



# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С АКТИВНО- АДАПТИВНОЙ СЕТЬЮ: СТРУКТУРА, МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Иркутск, 2013



# План доклада

1. Введение
2. Перспективные направления развития ЕЭС России
3. Принципы формирования ИЭС ААС
4. Иерархическое адаптивное управление режимами ИЭС ААС
5. Информационное обеспечение управления ИЭС ААС
6. Подсистемы автоматического, оперативного и противоаварийного управления ИЭС ААС
7. Перспективы применения результатов работы и дальнейшее развитие идеологии ИЭС ААС
8. Заключение



# Введение

ЕЭС России, созданная более 60 лет назад, является уникальным организационно–техническим объектом. Однако централизованная система организации и управления ЕЭС в условиях современной постреформенной России нуждается в коренной модернизации. В последние десятилетия приходится говорить о неудовлетворительном состоянии технологического потенциала российской электроэнергетики.

Для решения существующих проблем необходим переход отечественной электроэнергетики на новое качество управления путем формирования целостной многоуровневой системы управления с увеличением объемов автоматизации и повышением надежности всей системы, включая самые слабые и уязвимые звенья.



# Введение

В последнее десятилетие в передовых странах мира развивается технология Smart Grid («интеллектуальная сеть»). Существуют уже десятки пилотных проектов, где применение «умных счетчиков», «умных лифтов», «умных домов», использование солнечной и ветровой энергии в сочетании с «умными домами» дает существенный выигрыш потребителю в оплате услуг энергетических организаций.



Электроснабжающие организации получают положительный эффект благодаря сглаживанию графика пиковой нагрузки и уменьшению потерь электроэнергии.



# Введение

По аналогии с концепцией Smart Grid, переход российской электроэнергетики на интеллектуальный уровень предусматривает создание новой технологической платформы ЭЭС России – **интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС)**.

В 2010 году концепция ИЭС ААС была разработана ОАО «НТЦ Электроэнергетики» и одобрена ОАО «ФСК ЕЭС».

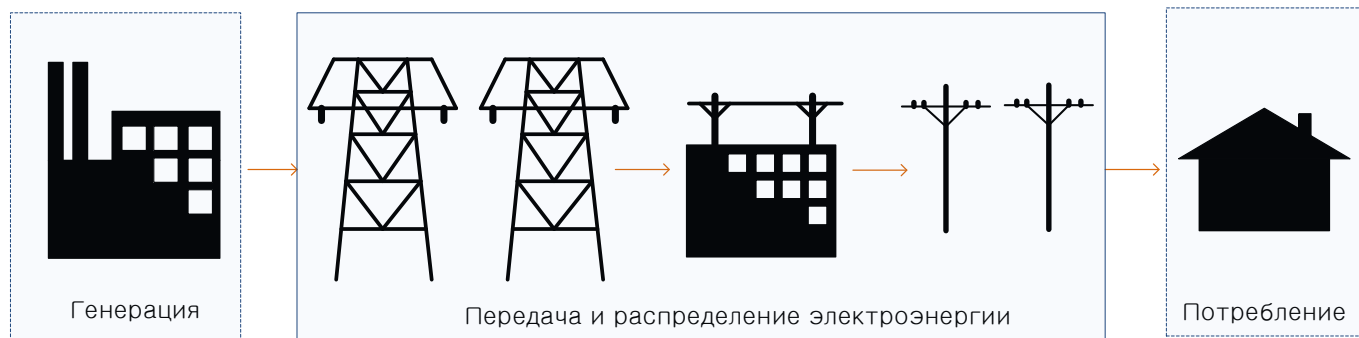
**ИЭС ААС представляет клиенто – ориентированную ЭЭС нового поколения**, которая должна обеспечить доступность использования ресурса, надежное, качественное и эффективное обслуживание потребителей электроэнергии за счет гибкого взаимодействия всех ее субъектов (всех видов генерации, электрических сетей и потребителей) на основе современных технологических средств и единой интеллектуальной иерархической системы управления.



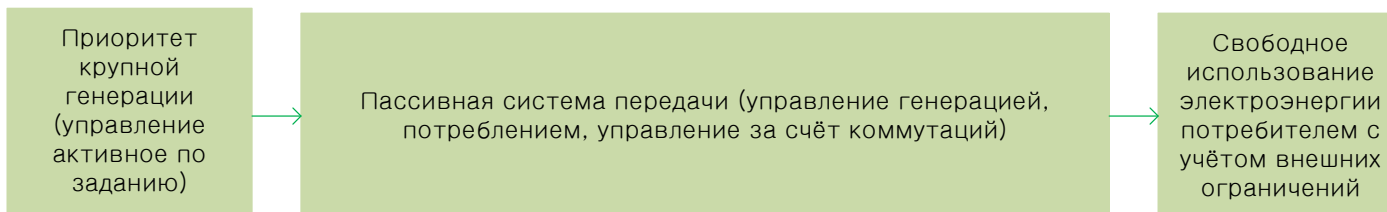


# Переход к интеллектуальной энергосистеме с активно-адаптивной сетью

Основные функции ЕЭС России



Существующая ЕЭС России



↓ **Переход к качественно новой интеллектуальной энергосистеме**

ИЭС ААС



Рисунок. 1.



# Технологическая инфраструктура ИЭС ААС

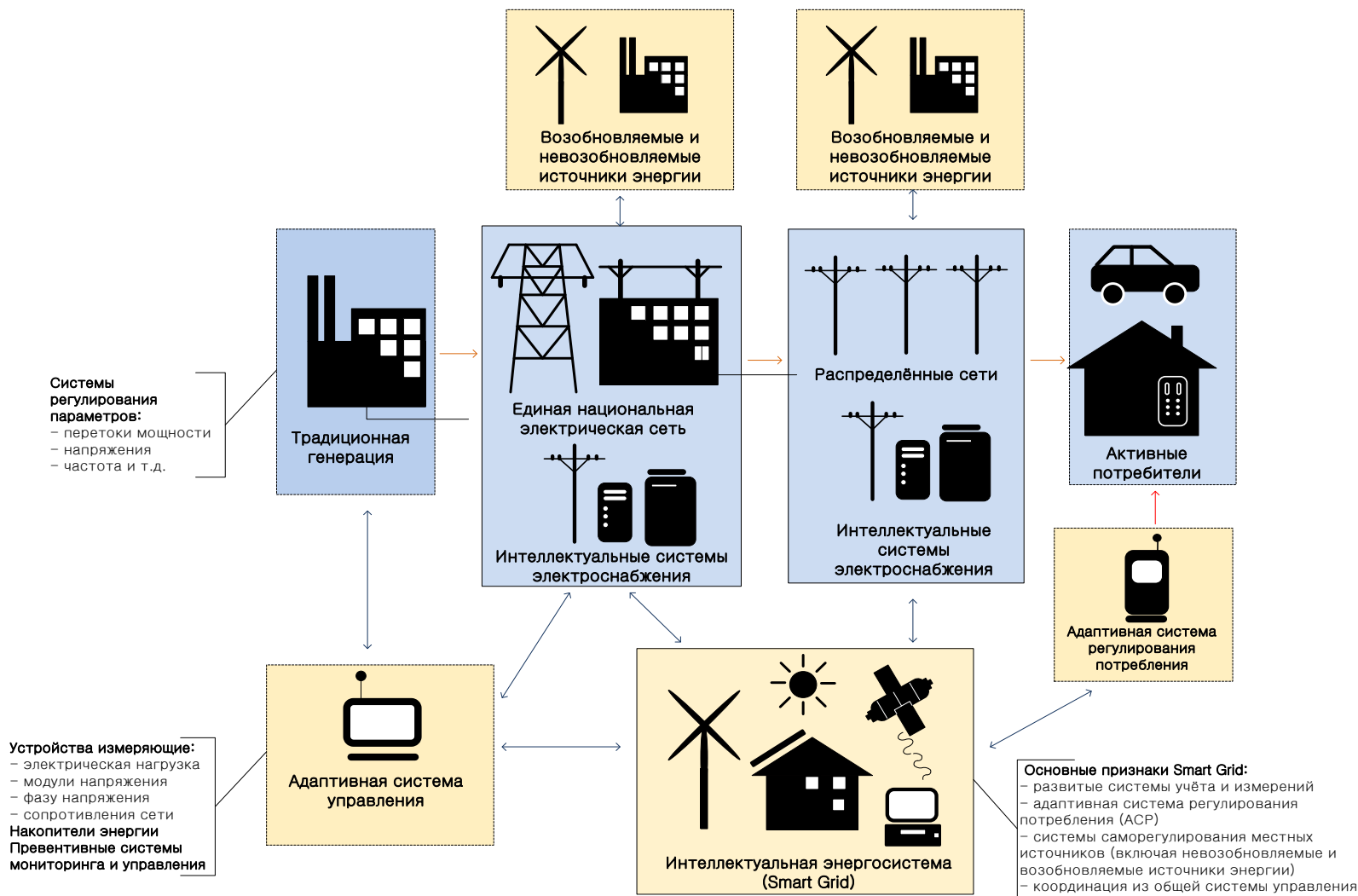


Рисунок. 2.



# Определение ИЭС ААС

ИЭС ААС представляет собой клиенто-ориентированную ЭЭС нового поколения, которая должна обеспечить доступность использования ресурса, надежное, качественное и эффективное обслуживание потребителей электроэнергии за счет гибкого взаимодействия всех ее субъектов (всех видов генерации, электрических сетей и потребителей) на основе современных технологических средств и единой интеллектуальной иерархической системы управления.

Клиенто-ориентированность ИЭС ААС – это новый уровень отношений между энергетическими компаниями и потребителями электроэнергии с формализацией отношений в части надежности и качества электроснабжения.





## Новые свойства энергосистемы в рамках концепции ИЭС ААС

Для реализации концепции ИЭС ААС необходимо обеспечить энергосистеме новые свойства, в том числе:

- взаимодействие сети с любыми видами генерации, включая малые и альтернативные источники энергии;
- взаимодействие сети с потребителями на основе эффективного использования электроэнергии за счет ситуационного регулирования нагрузки с максимальным учетом требований потребителей;
- создание новой сетевой топологии электроэнергетики с иерархической территориальной и технологической сегментацией и гибкими активно-адаптивными межсегментными связями, обеспечивающими обмена и регулирование базовой, полупиковой и пиковой мощностей с помощью соответствующей системы автоматического регулирования;



## Новые свойства энергосистемы в рамках концепции ИЭС ААС

- реализацию адаптивной реакции энергосистемы и электрической сети на текущую ситуацию на основе сочетания централизованного и местного управления в нормальных и аварийных режимах;
- освоение новых информационных ресурсов и технологий для оценки ситуаций, выработки и принятия оперативных и долгосрочных решений – для реализации эффективного управления;
- обеспечение расширения рыночных возможностей инфраструктуры путем взаимного оказания широкого спектра услуг субъектами рынка и инфраструктурой.



# Генерация в ИЭС ААС

## Тепловая и атомная генерация



- Генерирующие источники повышенной маневренности (скорость изменения нагрузки, включение в сеть из резерва и др.).
- Расширение диапазона регулирования активной мощности.
- Применение асинхронизированных генераторов с регулированием реактивной мощности (100% потребления до 100% выдачи в сеть).

## Гидрогенерация асинхронизированного типа



- Возможность работы с переменной частотой вращения.
- Расширение диапазона регулирования реактивной мощности.
- Повышение устойчивости работы генераторов и энергосистемы.
- Повышение КПД турбин и снижение вибраций.

## Нетрадиционная и распределенная генерация



- Применение всех типов НиВИЭ (ветер, солнце, приливы, биогазы, геотерм, водород, топливные элементы и др.).
- Накопители энергии различных типов (АБМ, СПИНЭ, автомобили).
- Малая генерация распределенного типа.
- Технологические комплексы сочетания различных видов генерации.



# Сетевые компоненты ИЭС ААС



## Воздушные и кабельные линии

- Многоцепные, многофазные, компактные воздушные ЛЭП.
- КЛ форсированного охлаждения, с газоизоляцией, сверхпроводящие.
- Линии и кабели постоянного тока, в т.ч. сверхпроводящие
- Системы мониторинга состояния линий.



## Устройства регулирования параметров сети

- Регулирование напряжения (СТК, УШР, СТАТКОМ, СК, АСК).
- Регулирование сопротивления и фазы (УПК, УУПК, ФПУ).
- Преобразование рода тока (ВПТ, ВПТН, ЭМПЧ).
- Устройства ограничения токов короткого замыкания.



## Интеллектуальные подстанции

- Интеллектуальные трансформаторы и КРУЭ.
- Системы измерений и учета на цифровых принципах.
- Автоматизированные системы переключений и реконфигурации схемы.
- Адаптивные системы защит и автоматики с возможностью реконфигурации
- Системы защиты от электромагнитных воздействий и киберугроз.





# Концепция активного потребителя

Концепция ИЭС ААС нацелена на реализацию активной стратегии потребителя, под которой понимается обеспечение возможности самостоятельного изменения потребителями объема и функциональных свойств получаемой электроэнергии на основании баланса своих потребностей и возможностей энергосистемы. Другими словами, она стимулирует потребителей к участию в регулировании нагрузки.



В интеллектуальной системе электроснабжения конечный потребитель электроэнергии рассматривается в качестве партнера субъектов электроэнергетики в части обеспечения надежной работы энергосистемы и приобретает статус «активного».





# Концепция активного потребителя

«Активный потребитель» вправе выбирать:

- режим своего электропотребления в соответствии с необходимостью выполнения производственных планов по выпуску продукции или обеспечению энергией домохозяйства, оптимизируя затраты на покупку электроэнергии с внешних рынков;
- степень своего участия в предоставлении дополнительных услуг – управляемых активных и реактивных нагрузок (мощностей) для управления со стороны Системного оператора;
- условия загрузки собственной мощностью (при ее наличии) для формирования заявки на участие в покупке/продаже электроэнергии на оптовом и розничном рынках.



# Базовые субъекты ИЭС ААС

Таблица 1

| Базовые субъекты        | Объекты субъекта  | Факторы, подлежащие учету   |
|-------------------------|---|---|
| Потребители             | Конечные пользователи э/энергии: промышленность, транспорт, строительство, деловой и коммерческий сектор, домохозяйства | Способность управлять использованием э/энергии, включая возможность ее генерации и сохранения                             |
| Рынки                   | Участники рынка и Операторы   | Возможность организовать торговлю электроэнергией   |
| Поставщики услуг        | Организации, предоставляющие услуги субъектам оптового и розничных рынков   | Наличие структур и технологий, обеспечивающих предоставление услуг  |
| Эксплуатация и развитие | Генерирующие компании, электросетевые организации   | Способность обеспечить управление функционированием и развитием энергосистемы   |
| Оптовая генерация       | Генерирующие компании   | Возможность генерации электроэнергии, включая ее хранение для дальнейшего распределения                                   |
| Передача                | Электросетевые организации  | Передача больших количеств э/энергии на большие расстояния, включая, при необходимости, хранение и генерацию э/энергии    |
| Распределение           | Электросетевые организации и потребители электроэнергии   | Распределение э/энергии между потребителями и от потребителей, включая, при необходимости, хранение и генерацию э/энергии |



# Иерархическое адаптивное управление режимами ИЭС ААС: Функциональная структура управления

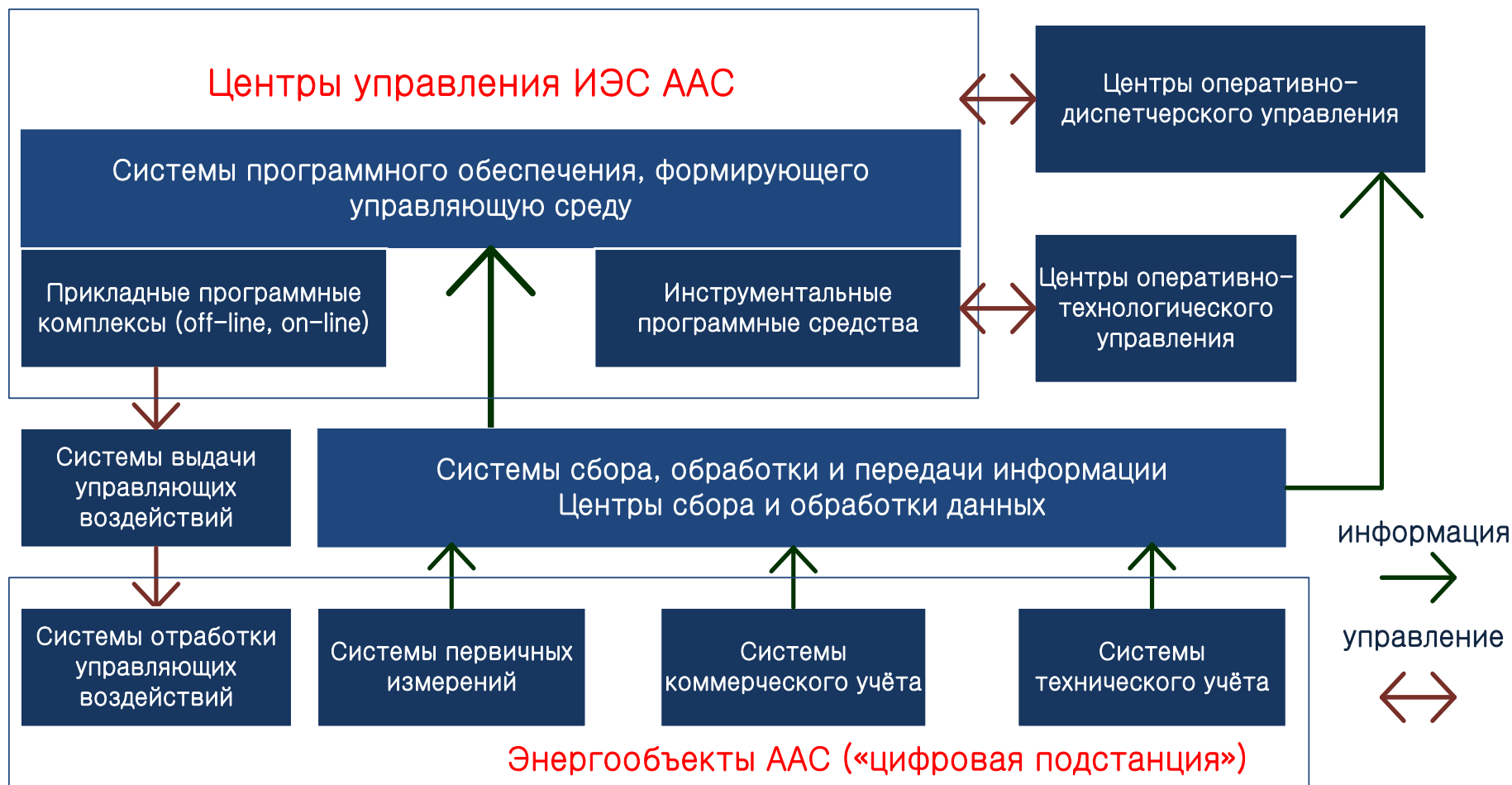


Рисунок 3



# Уровни управления ИЭС ААС

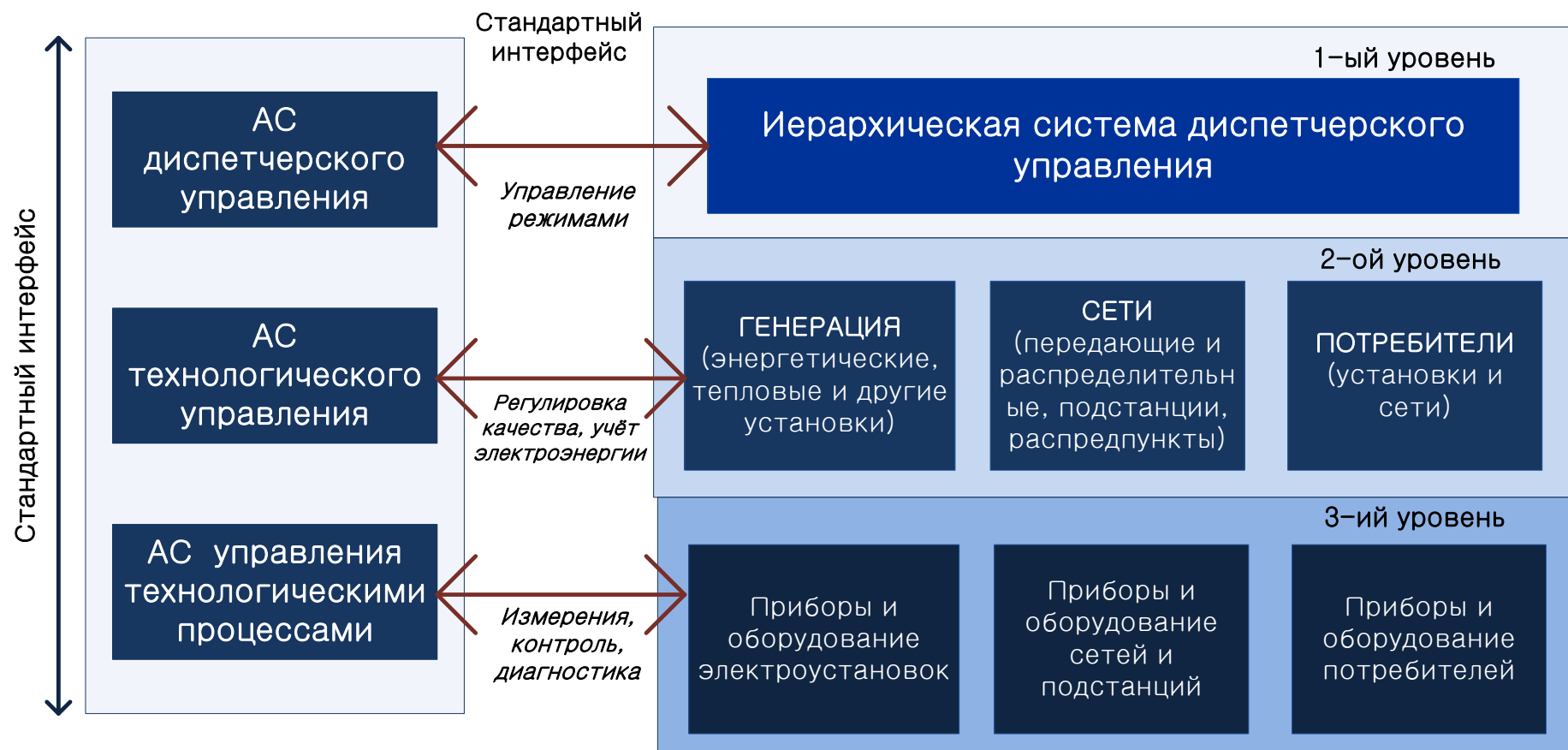


Рисунок 4



# Иерархия уровней («качества») управления в ИЭС ААС



Рисунок 5





## Структура иерархического координированного адаптивного управления режимами ИЭС ААС

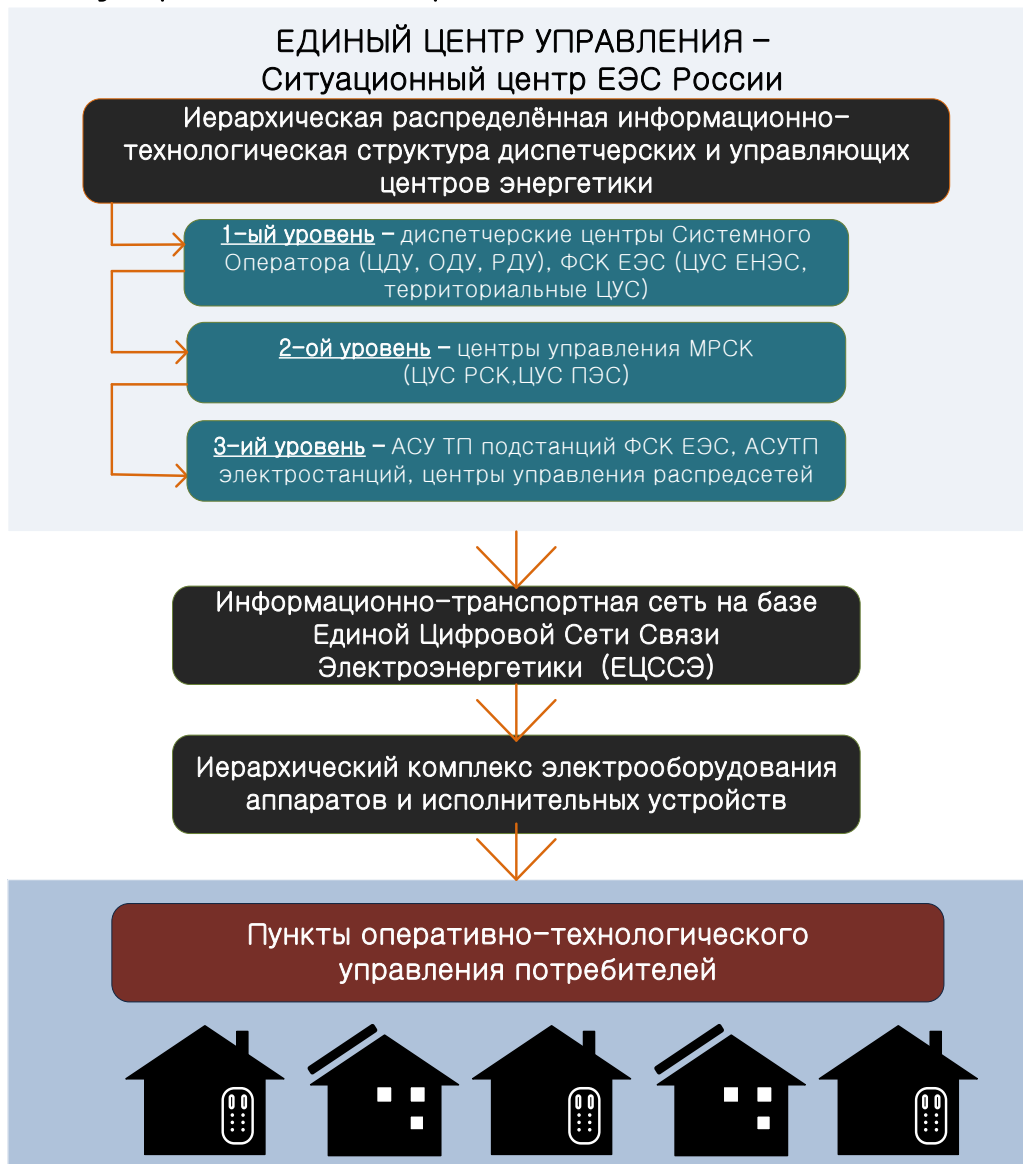


Рисунок 6



# Требования к системе управления ИЭС ААС

1. Повышение степени автоматизации управления в сочетании с эффективными системами советов для принятия решений оперативным персоналом.
2. Согласование баланса интересов субъектов электроэнергетики и потребителей электроэнергии при условии минимизации затрат на энергоснабжение и услуги.
3. Максимальное использование возможностей технологической базы энергетики при минимизации различного рода ограничений.
4. Привлечение потребителей к управлению энергосистемой в аварийных ситуациях с учетом их экономических интересов.



# Требования к системе управления ИЭС ААС

5. Максимально возможная скорость принятия решений по изменению условий использования электроэнергии, в первую очередь в нерасчетных ситуациях.
6. Мониторинг устойчивости системы в реальном времени, динамическое прогнозирование и превентивная реакция на изменение условий внешней среды.
7. Возможности реконфигурации частей системы при аварийных ситуациях с восстановлением нормального режима. Защита систем управления и информационного пространства от целенаправленных электромагнитных воздействий и кибератак.



# Технологии интеллектуального управления в ИЭС ААС

1. **Мультиагентные системы управления** – координация систем управления с использованием системы мониторинга переходных режимов (СМНР) и устройств FACTS, самовосстановление районных ЭЭС, управление спросом на местных торговых площадках.
2. **Искусственные нейронные сети (ИНС) и нейросетевые системы управления, ассоциативный поиск для идентификации и управления, экспертные системы** – раннее обнаружение и локализация предаварийных режимов, виртуальное моделирование и понижение порядка моделей, советчики оператора, тренажеры).
3. **Технологии адаптивного векторного управления гибкими системами переменного тока** – первичное и вторичное автоматическое управление напряжением и реактивной мощностью, дооптимизации режимов по реактивной мощности в границах графика нагрузки, установленного СО.
4. **Адаптивные моделирующие платформы реального времени** – моделирование и оптимизация режимов по реактивной мощности, мониторинг топологии сетей и адаптация моделей, полигоны для отработки систем управления и мониторинга.



# Технологии интеллектуального управления в ИЭС ААС

5. Технологии проектирования, создания и поддержания в работоспособном состоянии крупномасштабных систем передачи информации в ИЭС ААС – системный анализ, верификация и валидация системы, моделирование и мониторинг параметров информационной сети для своевременного определения проблемных участков в информационной структуре ИЭС ААС.
6. Технологии адаптивного автоматического управления для возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в том числе ветровых, приливных, солнечных, в т.ч. в перспективе космических солнечных электростанций.
7. Технологии создания современных человеко–машинных интерфейсов на основе применения персональных мобильных интеллектуальных устройств ввода–вывода информации (носимые и мобильные компьютеры, смартфоны), для обеспечения гибкого управления в распределенной структуре «ресурс–пользователь».





# Информационное обеспечение управления ИЭС ААС: Временная диаграмма мониторинга, прогнозирования и управления

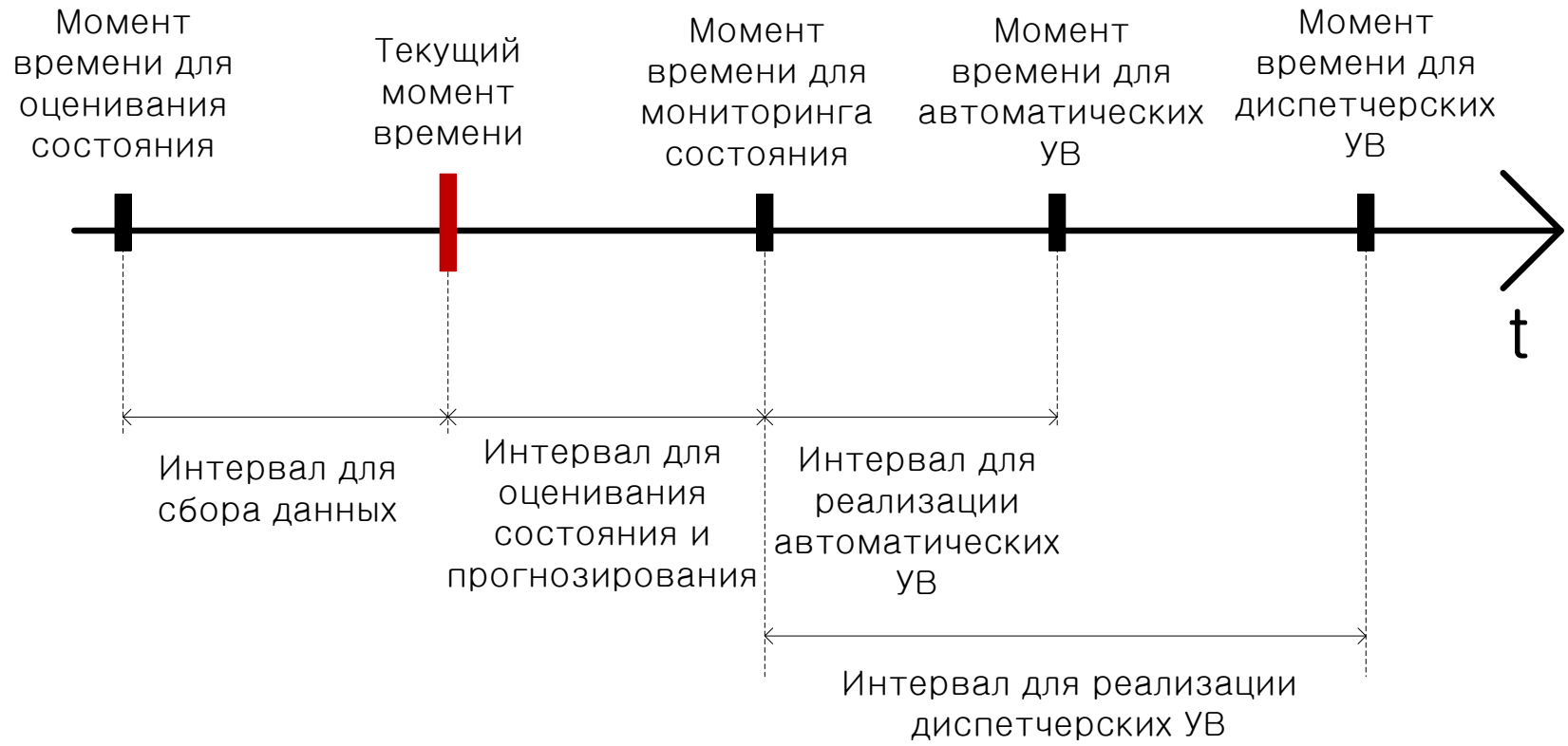


Рисунок 7



# Задачи блока мониторинга, прогнозирования и управления в ИЭС ААС

В состав блоков мониторинга и прогнозирования нормальных, предаварийных и послеаварийных режимов ЭЭС для целей управления входят следующие задачи:

- **оценивание состояния (ОС) системы;**
- **прогнозирование параметров предстоящего режима** – ОС дает только текущую оценку режима с определенным запаздыванием, но для задач мониторинга и управления ИЭС ААС требуется некоторое упреждение оценки состояния системы («управлять – значит предвидеть»);
- **оценка слабых мест в системе в предстоящем режиме;**
- **оценка пропускных способностей связей в предстоящем режиме** – необходима для эффективного использования запасов при оперативном и автоматическом управлении за счет соответствующих управляющих воздействий;
- **визуализация предстоящего режима;**
- **определение показателей и критериев перехода из нормального в предаварийный режим и обратно, а также из послеаварийного режима в нормальный.**



# Задача оценивания состояния в ИЭС ААС

В ИСЭМ СО РАН были сформулированы основные направления развития методов оценивания состояния (ОС) для получения наиболее полной картины текущего состояния ИЭС ААС:

1. Декомпозиция задачи ОС при расчете интеллектуальных энергосистем с многоуровневой иерархической структурой на базе современных сетевых технологий и мультиагентных подходов.
2. Использование синхронизированных измерений комплексных электрических величин (данных PMU) для повышения эффективности алгоритмов ОС ЭЭС и алгоритмов декомпозиции задачи ОС.
3. Повышение эффективности алгоритмов достоверизации телеинформации (ТИ и ТС). Разработка методов проверки достоверности PMU-измерений на базе априорных методов достоверизации ТИ.
4. Использование робастных критериев ОС;
5. Применение методов искусственного интеллекта (нейросетевые и мультиагентные технологии, генетические алгоритмы, имитационного отжига) в алгоритмах ОС
6. Использование динамических алгоритмов для достоверизации измерительной информации, расчета текущего режима (оценивания состояния) и прогнозирования режимов ИЭС ААС.



# Интеллектуальное прогнозирование в ИЭС ААС

Существенные изменения в мировой и российской энергетике последних лет, такие как: *усложнение топологии энергосистем, увеличение доли возобновляемых источников энергии, развития конкурентного рынка электроэнергии*, приводят к тому, что изменения основных параметров режима и различных характеристик ЭЭС приобретают непредсказуемый, резкоизменчивый характер, что вынуждает инженеров и исследователей обращаться к новым, более сложным моделям прогнозирования. В таких условиях традиционные статистические и регрессионные подходы не позволяют достичь необходимой точности прогноза, которая крайне важна в современных электроэнергетических расчётах.

Поэтому разработки последних лет, сосредоточены на разработке прогнозных подходов на базе алгоритмов и методов искусственного интеллекта: **нейросетевые технологии, экспертные системы, модели машинного обучения, нечёткие вычисления, идеология «добычи данных», коммитетные методы**



# Интеллектуальное прогнозирование в ИЭС ААС

Несмотря на достоинства интеллектуальных алгоритмов прогнозирования, отмеченных в целом ряде статей последних лет, многие исследователи полагают, что вопрос о высокой эффективности, к примеру, нейронных сетей (ИНС) или нечётких систем, в решении задачи прогнозирования всё ещё остаётся открытым.

Интеллектуальным решением отмеченных выше случаев, представляется использования гибридных подходов и моделей, когда комбинирование различных интеллектуальных и традиционных моделей, позволяет получить наиболее эффективные решения, прежде всего гарантируемую точность прогноза.

К перспективным гибридным моделям на данном этапе можно отнести следующие сочетания: *АРПСС и ИНС, нечётких систем и ИНС, экспертных систем и ИНС, преобразования Гильберта-Хунга с моделями ИНС и машин опорных векторов и т.д.*





# Гибридная модель ПГХ+ИНС+МОВ для краткосрочного прогнозирования



Рис. 8 Общая диаграмма гибридного подхода для создания прогнозных моделей

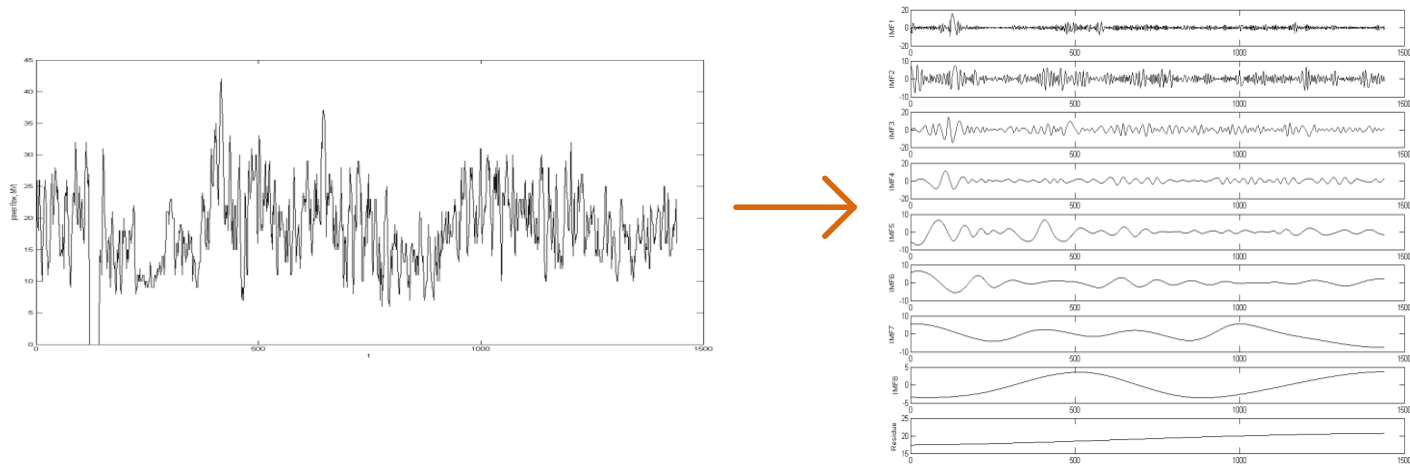


Рис. 9. Разложение исходной реализации на эмпирические моды (преобразование задачи прогнозирования временного ряда в задачу регрессии)



# Применение гибридной модели ПГХ–ИНС–МОВ для краткосрочного прогноза перетока мощности и цены на электроэнергию

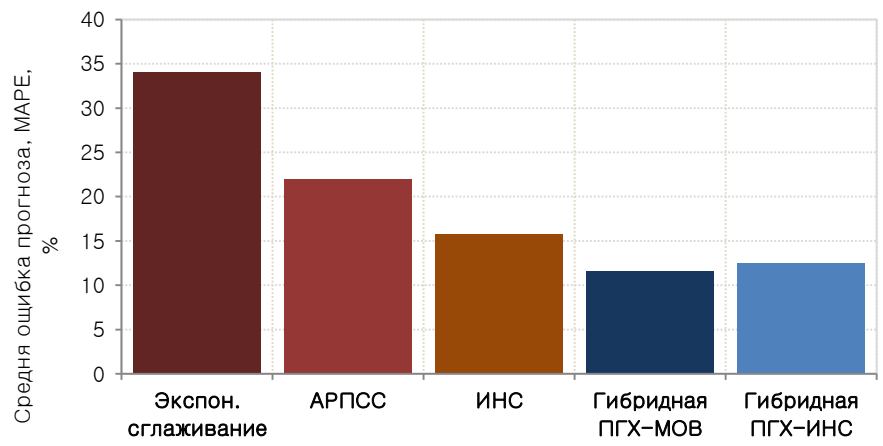
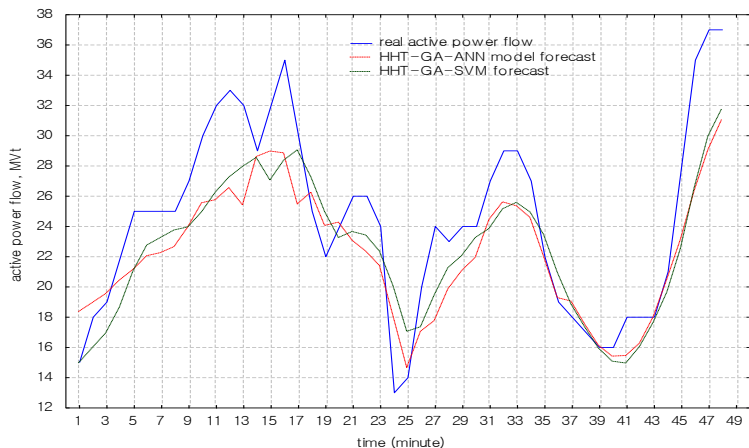


Рис. 10. Результаты прогнозирования перетока мощности «1 минут вперёд»

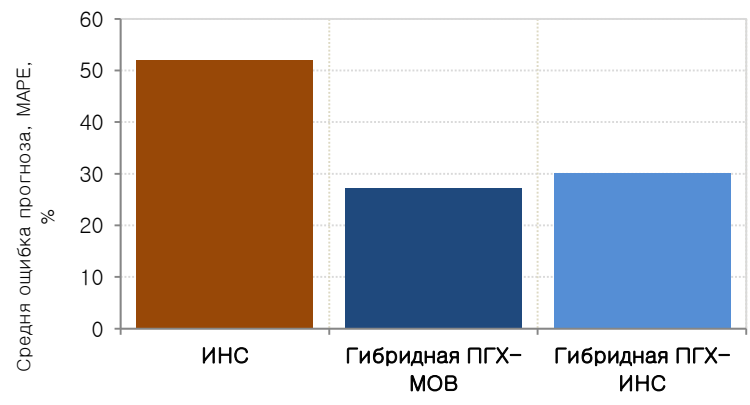
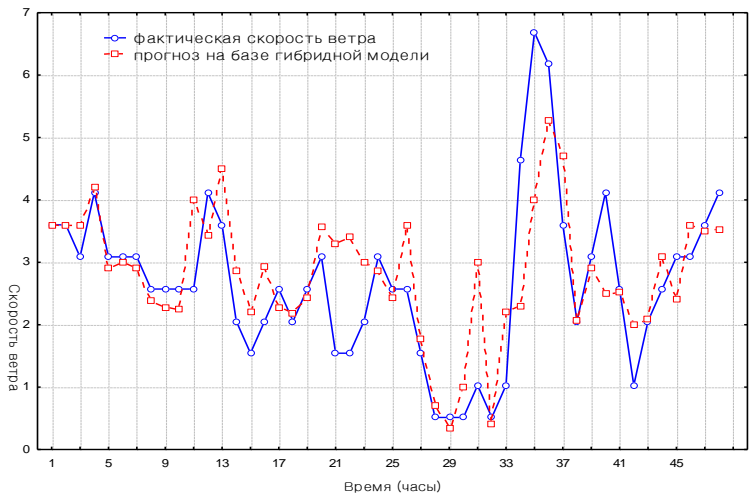


Рис. 11. Результаты прогнозирования скорости ветра на «24 часа вперёд»



# Интеллектуальный мониторинг режимов работы ИЭС ААС

Концепция интеллектуального мониторинга включает следующие действия:

- **сбор данных** – эти данные подаются в системы предварительной обработки данных, которая определяет наиболее важные и критические данные, оказывающие влияние на развития режима.
- **классификация (кластеризация) состояний ЭЭС** – цель этой процедуры заключается в том, чтобы определить насколько опасно то или иное состояние системы.
- **интерпретация полученных кластеров (состояний)** состояния для того чтобы оператор смог выработать превентивные меры



## Интеллектуальная система мониторинга и оценки безопасности режима работы ЭЭС для раннего выявления аварийных режимов

Основная идея использования нейросетевого классификатора Кохонена заключается в создании модели, которая обучается классифицировать различные состояния ЭЭС, выявлять и предсказывать аварийные ситуации (рис. 12) для предупреждения оператора и запуска систему превентивного управления.

Автономный процесс формирует кластерную модель оценки безопасности состояния ЭЭС для непосредственного использования в режиме онлайн. Кластерная система обучается на базе набора обучающих примеров, которые случайным образом генерируют случайные ситуации в ЭЭС. В онлайн режиме, используются измерения в реальном времени, которые поступают в обученную модель от системы SCADA.

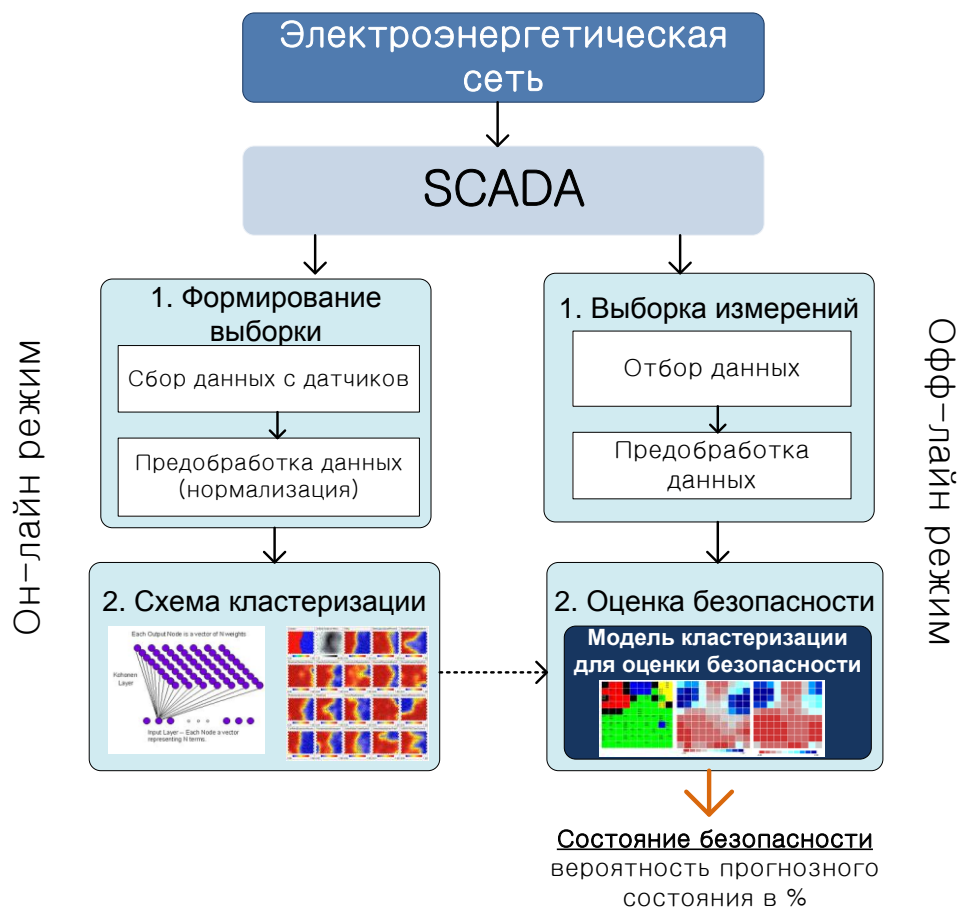


Рис. 12. Основная блок-схема предложенного подхода для оценивания и классификации со-стояния системы



# Примеры интеллектуальных моделей и систем для ИЭС ААС

Таблица 2

| Интеллектуальные модели и системы   | Назначение  |
|---|---|
| Программные интеллектуальные агенты и многоагентные системы в сетевых информационно-управляющих системах    | Автоматическое решение комплекса задач управления нормальными, ситуационными, и аварийными режимами электростанций, электрических сетей, системы управления |
| Интеллектуальные нечеткие системы с виртуальными моделями ассоциативного поиска                             | Обнаружение и локализация предаварийных режимов, оценка динамики участия генерирующих объектов глобальной энергосистемы                                     |
| Системы управления с распределенными прогнозирующими моделями   | Управление нормальными, ситуационными, и аварийными режимами электростанций, электрических сетей, системы управления  |
| Нейросетевые интеллектуальные системы распознавания аварийных режимов и прогнозирования предстоящего режима | Обнаружение и локализация предаварийных режимов, прогнозирования параметров предстоящего режима работы  |
| Обучающие экспертные системы  | Обучение операторов- диспетчеров управлению ЭЭС в ситуационных режимах  |
| Экспертные системы – помощники диспетчера   | Мониторинг степени статической устойчивости ЭЭС   |





# Оперативно-диспетчерское управление режимами ИЭС ААС

Новые средства измерения параметров режима энергосистем (PMU, цифровые измерительные устройства) и управления ими (FACTS, накопители энергии и др.), радикально повышающие наблюдаемость и управляемость энергосистем, современные средства коммуникаций, новые информационные технологии и методы искусственного интеллекта, высокоэффективные компьютерные средства, принципиально изменяющие процессы сбора, обработки, передачи, представления (визуализации) и использования информации, позволяют на новой основе существенно повысить эффективность оперативно-диспетчерского управления режимами ИЭС ААС.

Развитие методов оперативно-диспетчерского управления связано с совершенствованием информационного обеспечения, автоматизацией подготовки вариантов оперативных решений, автоматизации управления, увеличения доли автоматического управления в задачах регулирования и ограничения параметров режима, автоматизации расчетов оптимальных режимов и их реализации и др. – при сохранении контроля со стороны оперативно – диспетчерского персонала в необходимом объеме.



# Системы мониторинга предельных режимов в рамках ИЭС ААС

На блок-схеме (рис. 13) показано место ИНС, которая применяется для подготовки расчетной информации, и место ОС предельного режима в процессе управления ИЭС ААС. С помощью SCADA и WAMS собирается информация об ЭЭС. Полученные данные после блока достоверизации поступает на вход ИНС. Ответом обученной ИНС являются значения весовых коэффициентов ПИ для данного режима. Эти значения дополняют расчетные данные. Далее выполняется ОС предельного режима, и результаты поступают в пункт управления ЭЭС.

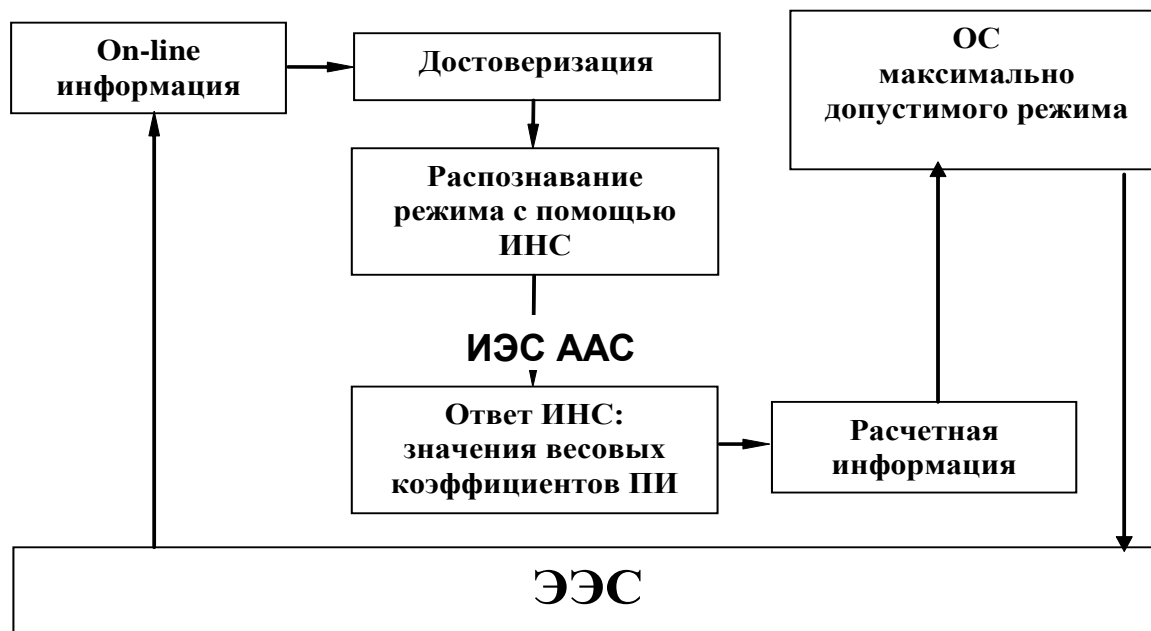


Рисунок 13



# Противоаварийное управление в ИЭС ААС: Эшелоны системы противоаварийного управления

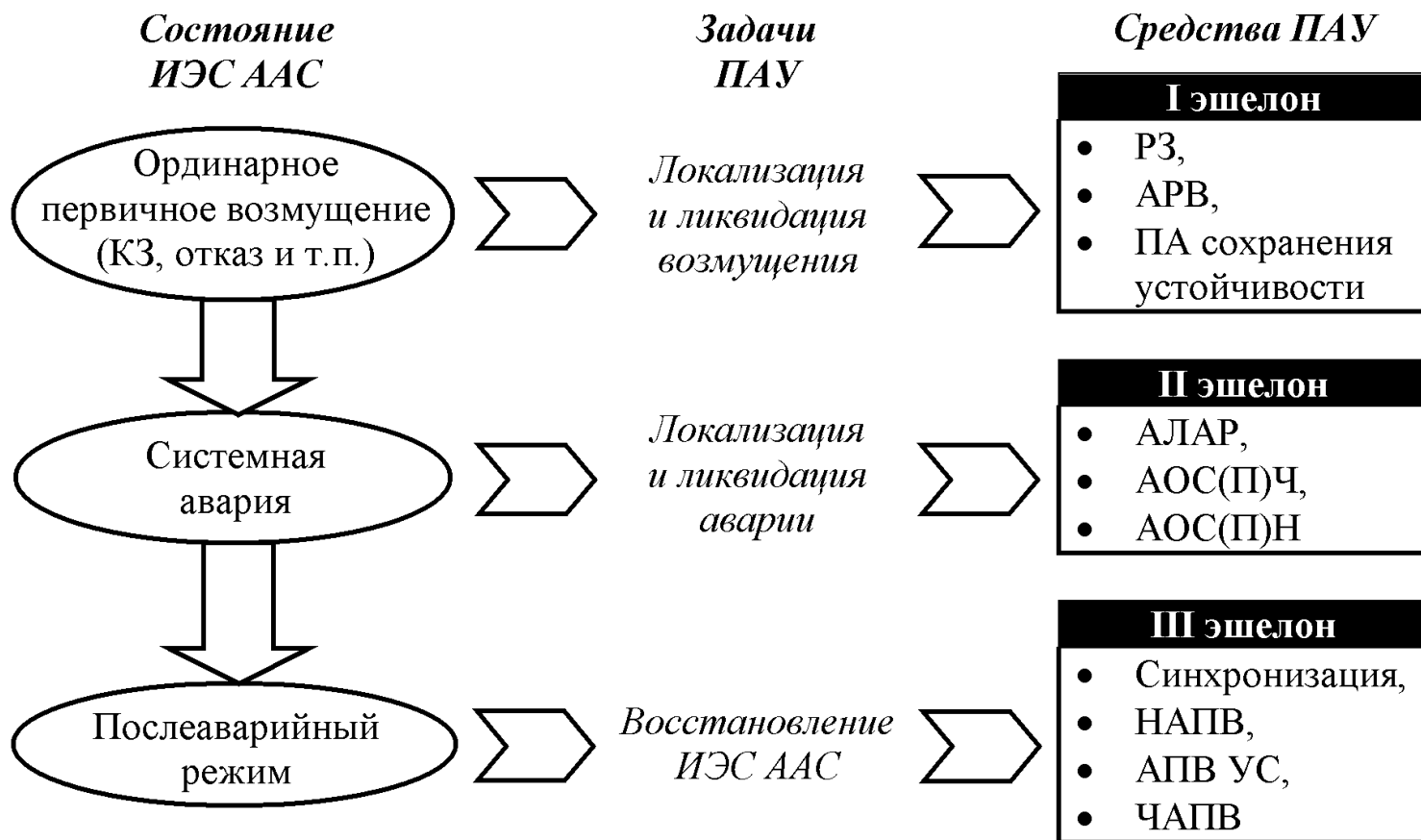


Рисунок 14



# Структура системы противоаварийного управления

На рисунке 15 представлена структура системы ПАУ показана, которая состоит из следующих основных блоков:

- системы телеизмерения,
- базы знаний,
- блока расчета управляющих воздействий
- модуля расчета установившегося режима.

Пополняемая база знаний содержит информацию о коэффициентах влияния нагрузок и устройств FACTS при различных опасных аварийных отключениях, параметрах регулировочных характеристик FACTS, значениях ущерба, наносимого потребителям аварийными отключениями, пределах передаваемой мощности по ЛЭП, технических и прочих ограничениях и т.п.

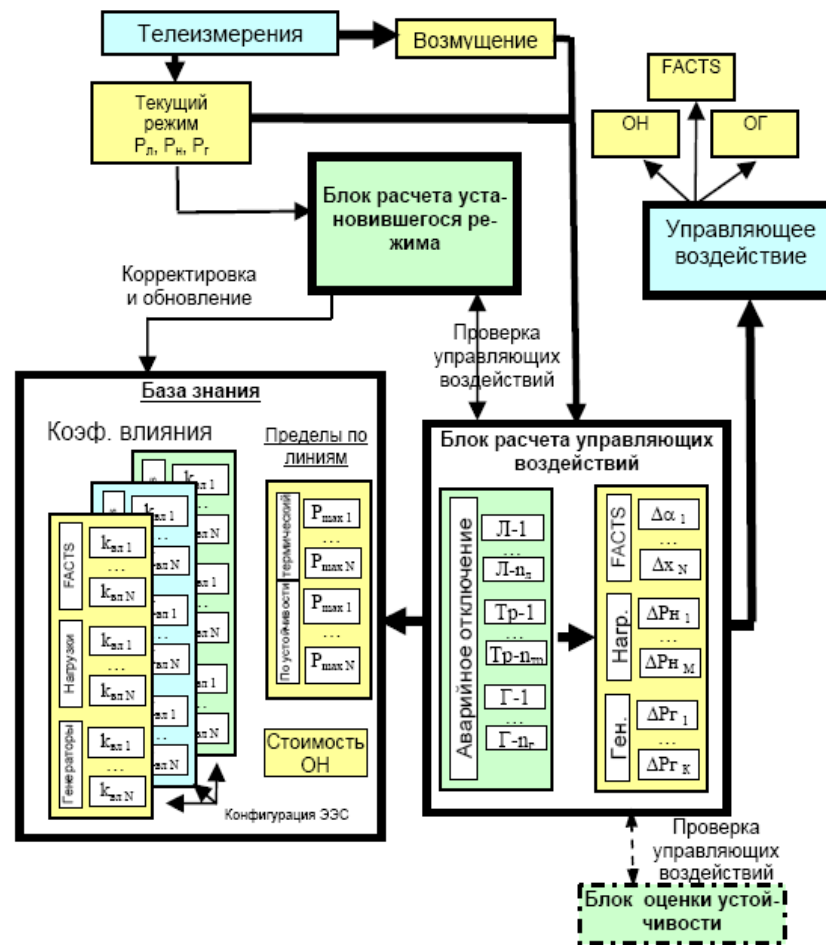


Рисунок 15



# Мультиагентная система противоаварийного управления ИЭС ААС

Перспективным подход в противоаварийном управлении ИЭС ААС являются разработка мультиагентные систем противоаварийного управления (МАС ПАУ), которые обеспечивают возможность реализации иерархического интеллектуального управления. Такая система основана на децентрализованной структуры, которая обеспечивает быструю и надежную реакции как в нормальных и аварийных условиях. Сама мультиагентная система – это распределенная сеть связанных саморегулируемых аппаратных агентов, которые работают совместно ради достижения некоторой общей цели.

В этом подходе, предполагается, было все последовательные устройства энергосистемы таких как: генераторы, линии электропередачи, трансформаторы и контроллеры потока мощности оснащены агентами. Агент определяется как аппаратные средства или программное обеспечение операционной лица в виртуальной или реальной среде. Агенты могут работать в конкурентных или совместный режимы в зависимости от состояния системы безопасности. Оба типа агенты имеют две цели: локальные местного – заключается в поддержании локальных параметров режима и характеристик работы локального оборудования в допустимых пределах, и глобальные – предотвращение крупной аварии. Агенты внутри МАС ПАУ координируют свою работу путем обмена сообщениями друг с другом.





## Проект интеллектуальной системы предупреждения и ликвидации аварийных режимов на базе мультиагентной автоматики и карт Кохонена

Для управления мультиагентной автоматикой необходимо отслеживать и выявлять предаварийные состояния ЭЭС. Для этого используется сеть Кохонена, которая обучается в автономном режиме и используется в дальнейшем в режиме онлайн для мониторинга, сигнализации и перевода агентов МАС ПАУ в режим сотрудничества.

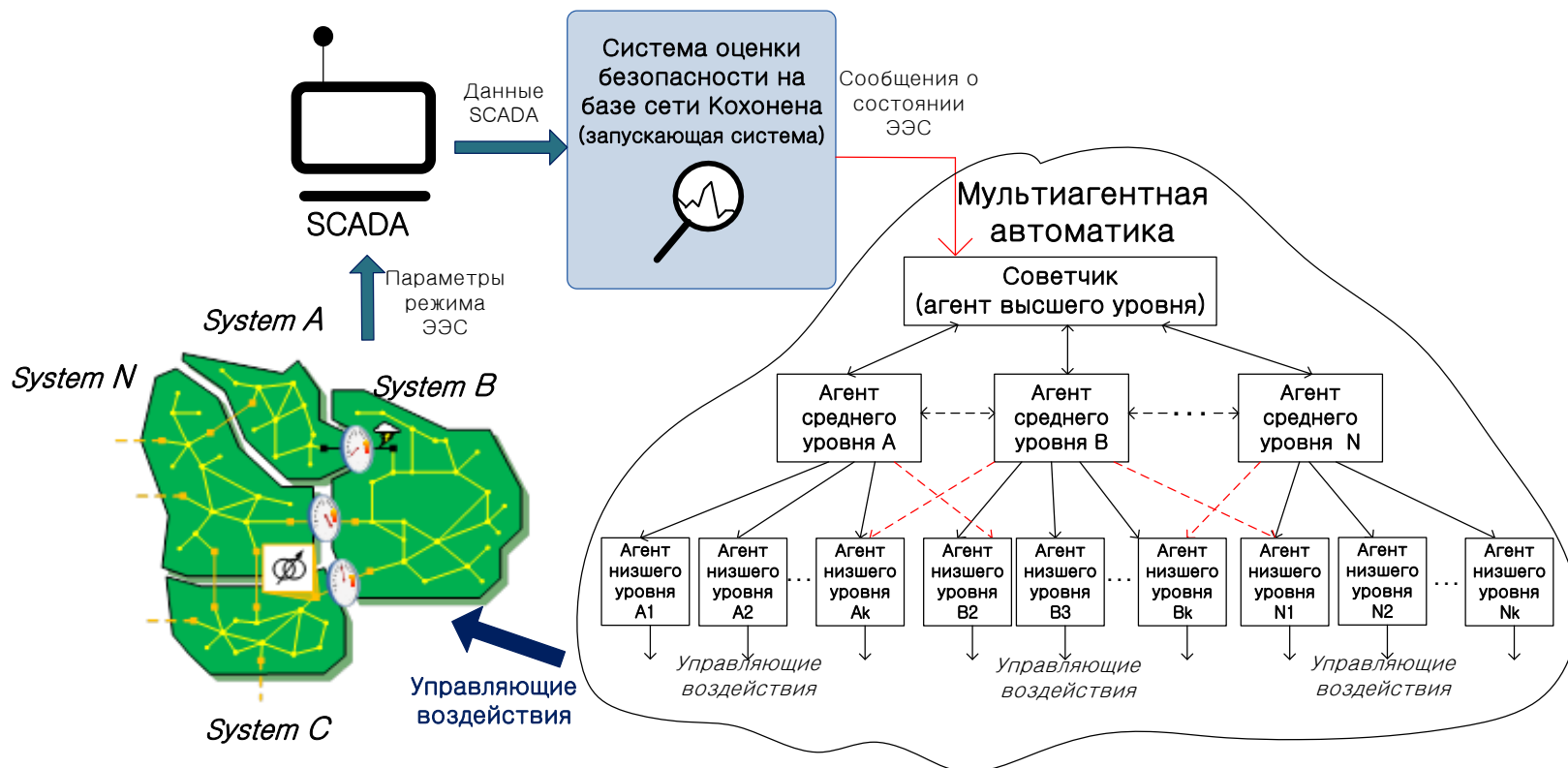


Рисунок 16



## Анализ надёжности системы с применением интеллектуальной системы МАС ПАУ + Кохонен и с использованием обычной противоаварийной автоматики

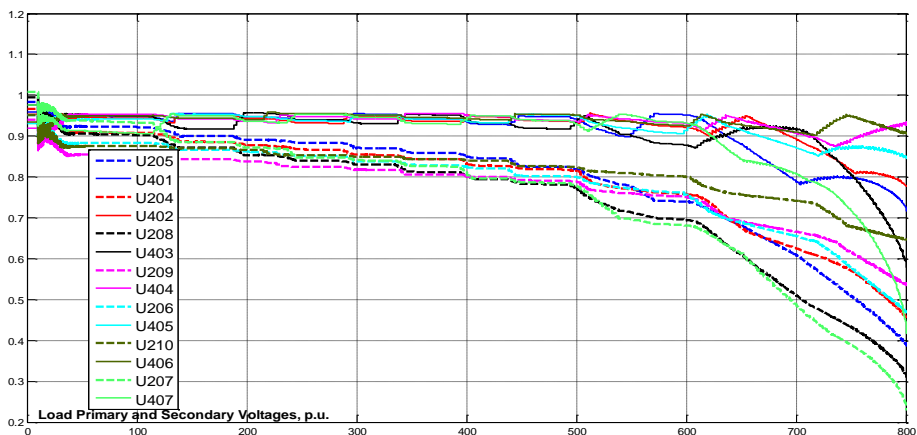


Рис.17 Изменения напряжения на шинах без применения интеллектуальной системы

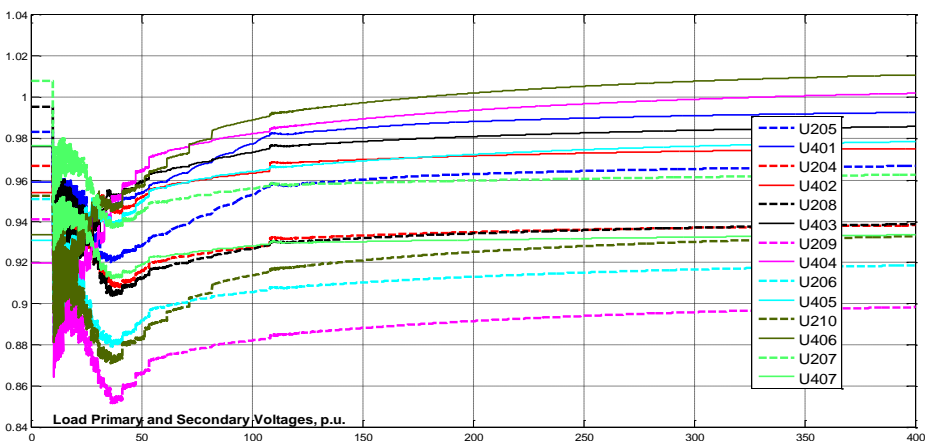


Рис.18 Изменения напряжения на шинах с применением интеллектуальной системы

Отсутствие координации между локальными устройствами ПА вызвало лавину напряжения, которая привела к полному погашению рассматриваемой подсистемы с последующим развитием каскадной аварии на близлежащие районы

После реализации УВ от МАС ПАУ, подсистема смогла сохранить устойчивость только лишь за счет осуществления координации источников реактивной мощности. При этом не потребовалась отключение нагрузки.



# Проект нейросетевой системы противоаварийного управления режимами в ИЭС ААС

На рис. 19 показана структура системы ПАУ, которая состоит из двух ИНС.

Первая ИНС используется для оценивания возможных перегрузок, вызванных аварийными отключениями элементов электрической сети. Обучение ИНС производится в автономном режиме при помощи серии расчетов режимов ЭЭС для различных схемно-режимных ситуаций.

Вторая ИНС служит для адаптации коэффициентов влияния. На вход ИНС подается информация по послеаварийному режиму

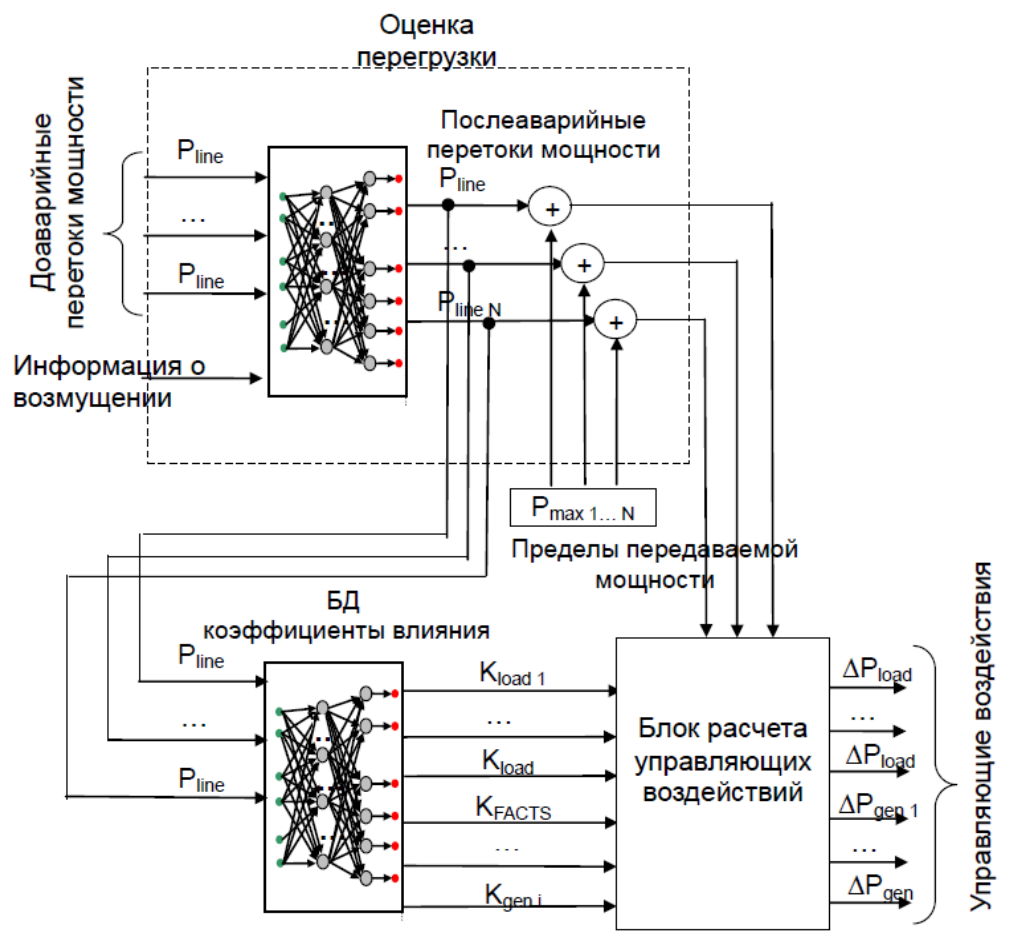


Рисунок 19



## Автоматическое управление в нормальном режиме в ИЭС ААС: «Иммунная» интеллектуальная система ИЭС ААС

На рис. 20 представлены два варианта архитектуры глобальной «иммунной» системы в ИЭС ААС. Основная цель создаваемой системы – раннее обнаружение угрозы нарушения устойчивости в энергосистеме и своевременная выдача рекомендаций диспетчеру по превентивному управлению режимов с целью восстановления нормального режима.

В первом варианте (слева) указанная модель восстанавливается посредством обработки данных СМПР о состоянии ЭЭС, то есть путем идентификации параметров модели.

Во втором варианте (справа) модель «конструируется» в режиме реального времени в цифровой моделирующей платформе реального времени на основе обработки массивов ТИ и ТС.

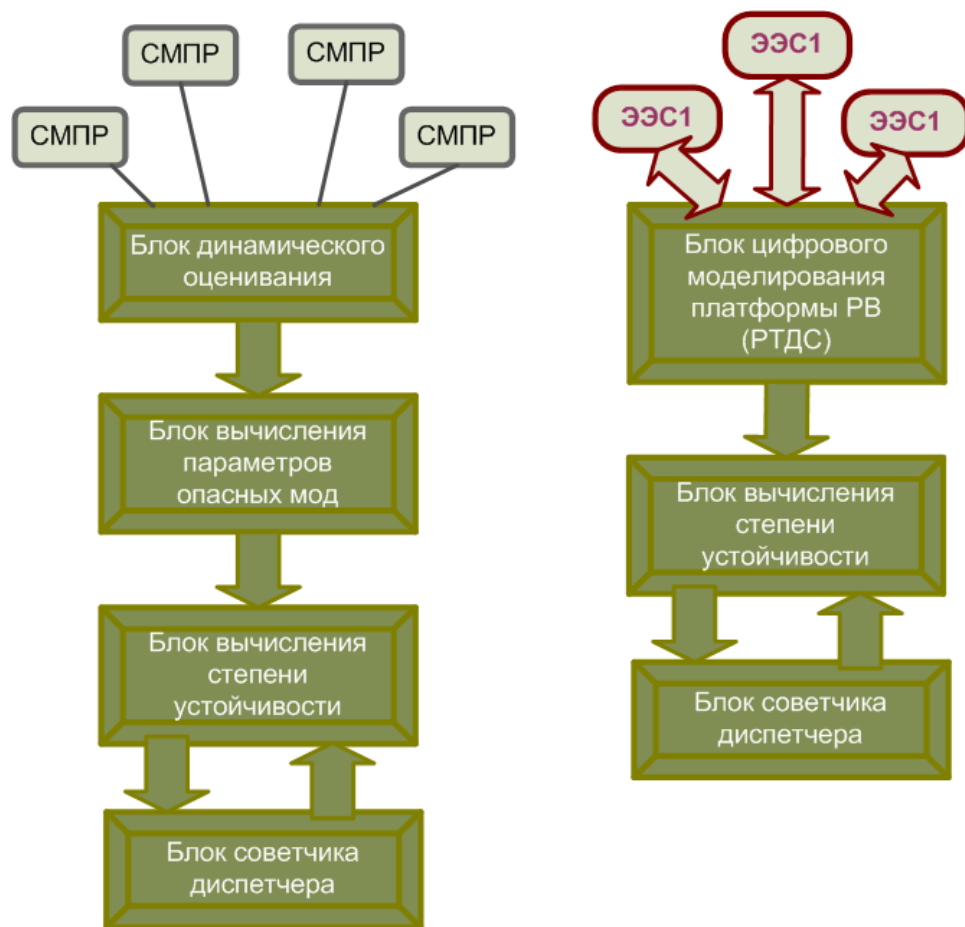


Рисунок 14





# Дальнейшее развитие и совершенствование задач управления ИЭС ААС

1. Развитие задач оперативного управления ИЭС ААС на базе новых регулирования частоты и перетоков мощности (мультиагентные системы, FACTS, PFC и т.д.)
2. Разработка интеллектуальных алгоритмов и моделей для систем оперативного управления ИЭС ААС (интеллектуальные анализ данных, Data Mining, коммитетные методы анализа, нейросетевые и мультиагентные технологии и т.п.)
3. Развитие и совершенствование противоаварийного управления ИЭС ААС на базе новых программных подходов (экспертные системы, нейросетевые и мультиагентные системы управления) и новых аппаратных средств (FACTS, WAMS, PMU и т.д.)
4. Развитие автоматической системы управления режимами ИЭС ААС – создание новых информационных комплексов, системы интеллектуального мониторинга переходных процессов, «иммунные» системы раннего обнаружения потери устойчивости и т.п.





## Заключение – Что сделано для создания новой энергосистемы России?

ОАО «ФСК ЕЭС» выступила инициатором и спонсором работ по созданию ИЭС ААС, в том числе:

- Разработана и согласована с Системным оператором Концепция создания ИЭС ААС.
- Разработаны общие требования к ИЭС ААС.
- Выполнены и выполняются НИОКР, определяющие основные технологии и системы, направленные на создание элементов ИЭС ААС.
- Разработаны технические требования к созданию полигона программно – технического комплекса ИЭС ААС.
- В составе НТЦ ФСК ЕЭС создан Центр системных исследований и разработок ИЭС ААС для управления реализацией пилотного проекта энергосистемы Востока.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!