

Технологическое устройство электроэнергетической отрасли

Введение

Электроэнергетика – единственная отрасль, где в реальном времени соединены производство, передача, потребление

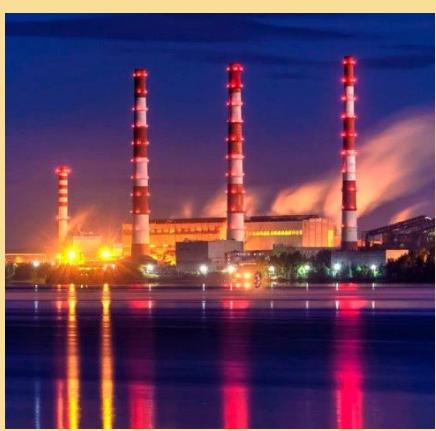
Критерий качества:

50 Гц (потребление = производству)

Производство электроэнергии

Типы электростанций с генератором

ТЭС



АЭС



ГЭС



ВЭС

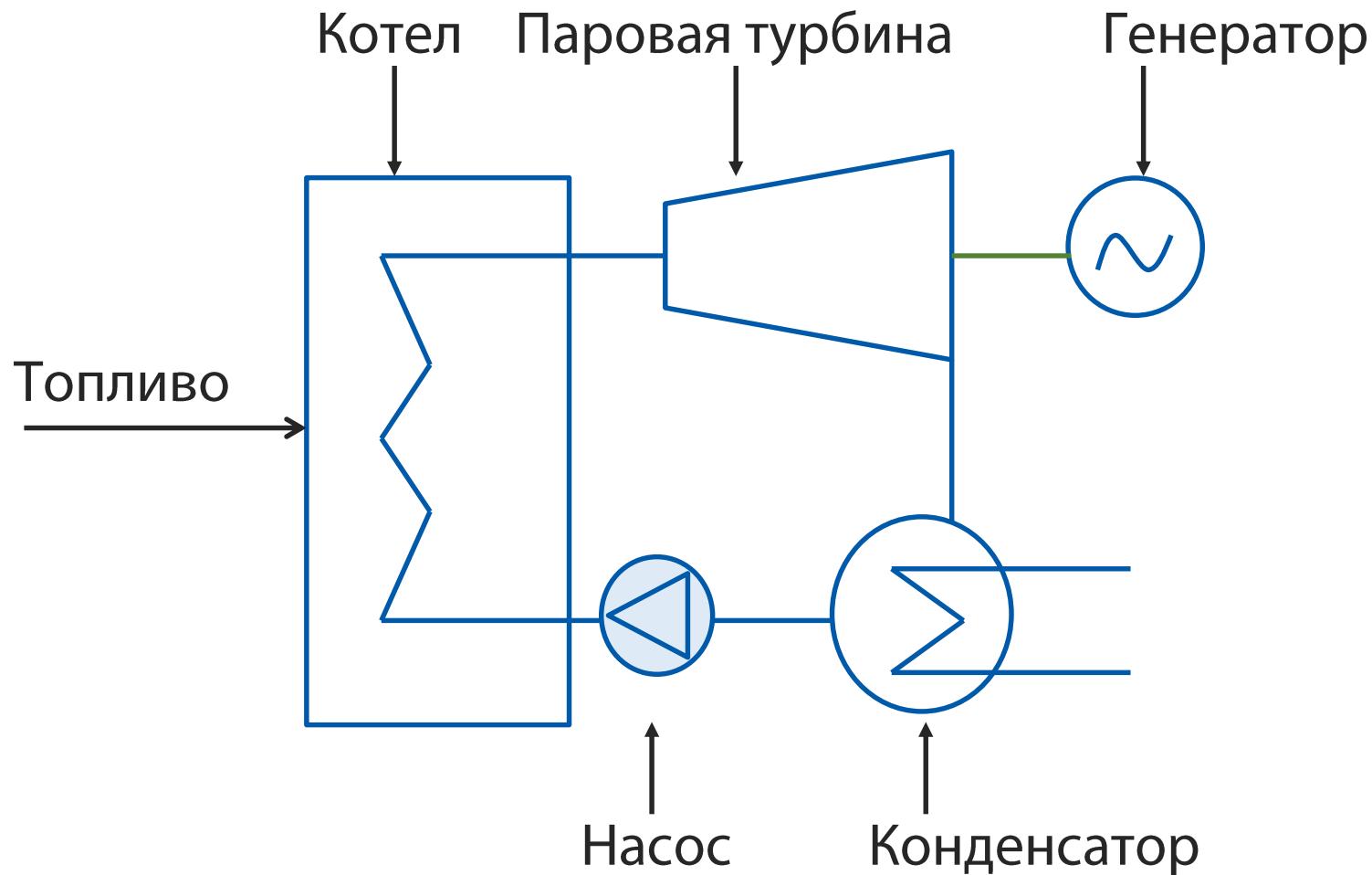


ГРЭС

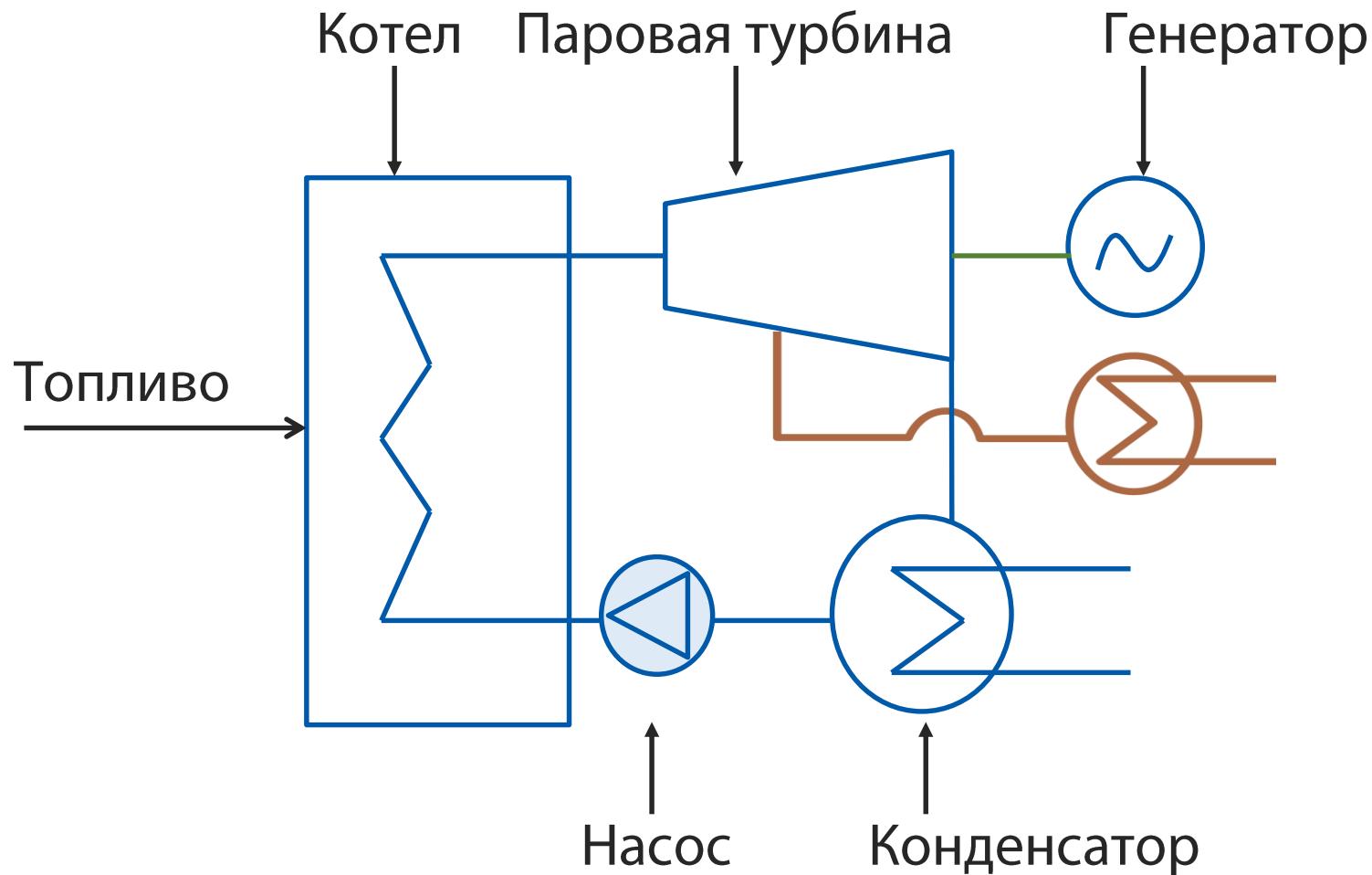


ТЭЦ

Производство электроэнергии ТЭС (ГРЭС)

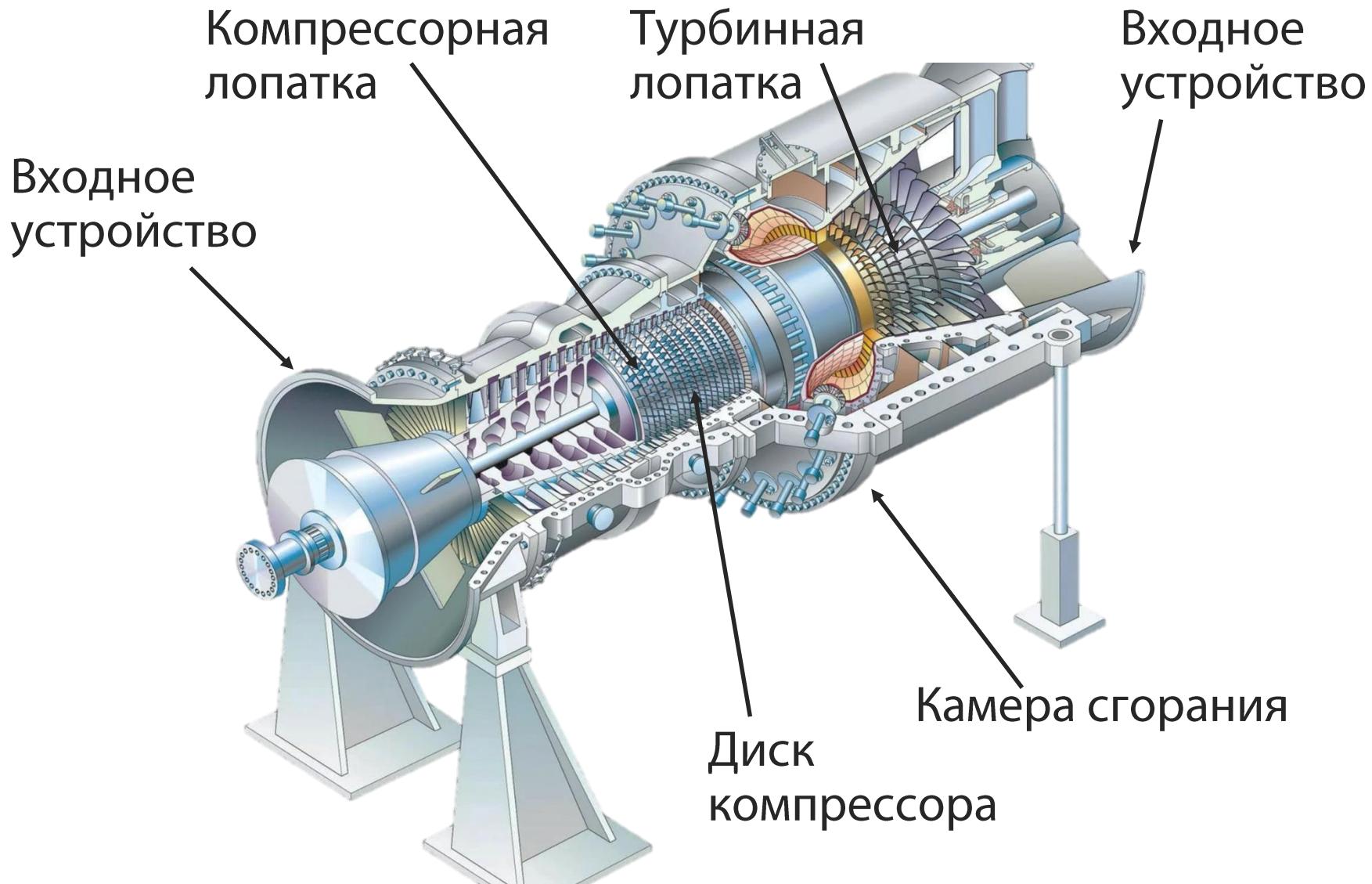


Производство электроэнергии ТЭС (ТЭЦ)

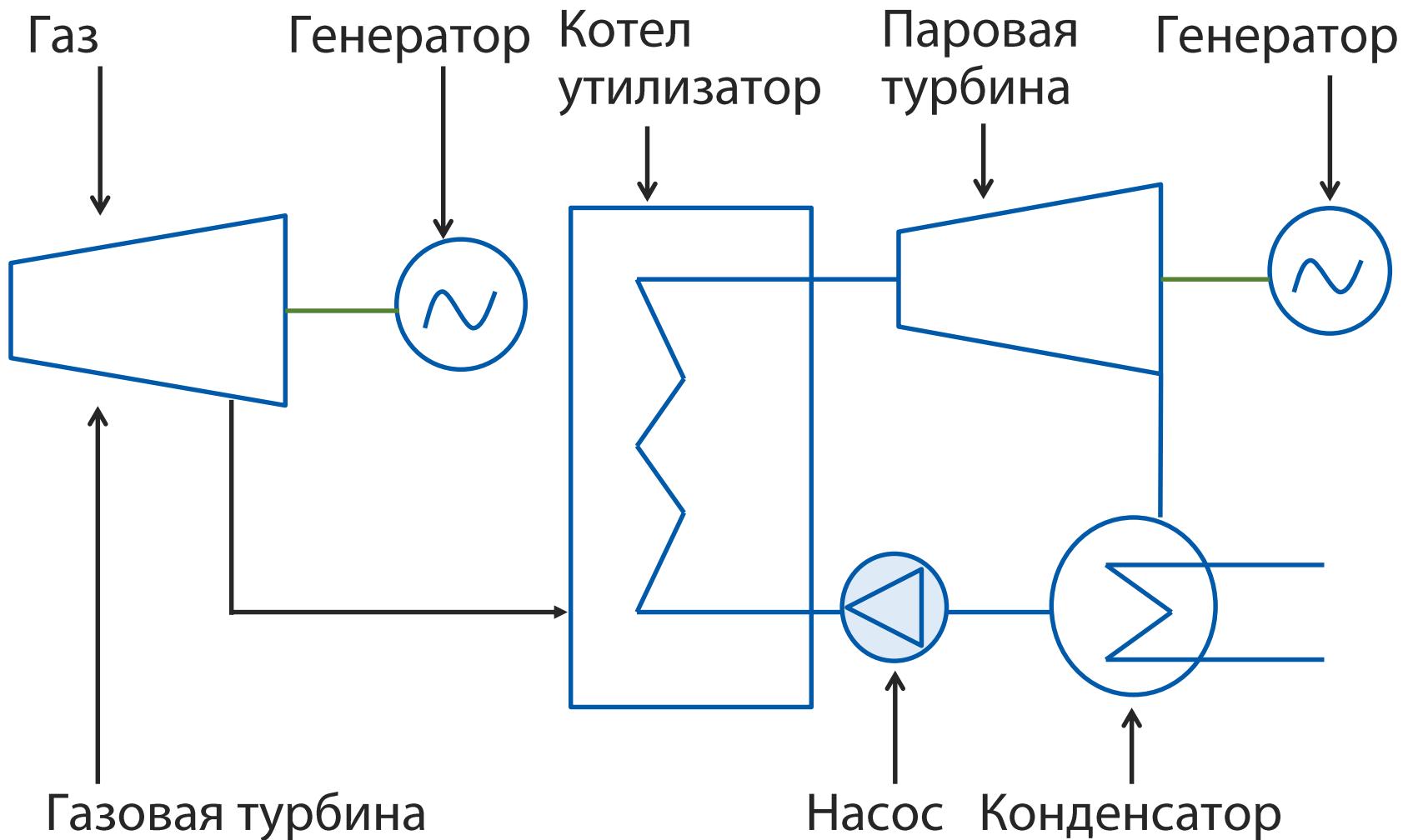


Производство электроэнергии

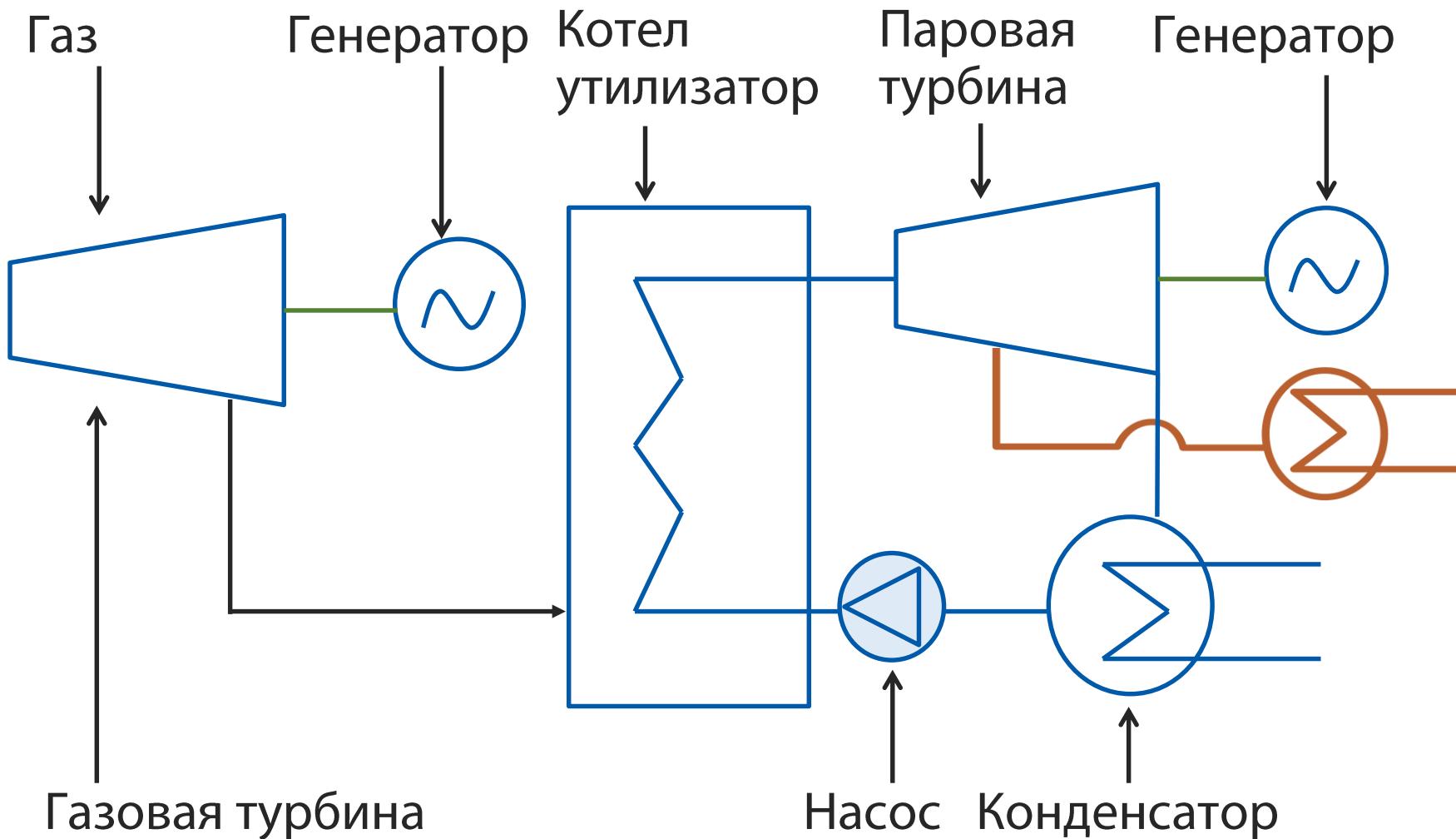
Принцип работы газовой турбины



Производство электроэнергии ТЭС (ПГУ)

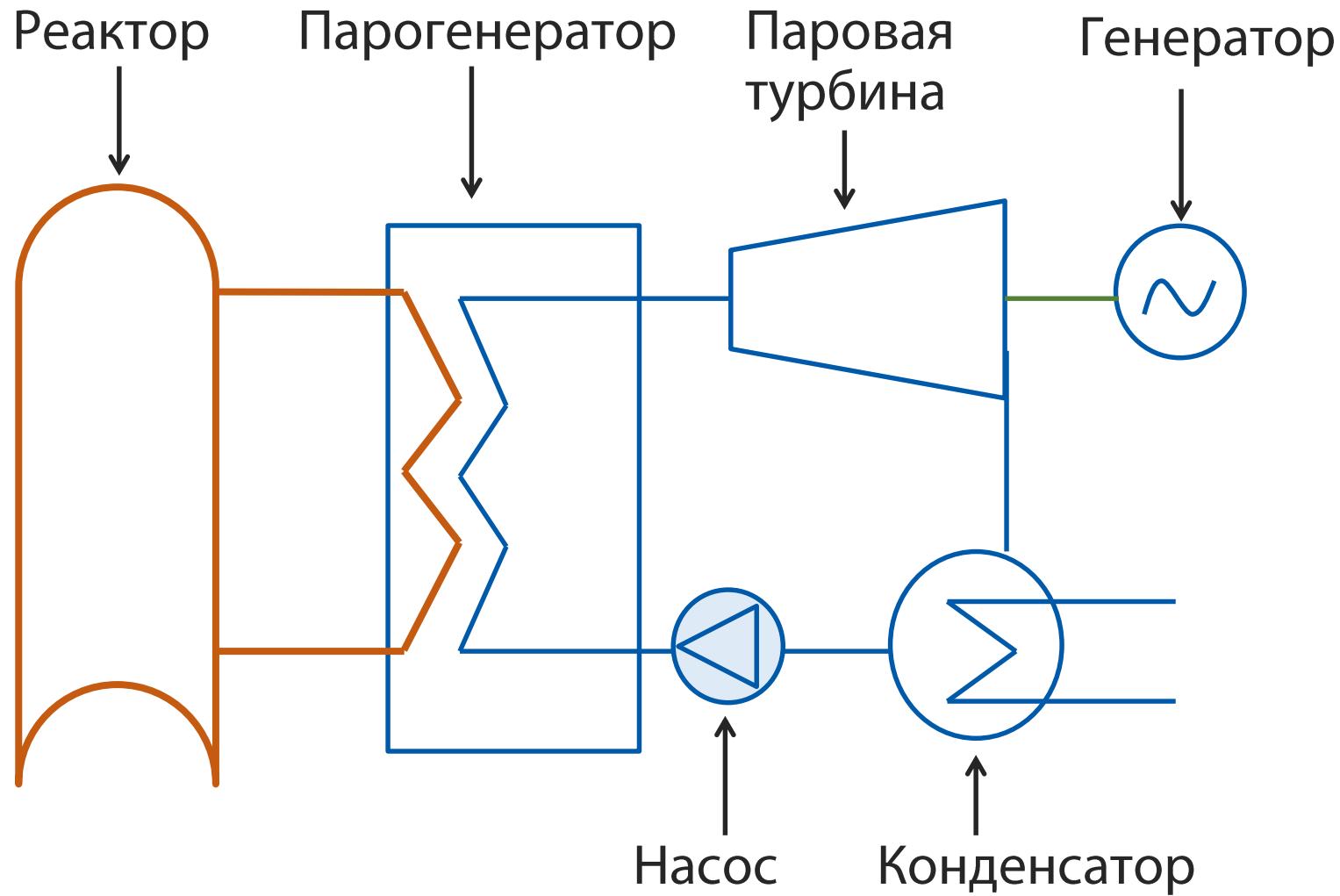


Производство электроэнергии ТЭС (ПГУ-ТЭЦ)

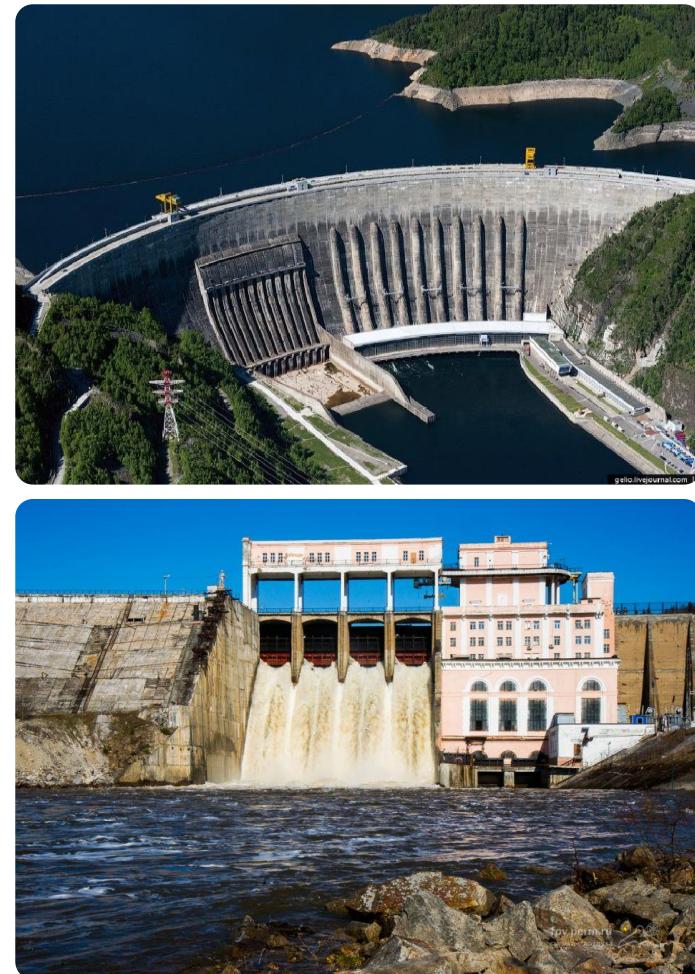
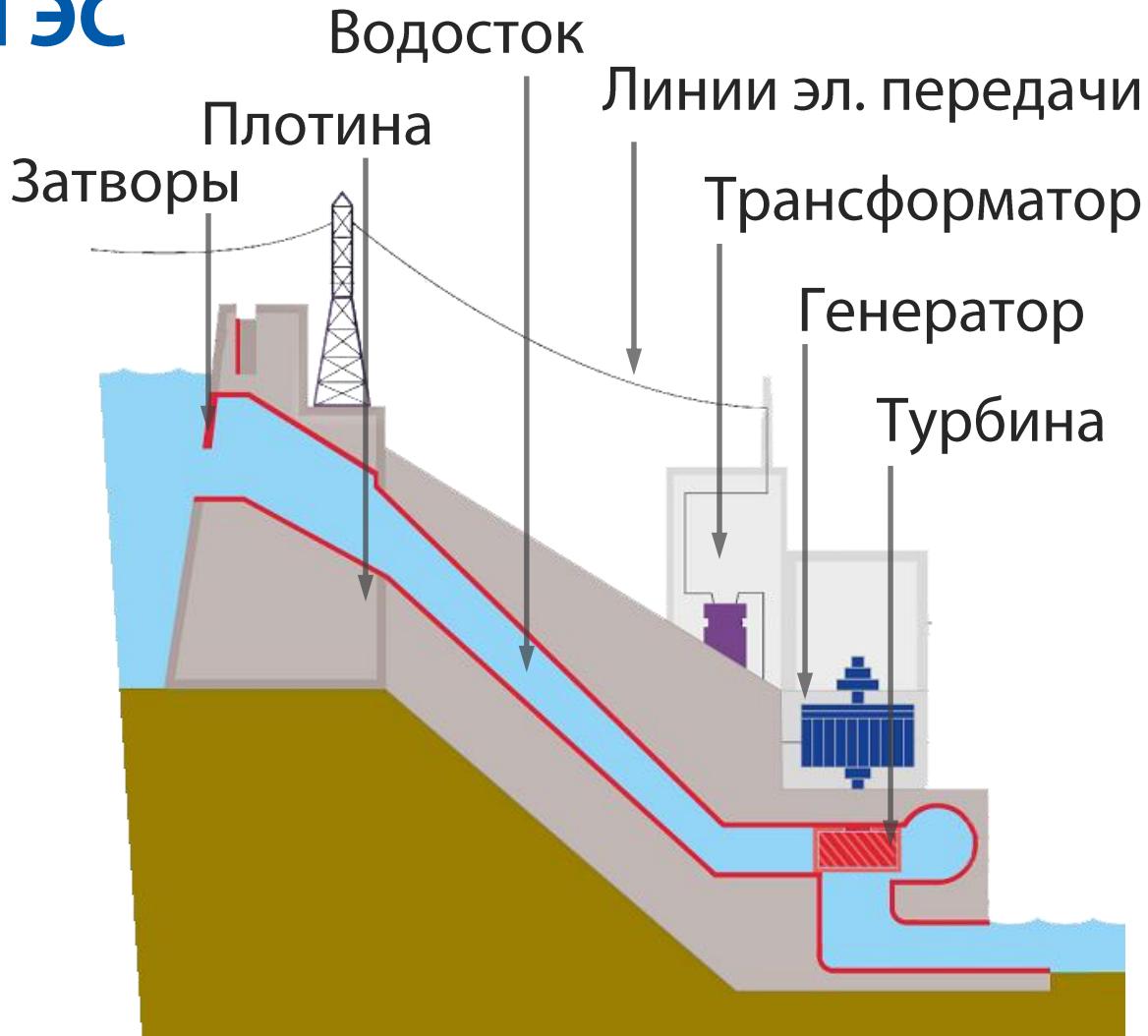


Производство электроэнергии

АЭС



Производство электроэнергии ГЭС



Производство электроэнергии ВЭС



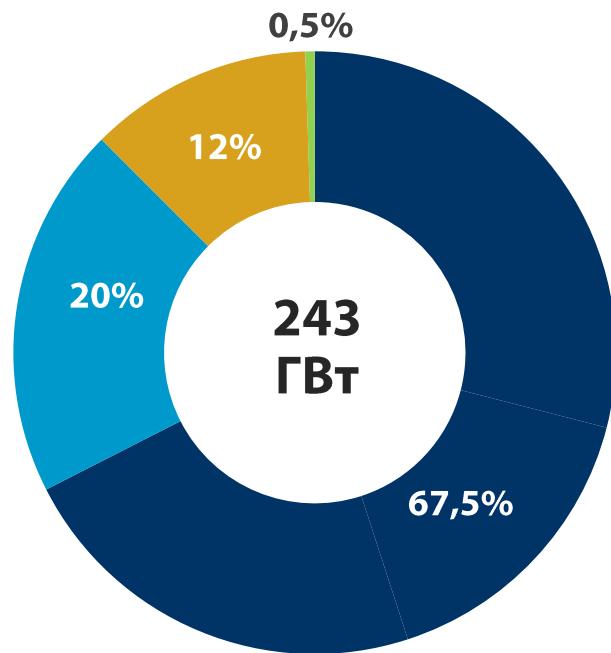
Производство электроэнергии СЭС (фотоэлектрические станции)



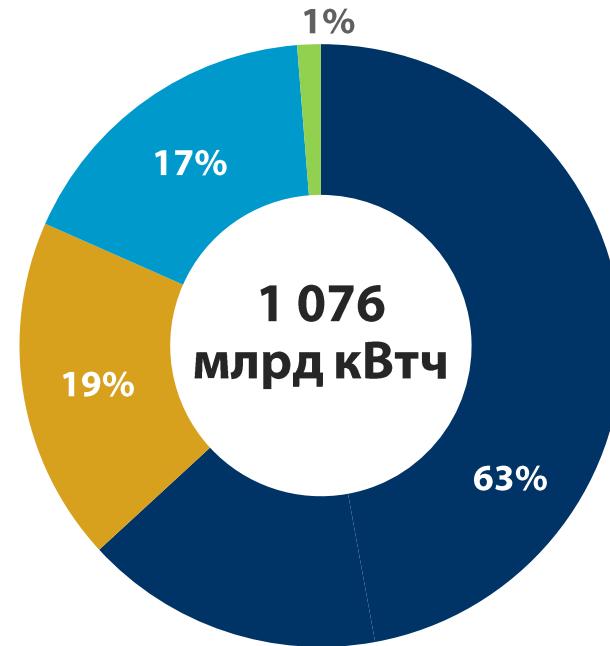
Производство электроэнергии

Структура установленной мощности ЕЭС России в 2018

Установленная
мощность



Выработка



■ ТЭС ■ ГЭС ■ АЭС ■ ВИЭ (ветер + солнце)

Передача электроэнергии

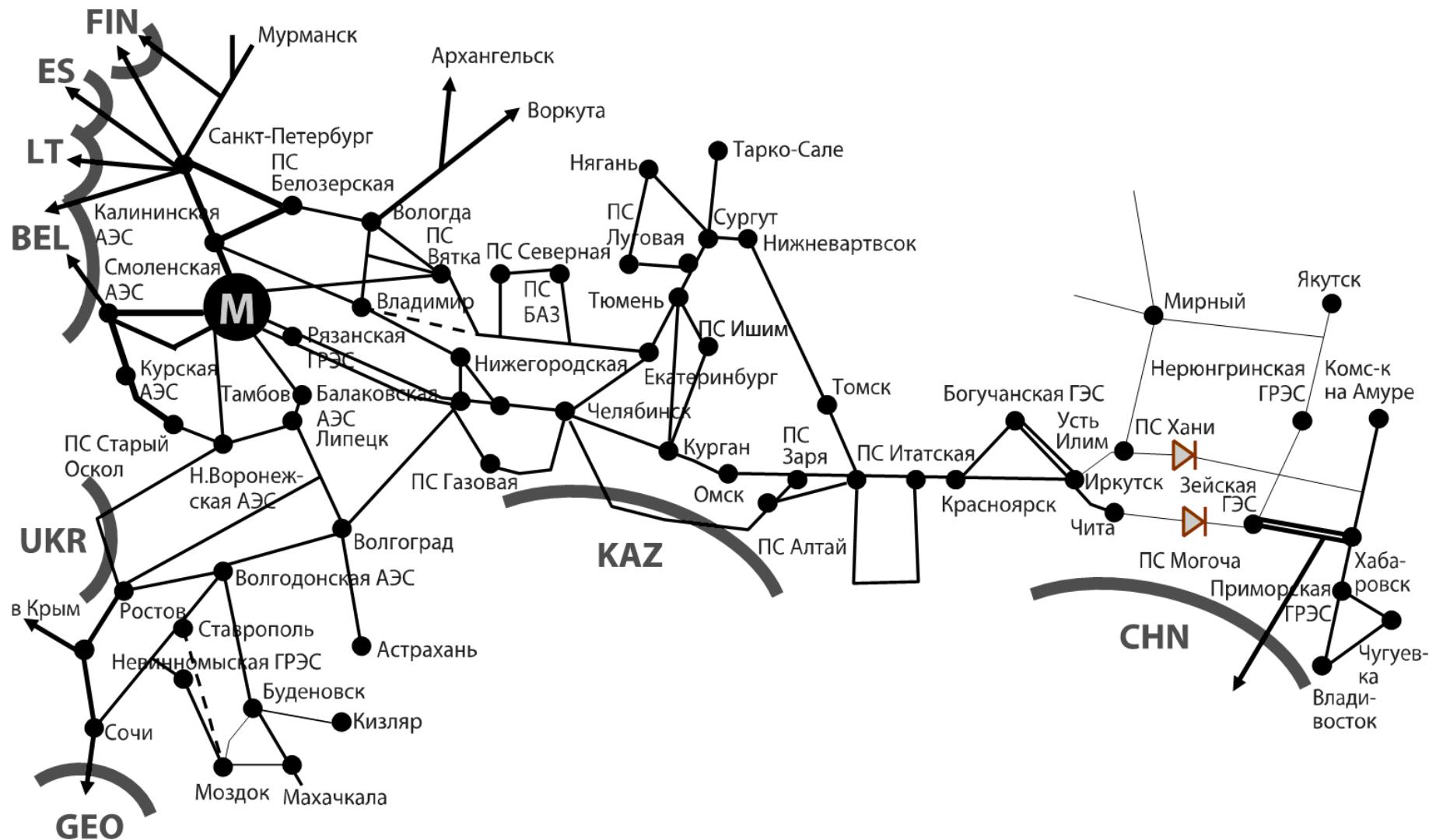
Передача электроэнергии

- Удаленность центров потребления от центров генерации
- Переменный ток дал возможность передавать энергию на большие расстояния
- В 1956 году в СССР принято решение о создании ЕЭС
- ЕНЭС России – одна из крупнейших электросетевых систем в мире

Протяженность сетей (тыс км)	
Всего	>2 500
включая:	
750 кВ	4
500 кВ	39
330 кВ	13
220 кВ	84
110 кВ	270

Передача электроэнергии

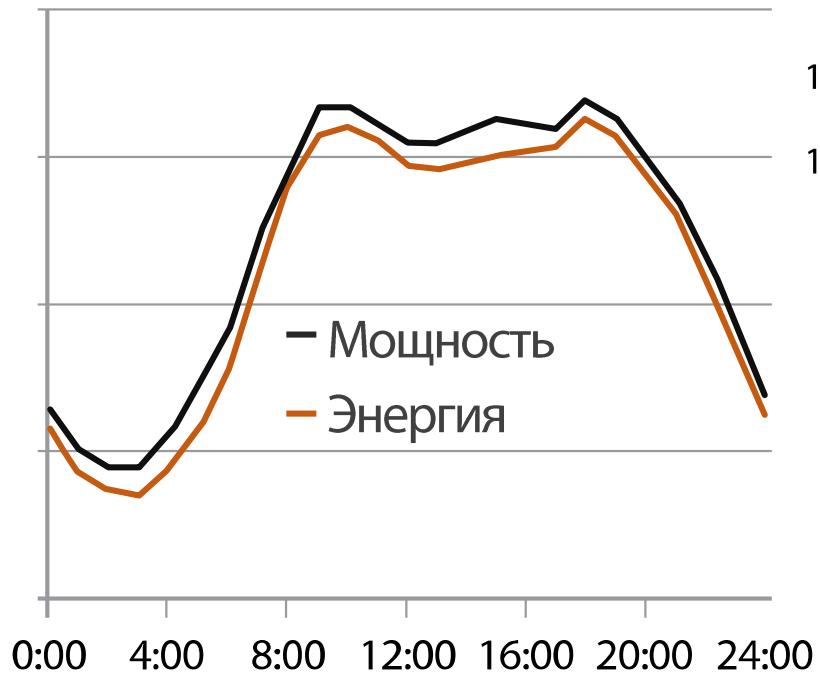
Схема основной электрической сети



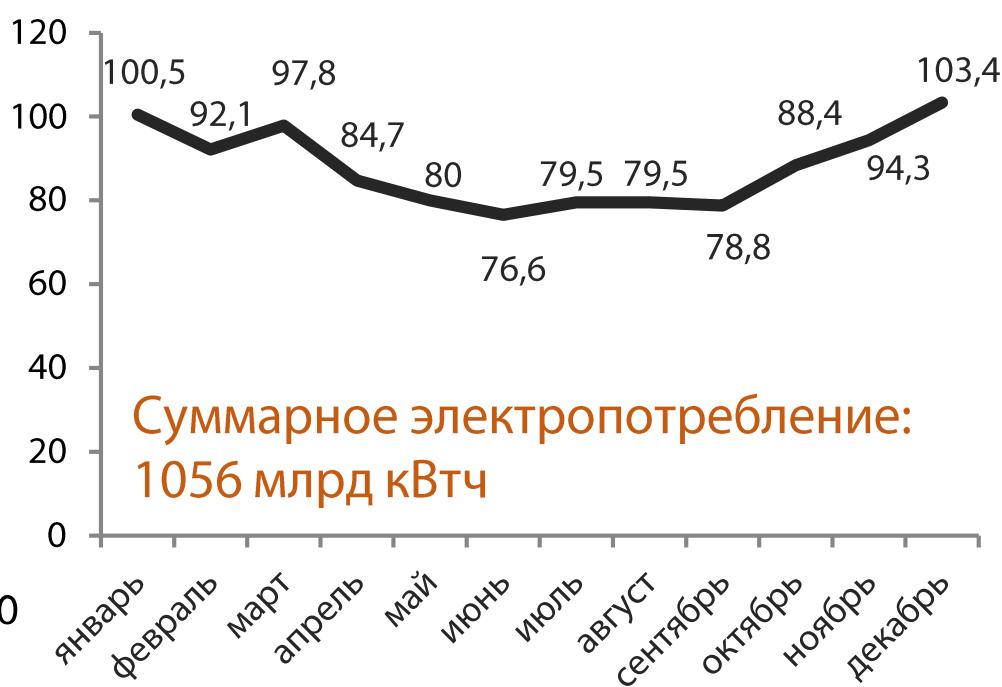
Потребление электроэнергии

Потребление электроэнергии

Суточный профиль потребления в ЕЭС России



Сезонный профиль потребления в ЕЭС России в 2018

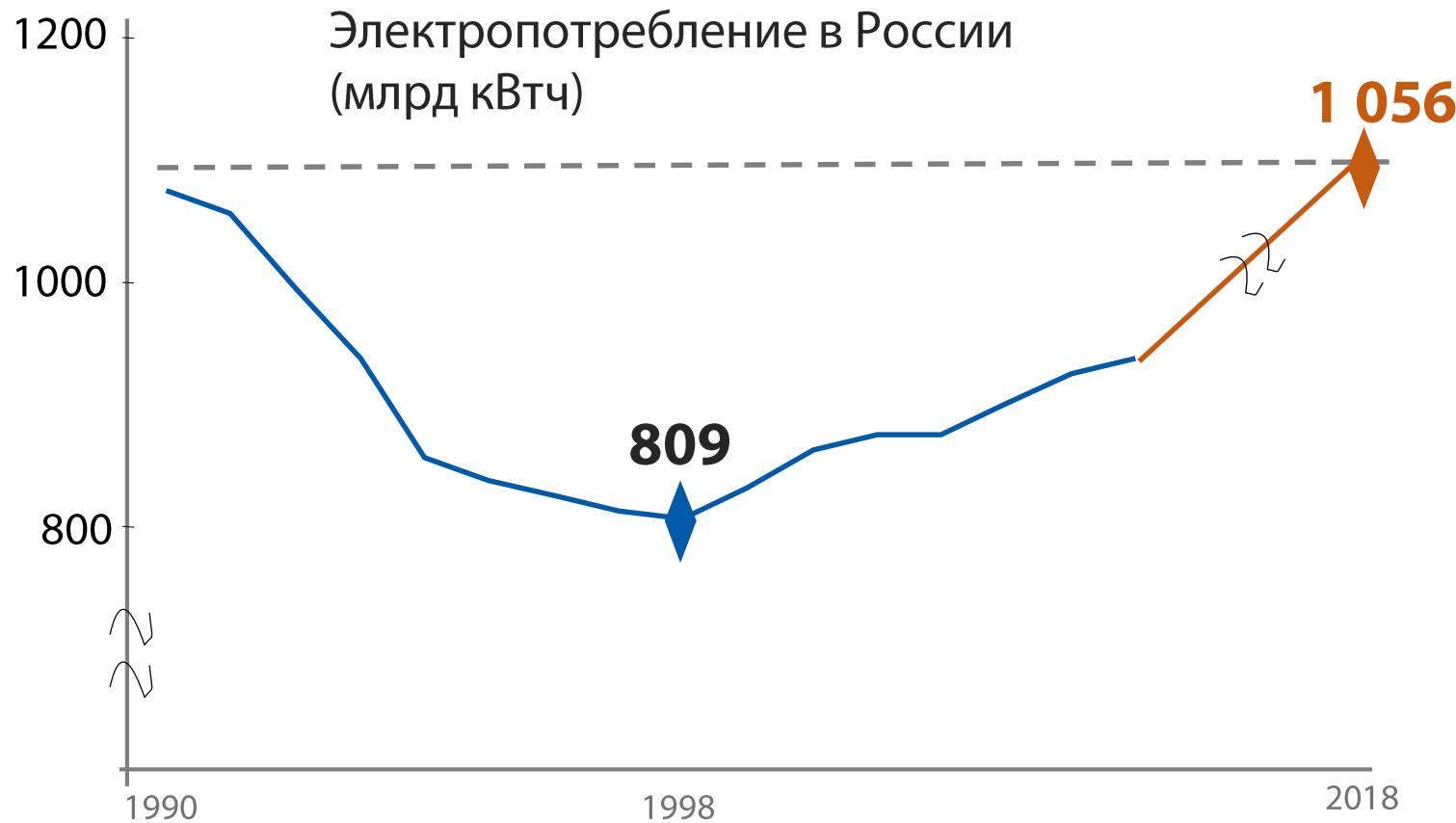


Диспетчеризация

- СО-ЦДУ на 100% контролируется государством
- Централизованный функционал по обеспечению режимов работы ЕЭС
- Иерархия управления объектами ЕЭС
- Приоритет решений диспетчера над экономической мотивацией отдельных участников ЕЭС с последующей оплатой
- В ходе преобразований проведена масштабная автоматизация и реализована оптимизация региональных управлений

Состояние электроэнергетики перед реформой

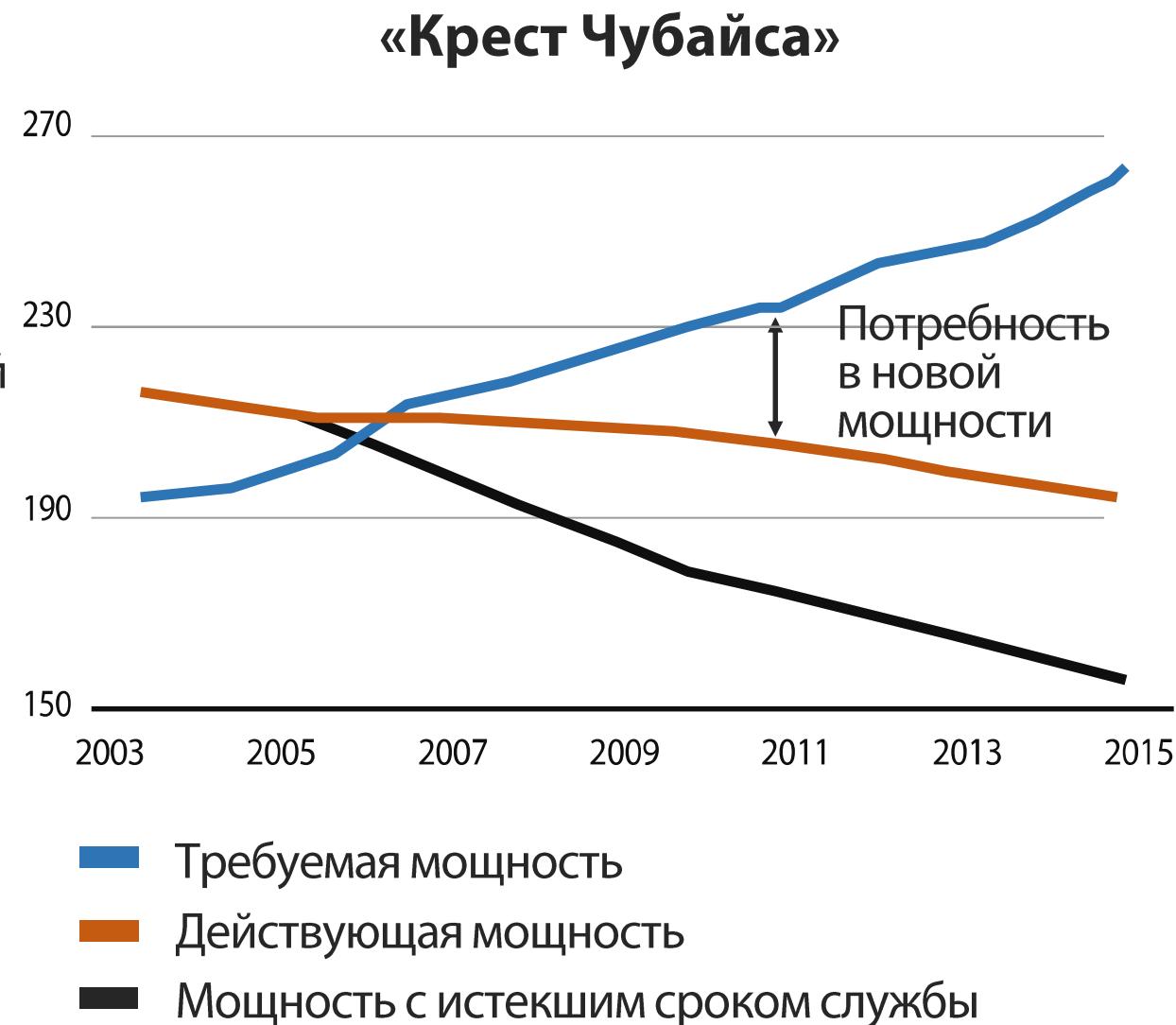
Резерв мощности в 1990-е – советское наследство



Падение электропотребления в 1990-е создало
большой резерв мощности в энергосистеме

Рост электропотребления в 2000-е создал угрозу исчерпания резерва мощности

- Крупнейшая авария в энергосистеме (ПС Чагино, 2005 г.)
- Ограничения потребления зимой 2006 в ряде регионов
- Возникновение точек дефицита мощности и высоких рисков в ряде регионов



Авария на ПС Чагино в 2005 г.

**Совпадение
двух отдельных
аварий**

**Пожар на ПС
Чагино 500 кВ
(возгорание
трансформаторов)**

**Отключение ПС
Очаково 500 кВ
(падение дерева
на опору ЛЭП)**

**Отсутствие САОН
в Московской
энергосистеме**



Каскадная авария, затронувшая Москву, Подмосковье, Рязанскую, Тульскую и Калужскую области

- Отключение еще 4 ПС 500 кВ в Подмосковье
- Падение напряжения до 90кВ в сетях 110 кВ в Москве
- Потеря генерации на 14 электростанциях в Москве, 4 ТЭЦ и ГРЭС в Тульской, Калужской и Рязанской областях
- Полностью обесточена Тула, а также 34 района Московской области
- Отключение промышленных потребителей, включая Московский НПЗ, Ступинский меткомбинат, крупные молокозаводы и мясокомбинаты, литейные производства и пр.
- Отключение 52 из 170 станций московского метрополитена
- Перебои в работе коммунальной инфраструктуры (вода, канализация)
- Совокупная оценка ущерба порядка 200 млн \$

Введение графиков ограничения потребления в ОЗП 2005-2006

Энергосистема	Дата	Макс. величина ограничений
Тюменьэнерго	09.01.06 23.02.06	126 МВт
Челябэнерго	12.01.06 18.03.06	30,4 МВт
Мосэнерго	17-27.01.06 02-03.02.06 06-10.02.06	497 МВт
Ленэнерго	19-25.01.06	244 МВт
Россия – Финляндия (снижение перетока через Выборский ПК)	19-21.01.06 23.01.06	400 МВт
Россия – Финляндия (снижение перетока по ВЛ 110 кВ от станций ТГК-1)	18-25.01.06 07-10.02.06	95 МВт
Сахалинэнерго, Камчатскэнерго	многократно	

Регионы высоких рисков нарушения электроснабжения ОЗП 2008/2009

Ленинградская ЭС
(Центральный
энергорайон
С.-Петербурга)

Московская ЭС

Кубанская ЭС
(Юго-западный
район)

Дагестанская ЭС

Нижегородская ЭС
(Семеново-Борский
узел)

Тюменская ЭС
(Северный, Ноябрьский,
Когалымский, Сургутский,
Нижневартовский, Нефтеюганский,
Урайско-Няганский энергорайоны)

Камчатская ЭС
Сахалинская ЭС
Приморская ЭС



Режим ЕЭС в 1991 году:

- 542 случая ограничения потребителей
- 455 случаев отключения потребителей
- Продолжительность работы с частотой:
 - ниже 49,5 Гц – 140:30 ч. м.
 - 49,5 - 49,8 Гц – 318:00 ч. м.
 - выше 50,2 Гц – 35:30 ч. м.
- Годовой максимум нагрузки зафиксирован при частоте 49,40 Гц

Для чего была осуществлена реформа Программы развития

Программа
повышения
надежности
ЕЭС

Региональные
программы развития
энергосистем

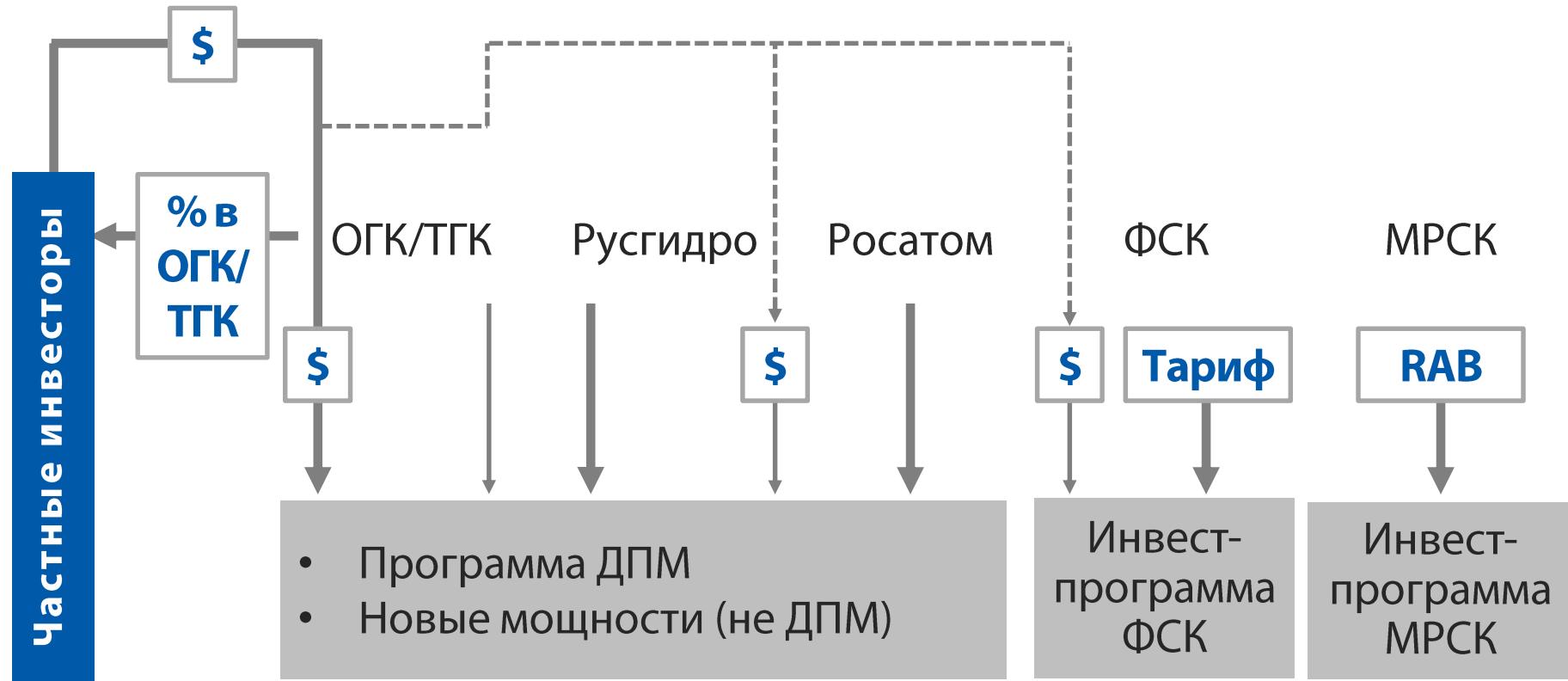
Генеральная
схема 2020

- Москва
- Санкт-Петербург
- Тюмень
- Приморье
- Краснодарский край

Благодаря программам развития
реформа электроэнергетики обрела смысл

Для чего была осуществлена реформа

Привлечение инвестиций



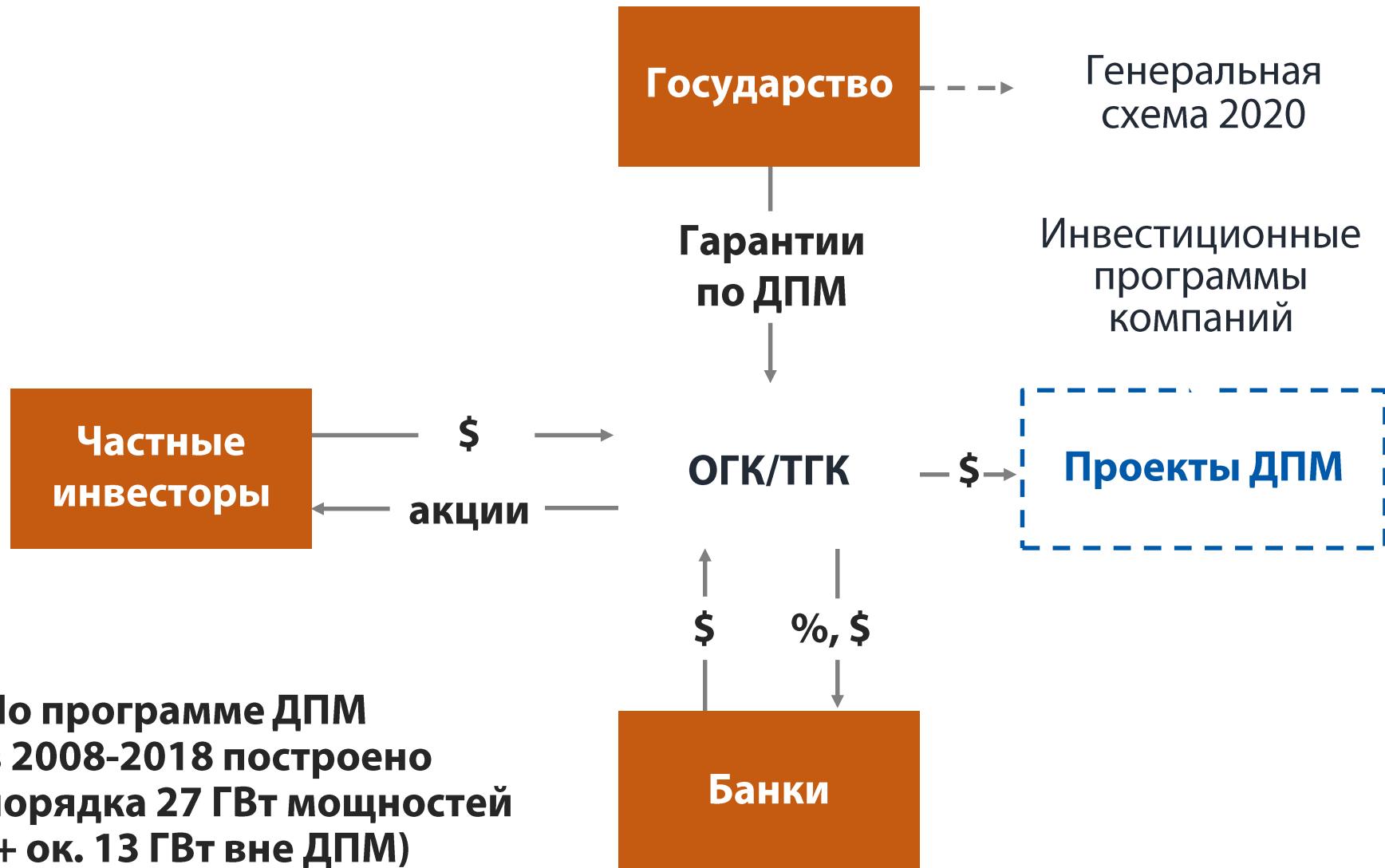
Реформа позволила привлечь в отрасль **< 1 трлн. рублей** только от частных инвесторов

В 2008-2018 построено:

≈ 40 000 км ВЛ 220-750кВ

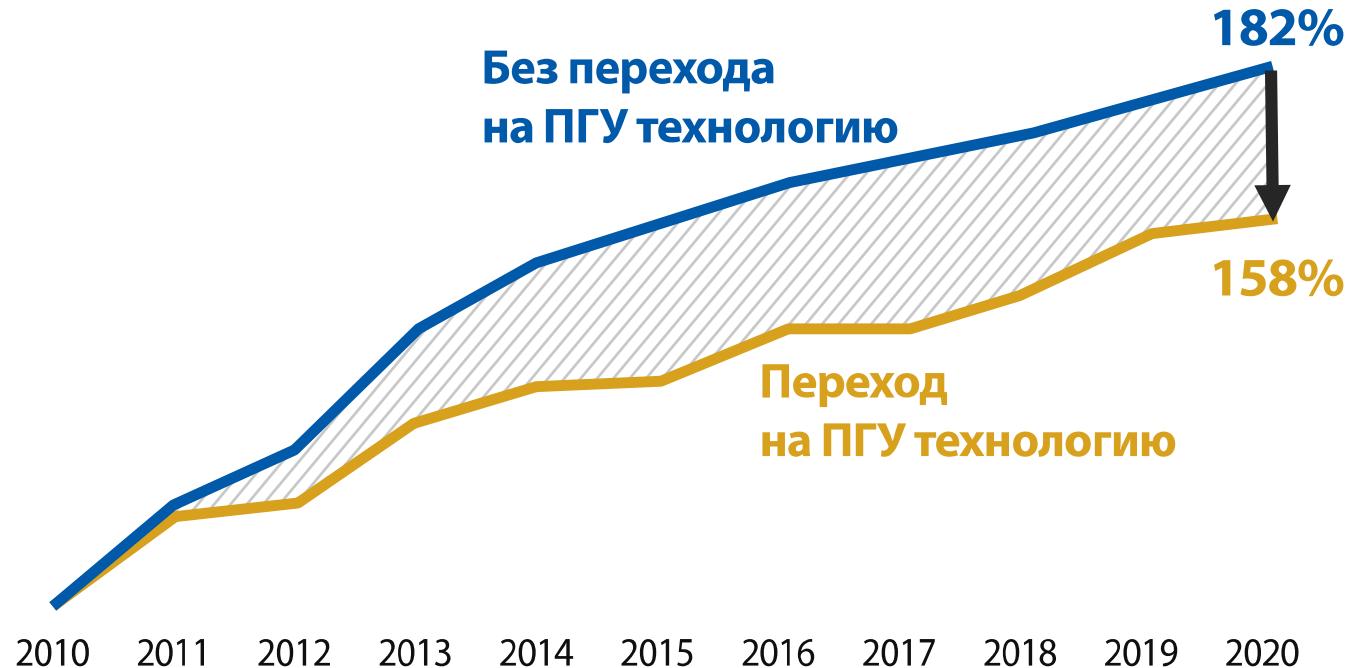
≈ 80 000 МВА мощности ПС/ТП

Для чего была осуществлена реформа Строительство новых мощностей (ДПМ)



ДПМ-1 показал, что реализованные проекты ничего не стоили потребителям из-за роста эффективности генерации

- цена на природный газ
- цена электроэнергии на РСВ



Экономия
потребителей
1 трлн руб.

Капитальные
вложения
по программе
ДПМ-1
≈ 1 трлн руб.

За 2010-2020 гг. при росте цены газа 182% рост цены электроэнергии составил 158% за счёт повышение эффективности производства электроэнергии и конкурентного механизма ценообразования в конкурентном секторе рынка э/э

Результаты реформы

Ключевые параметры

	1998	2008	2018
Количество аварий в сетях 110 кВ и выше (ед)	н/д	~20 000	14 350
Удельный расход топлива (гр/кВтч)	345	340	309
Время присоединения к сетям (дней)	272 (2010* г.)	73	

*Год начала мониторинга доступа к электроснабжению в отчетах Doing Business

Пример «Фортум»

Результаты реформы

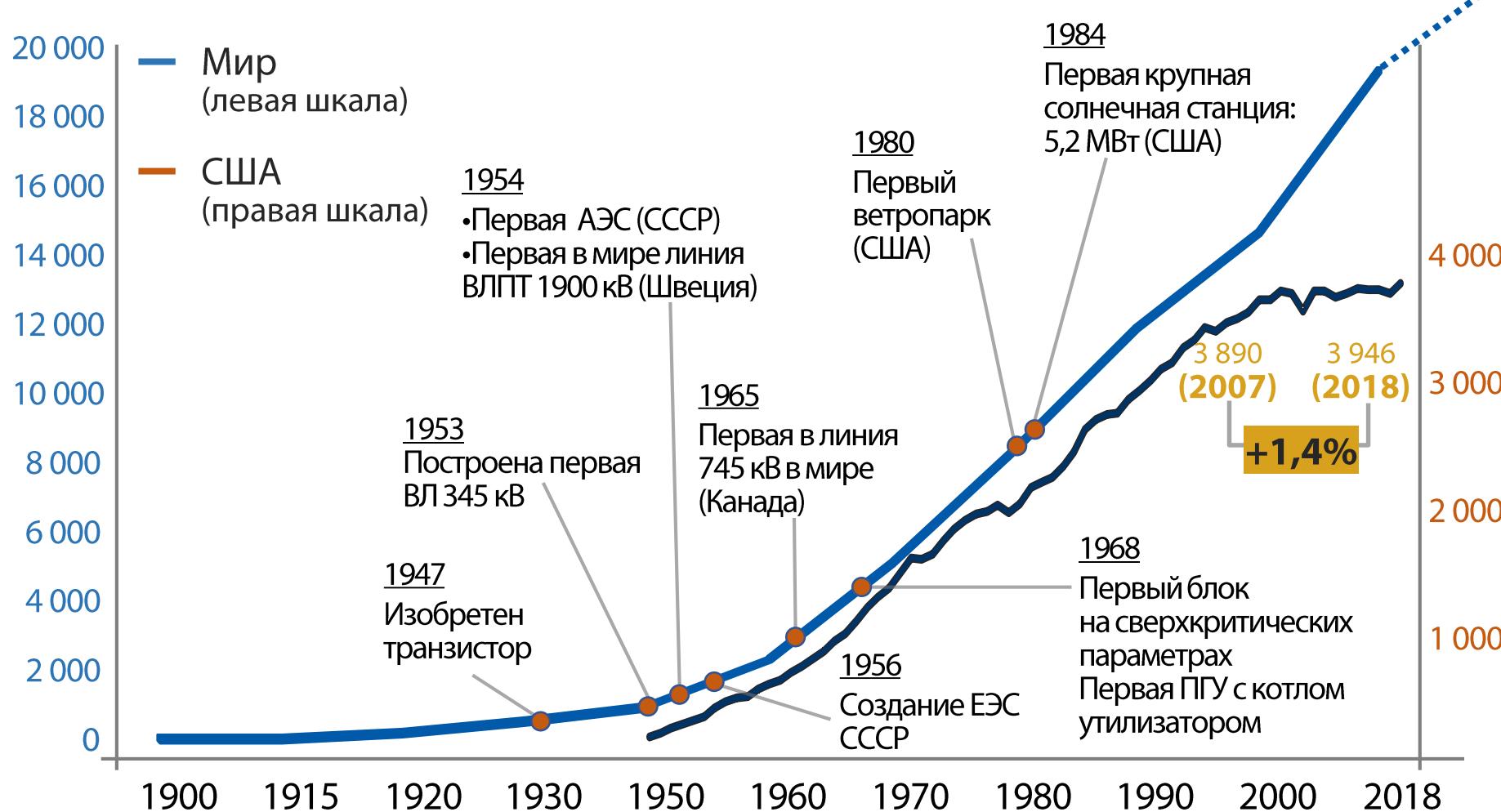
Технологическое и организационное единство

Сформирована структура отрасли, обеспечивающая технологическое единство и надежность в условиях рынка:

- СО-ЦДУ (мозг)
- Сеть ЕНЭС (опорный аппарат)
- НП АТС и Сбыты, т.е. деньги (кровеносная система)
- НП Совет рынка (нервная система)

Будущее

Динамика электропотребления в мире, млрд. кВтч



При всем развитии технологий, последние десятилетия системных прорывов в энергетике не было...

Будущее

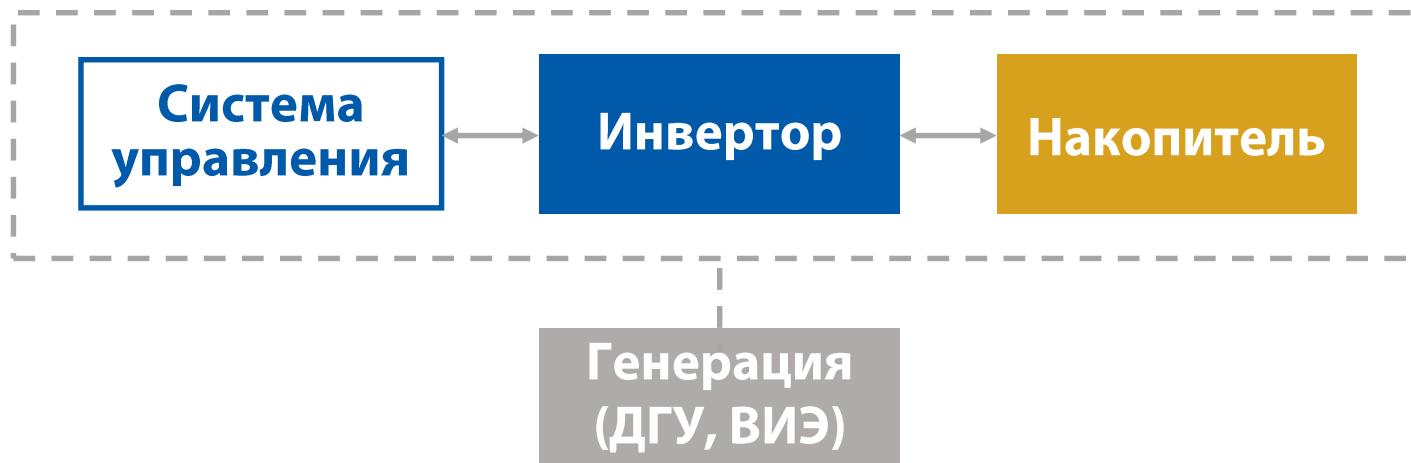
Новые технологии

- Термояд
- Сверхпроводимость
- Системы накопления энергии
- Водородная энергетика

Будущее

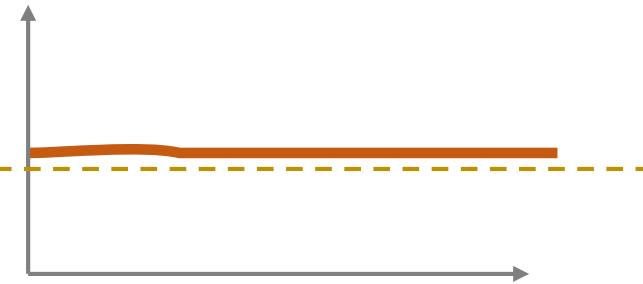
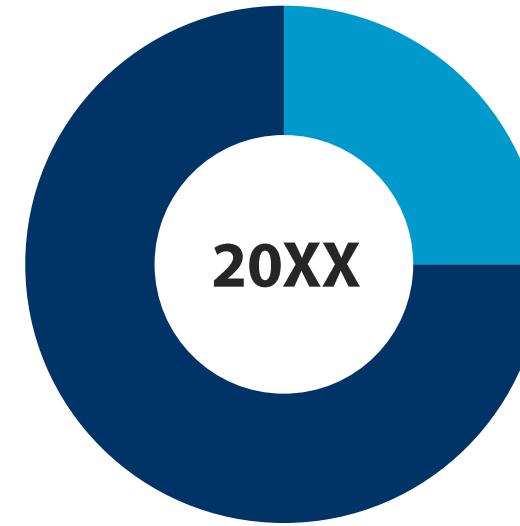
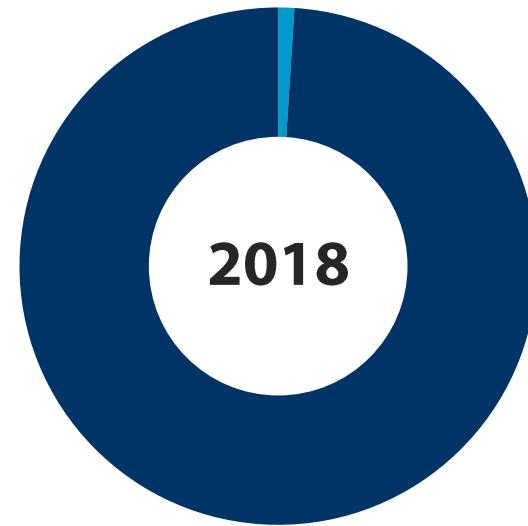
Системы накопления энергии

Система накопления энергии (СНЭ)



- Выравнивание графика потребления
- Источник мощности при ее дефиците во внешней сети
- Обеспечение требуемых параметров качества электроэнергии (частота, напряжение)
- Арбитраж (использование разницы дневного и ночного тарифов)

Будущее Новый потребитель



■ Выработка в ЕЭС ■ Выработка альтернативными источниками

Будущее

Продолжение реформ

Реформа РАО завершилась,
но в настоящее время продолжаются процессы,
имеющие ключевое значение для отрасли:

- Термальный рынок:
внедрение механизма альтернативной котельной
- Демократизация розничных рынков электроэнергии
- Модернизация генерирующих мощностей и сетей