

---

Возможности и препятствия для  
распределенной генерации в России –  
сравнение с опытом Германии

*Джангуидо Пиани*  
*Москва, 13.02.2013*

# *содержание*

---

- Кратко об энергетической политике Германии
- Центральная роль энергосетей, новый подход к управлению энергосетями
- Правила подключения распределенных генераторов к общественной энергосети
- Виртуальные генерирующие станции
- Пример – новый поселок в России
- Выводы и возможности

## энергетический баланс Германии (1)

- Первичное потребление энергии – 307,2 млн. т н.э.  
собственное производство – 125,5 млн. т н.э., в т.ч.
  - уголь – 36,8%
  - ВИЭ – 29,6%
  - АЭС – 22,4%
  - газ – 7,2%
- Потребление первичных энергоресурсов:
  - нефтепродукты – 33,1%
  - уголь – 24,2%
  - газ – 20,8%
  - ВИЭ – 12,1%
  - АЭС – 9,1%

## энергетический баланс Германии (2)

- Энергоемкость ВВП Германии по ППС в 2011 г. составила 0,099 т н.э./тыс. долл., т.е., Германия входит в число самых энергоэффективных стран мира.
- Германия является крупным потребителем энергоресурсов, почти на 60% внутренней потребности удовлетворяется за счет импорта.
- Природный газ – основной вид топлива для снижения выбросов CO<sub>2</sub>.

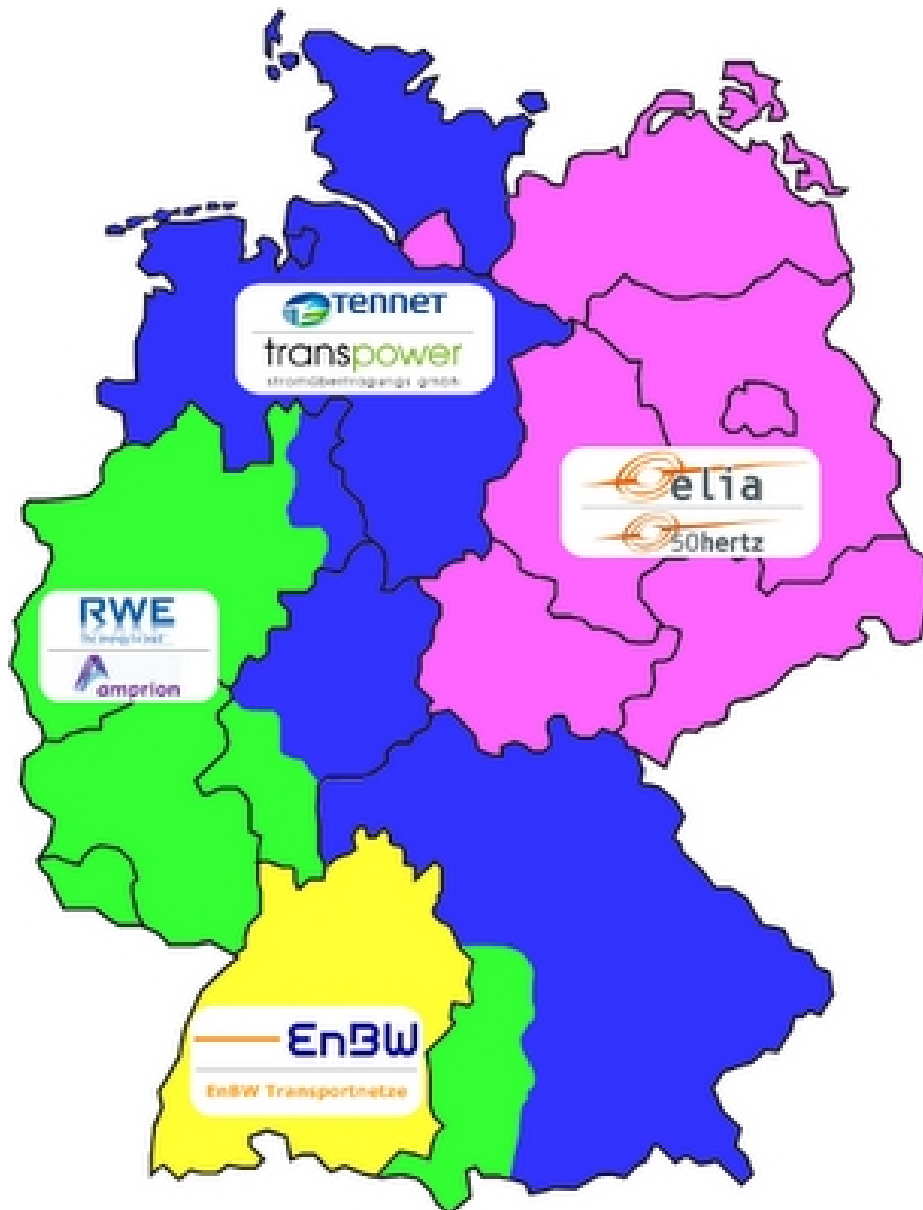
Уровень собственной добычи газа – около 12 млрд. м<sup>3</sup> (данные 2011г.).

Импорт газа в 2011 г. составил 84 млрд. м<sup>3</sup>, причем из России пришлось 37% этого объема, из Норвегии – 34%, из Нидерландов – 28%.

# основы энергетической стратегии Германии

- Повышение энергоэффективности до 2050 г.  
(по сравнению с уровнем потребления 2008 г.):
  - 50% потребления электроэнергии
  - 80% потребления тепла в зданиях
  - 40% потребления энергии в транспортной сфере
- Уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> по сравнению с 1990 г.
  - 2020 г.: 40%
  - 2050 г.: 80%
- Увеличение доли ВИЭ в общем энергопотреблении
  - 2020 г.: до 18% (в потреблении электроэнергии – 35%)
  - 2030 г.: до 30%
  - 2050 г.: до 60% (в потреблении электроэнергии – 80%)
- Прекращение использования вредных видов генерации электроэнергии, в первую очередь АЭС

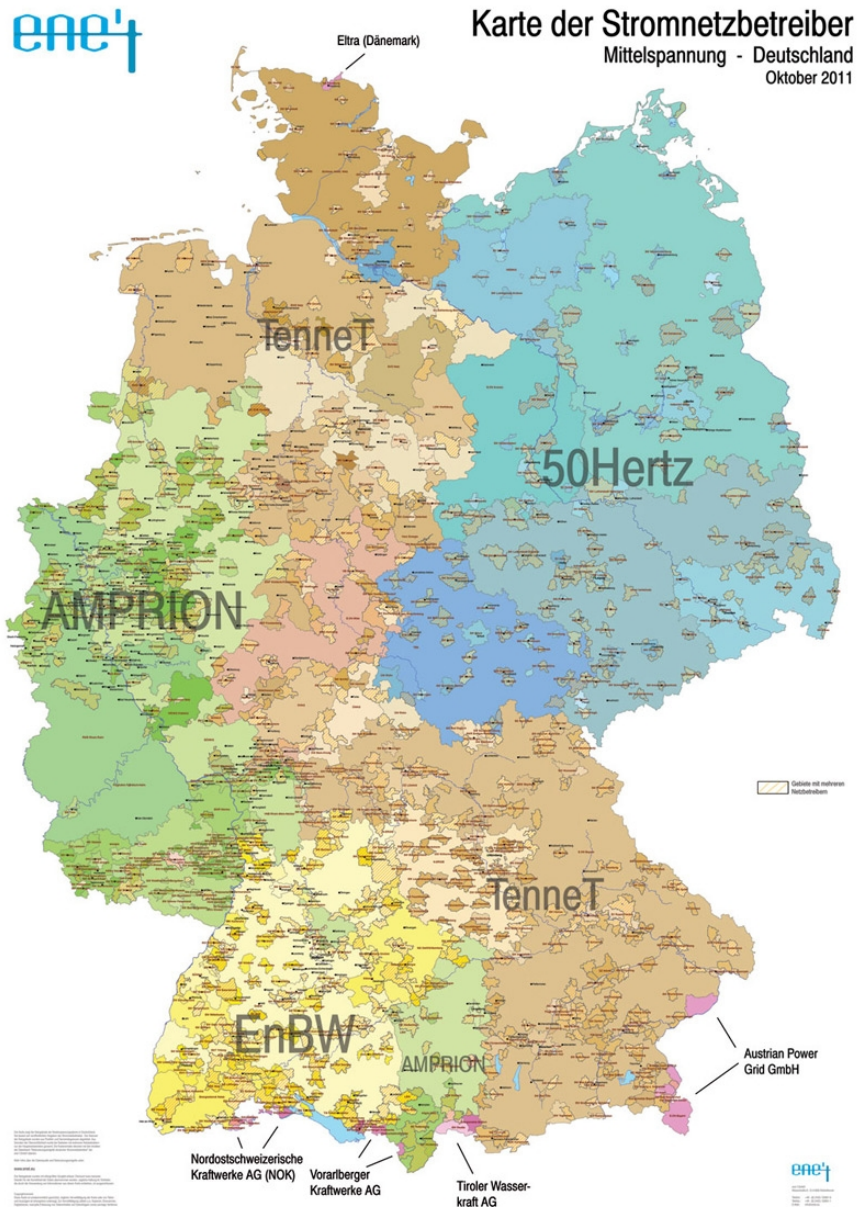
# обзор – системные операторы



Четыре системных оператора

- Tennet (раньше E.On Netz приобретено голландским CO)
- Amprion (раньше транспортная сеть RWE)
- Транспортная сеть EnBW
- 50 Hertz (раньше Vattenfall Europe Transmission)

# обзор – распределительные сети



Около 900 операторов  
распределительных  
электрических сетей  
(среднее и низкое  
напряжение)

# новая парадигма управления энергосетями

## 1. традиционный подход

- ограниченное количество средних и больших генераторов (> 5-10 МВт эл)
- стратегия управления – уровень мгновенной генерации должен покрывать спрос на электроэнергию, система должна работать по принципу безопасности (n-1)

## 2. электроэнергетический рынок

- ограниченное количество средних и больших генераторов (> 5-10 МВт эл), двухсторонние договоры поставки электроэнергии, электрическая биржа.
- стратегия управления – поддержание частоты (в т.ч., покупка подобных услуг) системным оператором



## **новая парадигма управления энергосетями**

3. открытая электрическая сеть на всех уровнях напряжения
- большое количество генераторов различных мощностей, подключение на ВН, СН, НН
  - значительная доля генерации частично неуправляемая, неопределенная
  - обязательность приоритетной покупки (приоритетная диспетчеризация) электроэнергии из ВЭИ, а также из ко-генерационных установок

Стратегия управления – поддержание стабильности частоты, безопасность работы энергосетей (в т.ч. распределительных сетей).

# способы компенсации дисбалансов в сети

- общая выработка электроэнергии – 534 TWh  
в т.ч., из возобновляемых источников – 189 TWh (2030г.)
- управление генерацией, когенерационными установками
- управление нагрузками
- повышение транспортной способности энергосети
- сохранение электроэнергии
  - гидроаккумулирующие электростанции в Скандинавии
  - аккумуляторы в электрических автомобилях (0,9 TWh)
  - водород
  - отопление зданий, ГВС (600 TWh)

# подключение генераторов к энергосети (1)

- подключенное устройство не должно отрицательно влиять на другие сетевые сооружения. Действительная мощность не должна превышать договорную.

«Die Erzeugungsanlage ist unter Beachtung der jeweils gültigen Bestimmungen und Vorschriften so zu errichten und zu betreiben, dass sie für den Parallelbetrieb mit dem Netz des Netzbetreibers geeignet ist und unzulässige Rückwirkungen auf das Netz oder andere Kundenanlagen ausgeschlossen werden. Dazu gehört u.a. auch, dass die vereinbarte Anschlussleistung nicht überschritten wird.»

- соблюдение правил DIN-EN, DIN-VDE
- постановления о безопасности
- собственные правила оператора распределительной сети
- декларация о соответствии (*Konformitätserklärung*)

## подключение генераторов к энергосети (2)

- оператор распределительной сети всегда имеет право выключения генератора для обеспечения безопасности энергоснабжения или энергосети

Die Schaltfreiheit des Netzbetreibers darf durch den Betrieb der Erzeugungsanlage zur Wahrung der Versorgungszuverlässigkeit sowie für Instandhaltungsaufgaben nicht eingeschränkt werden.

- основные параметры подключаемого устройства
  - Максимальная мощность генерации
  - Уровень гармоник
  - Стабильность напряжения
- рабочие характеристики:
  - продолжение работы тоже во время аварии в сети
  - готовность подачи реактивной мощности в сеть для поддержания сетевого напряжения (по запросу сетевого диспетчера)

## **подключение генераторов к энергосети (3)**

устройство переключения

- выключатель / разъединитель
- возможность удаленного управления оператором распределительной сети, в том числе:
  - полное отключение от сети
  - ограничение генерации активной мощности
  - резервирование реактивной мощности
- источник бесперебойного питания

## подключение генераторов к энергосети (4)

### релейная защита

- релейная защита согласно правилам по электрической безопасности DIN VDE 0101 (короткое замыкание, замыкание на землю, перегрузка и т.д.)
- релейная защита тоже рассчитана для оперативного случая «остров»
- защита с функцией разъединения из сети в зависимости от:
  - уровня напряжения <мин, >макс
  - значения частоты <мин, >макс
  - низкого напряжения и уровня реактивной мощности Q, U

## **подключение генераторов к энергосети (5)**

---

### учет электроэнергии

- система учета электроэнергии согласно постановлению «Metering-Code» организации сетевых операторов VDN
- счетчик класса 1 (активная) и 2 (реактивная мощность)
- трансформатор напряжения класса 0,5 и тока класса 0,5S
- 4-квадрантный учет с интервалом 15 мин

## подключение генераторов к энергосети (6)

### синхронизация

- синхронный генератор  
 $\Delta\varphi = \pm 10^\circ$   
 $\Delta f = 500 \text{ мГц}$   
 $\Delta U = \pm 10 \%$
- асинхронный генератор  
частота вращения 95% – 105% синхронной частоты
- определенное значение  $\cos \varphi$



# ко-генерационные установки – мини ТЭЦ (1)

Viessmann-ESS Vitobloc 200  
238 кВт эл  
363 кВт терм



Картина: Viessmann Werke

## ко-генерационные установки – мини ТЭЦ (2)

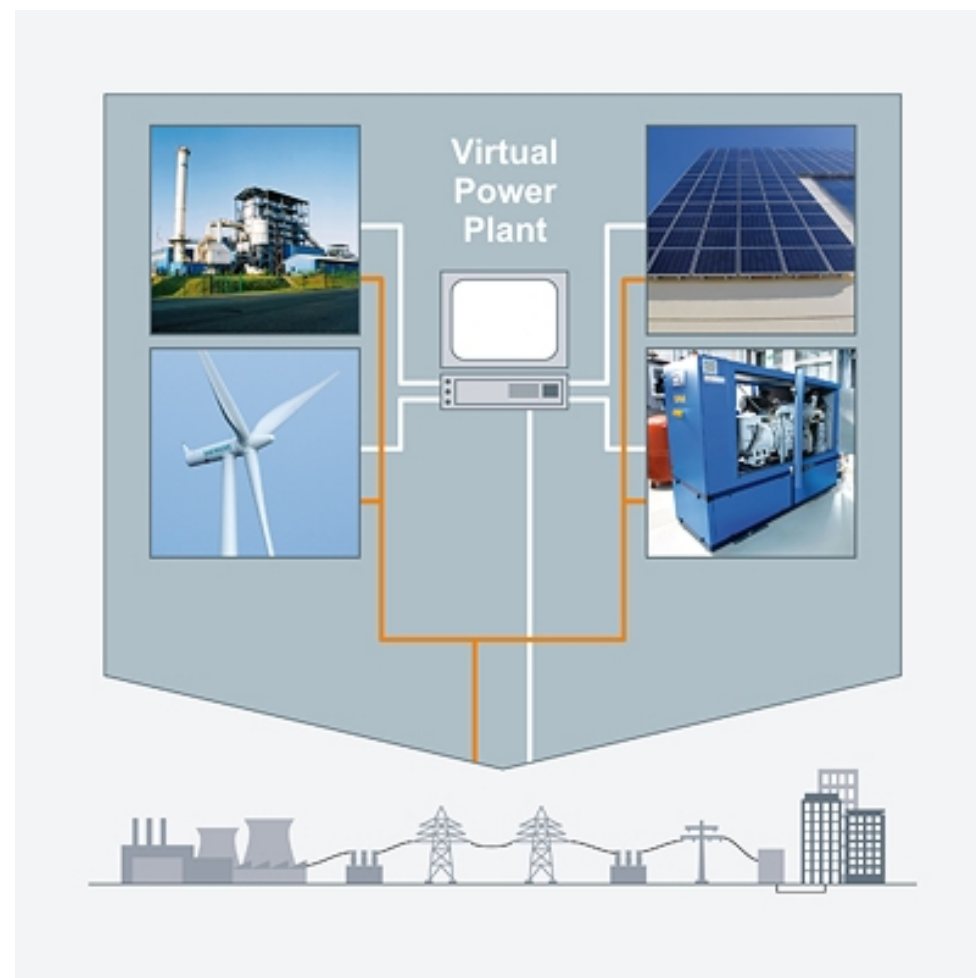
- совместная одновременная выработка тепловой и электрической энергии
- автономность и бесперебойность подачи тепловой и электрической энергии. установки типично применяются для потребителей первой категории, промышленности, гостиниц, больниц и др.
- соотношение производства тепловой и электрической энергии – зафиксировано
- уровень генерации определяется
  - спросом на тепло (теплофикационный режим) (около 95% всех установок). Избыточная электроэнергия (выше собственных нужд) отпускается в энергосистему.
  - спросом на электроэнергию. Избыточная тепловая энергия отпускается в местную сеть теплоснабжения или теряется (охлаждение)

# виртуальная электростанция

Виртуальная электростанция – объединение множества мелких производителей в единую систему управляемую диспетчером и работающую как большая электростанция.

Виртуальная электростанция может включать в себя также управляемые нагрузки.

«Умные сети», «умный учет», «умный город» – интеллектуальное потребление энергии и управление нагрузками



# пример в России – новый поселок



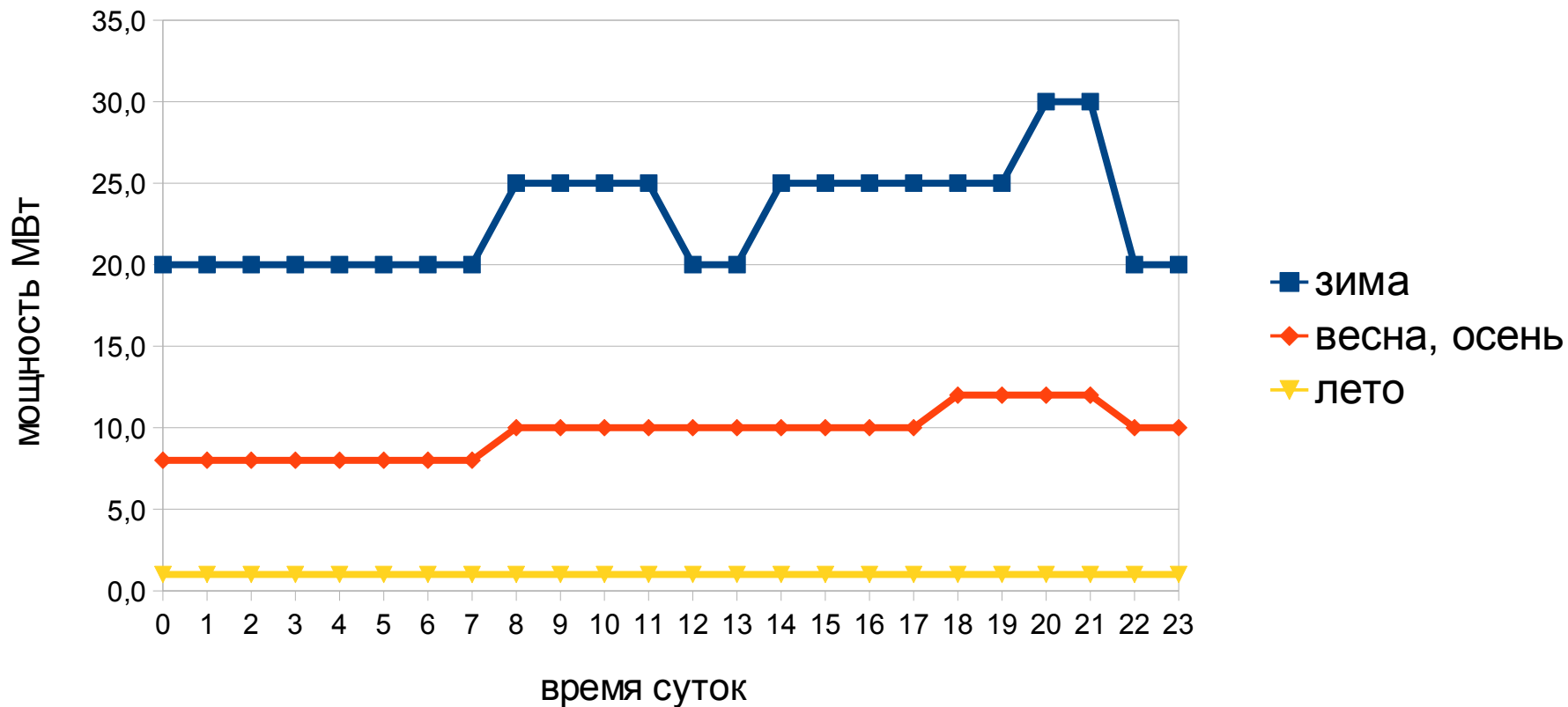
10,000 жителей

262,000 м<sup>2</sup>  
жилая площадь  
квартир

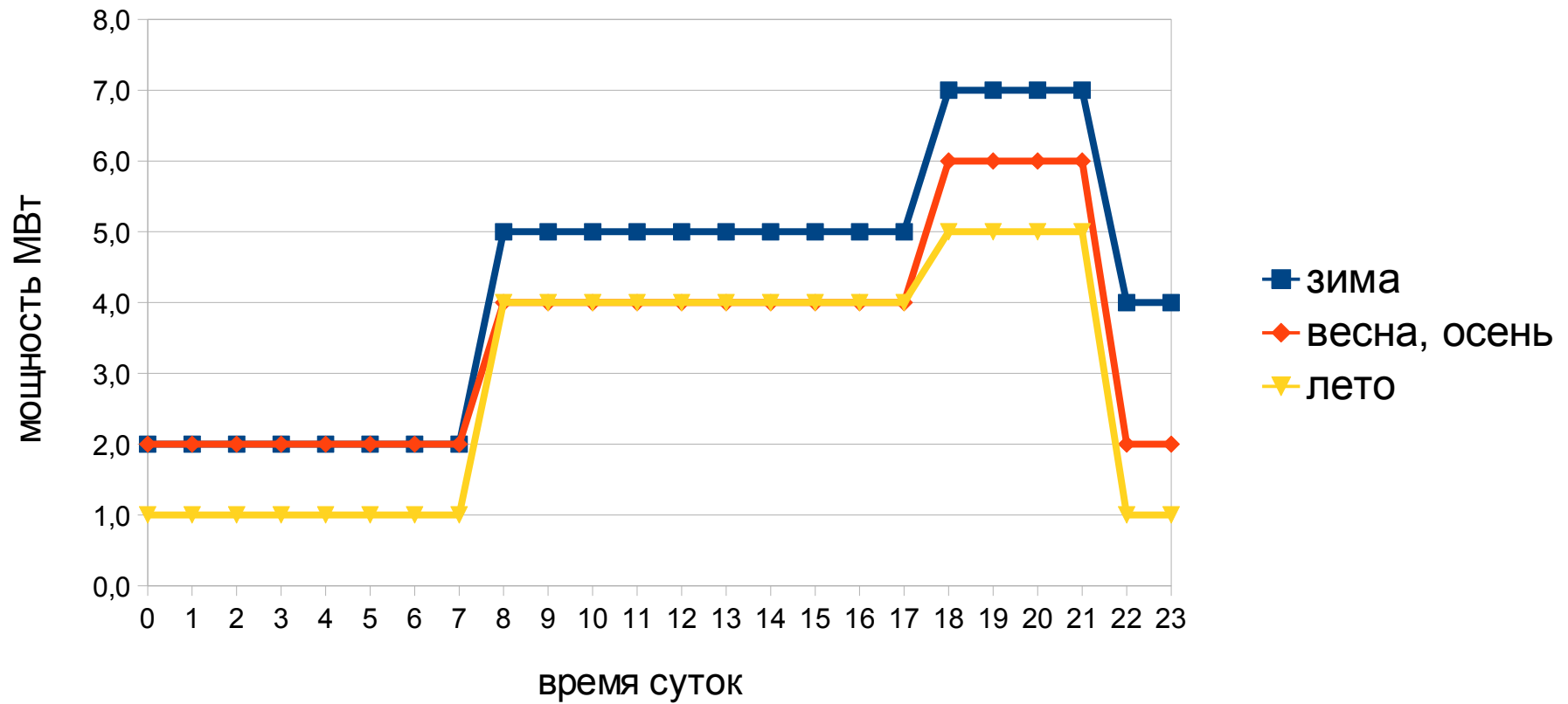
АРХИТЕКТУРНАЯ МАСТЕРСКАЯ ЦЫЦИНА



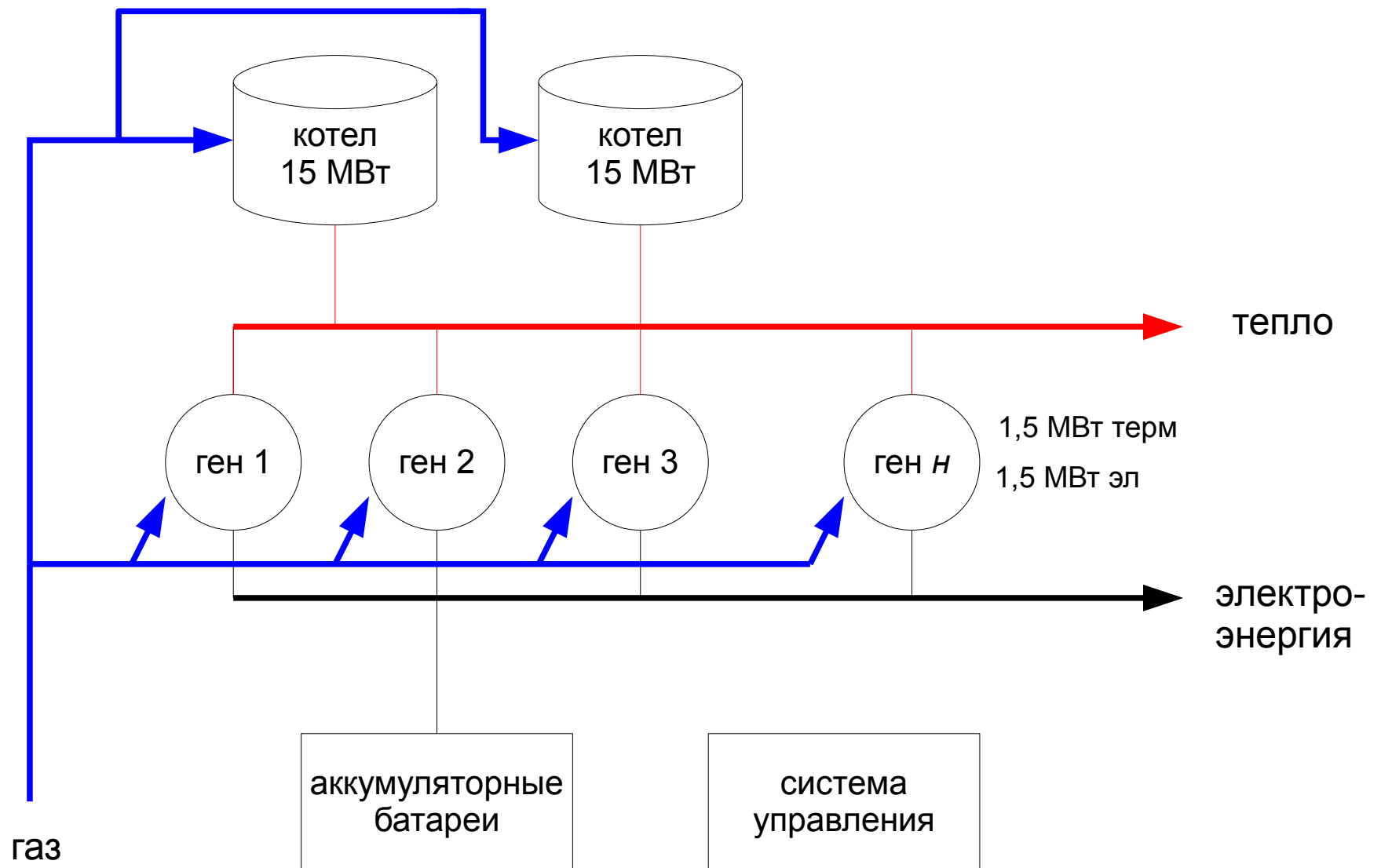
# новый поселок – термическая нагрузка



# новый поселок – электрическая нагрузка



# предложенное техническое решение, мини ТЭЦ



## ОСНОВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

			Сетевое подключение		Мини ТЭЦ
<b>Инвестиционные расходы</b>			<b>430.000.000 р.</b>		<b>426.436.900 р.</b>
<b>Годовые расходы, потребление энергоносителей</b>			<b>132.415.240 р.</b>		<b>101.580.018 р.</b>
Основные расходы			2.940.000 р.		37.050.583 р.
Электрическая энергия, МВтч		30 180,0	89.634.600 р.		
Оплата технологического расхода в сетях		30 180,0	4.238.177 р.		
Масло, кг				9 579,6	1.436.940 р.
Природный газ для производства электроэнергии, 1000 м <sup>3</sup>				8 590,8	37.585.347 р.
Природный газ для производства тепловой энергии, 1000 м <sup>3</sup>		8 137,6	35.602.463 р.	5 830,1	25.507.148 р.



# решения в Германии, в России

## Россия

- сегодня подключение к сетям невозможно
- для изменения необходимы
  - желание или потребность снижения расходов топлива
  - стратегия регулирования частоты (с помощью ГЭС, ТЭС ?)
  - правила присоединения маленьких генераторов в сеть СН, НН

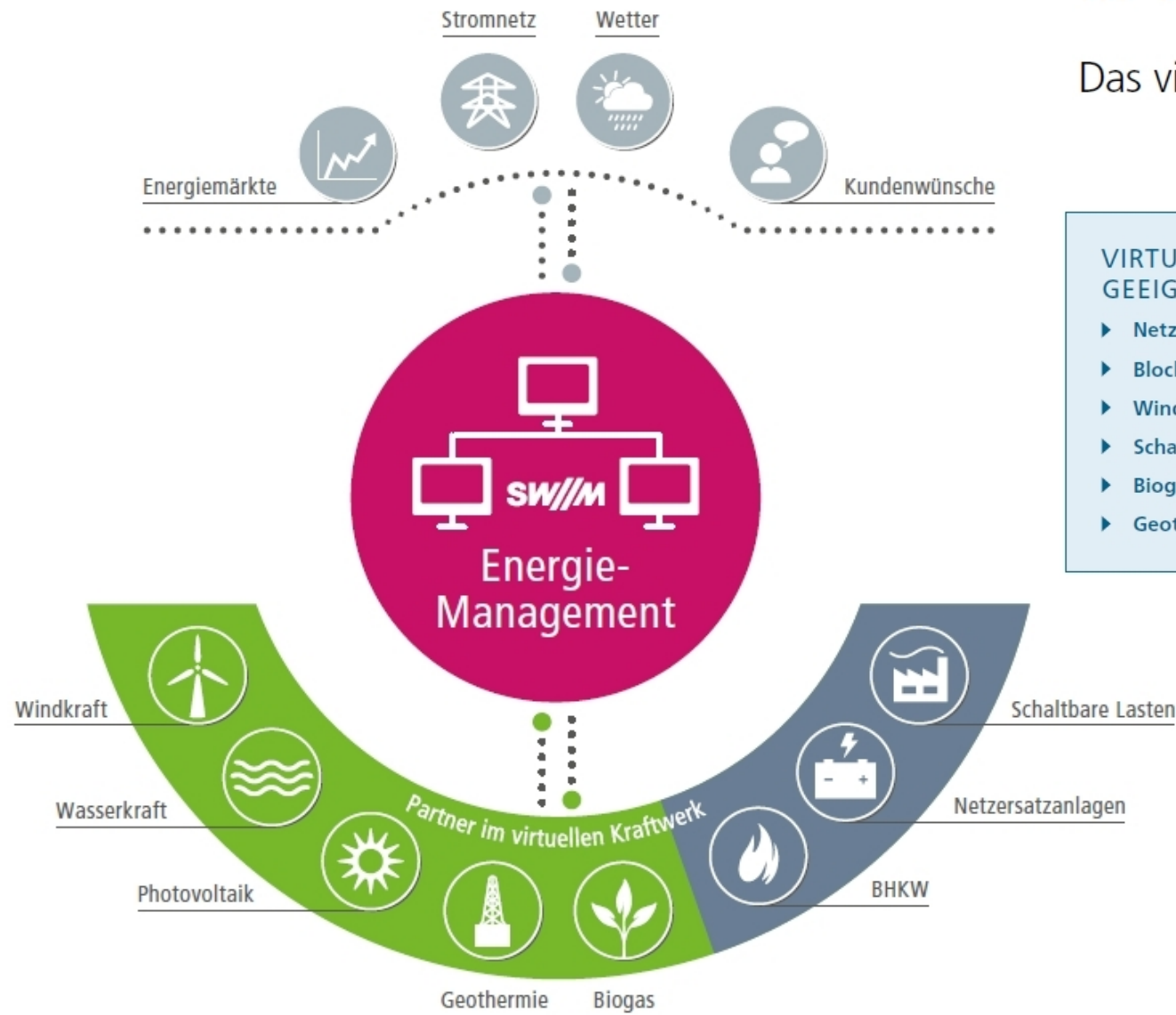
## Германия

- подключение к электросетям вполне возможно
- компенсация за кВтч в сеть, по ценам биржи ЕЕХ Лейпциг
- компенсация за кВтч с установок ко-генерации  
1,8 ct/кВтч, в данном примере 543,240 Евро (22 млн.р. / 22% расходов)
- удаленное управление оператором распределительной сети

# виртуальная электростанция – реклама SWM

## M-Partnerkraft

Das virtuelle Kraftwerk der SWM



### VIRTUELLES KRAFTWERK – GEEIGNET FÜR DIESE ANLAGEN

- ▶ Netzersatzanlagen (Notstromaggregate)
- ▶ Blockheizkraftwerke (BHKW)
- ▶ Wind-, Photovoltaik- und Kleinwasseranlagen
- ▶ Schaltbare Lasten (z. B. Kühlhäuser)
- ▶ Biogas-BHKWs
- ▶ Geothermie-Kraftwerke

**SW//M**  
Stadtwerke München

# контактная информация

---

 [gianguido@mail.ru](mailto:gianguido@mail.ru)

 [gianguido.piani](https://www.skype.com/people/gianguido.piani)

  [gianguido piani](https://www.blogger.com/profile/12345678901234567890)