июня 2002 года.**

## **Миссия:**

Обеспечение надежного функционирования и развития Единой энергетической системы (ЕЭС) Российской Федерации, создание условий для эффективного функционирования рынка электроэнергии (мощности).

**В процессе создания ОАО «Системный оператор» достигнуты целевые установки, сформулированные перед началом реформы российской электроэнергетики:**

### **1. Независимость**

ОАО «СО ЕЭС» – акционерное общество, 100% акций которого принадлежат государству.

### **2. Объективность**

ОАО «СО ЕЭС» не имеет собственных коммерческих интересов на рынке электроэнергии. Единственным источником дохода Системного оператора является тариф, регулируемый государством.

### **3. Регламентированность**

Права и обязанности ОАО «СО ЕЭС» определены на государственном уровне Федеральным законом «Об электроэнергетике» и Постановлением Правительства «Об утверждении правил оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике».



### В структуру Системного оператора входят:

- **Исполнительный аппарат**, включая Центральное диспетчерское управление (ЦДУ), г. Москва;
- **7** Объединенных диспетчерских управлений (ОДУ);
- **59** Региональных диспетчерских управлений (РДУ);
- Научно-исследовательский институт по передаче электроэнергии постоянным током высокого напряжения (НИИПТ).





- **Основная цель деятельности ОАО «СО ЕЭС»:**

обеспечение надежного энергоснабжения и качества электроэнергии, соответствующих требованиям технических регламентов и иных нормативных актов путем непрерывного управления производством, передачей и распределением электроэнергии

### Ключевые задачи:

**1.**

Обеспечение надежного функционирования ЕЭС России в реальном времени.

**2.**

Обеспечение перспективной надежности функционирования ЕЭС России.

**3.**

Технологическое обеспечение функционирования оптового рынка электроэнергии и мощности.

Обеспечение надежного функционирования и развитие систем автоматического управления режимом работы энергосистем, противоаварийной автоматики и релейной защиты.



Каждый диспетчерский центр ОАО «СО ЕЭС» составляет перечень ЛЭП, оборудования и устройств, влияющих на электроэнергетический режим, в отношении которых он осуществляет диспетчерское управление и ведение – перечень объектов диспетчеризации.

В целом по ЕЭС России в число объектов диспетчеризации входят:

- **2 400** генераторов;
- **10960** ЛЭП 110-1150кВ;
- **5 200** автотрансформаторов, трансформаторов и реакторов;
- **6 500** систем сборных шин;
- **25 300** высоковольтных выключателей.

Объекты диспетчеризации расположены на **6 800** электростанциях и подстанциях.

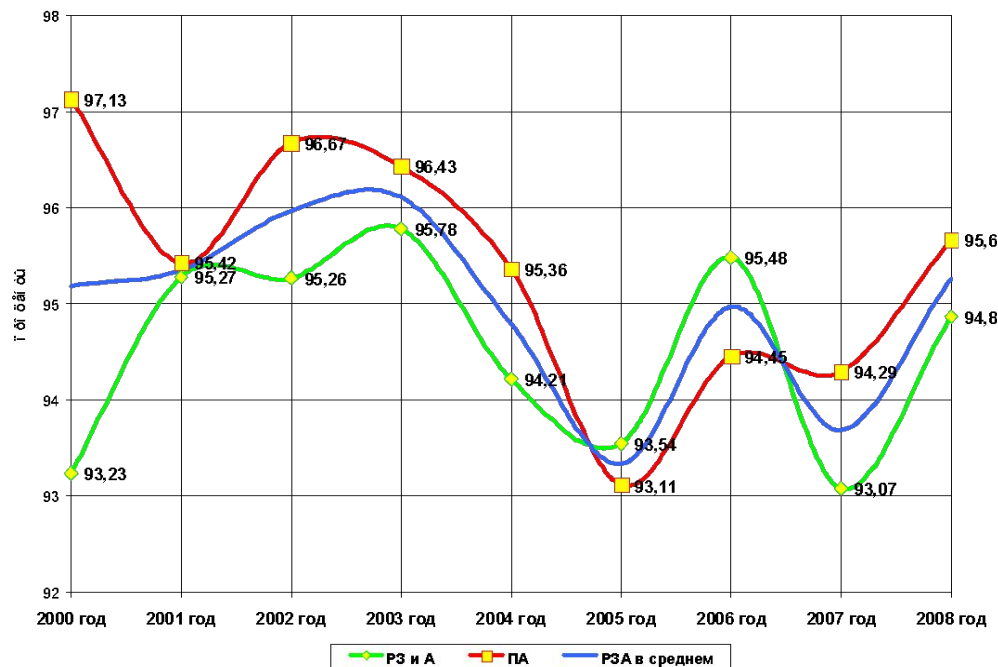
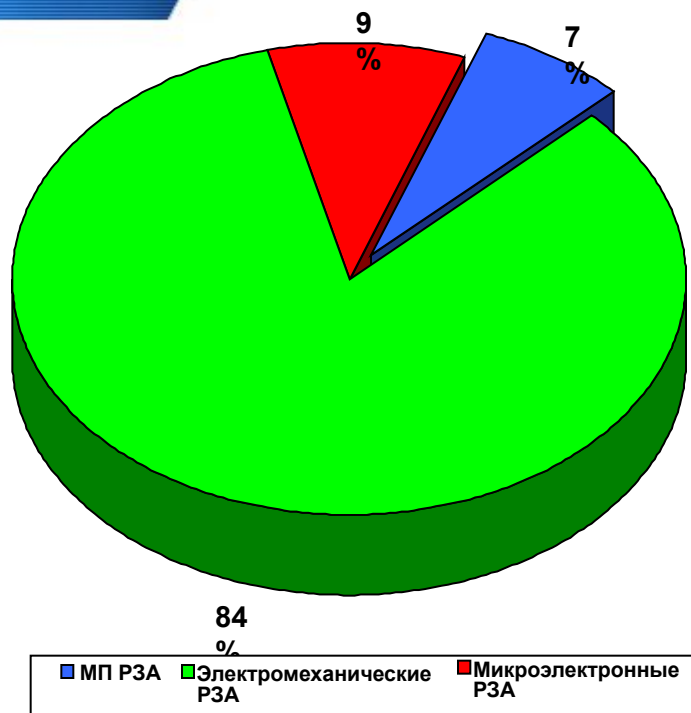
С учетом устройств РЗА, телемеханики и связи общее количество объектов диспетчеризации – **сотни тысяч**:

- устройств РЗА - более **400000**;
- в ЦДУ и ОДУ до **8 500** объектов диспетчеризации на каждый ДЦ;
- в РДУ от **2 000** до **29 000** тысяч (Московское РДУ).

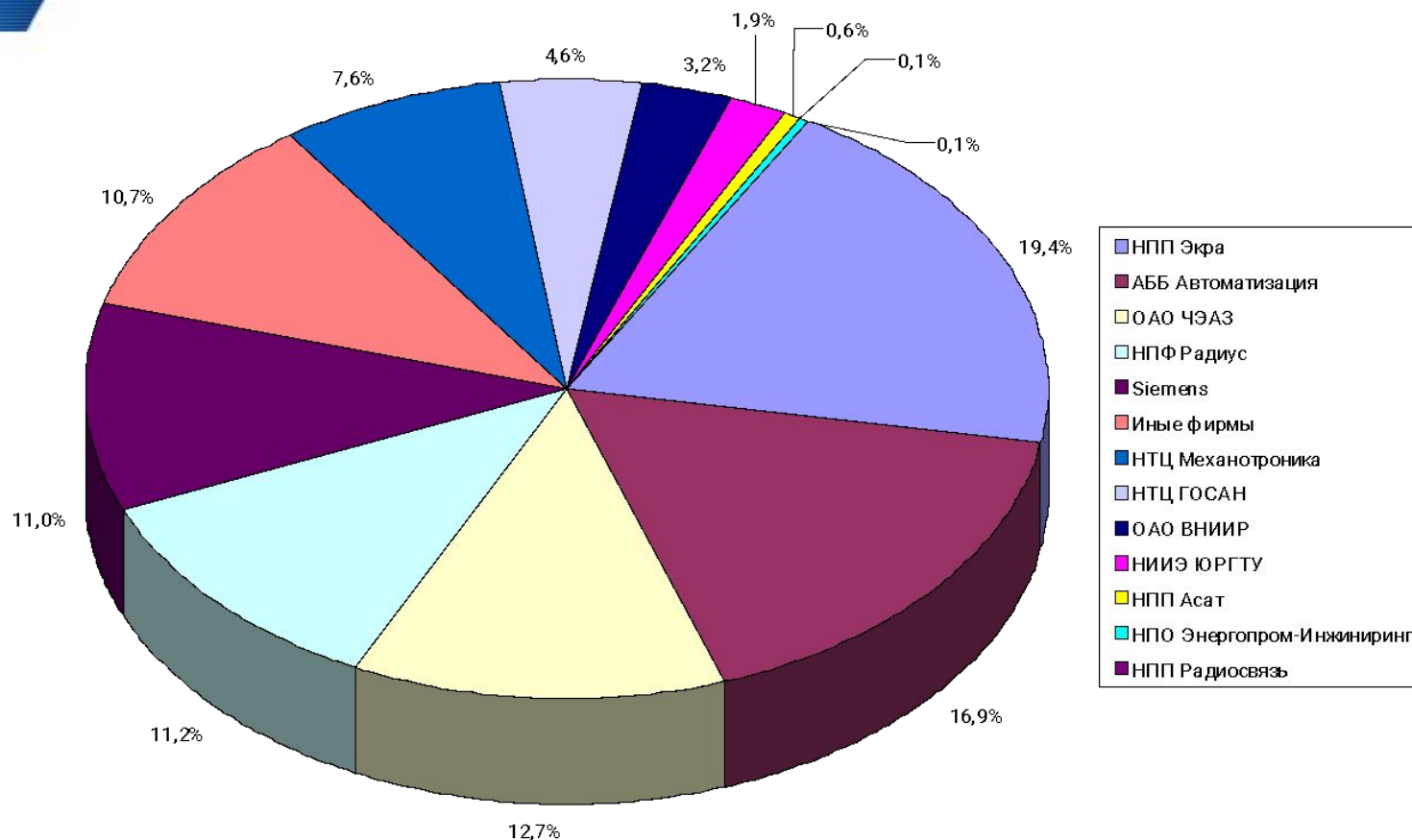


## Оснащенность устройствами РЗА ЛЭП и оборудования 110-750 кВ

6



- Системы РЗА энергосистем России благодаря совершенству идеологии их построения работают надёжно и стабильно ( В сети 330-750 кВ: К прав. работы РЗ - 94,6% , ПА - 95,32%).
- Однако, большинство этих систем, выполненных на электромеханической и полупроводниковой элементной базе, выработало срок службы, и нуждаются в замене.
- Ввод новых и модернизация действующих систем РЗА выполняется на базе цифровых устройств. Перевод систем РЗА на новую технику будет продолжаться ещё длительное время.



- В ЕЭС России внедряются цифровые устройства РЗА более двух десятков отечественных и зарубежных производителей. Широкая номенклатура внедряемых технических средств делает невозможным ориентацию на применение типовых решений в условиях непрерывного совершенствования аппаратуры РЗА.
- Философия построения зарубежных систем РЗА отличается от принятых в ЕЭС РФ подходов и традиций.



- В отличие от производителей релейной техники и собственников оборудования СО в первую очередь рассматривает РЗА, как составную часть средств технологического управления энергосистемой, обеспечивающих её устойчивость и живучесть.
- Решение задач, направленных на поддержание и развитие систем РЗА, является одним из ключевых условий обеспечения системной надёжности ЕЭС России.
- Приоритетной задачей Системного оператора является:
  - разработка системных технических требований к оснащению системами РЗА энергообъектов
  - соблюдение на их основе единого технического подхода, обеспечивающего оптимальную с точки зрения системной надёжности построение систем РЗА.



**Система РЗА должна:**

- **Обеспечить «живучесть» энергосистемы при возникновении аварийных ситуаций в энергосистеме, спровоцированных причинами природного или техногенного характера.**
- **Обеспечить предотвращение и/или локализацию аварийных процессов в энергосистеме вследствие ошибок персонала.**
- **Обеспечить защиту энергосистемы вне зависимости от формы организации и фактического уровня эксплуатации первичного и вторичного оборудования на объектах энергетики разных собственников.**
- **Создаваться как единая система автоматического управления энергосистемы в аварийных режимах ее работы, состоящая из отдельных функционально независимых подсистем (РЗ, АПНУ, АЛАР, ...), скоординированных между собой принципами действия и резервирующих друг друга в соответствии с контролируемым развитием аварийного процесса в энергосистеме (принцип единства и функциональной декомпозиции системы).**



- Создаваться в соответствии с принципами, которые гарантирует достижение требуемых параметров надёжности системы, вне зависимости от способа реализации непосредственно самих устройств РЗА (электромеханические, микроэлектронные, микропроцессорные, децентрализованные, централизованные).
- Обеспечивать преемственность технических решений, базирующихся на концептуальных основах построения системы РЗА в ЕЭС России, учитывая длительность процесса модернизации технических комплексов РЗА.

**Уровень надёжности работы энергосистемы, а соответственно и требования к надёжности работы первичного и вторичного оборудования энергосистемы ее обеспечивающих, должны определяться с учётом социально – экономических последствий аварий в энергосистеме для общества.**



# Многоуровневая эшелонированная структура защиты энергосистемы

11

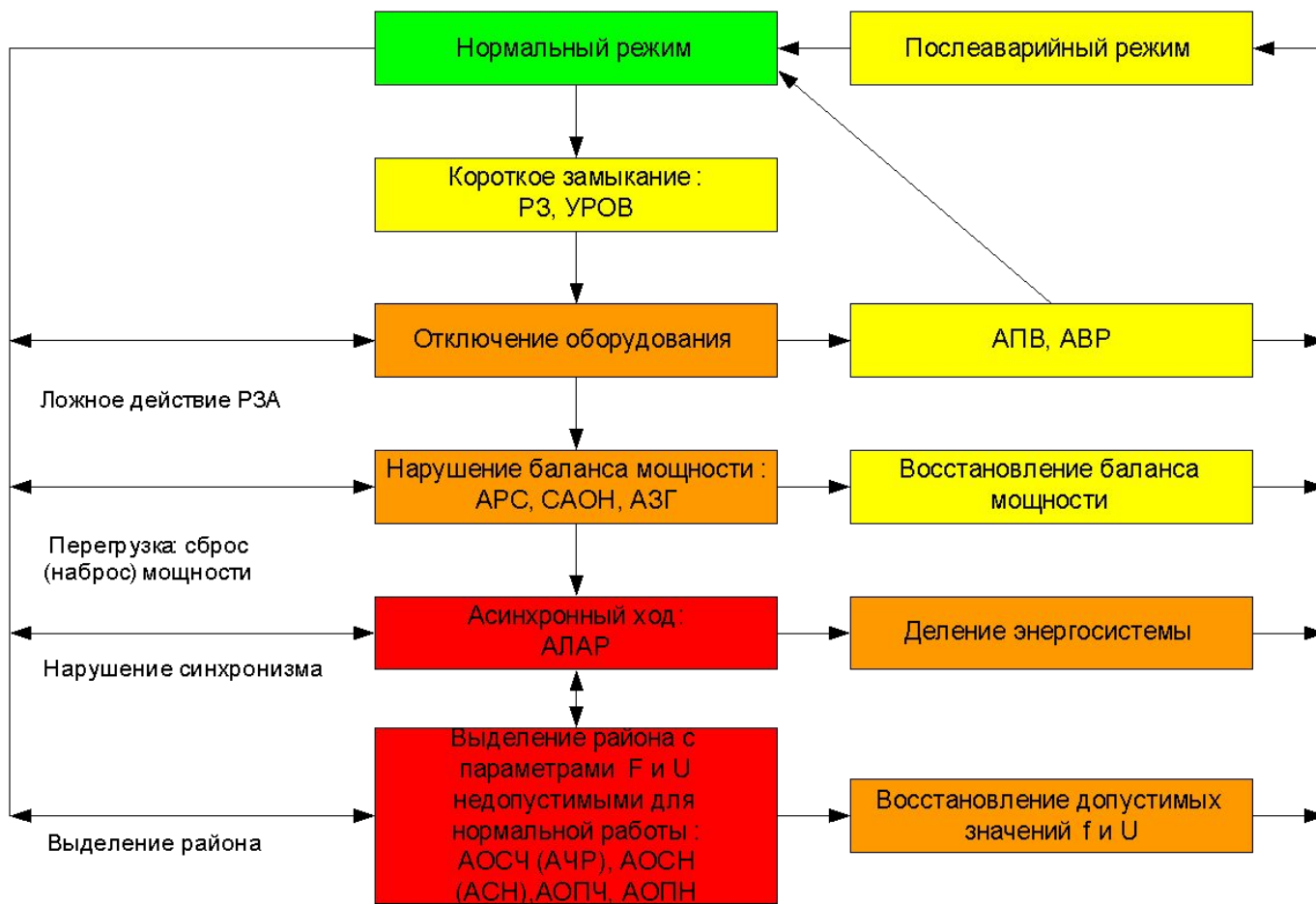
- 1 УРОВЕНЬ.** Релейная защита линий электропередачи и основного оборудования энергообъектов энергосистемы.
- 2 УРОВЕНЬ.** Иерархическая система противоаварийной автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ): энергообъекта, энергосистемы, энергообъединения, ЕЭС России (в перспективе).
- 3 УРОВЕНЬ.** Совокупность систем противоаварийной автоматики, реализующих функцию сохранения «живучести» энергосистемы:
  - Автоматика ликвидации асинхронного режима (АЛАР).
  - Автоматика ограничения снижения частоты (АОСЧ, включает в себя АЧР, АЧВР, ЧАПВ, ЧДА).
  - Автоматика ограничения снижения напряжения (АОСН).
  - Автоматика ограничения повышения частоты (АОПЧ).
  - Автоматика ограничения повышения напряжения (АОПН).
  - Автоматика ограничение перегрузки оборудования (АОПО)

**Функционирование многоуровневой эшелонированной системы защиты энергосистемы обеспечивается деятельностью по поддержанию каждого уровня защиты. Приоритетной стратегией при этом является недопущение развития неблагоприятных событий на первых уровнях защиты, до возникновения аварии.**



# Характерные этапы развития и прекращения аварийных процессов

12





- Система РЗА должна обеспечивать выполнение функций по сохранению «живучести» энергосистемы в соответствии с **принципом единичного отказа**, заключающемся в том, что система РЗА должна выполнять заданные функции при любом требующем ее работы исходном событии и при независимом от исходного события отказе :
  - под исходным событием следует понимать единичный отказ устройства РЗА, событие в энергосистеме, ошибку персонала, которые приводят или могут привести к нарушению нормальной работы энергосистемы. Исходное событие включает в себя зависимые отказы, являющиеся его следствием;
  - под независимым от исходного события отказе следует понимать отказ любого устройства системы РЗА или одну независимую от исходного события ошибку персонала.



- **Выполнение системы РЗА должно удовлетворять следующим принципам надежности:**
  - **независимость**
  - **разнообразие**
  - **резервирование (избыточность)**
- **Надежность функционирования системы РЗА должна обеспечиваться вне зависимости от состояния ее компонентов и аппаратного исполнения.**
- **Построение системы РЗА должно обеспечивать надежную работу энергосистемы при неправильном функционировании отдельных устройств РЗА.**
- **Должна предусматриваться непрерывная автоматическая диагностика работоспособности устройств РЗА с автоматическим выводом из работы неисправных устройств и оповещением персонала**



- Выполнение системы РЗА должно предусматривать **автономные средства регистрации** и хранения информации, необходимые для расследования аварийных событий в энергосистеме.
- Средства регистрации должны обеспечивать возможность своевременного и однозначного установления исходных событий возникновения нарушения и аварий, их протекания и ликвидации, установления фактического алгоритма работы устройств РЗА.
- Регистрируемая информация о параметрах аварийного процесса в энергосистеме и функционировании устройств РЗА должна быть защищена от несанкционированного доступа и должна быть обеспечена ее сохранность в том числе при отказе устройств РЗА.



### При проектировании систем РЗА:

- Должны рассматриваться и обосновываться меры по предупреждению отказов по общей причине
  - отказ системы, включающий все зависимые отказы, возникающие вследствие одного отказа, ошибки персонала, внешнего или внутреннего воздействия на объекте.
- Необходимо предусматривать средства, с помощью которых исключаются или ослабляются последствия единичных ошибок персонала, в том числе и при техническом обслуживании.
- Должен выполняться вероятностный анализ надежности построения системы РЗА на соответствии указанным принципам.



- На каждой стороне ЛЭП 330-750 кВ должен устанавливаться комплекс РЗА, состоящий не менее чем из двух устройств релейной защиты
- Три устройства релейной защиты должны устанавливаться в обязательном порядке в следующих случаях:
  - на ЛЭП, отходящих от атомных электростанций;
  - на межгосударственных линиях электропередачи, как правило;
  - на ЛЭП, при коротком замыкании на которых не обеспечивается принцип дальнего резервирования;
  - на ЛЭП, при коротком замыкании на которых и отказе быстродействующих защит увеличение времени отключения короткого замыкания приводит к нарушению устойчивости энергосистемы.

При этом микропроцессорный терминал релейной защиты, независимо от количества выполняемых функций, является одним устройством релейной защиты.

- Все устройства РЗА должны реализовывать функцию быстродействующей защиты от всех видов коротких замыканий.
- В составе комплекса РЗА на каждой стороне ЛЭП как минимум одно устройство должно выполняться на принципе ступенчатых защит с реализацией быстрого действия с помощью разрешающих (блокирующих) сигналов.



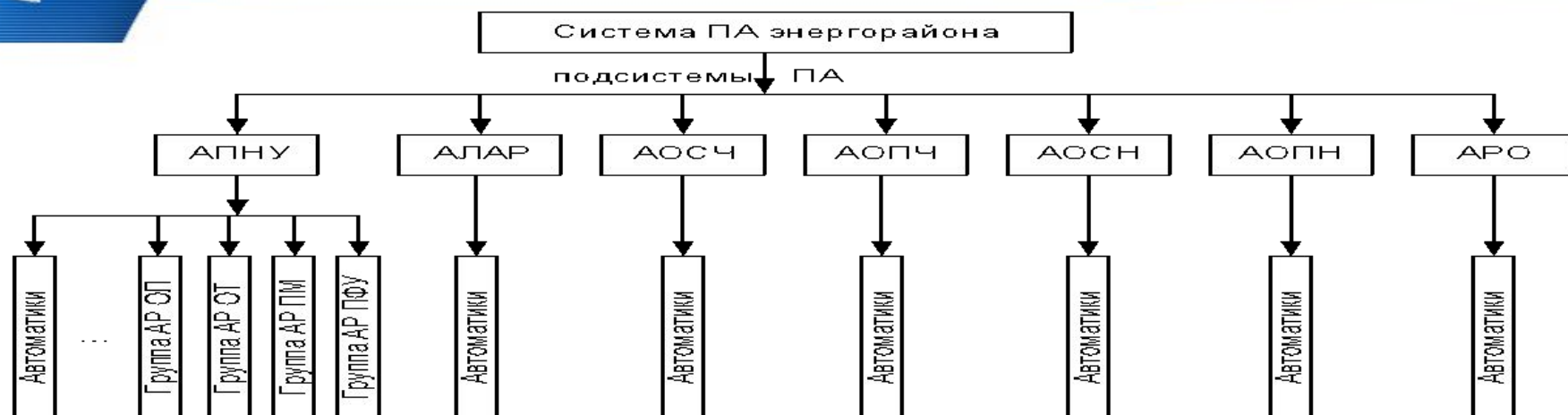
- Высокие риски тяжелых последствий от нарушения электроснабжения коммунально-бытового и социального сектора в зимний период.
- Невозможность выполнения без ПА критерия  $n-1$  при планировании и управлении режимами ЕЭС.
- Отставание темпов строительства генерирующего и сетевого оборудования от темпов роста нагрузки потребления.
- Высокий уровень износа силового оборудования.
- Высокая степень централизации электроснабжения – потребители не имеют автономных источников питания и полностью зависят от режима энергосистемы.



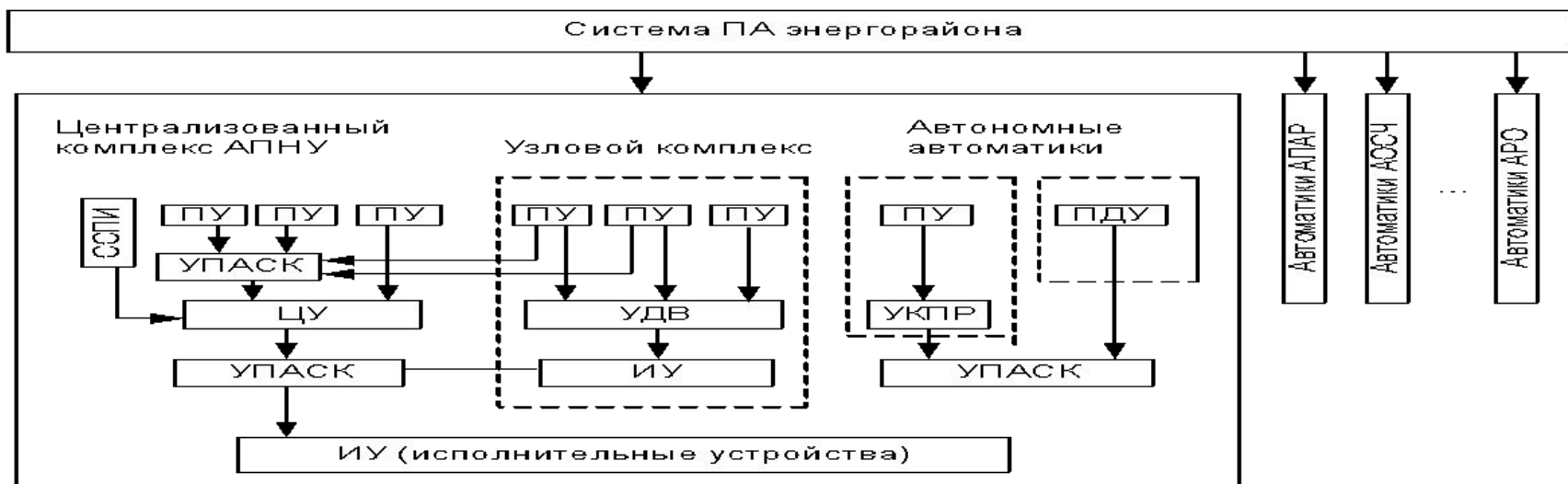


# Схемы систем ПА

19



а) Функциональная схема системы ПА



б) Структурная схема системы ПА

Рис. 1 Схема системы ПА энергорайона



## ЦСПА – высокотехнологичный продукт:

- аппаратная реализация на базе новейших типов вычислительной техники;
- высоконадежная «открытая» архитектура программных и технических средств;
- технологический алгоритм не имеет ограничений на размерность математической модели;
- автоматическая оценка устойчивости и выбор управляющих воздействий в любых схемно-режимных ситуациях;
- универсальность комплекса позволяет использовать его в любой энергосистеме.



**2009** – создание  
ЦСПА в ОЭС Юга

**2009** – модернизация  
ЦСПА ОЭС Средней Волги

**2010** - модернизация  
ЦСПА в ОЭС Урала

**2011** – модернизация  
ЦСПА в ОЭС Сибири

**2010** – создание  
ЦСПА в ОЭС Востока



- **Обеспечение единой технической политики в ЕЭС России в условиях децентрализованной структуры электроэнергетики.**
- **Обеспечение необходимого уровня проектирования в условиях научно – технического прогресса систем технологического управления.**
- **Повышение уровня новых разработок аппаратуры систем технологического управления.**
- **Реализация новых технологий (АРЧМ (ТЭС, АЭС), ПА (II ДО, I ДО), WAMS (δ)), функционирующих в режиме реального времени, не возможна без внедрения новейших IT – технологий, требует серьёзного научного сопровождения.**
- **Нормативно- правовое и техническое регулирование.**
- **Решение проблем взаимодействия при создании и модернизации систем технологического управления в ЕЭС России, выполняемых в ходе нового строительства, технического перевооружения, реконструкции объектов электроэнергетики.**



- **Внедрение современных программно-технических средств.**
- **Разработка адаптивных алгоритмов за счёт повышения точности моделирования процессов в защищаемом объекте управления (детальный системный учёт влияющих факторов).**
- **Использование передовых принципов построения архитектуры систем, выполняющих сложные расчёты в непрерывном режиме.**
- **Широкое применение возможностей СМПР и FACTS.**
- **Разработка мероприятий, ослабляющих последствия развития каскадных аварий.**
- **Противоаварийное планирование, разработка технических средств, обеспечивающих возможность восстановления работы энергосистемы после локализации аварийного события**



## **Разработка нормативно-технической документации**

23

**В настоящее время во исполнение требований Федерального Закона от 27.12.2002 «О техническом регулировании» № 184-ФЗ с участием ОАО «СО ЕЭС» проводится разработка следующих технических регламентов:**

- О безопасности электрических станций и сетей;
- О безопасности электроустановок потребителей;
- О безопасности высоковольтного электрического оборудования.

Указанные технические регламенты приняты Государственной Думой Российской Федерации в первом чтении и в настоящее время проходят стадию подготовки ко второму чтению, которое намечено на сентябрь 2009 года.

**ОАО «СО ЕЭС» проводит серьезную работу по стандартизации вопросов управления энергосистемами и к настоящему времени разработал и принял следующие стандарты организации:**

- Релейная защита и автоматика, противоаварийная автоматика. Организация взаимодействия служб релейной защиты и автоматики в ЕЭС России.
- Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Условия организации процесса. Условия создания объекта. Нормы и требования.
- Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем.
- Технические правила организации в ЕЭС России автоматического ограничения снижения частоты при аварийном дефиците активной мощности (автоматическая частотная разгрузка) и др.



## **Заключение**

24

- **ОАО «СО ЕЭС», решая задачи системной надёжности, развивает системы технологического управления в ЕЭС России, обеспечивает ее устойчивую работу и создаёт условия для эффективного функционирования рынка электроэнергии (мощности).**
- **Проведение единой технической политики в области развития систем технологического управления в ЕЭС России требует объединения усилий всех организаций, работающих в электроэнергетике.**



**Спасибо за внимание!**