Институт систем энергетики им. Л.А.Мелентьева СО РАН

Элементы методологии исследований интеллектуальных энергетических систем

Н.И.Воропай, В.А.Стенников

Инновационные технологии интеллектуальной энергетики

- Инновационные средства производства, передачи, распределения, накопления и потребления энергии

+

- Новые средства измерений, передачи, обработки и представления информации

+

- Современные информационные и компьютерные технологии

+

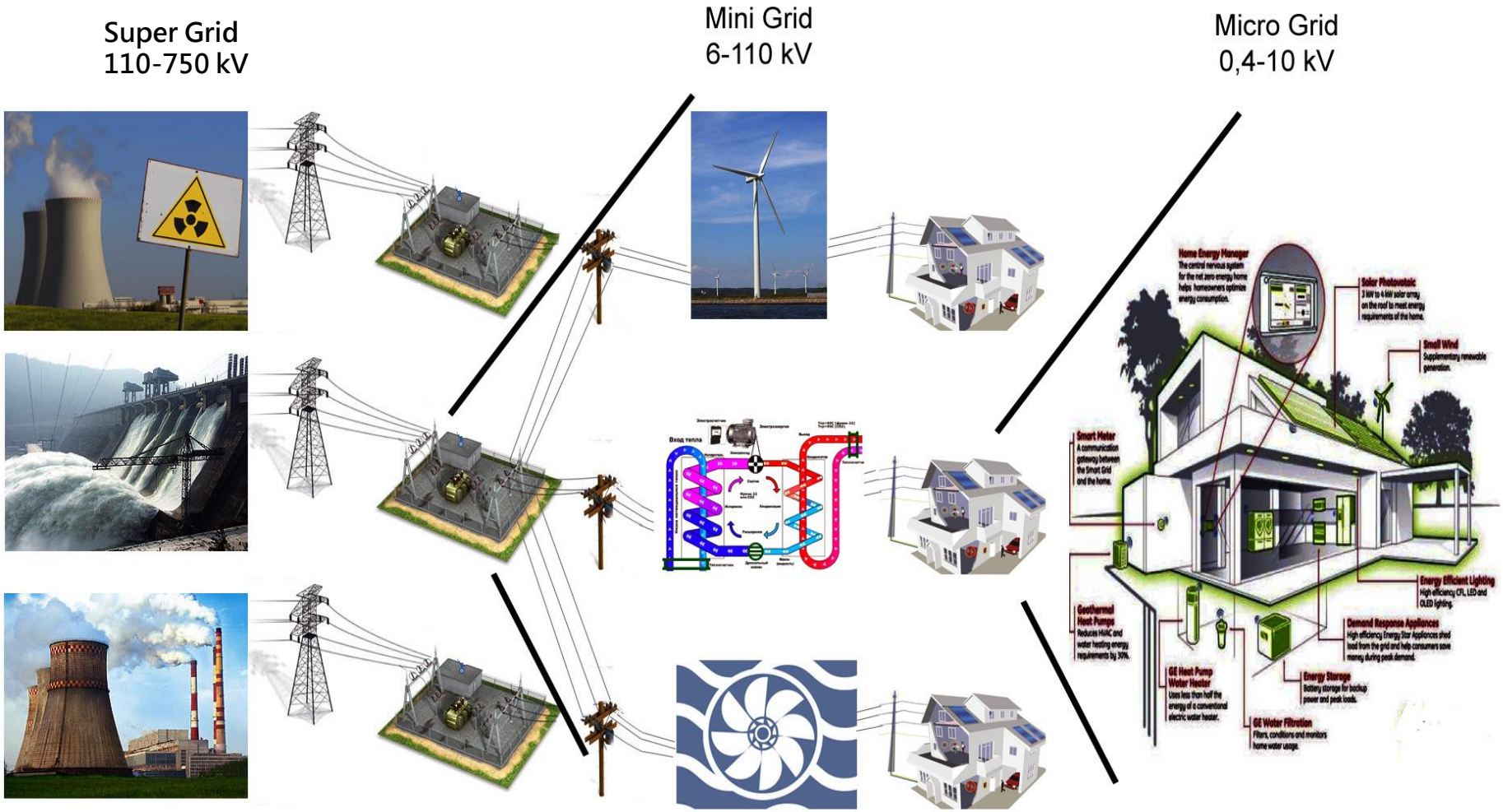
- Новые методы и средства управления режимами энергетических систем

+

- Активные потребители

Фундаментальные проблемы интеллектуальных энергетических систем и пути их решения

Супер-мини-микро-электроэнергетическая система



Супер-мини-микро система теплоснабжения

Потенциал интеллектуализации на разных уровнях рассмотрения различных энергетических систем

Системы уровни	ЭЭС	ТСС	ГСС	ВСС	НСС	УСС
Супер-системы	+	+	+	+	+	+
Мини-системы	+	+	+	+	+	?
Микро-системы	+	+	+	+	?	?
Потребители	+	+	+	+	+	+

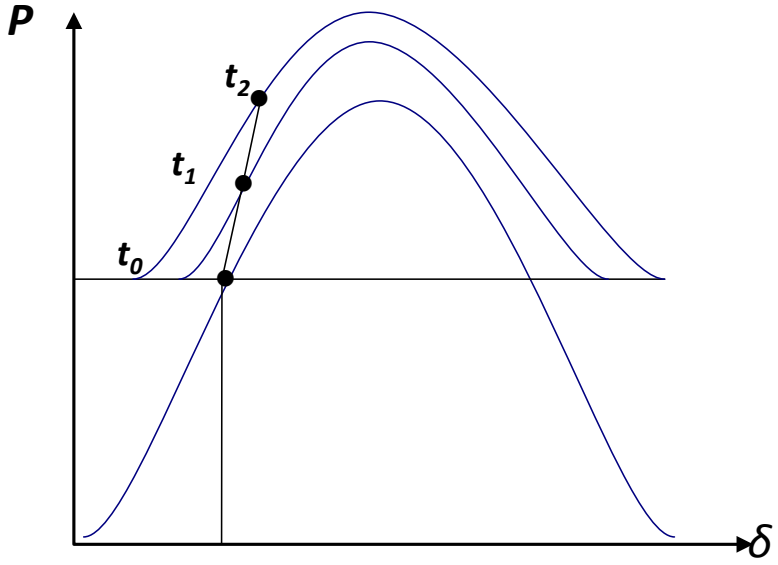
Что дает интеллектуализация ЭЭС (1)

- интеграцию управления режимами ЭЭС
  - за счет сетевой (распределенной) координации мониторинга и управления распределенными средствами
  - за счет усиления координации планирования режимов, оперативного и автоматического управления ими
- усиления роли управления on-line
  - оперативного
  - автоматического
- радикальное повышение управляемости ЭЭС и за счет этого обеспечения устойчивости и живучести системы

Что дает интеллектуализация ЭЭС (2)

- снижение нормируемых запасов пропускных способностей связей
- снижение уровня необходимых резервов генерации
- повышение степени использования пропускных способностей электрической сети
- сокращение необходимости ввода новой генерации за счет более эффективного использования электрической сети и активности потребителей

Эффекты действия систем управления на примере автоматического регулятора возбуждения синхронного генератора

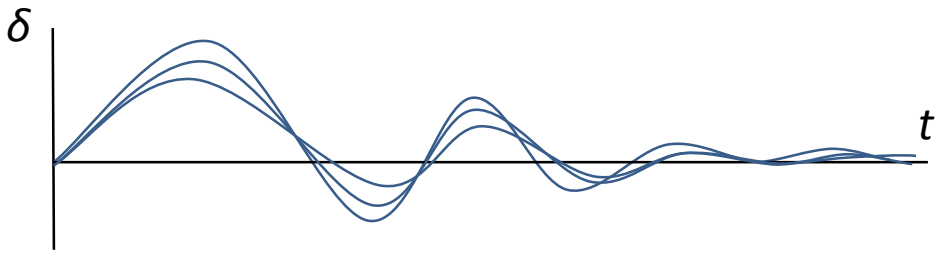


$$P(\delta) = (EU/x)\sin\delta$$

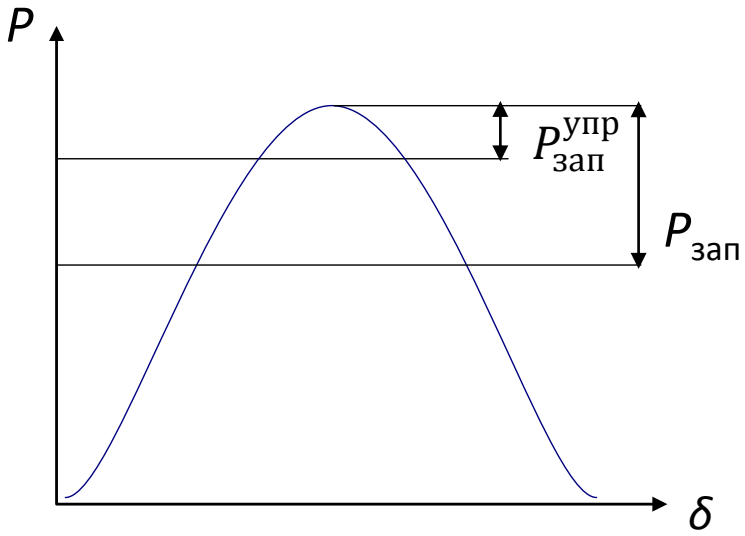
Две задачи (рис. слева):

а) обеспечение устойчивости на первом цикле колебаний

б) быстрое демпфирование колебаний



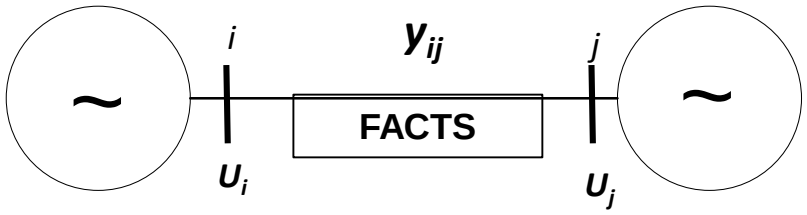
Аналогичные эффекты дают системы управления FACTS, накопителей электроэнергии, ППТ, а также дискретная противоаварийная автоматика

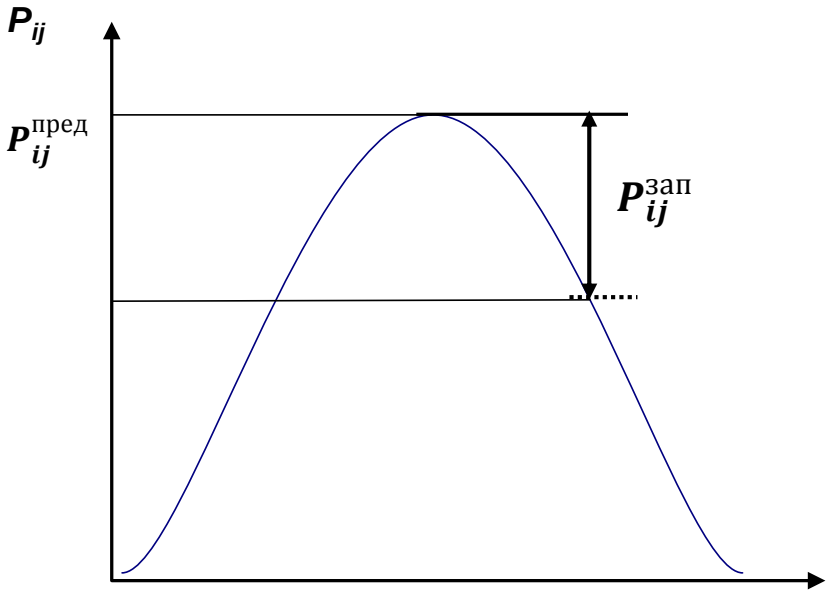


Результат: **эффект управления позволяет уменьшить запасы по связям, т.е. более полно использовать их пропускную способность**

Повышение степени использования пропускных способностей электрической сети

$$P_{ij}^{\text{пред}} = U_i U_j y_{ij}$$



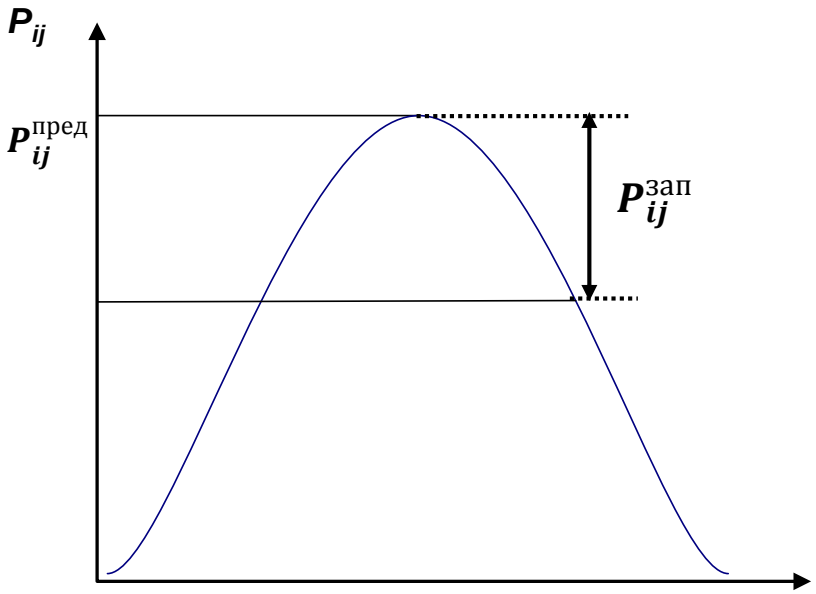


Снижение нормируемых запасов пропускных способностей связей

- Нормативы запасов пропускных способностей связей
  - в нормальных режимах – 20%
  - в послеаварийных режимах – 8%

- Это «средняя температура по больнице», реально в зависимости от схемно-режимных условий запас может потребоваться по конкретным связям где-то больше норматива, где-то меньше

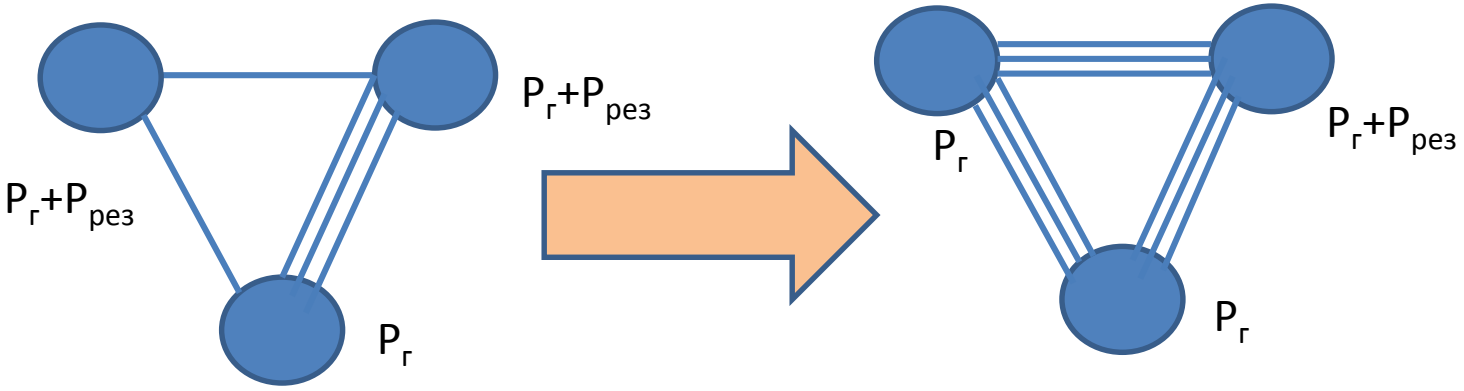
- Большой вклад в снижение запасов может дать эффективное управление в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах



Сокращение необходимости ввода новой генерации

Достигается за счет

- **более эффективного использования связей электрической сети**
- **снижения необходимых резервов генерации в результате расшивки узких мест в сети, повышения эффективности управления режимами, активности (регулируемости) потребителей**



Что в итоге дает интеллектуализация энергетических систем?

- Интеллектуализация энергетических систем приводит к решению традиционных проблем повышения эффективности развития и функционирования этих систем в широком смысле понимания эффективности (повышения надежности энергоснабжения, качества энергоресурсов и энергетических услуг, экономической эффективности, управляемости энергетических систем, активности потребителей), но с использованием новых возможностей, которые предоставляют современные интеллектуальные технологии и средства

Ожидаемые выгоды при реализации концепции Smart Grid в США

ЭЭС сегодня	Источник эффекта	ЭЭС на базе концепции Smart Grid
Менее 13 %	Доля используемых возобновляемых источников энергии	Более 30%
Менее 1 %	Уровень использования генерации потребителей	Более 10%
50 %	Уровень использования активов магистральных сетей	80%
30 %	Уровень использования активов распределительных сетей	80%
47 %	Уровень участия потребителя	90%
0,41	Энергоемкость ВВП (кВт·ч / $ВВП)	0,2

Ожидаемые эффекты реализации Концепции интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью

- Снижение потерь в электрических сетях всех классов напряжений на 25%, в том числе в основной сети с 4,8% до 3,6%
- Увеличение пропускной способности линий основной сети на 30%
- Снижение вероятности системных аварий на 30%
- Снижение аварийного недоотпуска электроэнергии потребителям в 2 раза
- Снижение объема новых вводов на электростанциях на 3 -5 % за счет сокращения потребности в резервной мощности

Реализация Концепции планировалась в течение 20-25 лет

Логика взаимосвязей блоков КПНИ

- Технологической основой ИЭС являются инновационные энергетические технологии, важнейшей задачей является их системное сопоставление
- Принципиально новое качество в использовании инновационных энергетических технологий и созданных на их основе ИЭС появляется в результате применения интеллектуальных информационно-коммуникационных технологий
- Важнейшим средством обеспечения эффективности функционирования и развития ИЭС является эффективное управление и выбор оптимальных решений с использованием аналитических методов и методов искусственного интеллекта

- Инновационные средства производства, передачи, распределения, накопления и потребления энергии

+

- Новые средства измерений, передачи, обработки и представления информации

+

- Современные информационные и компьютерные технологии

+

- Новые методы и средства управления режимами энергетических систем

+

- Активные потребители

Логика взаимосвязей блоков КПНИ

- Методической основой развития ИЭС и управления ими является эффективная методология, включающая структуру задач, теоретические принципы, модели и методы их решения
- Важным аспектом, ориентированным на комплекс требований к ИЭС со стороны потребителей, являются проблемы исследования надежности энергоснабжения и энергетической безопасности
- Актуальным направлением является комплексный анализ приоритетов интеллектуальной энергетики в рамках ТЭК и формирование необходимых направлений энергетической политики, способствующих реализации соответствующих приоритетов

- Инновационные средства производства, передачи, распределения, накопления и потребления энергии

+

- Новые средства измерений, передачи, обработки и представления информации

+

- Современные информационные и компьютерные технологии

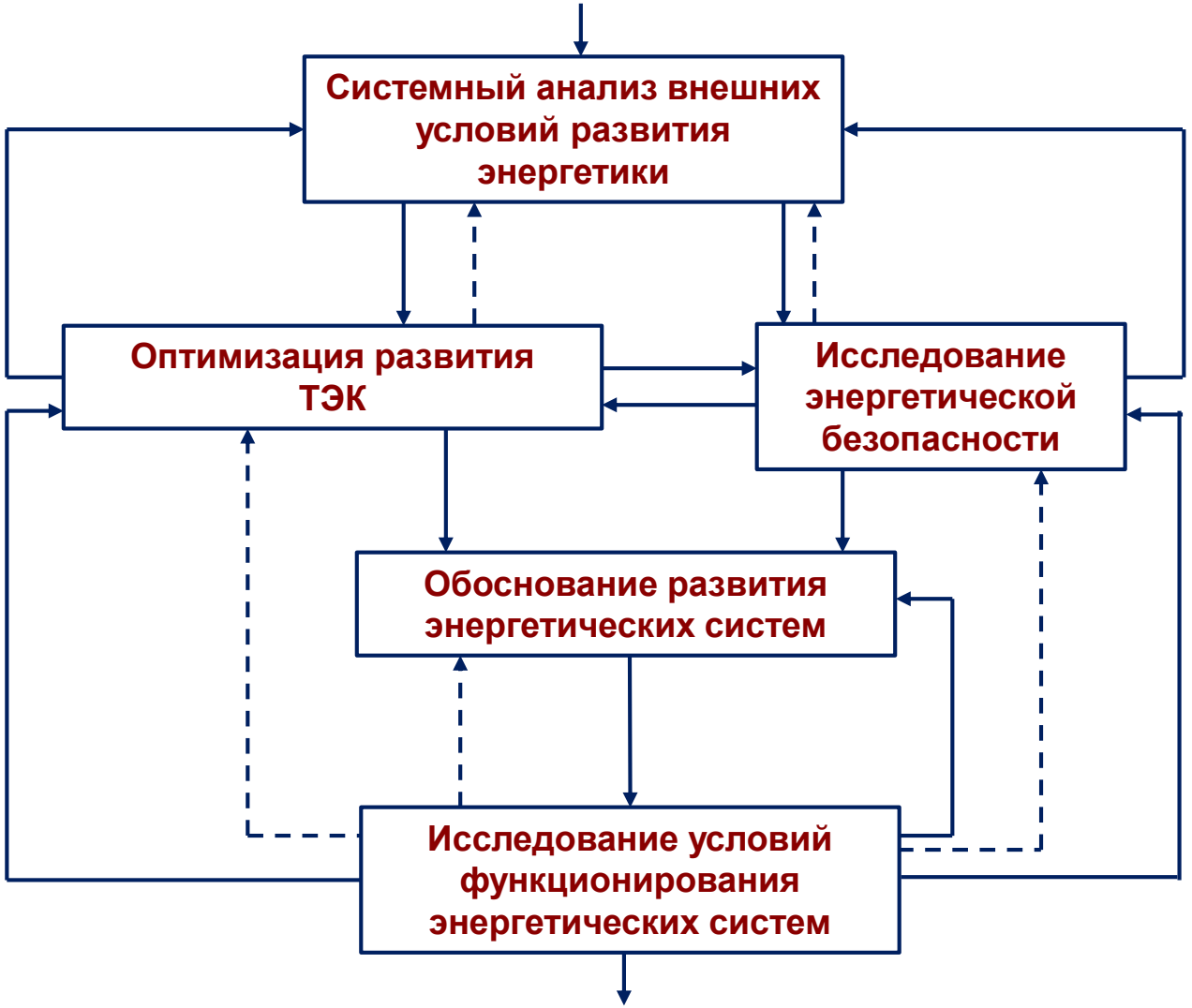
+

- Новые методы и средства управления режимами энергетических систем

+

- Активные потребители

Общая схема исследований интеллектуальных энергетических систем



Типы моделей

- балансовые
- экспертный анализ

- балансовые
- потоковые

- балансовые
- потоковые

- потоковые
- физические

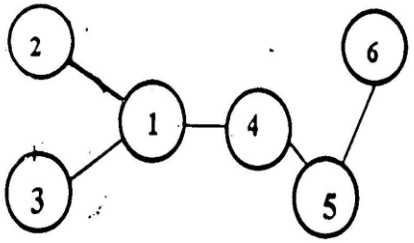
Общие требования к содержанию исследований по блокам КПНИ

- Сформулировать обоснованное комплексное, цельное представление о сути и взаимосвязи проблем, рассматриваемых в блоке
- Обосновать необходимость, исключительную важность исследований именно по темам тех проектов, которые заявлены в блоке
- Обосновать и сформулировать схему проводимых в блоке исследований, этапы исследований, ожидаемые результаты и др.
- Обосновать перечень результатов, характеристик, параметров и т.п., которые по результатам исследований в блоке должны быть переданы в другие конкретные блоки КПНИ
- Обмен данными между этапами общей схемы исследований традиционный с поправкой на результаты интеллектуализации (см. следующий слайд)

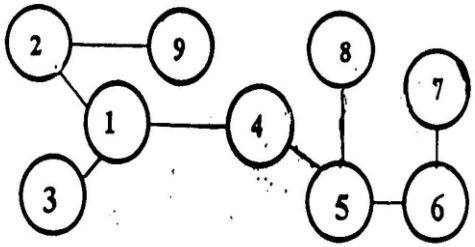
Что передается от физических к балансовым и потоковым моделям?

Уровень 1

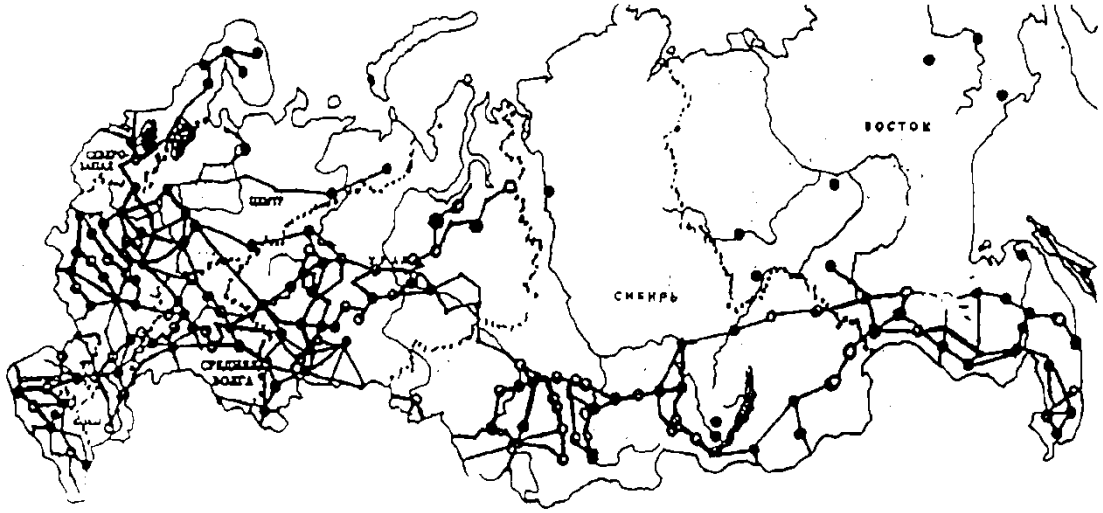
Традиционный



Уточненный



Уровень 0



От физических к балансовым и потоковым моделям энергетических систем передаются

- уточненные с учетом интеллектуализации значения резервов генерации и пропускных способностей межсистемных связей, детализированные по конкретным подсистемам и для характерных режимов в различных условиях

- рекомендации по структуре подсистем и связей между ними в балансовых и потоковых моделях

Спасибо!