

Перспективные направления в энергосбережении и повышении энергоэффективности при внедрении объектов РГ, в том числе на базе возобновляемых источников энергии

Илюшин Павел Владимирович

Заместитель Генерального директора –
Главный инспектор
ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС», к.т.н.,
руководитель подкомитета С6 РНК СИГРЭ,
руководитель подкомитета ПК-5
ТК 016 «Электроэнергетика» Росстандарта

Казань, 2015





Мероприятия по оптимизации энергоснабжения предприятия

Внедрение объекта РГ – самое дорогое из мероприятий по оптимизации процесса энергоснабжения предприятия, поэтому его целесообразно реализовывать только после проведения менее трудоемких и дорогостоящих мероприятий

Шаги	Цель	Область оптимизации	Регулирование
<i>1. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности</i>	<i>Снижение объема потерь энергии, энергоемкости производства</i>	<i>Технологические процессы предприятия</i>	<i>ФЗ №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...»</i>
<i>2. Смена категории тарифа на покупку и/или транспорт электрической энергии</i>	<i>Снижение стоимости электрической энергии и услуг по передаче</i>	<i>Договорные отношения в области купли-продажи и транспорта электрической энергии</i>	<i>ПП РФ №442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии ...»</i>
<i>3. Смена поставщика</i>	<i>Снижение стоимости электрической энергии</i>	<i>Договорные отношения в области купли-продажи и транспорта электрической энергии</i>	<i>ПП РФ №442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии ...»</i>
<i>4. Подключение собственного источника по производству энергии</i>	<i>Собственное производство энергии с низкой себестоимостью</i>	<i>Введение нового технологического процесса на предприятии</i>	<i>ПП РФ №861 «Об утверждении правил ... технологического присоединения ... объектов по производству электрической энергии»</i>
<i>5. Продажа избытков произведенной энергии</i>	<i>Извлечение прибыли от продажи электрической и/или тепловой энергии</i>	<i>Введение нового вида бизнеса для предприятия</i>	<i>ПП РФ №442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии ...»</i>

В ряде случаев цели по снижению стоимости приобретаемой энергии могут быть достигнуты за счет изменения ценовой категории и/или поставщика электроэнергии, т.е. без строительства объекта распределенной генерации



Внедрение объектов РГ в России

Широкое распространение получают электростанции малой и средней мощности: газотурбинные (ГТЭС), газопоршневые (ГПЭС) и дизельные (ДЭС), подключаемые к распределительным электрическим сетям и/или к сетям внутреннего электроснабжения промышленных предприятий

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ:

1

Ограничение возможностей подключения новых потребителей и увеличения мощности присоединенной нагрузки к существующим распределительным сетям (наличие закрытых центров питания)

2

Необходимость обеспечения надежного электроснабжения особо ответственных потребителей, перерывы электроснабжения которых являются недопустимыми по условиям технологии производства

3

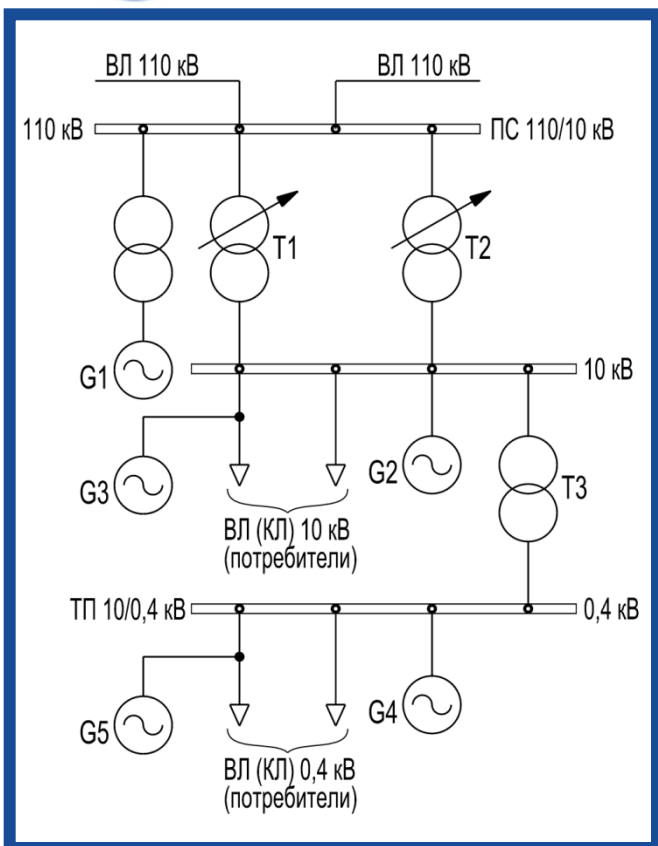
Снижение затрат на выработку электрической энергии за счет эффективной утилизации вторичных энергоресурсов (доменный и конвертерный газ, попутный нефтяной газ, шахтный газ (метан), отходы лесопереработки и сельского хозяйства и пр.)

4

Снижение затрат на передачу электроэнергии по магистральным и распределительным электрическим сетям



Варианты подключения объектов РГ



1 Подключение объектов РГ к шинам подстанций 110- 220 кВ (G1) или к шинам 0,4 – 6 – 10 кВ (G2, G4)

Следствие:

Принципы построения РЗА в прилегающей сети не изменяются, так как не изменяется потокораспределение, а электроснабжение потребителей осуществляется по фидерам, отходящим от шин распределительных подстанций с однонаправленным потоком мощности «от шин в линию»



2 Подключение объектов РГ к фидерам 0,4 – 6 – 10 кВ (G3, G5)

Следствие:

1. В сети возникают реверсивные потоки мощности, зависящие от режима генерации и потребления в узлах нагрузки, что требует проведения реконструкции устройств РЗА с применением более сложных защит в прилегающей сети
2. В ряде случаев требуется изменение топологии сети с установкой дополнительных коммутационных аппаратов, а также полная замена коммутационного оборудования (рост уровня токов КЗ)

Возможны различные варианты подключения (зависит от мощности объекта РГ, его удаленности от сетей распределительных сетевых компаний и других факторов)

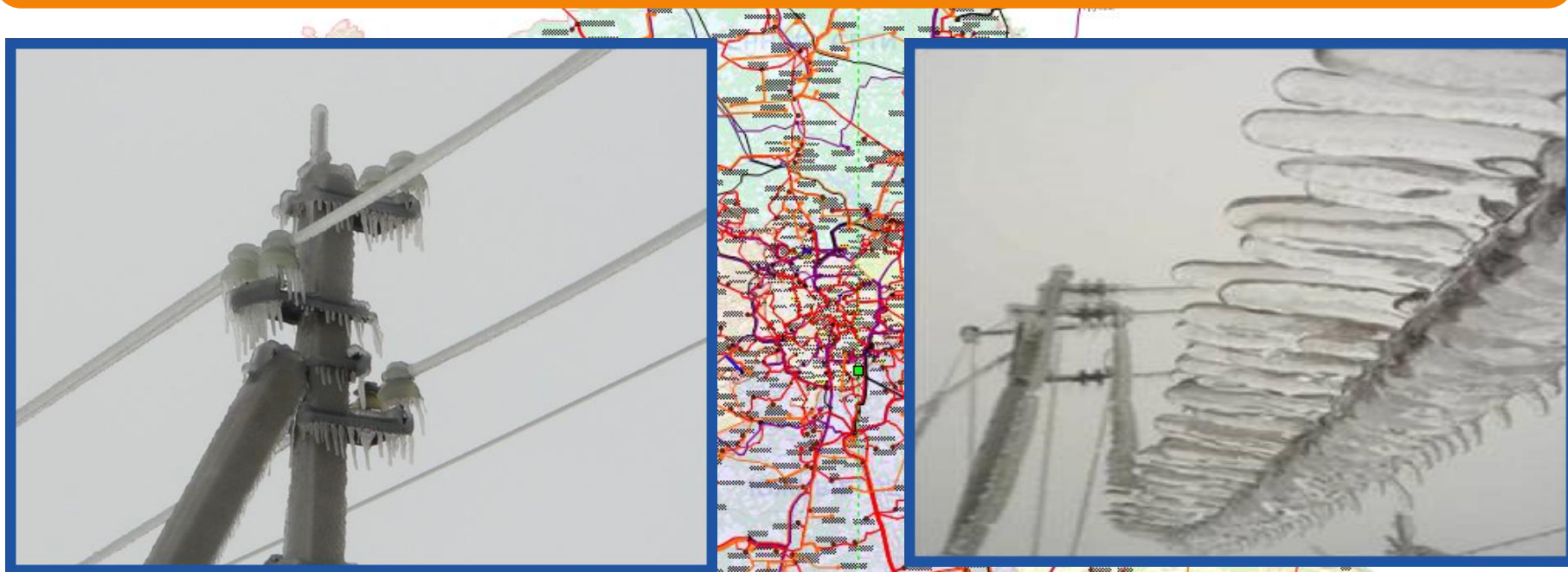


При подключении объектов РГ к шинам ПС снижается возможность обеспечения надежного электроснабжения потребителей при авариях на шинах ПС, при которых отключаются и ГУ и все потребители



Последствия ледяного дождя в Московской области

25 - 26 декабря 2010 г. в результате неблагоприятных погодных условий (ледяной дождь, гололедные явления) происходили массовые отключения в распределительных сетях Московской энергосистемы



Московская
область

МАКСИМАЛЬНО БЫЛО ОТКЛЮЧЕНО/ОБЕСТОЧЕНО
ВЛ 220 кВ – 5; ВЛ 110 кВ – 80; ПС 110 кВ – 68
ТП 6-10 кВ около 10000, население более 200 тыс. человек



Эффективная утилизация вторичных энергоресурсов



Выработка электроэнергии за счёт утилизации энергии давления доменного газа



Утилизации шахтного газа с целью выработки тепловой и/или электрической энергии



Использование попутного нефтяного газа для выработки электроэнергии для промышленных нужд



Использование в качестве топлива конвертерного газа для снижения расхода природного газа



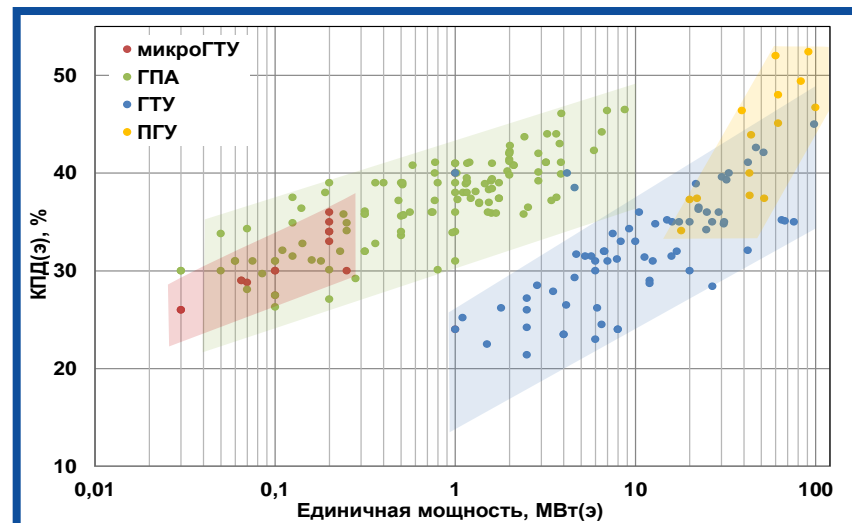
Развитие когенерации на базе существующих котельных

По данным Института энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН)

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ КОГЕНЕРАЦИИ:

- наличие большого числа коммунальных котельных на газе (доля газа в топливном балансе котельных 74,4%), пригодных для преобразования в мини-ТЭЦ
- оборудование коммунальных котельных изношено и нуждается в реновации

Показатели котельных	Мощность котельной, Гкал/ч				Всего
	<3	3-20	20-100	>100	
Установленная мощность, тыс. Гкал/ч	49	99	136	164	449
Число часов использования установленной мощности, ч/год	1087	1263	1367	1557	1383



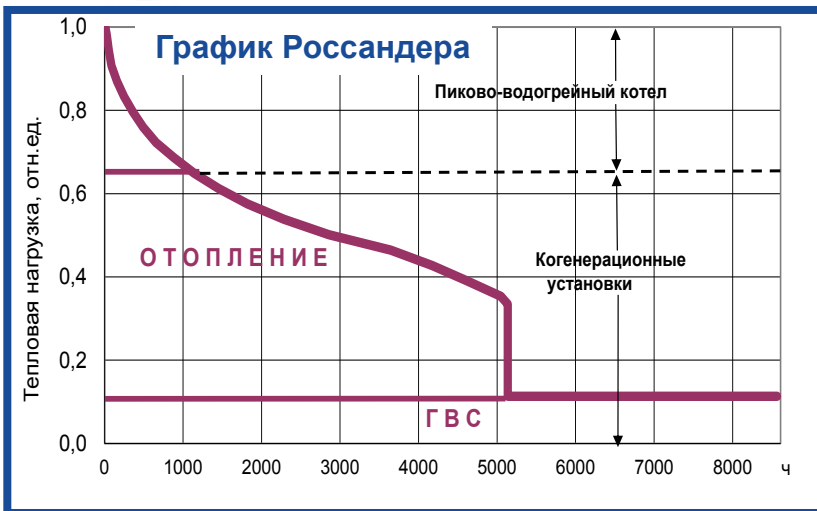
До 25% существующих котельных мощностью до 100 Гкал/ч могут быть эффективно преобразованы в мини-ТЭЦ общей мощностью ~40 ГВт(э)

Мощность реконструируемой котельной, Гкал/ч	Типы ГУ для реконструкции котельных	Нэ/Нт, кВт(э)/кВт(т)	КПД(э), %	КИТТ, %
< 3	микротурбины	0,6–0,8	29–35	80
3 – 20	ГПА	1–1,1	40–45	82–86
20 – 100	ГТУ	0,4–0,5	25–30	80–84
> 100	ПГУ	1,26	45–47	80–85



Перспективы когенерации

По данным Института энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН)



Преимущества когенерации

- ресурсосберегающая технология
- снижает дефицит электрической энергии/мощности
- высокая маневренность, способность покрывать базовую и пиковую нагрузки
- повышает надежность энергоснабжения потребителей
- улучшает условия прохождения зимних максимумов нагрузки в ЭЭС

Проблемы когенерации

- низкий КПД установок по сравнению с ПГУ-КЭС
- системный эффект экономии топлива меньше, чем для паротурбинных ТЭЦ
- регулирование нагрузки по тепловому графику – низкое число часов использования $N_{уст}$.
- зависимость электрической мощности ГТУ от температуры воздуха и тепловой нагрузки
- высокие капиталовложения по сравнению с КЭС

Суммарная мощность котельных, при установке когенерации, тыс. Гкал/ч

Доля мощности всех котельных, %

Потенциал электрической мощности, тыс. МВт

Потенциал выработки электроэнергии за счет когенерации, млрд. кВт*ч/год

Количество агрегатов

Ёмкость рынка, млрд. руб. /год (программа на 10 лет)

Мощность котельной, Гкал/ч

<3

3-20

20-100

Всего

10

27

35

72

22

27

26

25

4

23

14

41

22

94

50

166

20 тыс. микро-турбин

6 тыс. ГПА по 3-4 МВт

2 тыс. ГТУ по 6 МВт

24

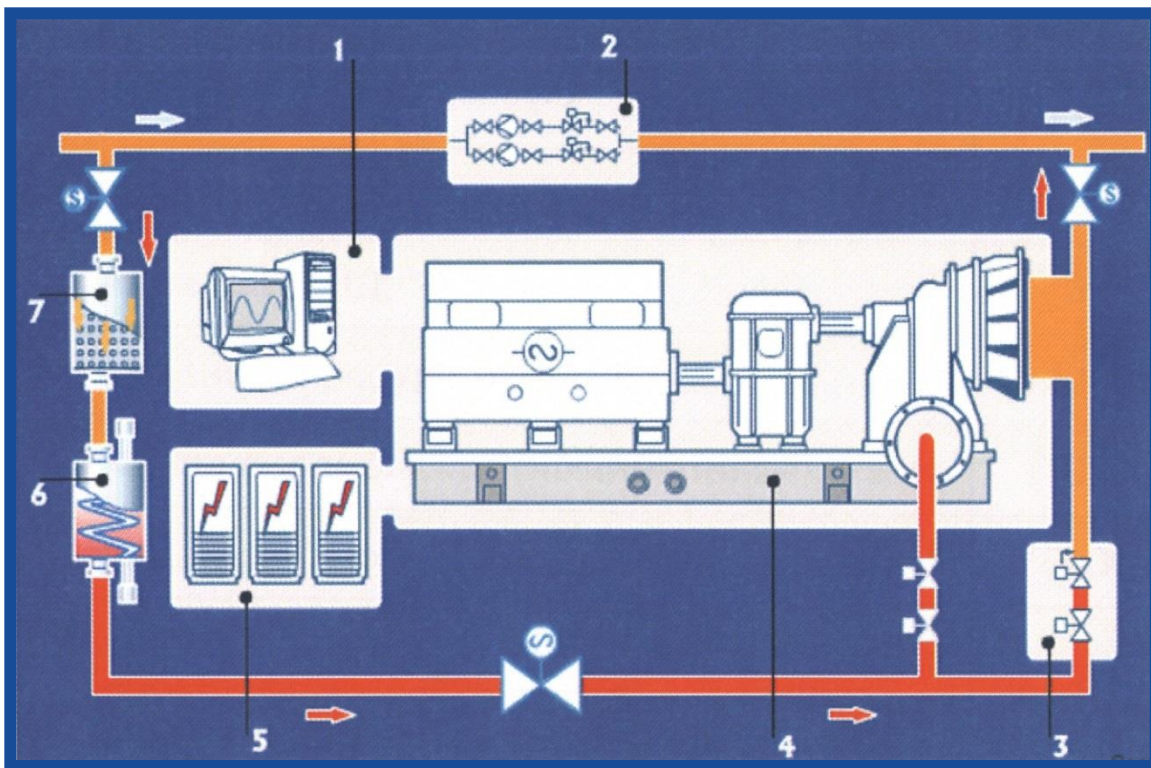
81

77

182



Особенности и преимущества ДГА



ДГА – это газорасширительные турбины специальной конструкции работающие параллельно с газоредуцирующими пунктам (ГРП) магистральных газопроводов

- 1 – блок управления
- 2 – газоредуцирующий пункт (ГРП)
- 3 – байпасная линия
- 4 – детандер-генераторный агрегат (ДГА)
- 5 – высоковольтная ячейка в РУ - 10 кВ
- 6 – подогреватель
- 7 – фильтр

- 1. Снижение себестоимости 1 кВт*ч в 4 раза по сравнению с современными ТЭС
- 2. Сокращение более чем в 2 раза стоимости капитальных вложений на 1 кВт установленной мощности (по сравнению со строительством ТЭС)
- 3. Малые сроки строительства объектов с ДГА – до 1 года (высокая степень заводской готовности оборудования)
- 4. Срок окупаемости проекта составляет около 3 – 4 лет от начала эксплуатации



Эффекты от применения ДГА



- за счет экономии природного газа существенно уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу, приходящихся на каждый выработанный кВт*ч (*например: действующий комплекс из двух ДГА-5000 при номинальной загрузке предотвращает выброс в атмосферу более 76 тонн загрязняющих веществ в год*)
- установка ДГА на 600 ГРП России, общая мощность которых может составить около 2750 МВт позволит:
 - произвести около 22 млрд. кВт*ч электроэнергии в год
 - сэкономить около 8,25 млрд. кубометров газа в год
 - сократить выбросы загрязняющих веществ приблизительно на 21 тыс. тонн в год

! Первый в России детандер-генераторный комплекс мощностью 10 МВт, состоящий из двух детандер-генераторных агрегатов ДГА-5000, введен в эксплуатацию в 1995 году на ТЭЦ-21 «Мосэнерго»



Мировые тенденции в развитии распределенной генерации



Рост суммарной установленной мощности установок РГ в энергосистемах развитых стран

Рост установленной мощности единичных объектов РГ (ветропарки, крупные солнечные электростанции)


Рост воздействия объектов РГ на установившиеся и динамические режимы работы ЭЭС

Тренд на гармоничное развитие традиционной и распределенной генерации

Решение вопросов резервирования объектов РГ энергоустановками ТЭС, АЭС и их реновация



Развитие стандартизации и ужесточение ТТ к работе объектов РГ в составе ЭЭС

- 
1. Развитие гибридных комплексов с применением технологий накопления электрической энергии
 2. Развитие технологий «Smart Grid»
 3. Развитие технологий сбора, обработки и передачи данных
 4. Создание новых моделей рыночного и технологического управления объектами распределенной генерации и потребителями



Генерирующие установки на базе возобновляемых источников энергии

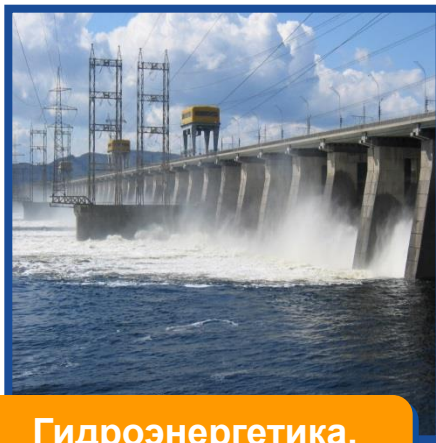
Солнечная энергетика



Ветроэнергетика

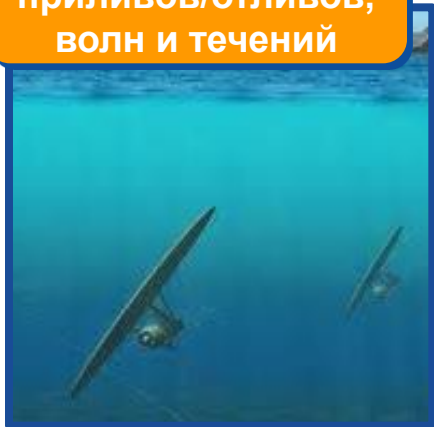


Гидроэнергетика, включая малые ГЭС



Другие технологии ВИЭ

Энергия приливов/отливов, волн и течений



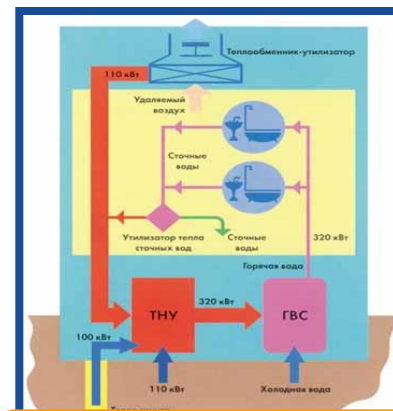
Энергия биомассы



Геотермальная энергетика



Низкопотенциальное тепло



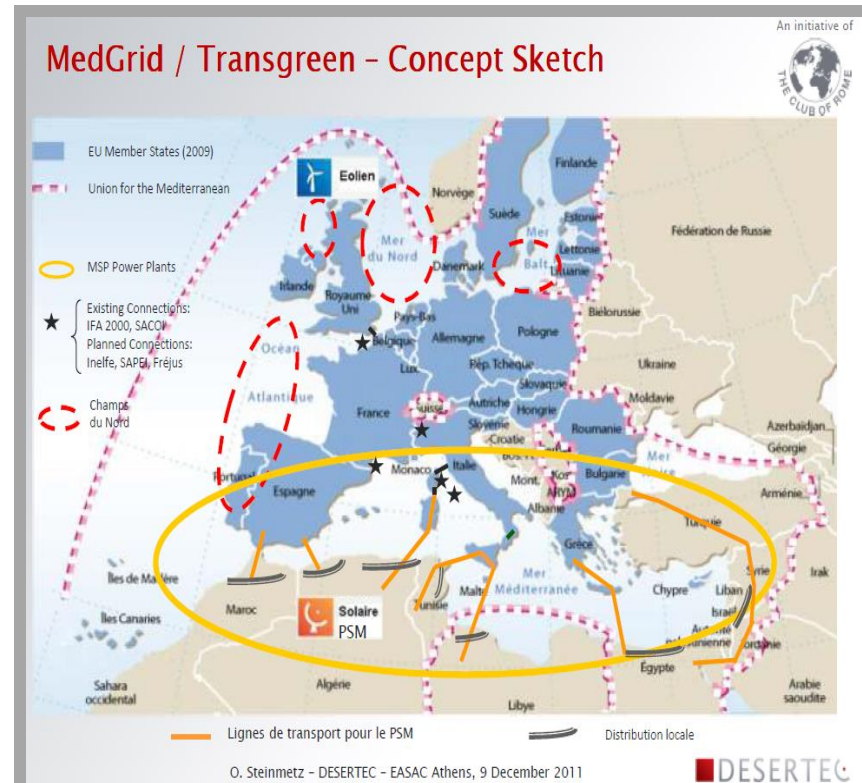


Глобальные энергетические проекты на базе ВИЭ

Развитие систем управления ГУ ВИЭ различных видов в будущем позволит реализовывать энергетические проекты глобального характера



Концепция интеграции чистой энергии пустынь с другими ВИЭ с помощью передачи э/э постоянного тока на высоком напряжении



Перспективные места развития Международных энергообъединений на базе ВИЭ по версии Римского Клуба



Солнечная пустынная электростанция 290 МВт округ Юма, штат Аризона (США)



S=9 712 464 кв. м

**Годовой отпуск:
675 525 МВт*ч**

**5 200 000 PV
модулей**

**Электроснабжение
225 000 домов**

**Начало
строительства:
август 2011 г.**

**Окончание
строительства:
июнь 2014 г.**





Потенциал для развития солнечной и ветровой энергетики в России

Солнечная энергия на территории России

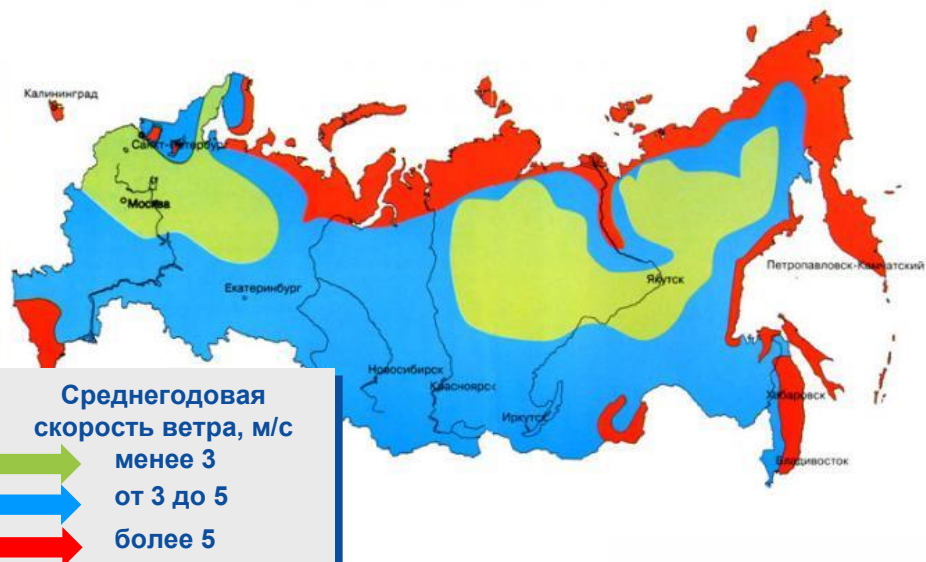


- по прогнозам мировой и Европейской ветроэнергетических ассоциаций к 2020 году общая установленная мощность ВЭУ составит 1200 ГВт
- находятся в эксплуатации и строятся ВЭС мощностью 500 – 750 МВт
- перечень действующих и сооружаемых ВЭС мощностью 100 МВт и более содержит более 45 ВЭС

Экономический потенциал ВИЭ в России составляет 320 млн. т.у.т/год

- по прогнозам экспертов к 2020 году общая установленная мощность СЭС составит 1000 ГВт
- находятся в эксплуатации и строятся СЭС мощностью 100 – 290 МВт
- перечень действующих и сооружаемых СЭС мощностью более 20 МВт и более содержит более 30 СЭС

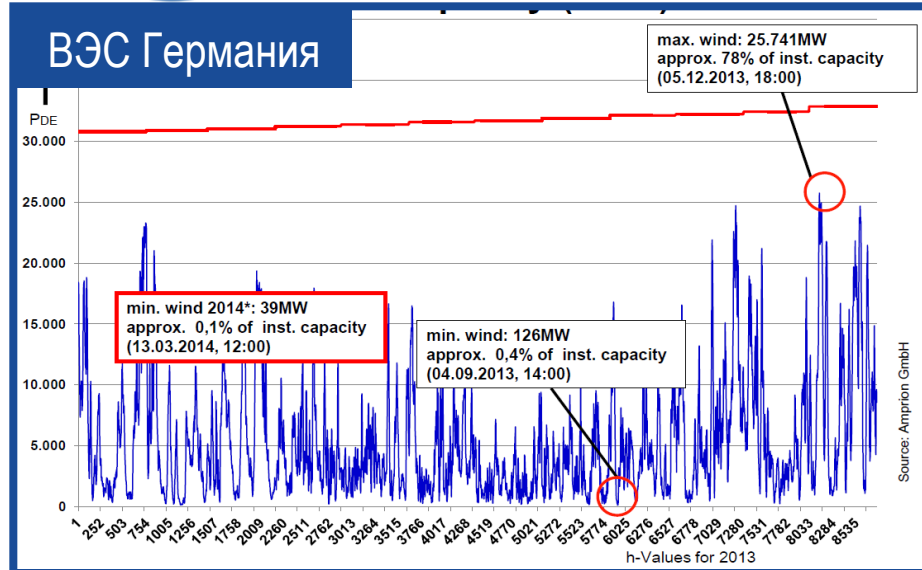
Ветровая энергия на территории России



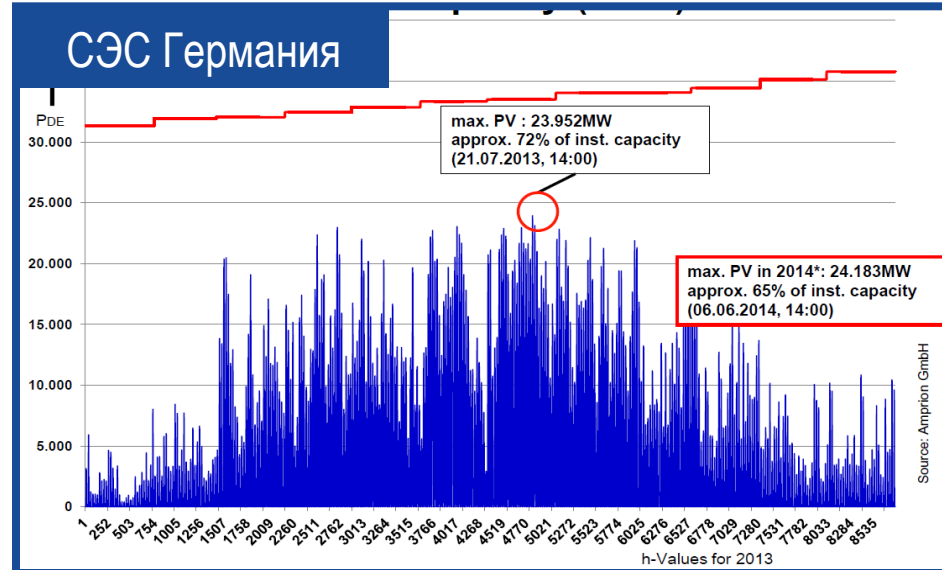


Общие проблемные аспекты интеграции объектов РГ на базе ВИЭ в ЭЭС

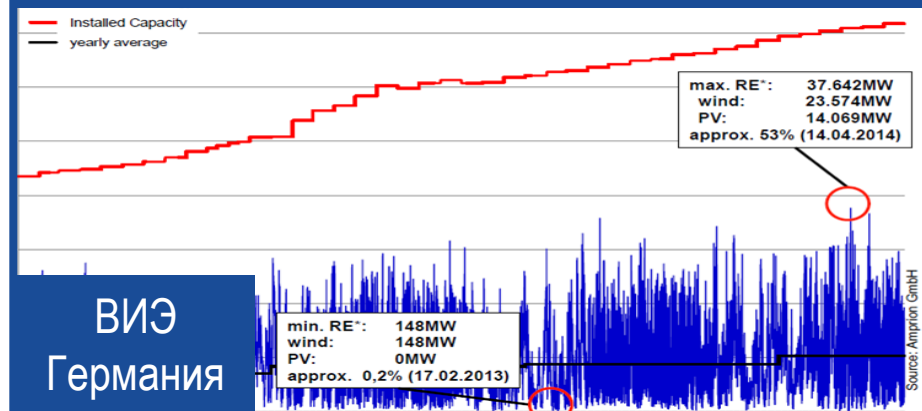
ВЭС Германия



СЭС Германия

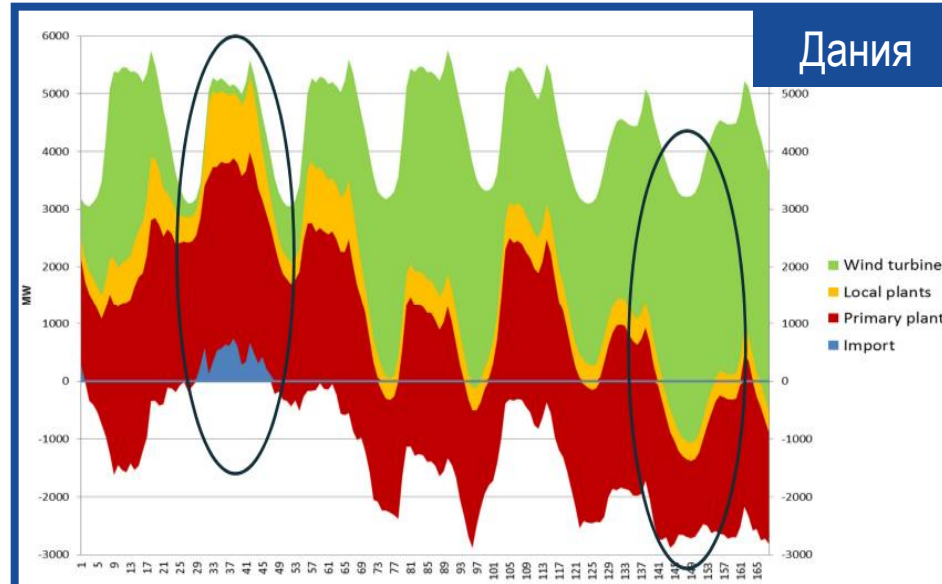


Не стационарный характер выработки ЭЭ на ВЭС (от 0,4% до 78% от $P_{уст}$) и СЭС (от 0% до 72% от $P_{уст}$)



ВИЭ Германия

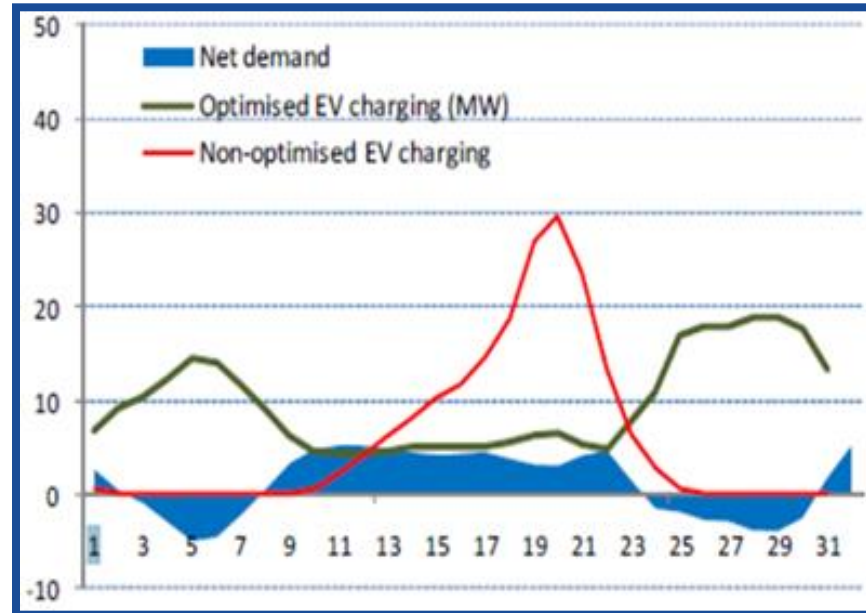
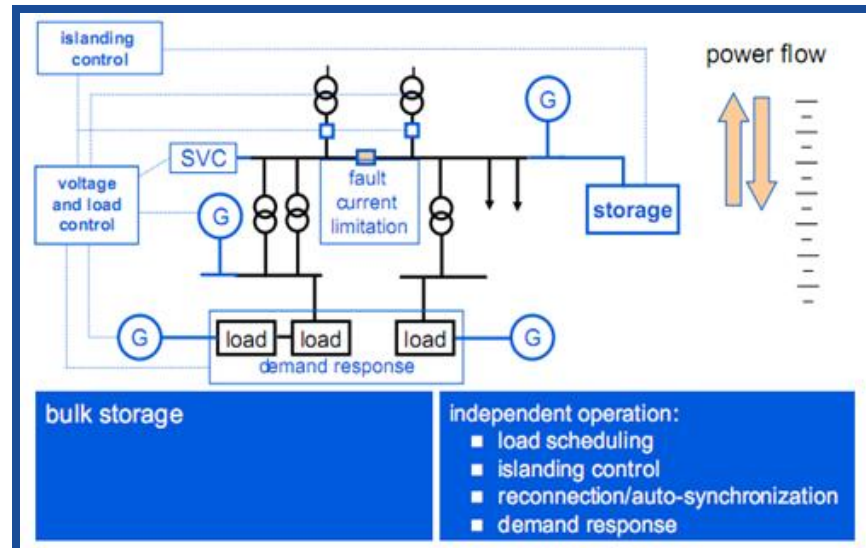
Дания





Проблемные вопросы управления энергосистемой при внедрении РГ

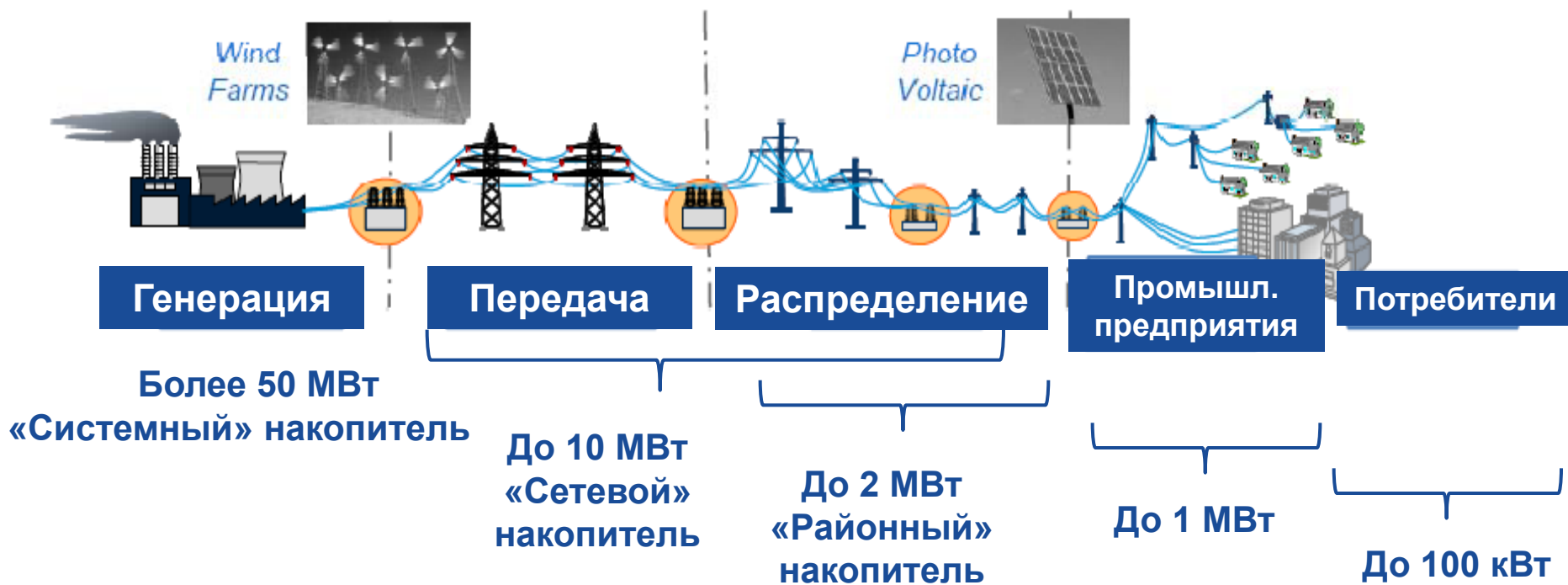
- отклонения U переменного знака во всех узлах сети (взаимное влияние графиков электропотребления и выработки электроэнергии объектами РГ)
- реверсивные потоки мощности в сетях низкого и среднего напряжения
- изменение структуры схем РЗА в сетях низкого и среднего напряжения и принципов применяемых защит
- рост уровня токов КЗ в сетях низкого и среднего напряжения
- необходимость обеспечения устойчивости энергосистемы при отключении большого числа ГУ объектов РГ
- необходимость обеспечения возможности изолированной работы всех типов ГУ на объектах РГ (реализация АВСН)
- сложность обслуживания фидеров (минимизация опасных факторов и исключение травматизма персонала электросетевых компаний)





Преимущества применения накопителей электрической энергии

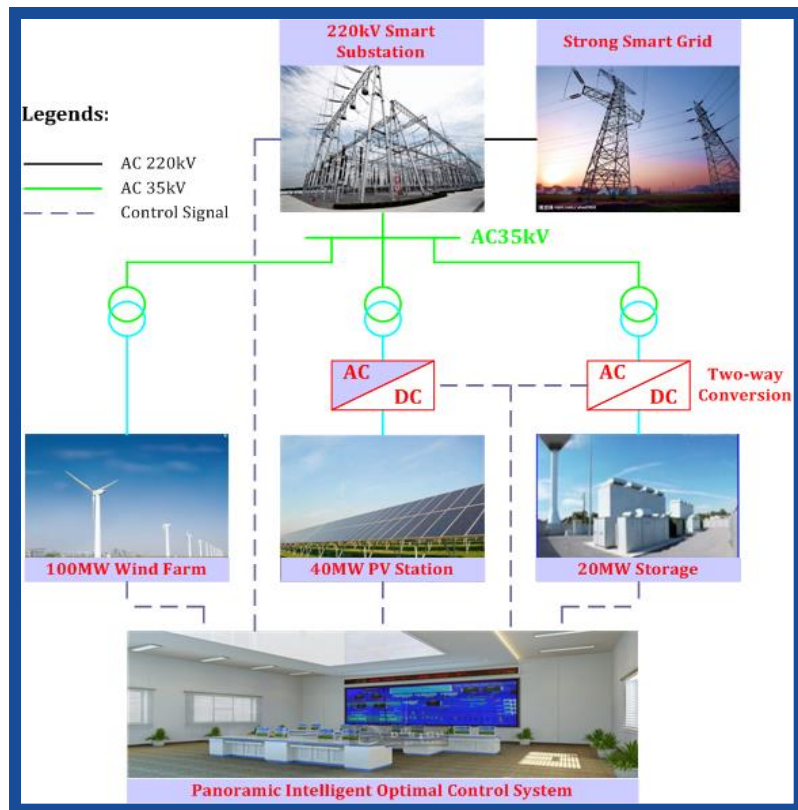
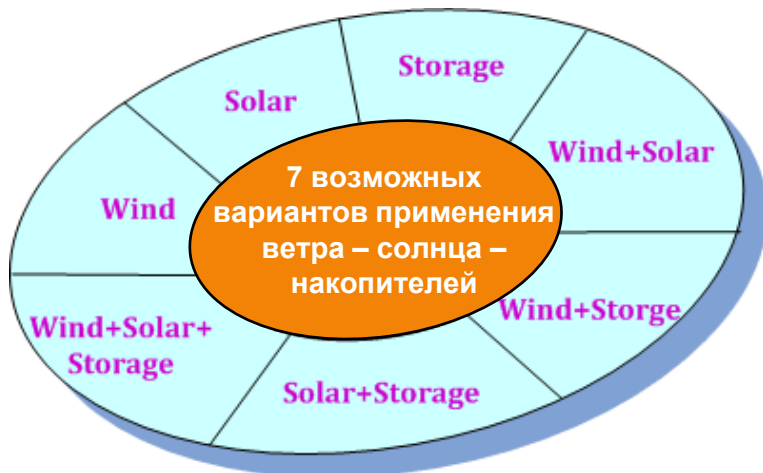
- Выравнивание графика нагрузки сети и демпфирование колебаний мощности отдельных потребителей электроэнергии
- Увеличение доступной мощности сети для покрытия пиковых нагрузок
- Стабилизация работы децентрализованных источников электрической энергии (объектов РГ, включая ВИЭ)
- Обеспечение регулирования частоты и мощности в энергосистеме





Накопители электроэнергии как инструмент интеграции объектов РГ

Smart Grid проект в Провинции Хэбэй

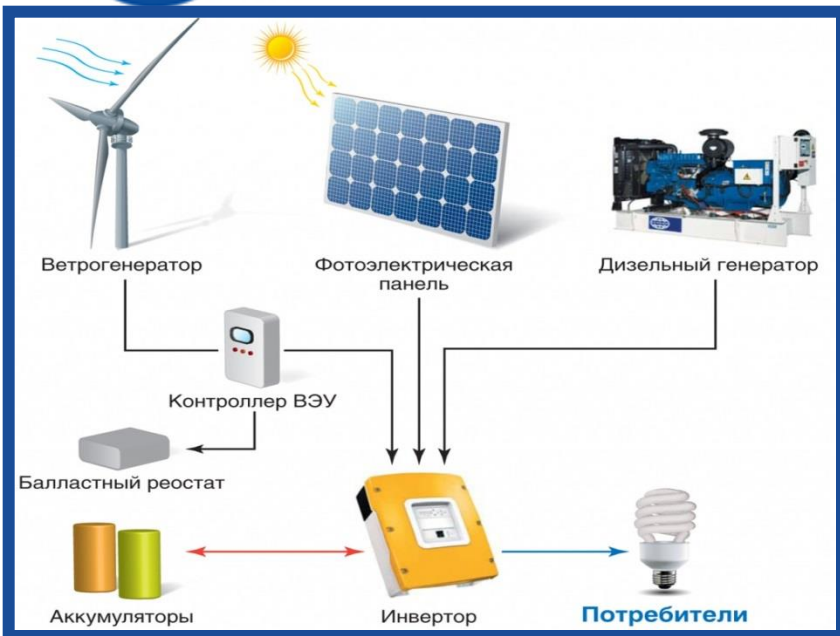


Система управления электрической сетью с ВИЭ и накопителями энергии:

- ветростанция: 100 МВт
- солнечная установка: 40 МВт
- накопитель энергии: 20 МВт



Эффекты комплексной интеграции



- интеграция в ЭЭС разнородных источников электроэнергии, в том числе на основе ВИЭ, и «активных» потребителей
- выбор оптимального состава генерирующих источников, включая объекты РГ
- автоматическое обнаружение, устранение или уменьшение последствий нарушений в работе ЭЭС на локальном и системном уровнях
- управление электропотреблением и загрузкой объектов РГ стимулирующими методами и избирательным ограничением потребления
- устойчивость к воздействию угроз безопасности (физическая, информационная и ресурсная)
- возможность развития системных услуг на базе рыночных механизмов
- оптимальное использование и обслуживание производственных фондов объектов электроэнергетики на всем жизненном цикле

Максимальный положительный эффект достигается за счет комбинированного использования различных видов генерации с минимизацией негативных аспектов



Модели управления объектами распределенной генерации

Для оптимальной интеграции объектов РГ необходимо использовать современные модели управления

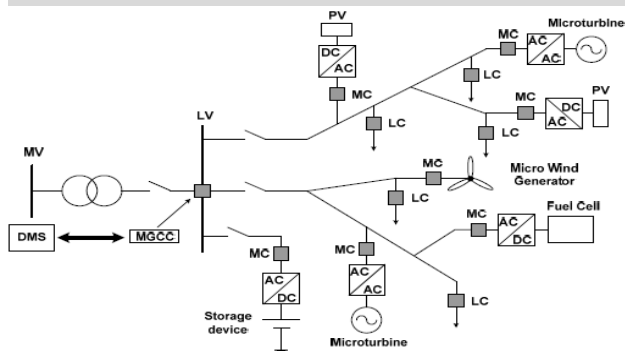
Виртуальная электростанция (VPP)

Главные функции VPP

- обрабатывать информацию о производстве ЭЭ каждым объектом РГ, входящим в состав VPP, а также информацию о нагрузке участка сети к которому подключен объект РГ
- объединять полученную информацию в единый блок для организации управления

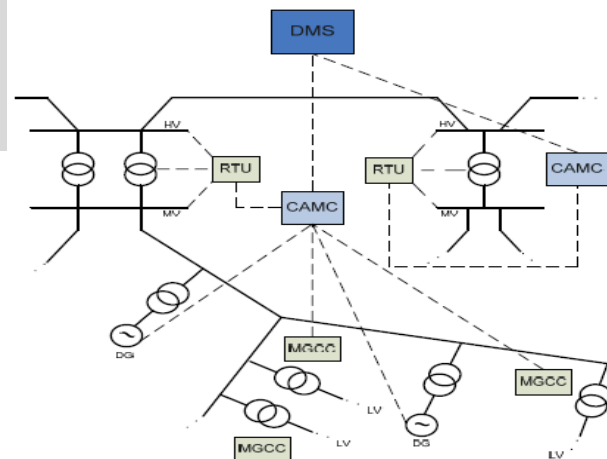
Микроэнергосистема (МЭ)

МЭ – управляется центральным контроллером, установленном на низкой стороне тр-ра СН/НН
Центральный контроллер осуществляет обмен данными с контроллерами нагрузки и контроллерами нижнего уровня, которые, в свою очередь, управляют микрогенерацией и накопителями ЭЭ



Мульти-микроэнергосистема (ММЭ)

ММЭ – более высокий структурный уровень, сформированный на СН из транспонированных МЭ, работающих на НН, и объектов РГ, подключенных к сетям СН



Повышение маневренности объектов РГ на базе ВИЭ в рамках ЭЭС

Снижение финансовых рисков от индивидуального участия объектов РГ на рынке ЭЭ



Модель Virtual Power Plant (VPP)



- повысить экономическую и энергетическую эффективность энергоснабжения потребителей
- снизить стоимость энергоснабжения для ряда потребителей
- обеспечить необходимый класс надежности энергоснабжения с использованием объектов РГ
- высвободить сетевые мощности для обеспечения возможности технологического присоединения новых потребителей
- обеспечить участие объектов РГ на энергетических рынках
- создать новую автоматизированную систему управления энергообеспечением

! VPP представляет собой автоматизированную систему с сервисами, объединяющую на одной территории в себе существующие распределительные сети и объекты РГ, настроенную на спрос/предложение участников и позволяющую извлекать максимальный экономический эффект всем участникам



Функции, возлагаемые на системы АСУ ТП объектов РГ

- Оптимальное управление выбором состава включенного генерирующего оборудования (ВСВГО)
- Обеспечение группового регулирования активной мощности (ГРАМ) с учетом регулировочных диапазонов и технологических ограничений
- Обеспечение группового регулирования напряжения (ГРН) с учетом регулировочных диапазонов и технологических ограничений
- Реализация функции автоматического регулирования частоты и перетоков активной мощности (АРЧМ) в изолированном энергорайоне
- Реализация автоматики выделения на сбалансированную нагрузку (АВСН) при возникновении повреждений в питающей сети или режима высоких рисков нарушения электроснабжения
- Автоматический разворот ГУ/электростанции «с нуля» из холодного и горячего состояний
- Автоматическое обеспечение заданных параметров потребления из сети/выдачи мощности в сеть ГУ/электростанцией
- Мониторинг работы оборудования объекта РГ с контролем текущего режима и формированием аварийно-предупредительных сообщений обслуживающему персоналу
- Проведение расчетов оперативных технико-экономических показателей работы объекта РГ и т.п.)



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

При планировании внедрения объекта РГ на предприятии представляется целесообразной разработка и последующая реализация мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, в т.ч. с применением ВИЭ

Необходимо детальное изучение международного опыта по созданию и функционированию моделей управления объектами РГ при их параллельной работе с ЭЭС и в изолированном режиме

Необходима разработка функциональной модели системы АСУ ТП объекта распределенной генерации с возможностями последующего ее встраивания в модель VPP

Представляется целесообразным возложение на систему АСУ ТП объекта РГ значительного количества технических и технологических задач

Требуется разработка типовых моделей управления объектами РГ с учетом особенностей отечественной электроэнергетики, правил функционирования оптового и розничного рынков электрической энергии и мощности

Благодарю за внимание!

ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС»
www.ti-ees.ru

