



Особенности проектирования объектов распределенной генерации

Материалы к Открытому семинару
«Проблемы эксплуатации объектов распределенной генерации»

Алексей Синельников
Филиал ОАО «HTЦ ЭЭС» «ТАУ»

Новочеркасск, 2015 г.





Мероприятия, предшествующие реализации проектов распределенной генерации

2

! Внедрение объекта распределенной генерации – самое дорогое из мероприятий по оптимизации процесса энергоснабжения предприятия, поэтому его целесообразно проводить только после проведения менее трудоемких и дорогостоящих мероприятий.

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



Предпосылки и цели строительства объектов распределенной генерации

3

Предпосылки строительства	Цели строительства объекта	Режим работы	Мощность объекта
Сложности технологического присоединения	Альтернативное энергообеспечение дополнительной нагрузки предприятия	автономный	$P_{об.} = P_{max} + P_{с.н.} + \Delta$ Максимальная нагрузка, собственные нужды, потери
Высокая стоимость покупаемой электрической энергии	Снижение затрат на покупку электрической энергии	автономный/ параллельный/ комбинир.	$P_{об.} < P_{нагр.} (при T = 4500-5000 \text{ часов в год}) + P_{с.н.} + \Delta$ Обеспечение нагрузкой не менее 4500-5000 часов в год, собственные нужды, потери
Наличие на предприятии ответственных потребителей	Обеспечение основного питания ответственных потребителей	автономный/ параллельный/ комбинир.	$P_{об.} > P_{отв.потр.} + P_{с.н.} + \Delta$ Максимальная нагрузка ответственных потребителей, собственные нужды, потери
Наличие побочных продуктов производства (тепловая энергия, попутный газ и т.д.).	Утилизация побочных продуктов для собственного потребления и/или продажи	автономный/ параллельный/ комбинир.	Определяется объемом побочных продуктов производства
Возможность извлечения прибыли от продажи ЭЭ.	Продажа ЭЭ на розничном рынке	параллельный	$P_{об.} = P_{расч.реж.}$ Расчет электрических режимов прилегающего энергорайона



Цели проекта определяют режим работы генерирующего оборудования (параллельный, изолированный, смешанный), должны быть определены заранее.

Состав генерирующего оборудования объектов распределенной генерации должен обеспечивать достижение целей проекта, однако на практике это зачастую не так.



Организационные особенности проектов распределенной генерации

4



Эффективность проекта распределенной генерации должна быть подготовлена на начальном этапе за счет детальной проработки технических решений и обоснования возможности возврата инвестиций

** - приведенные сроки могут варьироваться в зависимости от условий проекта*



Состав основных технических инвестиционных решений

5

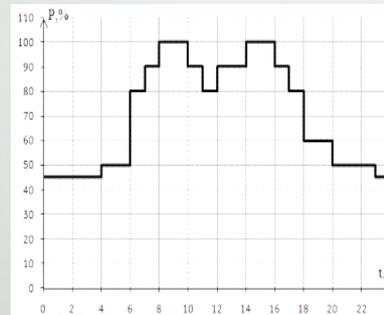
Основные
технические и
инвестиционные
решения

ЧТО ИМЕННО
СТРОИТЬ И
НАСКОЛЬКО ЭТО
ЭФФЕКТИВНО



1

Прогноз нагрузок



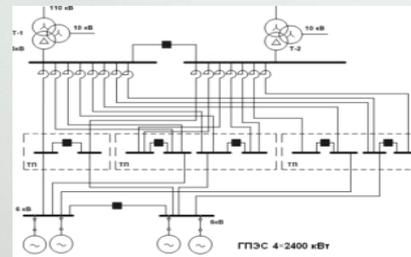
2

Выбор состава
оборудования



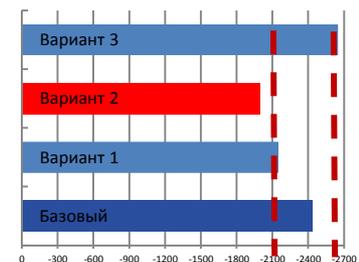
3

Разработка схемы
выдачи мощности



4

Оценка
экономической
эффективности





1. Прогноз нагрузок

6

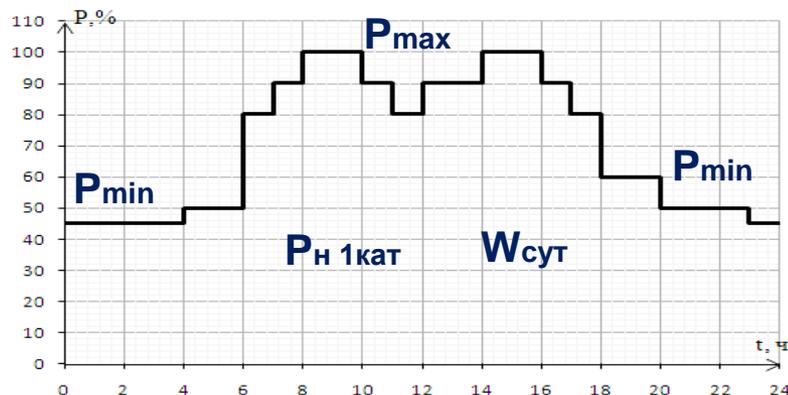
! Только максимальной расчетной нагрузки недостаточно для выбора оборудования в проектах распределенной генерации

Источниками информации для составления прогнозных нагрузок являются: ретроспективные данные по объекту энергоснабжения либо объекту-аналогу, данные о перспективе развития объекта, схемы территориального планирования и развития территорий, схемы и программы перспективного развития, инвестиционные программы и т.д

! Методики прогнозирования электрических и тепловых нагрузок определяются для каждого объекта отдельно, зависят от полноты и качества исходных данных.

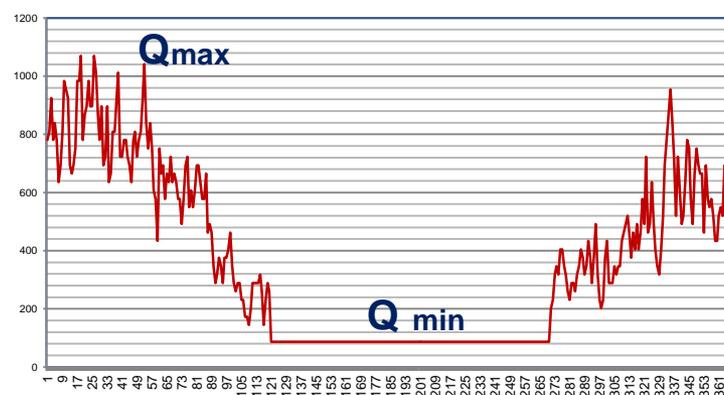
Прогнозирование нагрузки по нормативам имеет наименьшую точность.

Среднечасовой график электрической нагрузки



- Максимальная электрическая нагрузка ($P_n \max$)
- Минимальная электрическая нагрузка ($P_n \min$)
- Объем потребления (спрос) электрической энергии ($W \text{ потр.}$)
- ...

Среднесуточный график тепловой нагрузки



- Максимальная тепловая нагрузка ($Q_n \max$)
- Минимальная тепловая нагрузка ($Q_n \min$)
- Объем потребления (спрос) тепловой энергии
- ...



2. Выбор оборудования

7

Выбор технологий производства энергии



Разработка концепции, выбор максимальной мощности объекта



Выбор единичной мощности и количества генерирующих агрегатов, определение количества резервных агрегатов



Выбор состава дополнительного оборудования



Выбор производителей и моделей оборудования

Определяется доступным на территории топливом, максимальной эл. мощностью технологии, соотношением тепловой и электрической мощности технологии

! Необходимо рассмотрение и сравнение всех доступных технологий

Концепция объекта – набор решений выбору и оптимизации режимов работы энергоцентра для минимизации потерь при производстве энергии. Максимальная мощность определяется исходя из целей проекта.

! Необходимо учитывать возможность дозагрузки оборудования за счет продажи электрической и тепловой энергии

Определяется возможностью обеспечения заданной нагрузки минимальным количеством агрегатов с учетом технологических ограничений для выбранной технологии. Количество резервных агрегатов определяется требованиями к надежности энергоснабжения.

! Необходимо учитывать технологические ограничения по минимальной нагрузке оборудования и возможность обеспечения набросов/сбросов нагрузки

Определяется необходимостью покрытия небалансов (недостатка/избытка) тепловой и электрической энергии для заданной концепции.

! Необходимо учитывать изменение спроса на собственные нужды оборудования

Определяется вышеперечисленными и дополнительными требованиями (например: импортозамещение) на основании анализа рынка.

! Необходимо подтверждение возможности работы оборудования по стандартам РФ



3. Разработка схемы выдачи мощности

8

Расчет и анализ установившихся электрических режимов



Расчет и анализ токов короткого замыкания



Расчет и анализ динамической устойчивости



Разработка основных технических решений по выдаче мощности



Оценка затрат на реализацию схемы выдачи мощности

- Выбор точки присоединения
- Анализ балансов активной и реактивной мощности
- Анализ токовой загрузки элементов сети после ввода генерации
- Анализ отклонении напряжений
- Анализ пропускной способности
- Анализ возможности отключения токов КЗ
- Мероприятия по ограничению токов КЗ
- Перечень коммутационных аппаратов, требующих замены
- Настройки релейной защиты
- Условия отключения (повреждения) генераторов из-за нарушений во внешней сети
- Мероприятия по сохранению работоспособности генераторов
- Мероприятия по организации перехода из параллельного режима в островной и наоборот
- Требования к настройке защит и систем регулирования генерирующего оборудования
- Решения по составу и настройке устройств релейной защиты и автоматики
- Решения по реконструкции своих и прилегающих сетей
- Решения по составу оборудования связи, телемеханики, учета и т.д.

! Затраты на реализацию схемы выдачи мощности существенно влияют на экономические показатели проекта распределенной генерации

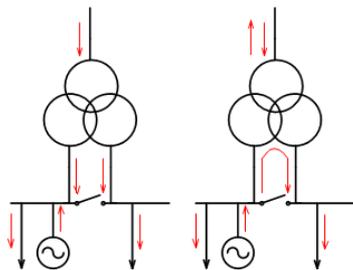


3. Разработка схемы выдачи мощности

Особенности проектов

Возникновение реверсивных потоков мощности может привести к перегрузке основного силового оборудования в распределительной сети в нормальных, ремонтных и п/а режимах.

Режим передачи мощности из одной обмотки НН трансформатора с расщепленной обмоткой в другую обмотку НН.



Нормативные возмущения в электрической сети могут привести к:

отключению генераторов с малой постоянной инерции, механическое повреждение генерирующего оборудования воздействием электромагнитного момента;

возможному возникновению несинхронных режимов работы ГУ.

Способы решения

- Изменение топологии сети;
- Замена силового оборудования.
- Выполнение анализа существующих устройств РЗ в части возможности выполнения защиты сети от всех видов нормативных возмущений и, при необходимости, установка дополнительных устройств РЗ.
- Перераспределение нагрузки между секциями РУ;
- Решение проблемы на этапе проектирования/заказа трансформатора (в случае если он устанавливается на этапе ввода объекта РГ);
- Замена трансформатора с расщепленной обмоткой на трехобмоточный трансформатор;
- Рассмотрение другого варианта СВМ объекта РГ.
- Разработка рекомендаций по увеличению динамической устойчивости объектов РГ или УВ ПА. Проверка генерирующего оборудования на соответствие электромагнитным моментам;
- Ресинхронизация должна резервироваться делением. Допустимая длительность асинхронного режима устанавливается для каждого сечения с учетом необходимости предотвращения повреждений оборудования энергосистемы, нарушений электроснабжения потребителей (п. 3.9 МУ по устойчивости ЭС).



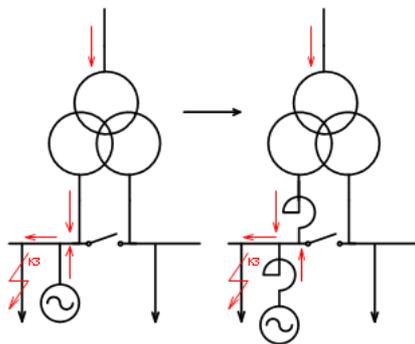
3. Разработка схемы выдачи мощности

10

Особенности проектов

КЗ в сети 110-220 кВ на питающей ПС, КЗ в сети 6 кВ, питающейся от этой ПС, могут привести к отключениям ГУ действием защиты генераторов от понижения напряжения.

Подключение РГ к распределительной сети 6 (10) кВ приводит к увеличению значения периодической составляющей и ударного тока трехфазного КЗ



Возможные несинхронные включения при АПВ вызванные отклонением вектора напряжения в сети, прилегающей к объекту РГ, при кратковременном ослаблении связи с ЭС или выделении на автономный режим работы

ГУ зачастую не оснащены необходимыми средствами автоматизации пуска, а также приема и реализации УВ от внешних локальных устройств ПА

Способы решения

- Кратность форсировки возбуждения по напряжению и по току должны быть не менее 2, длительность – не менее 20 с (ГОСТ 21558-2000). При этом технологические защиты ГУ не должны срабатывать. Решение на этапе подбора оборудования
- Установка токоограничивающих устройств;
- Замена коммутационного оборудования распределительной сети и другого оборудования, не соответствующего действию токов КЗ;
- Подключение РГ через трансформатор к сетям ВН;
- Пересмотр схемы работы РЗ в рассматриваемом районе.
- Применение АПВ с контролем встречного напряжения;
- Применение АПВ с контролем синхронизма
- Дополнительные требования к генерирующему оборудованию



3. Разработка схемы выдачи мощности

11

Особенности проектов

Особые подходы к ликвидации асинхронных режимов объектов РГ

Возможность установки ЧДА

Резкие сбросы/набросы нагрузки ГУ с отделением РГ на автономную работу и наличии профицита/дефицита активной мощности могут приводить к недопустимым режимам работы технологического оборудования станции.

Способы решения

- Применение устройств АЛАР с выдержкой по количеству циклов АР (по времени)
- Требуется оценка необходимости установки ЧДА на объектах РГ, где имеется возможность выделения объекта РГ на выделенный район с сохранением генерации
- Требуется моделирование указанных процессов с учетом внешних характеристик регуляторов

Важные дополнительные разделы СВМ

Рекомендации по применению системы возбуждения и АРВ

- АРВ должны соответствовать требованиям СТО 59012820.29.160.20.001-2012 «Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов»

ОТР по оснащению электрических сетей оборудованием связи

- Требуется диспетчеризация в РДУ электростанций мощностью более 25 МВт, наблюдаемость станций мощностью менее 25 МВт.



4. Оценка экономической эффективности

12

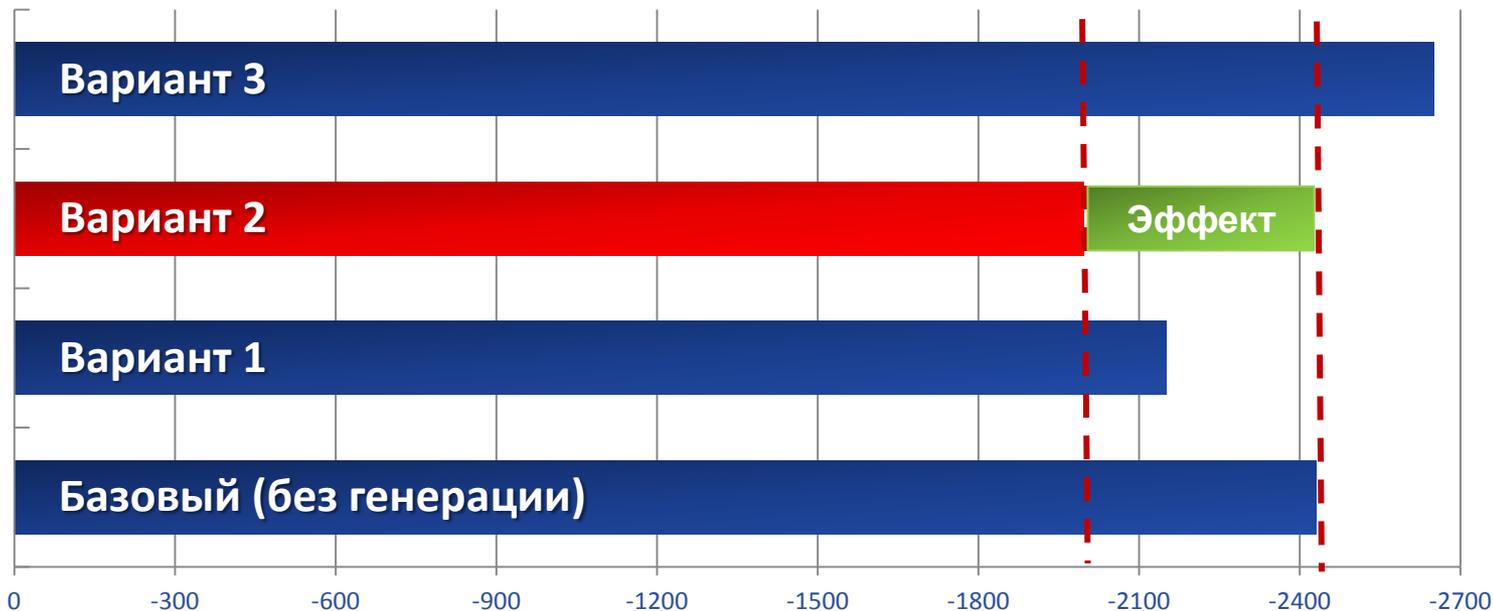
Наименование показателя	2017 г.	2018 г.	...	2037 г.	Итого
ДОХОДЫ (CASH IN)	0	0	...	0	0
Продажа э/э	0	0	...	0	0
ЗАТРАТЫ (CASH OUT)	1 700	480	...	400	2 580
Капитальные затраты (CapEx)	1 700	300	...	0	2 000
Оборудование	1 500	300	...		1 800
Тех.присоединение к энергосетям	200	0	...		200
Эксплуатационные затраты (OpEx)	0	180	...	400	580
Газ	0	70	...	160	230
Ремонт оборудования	0	60	...	130	190
Зарплата	0	50	...	110	160
ЧИСТЫЙ ДЕНЕЖНЫЙ ПОТОК (NCF)	-1 700	-480	...	-400	-2 580
Ставка дисконтирования	1,10	1,21	...	7,40	
ДИСКОНТИРОВАННЫЙ ДЕНЕЖНЫЙ ПОТОК (DCF)	-1 545	-397	...	-54	-1 996



4. Оценка экономической эффективности

13

Сравнение вариантов по DCF



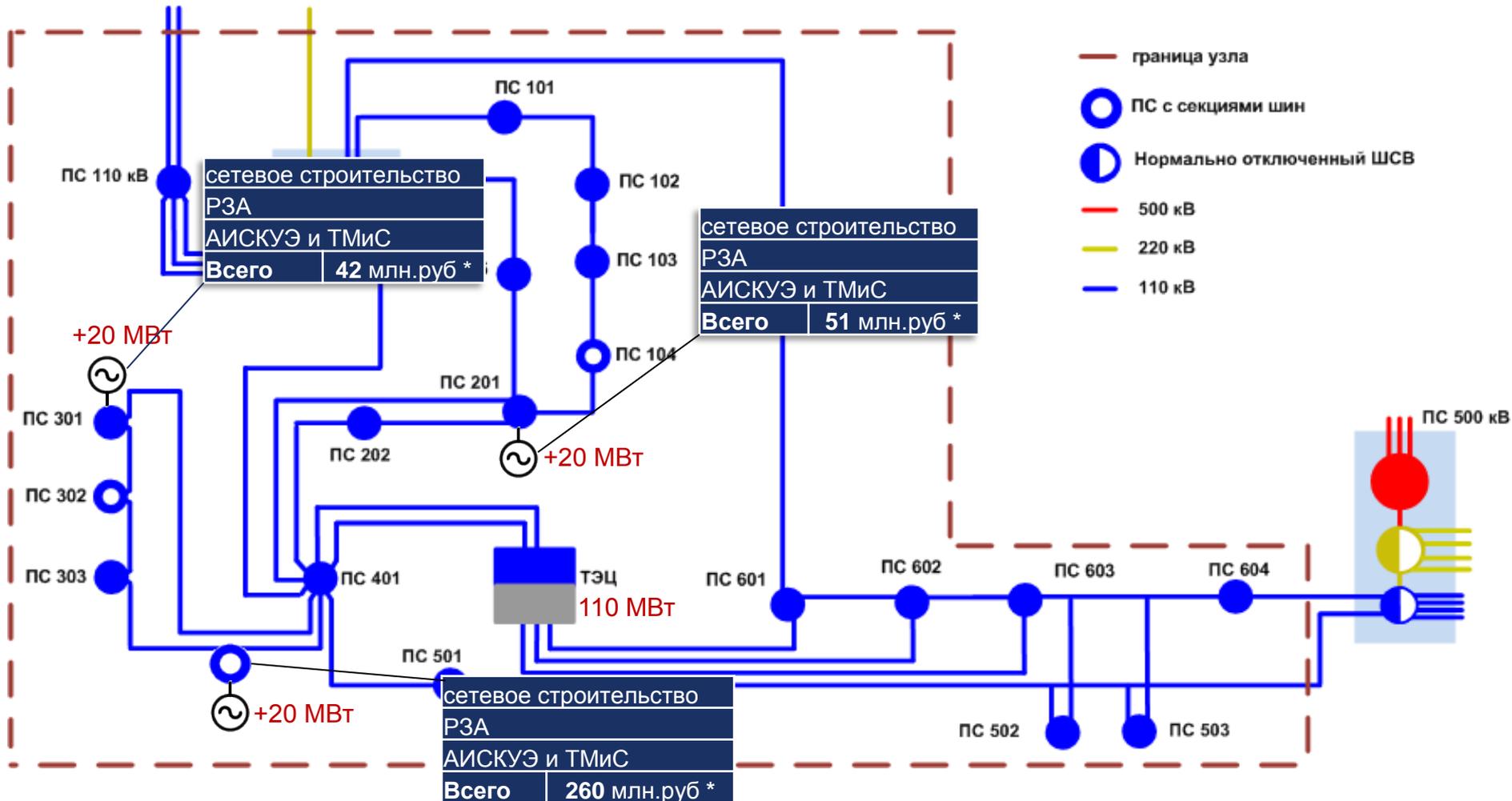
Экономический эффект, млн.руб. (NPV)	434
Внутренняя ставка доходности (IRR)	38%
Дисконтированный период окупаемости (DPB)	7 лет



Пример реализации мероприятий по СВМ

14

Мероприятия для обеспечения схемы выдачи мощности



* Приведены индикативные показатели. Стоимость мероприятий по СВМ зависит от условий проекта.



Создание малой генерации без выполнения СВМ – реальный пример неудачного решения

15

Место: Российская Федерация.

Оборудование: ГТУ 12,9 МВт – 4 шт. + котлы-утилизаторы.

Собственник: крупная компания товаропроизводитель.

Цель: электроснабжение и теплоснабжение (пар для производственных нужд, отопление) собственного промышленного объекта.

Проектировщик: компания-проектировщик «строительного» типа.



СВМ не выполнялась. Цели проекта были изменены после реализации проекта.

В результате включения генерирующих установок на параллельную работу с сетью, одна ГТУ была повреждена в процессе проведения пуско-наладочных работ, а остальные три находятся в эксплуатации со следующими показателями аварийности (статистика за 2013-2014 годы):

	Р уст, МВт	Аварийные заявки	Неотложные заявки	Неплановые заявки	Плановые заявки	Всего
ГТУ-1	12,9	46	5	19	8	82
ГТУ-2	12,9	27	14	20	7	68
ГТУ-3 поврежден	12,9	-	-	-	-	-
ГТУ-4	12,9	50	6	15	9	76
Всего	51,6	123	25	54	24	226



Эффективность распределенной генерации очевидна

16

Что именно строить
и на сколько это
эффективно

Основные
технические и
инвестиционные
решения

СОГЛАСОВАНО

Требования
инфраструктурных
организаций

Технические
условия

Требования
Заказчика

Техническое
задание

Как строить

Проектная и
рабочая
документация
на
строительство
объекта
генерации

Переходить к следующим этапам проектирования можно после определения основных технических и инвестиционных решений.



Благодарю за внимание

Синельников Алексей Михайлович

Начальник отдела технологических решений
для розничных рынков электрической энергии
Филиал ОАО «HTC EES»
«Технологии автоматического управления»
101000 Россия, г. Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3
+7 (499) 788-17-49
sinelnikov-am@so-ups.ru

