

ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТОВ СОБСТВЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

СИНЕЛЬНИКОВ А.М., филиал ОАО «НТЦ ЕЭС» «Технологии автоматического управления»

Строительство объекта собственной генерации – наиболее сложное и дорогостоящее мероприятие по снижению затрат предприятия на энергоснабжение, требующее глубокой предпроектной проработки. Качество предпроектных решений напрямую определяет качество проекта в целом и выражается в объеме будущего экономического эффекта. Отсутствие требований в нормативно-технических документах в части проектирования энергоцентров приводит к выполнению работ отдельными организациями по упрощенным методикам, использование которых заведомо приводит к искажению показателей экономической эффективности проектов строительства объектов распределенной генерации и является недопустимым при разработке основных технических и инвестиционных решений.

В современных экономических условиях задача сокращения затрат предприятий имеет особую актуальность. Действующее законодательство РФ в области электроэнергетики представляет потребителям несколько способов сокращения затрат на электроснабжение, которые условно можно разделить на две группы:

▣ **способы снижения затрат с сохранением существующей схемы электроснабжения предприятия, к которым можно отнести:**

- изменение ценовой категории в рамках действующего договора энергоснабжения (купли-продажи электрической энергии) с энергосбытовой организацией,
- замена контрагента/договора энергоснабжения (купли-продажи электрической энергии), обеспечивающая переход к другой энергосбытовой организации и/или покупку электрической энергии у розничных производителей,
- изменение профиля электрической нагрузки предприятия с целью снижения объемов потребления энергии в часы пиковой нагрузки энергосистемы,
- изменение статуса потребителя: получение статуса сетевой организации с целью получения платы за услуги по передаче электрической энергии су-

бабонентам (возможно исключительно при их наличии), получение статуса субъекта оптового рынка с целью самостоятельной покупки электрической на оптовом рынке без платы услуг сбытовой организации;

▣ **способы снижения затрат с изменением существующей схемы электроснабжения предприятия:**

- перевод присоединения предприятия на сети ПАО «ФСК ЕЭС» в обход территориальной сетевой организации с целью снижения платы за передачу электрической энергии (не всегда возможна реализация мероприятия),
- строительство собственного объекта распределенной генерации.

Первая группа способов широко применяется на практике самими различными предприятиями, т.к. требует наименьших затрат на их реализацию. Вторая применяется предприятиями значительно реже в виду необходимости существенных капитальных вложений, а также существования множества рисков реализации подобных проектов. Выполнение мероприятий второй группы целесообразно только после выполнения мероприятий первой группы.

Строительство объекта собственной генерации и присоединение его на параллельную работу с энергосистемой

является наиболее сложным из введенных техническим мероприятием, требующим проработки основных технических и инвестиционных решений на предпроектной стадии. Очевидно, что качество подготовки подобных решений напрямую определяет качество проекта в целом. Вместе с тем, в настоящее время нормативно-техническое регулирование данной области проектирования отсутствует, а требования по объему, составу и результатам работ не регламентированы, зачастую определяются только Заказчиком работ.

Данное обстоятельство привело к массовому появлению «маркетинговых» технико-экономических обоснований, разрабатываемых по упрощенным методикам, демонстрирующих заведомо завышенные показатели экономической эффективности проектов распределенной генерации. В частности, в качестве подобных упрощений применяется:

- ▣ расчет затрат на покупку электрической энергии по усредненной нагрузке, без учета почасового профиля графика нагрузки;
- ▣ ограничение количества вариантов состава оборудования энергоцентра при технико-экономическом сравнении;
- ▣ рассмотрение вариантов с заведомо некорректными характеристиками генерирующего оборудования;

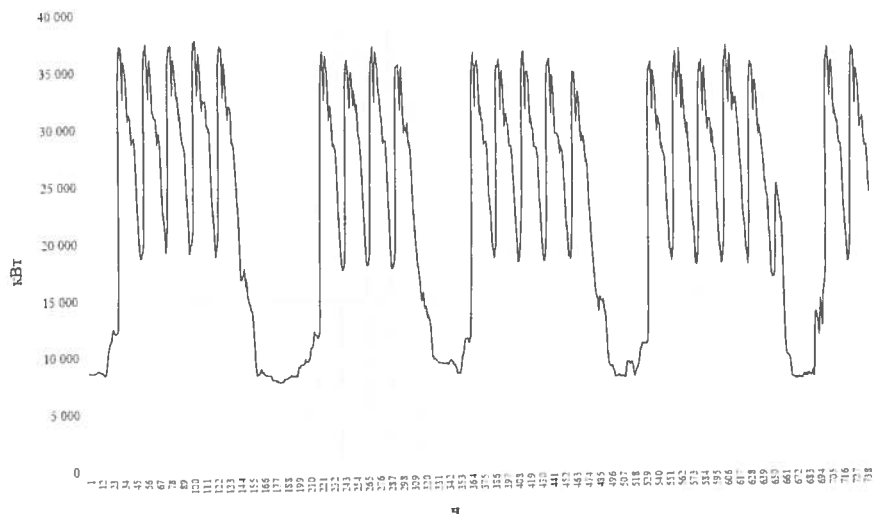


Рис. 1. График фактического почасового потребления электрической энергии за март 2016 года

- исключение затрат на организацию схемы выдачи мощности и работы энергоцентра параллельно с ЕЭС России;
- оценка экономической эффективности по некорректным показателям.

Приведем примеры каждого из упрощений с обоснованием некорректности подобных подходов.

РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ПОКУПКУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО УСРЕДНЕННОЙ НАГРУЗКЕ, БЕЗ УЧЕТА ПОЧАСОВОГО ПРОФИЛЯ ГРАФИКА НАГРУЗКИ

На рис. 1 приведен график фактического почасового потребления электрической энергии промышленного предприятия в центральной части России за март 2016 года.

Объем потребления электрической энергии за месяц составил 16,7 млн. кВт·ч. Максимальная нагрузка – 38 МВт. Минимальная нагрузка – 7,3 МВт. Средняя нагрузка – $16717853 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / 744 \text{ ч} = 22470 \text{ кВт}$.

Результаты расчета затрат на покупку электрической энергии на розничном рынке для приведенного графика нагрузки представлены в таблице 1.

Таким образом, при равном объеме потребления электрической энергии расчет затрат без учета почасового профиля графика нагрузки приводит к искажению результатов до 24 %, которое в дальнейшем искажает расчет эффективности проекта в целом, приводит к некорректным выводам относительно целесообразности реализации проекта. Учитывая вышеизложенное, расчет затрат на покупку электрической энергии

необходимо проводить с учетом почасового прогнозного графика нагрузки предприятия, определяемого на самом первом этапе технико-экономического обоснования.

ОГРАНИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВАРИАНТОВ СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГОЦЕНТРА ПРИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ СРАВНЕНИИ

Технико-экономические обоснования объектов распределенной генерации должны предусматривать несколько вариантов возможного состава оборудования. При этом на практике формирование набора вариантов зачастую производится с целью демонстрации преимуществ одного заранее определенного варианта, без учета их принципиально возможного количества. Однако подобный подход не обеспечивает соблюдение интересов Заказчика, так как для любого проекта распределенной генерации существует несколько десятков возможных составов генерирующего оборудования, целесообразность применения которых и требует проведения технико-экономического анализа.

Вместе с тем, отсутствие единой методологии формирования состава обо-

Таблица 1. Затраты на покупку электроэнергии

Затраты	Расчет без учета почасового профиля графика нагрузки	Расчет с учетом почасового профиля графика нагрузки
Затраты на покупку электрической энергии по третьей ценовой категории, руб.	59 497 055	62 693 601
Затраты на покупку электрической энергии по четвертой ценовой категории, руб.	54 218 663	70 467 604

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ

Ведущий рубрики



Илюшин Павел Владимирович

Заместитель генерального директора – главный инспектор ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС», к.т.н., руководитель подкомитета С6 «Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация» РНК СИГРЭ, руководитель подкомитета ПК-5 «Распределенная генерация (включая ВИЭ)» ТК 016 «Электроэнергетика» Росстандарта

рудования для различных вариантов, сложность формализации и алгоритмизации данного процесса привели к сложившейся практике составления возможных вариантов экспертным путем. Далее приведен пример формирования состава вариантов оборудования энергоцентра на основании матрицы вариантов состава оборудования, исключающей подобную возможность.

На рис. 2 приведена упрощенная схема электроснабжения предприятия.

Для формирования набора вариантов состава оборудования энергоцентра, сравниваемых на следующих этапах

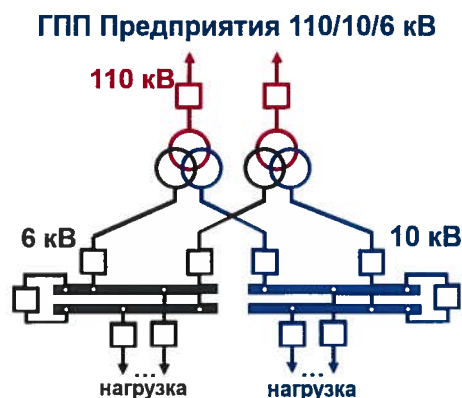


Рис. 2. Упрощенная схема ГПП предприятия

работы, в качестве примера приведены следующие возможные критерии:

- технология производства электрической энергии (газопоршневые, газотурбинные и т.п.);
- режим покрытия графика нагрузки (покрытие только базовой части, покрытие базовой и полупиковой части, полное покрытие графика нагрузки);
- режим загрузки генерирующего оборудования (следование за нагрузкой; постоянный с генерацией и продажей избытков электрической энергии или без продажи избытков);
- объем нагрузки, присоединяемой непосредственно к каждому агрегату (нагрузка секции, нагрузка РУ, нагрузка всей ГПП).

В таблице 2 приведена матрица формирования возможных вариантов состава оборудования, полученная на основании сочетания различных критериев.

Приведенный перечень критериев является не полным, однако на его примере наглядно продемонстрирована возможность формирования как минимум 30 вариантов состава оборудования энергоцентра. При этом важно отметить, что для каждого варианта может подходить оборудование нескольких производителей, причем разных модификаций и моделей. Далее для сравнения и выбора перспективных вариантов состава оборудования энергоцентра целесообразно

для каждого из них определить чистую приведенную стоимость проекта.

РАССМОТРЕНИЕ ВАРИАНТОВ С ЗАВЕДОМО НЕКОРРЕКТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Номинальные характеристики генерирующих установок приводятся разными производителями для различных условий. Так, номинальный расход топлива приводится для различной теплотворной способности газа, различных видов топлива, либо приводится в различных единицах измерения: МДж/нм³, кВт·ч/нм³, л/ч и т.д.

На рис. 3 приведены выдержки из спецификации оборудования различных производителей, демонстрирующие условия определения расхода топлива.

Кроме того, в спецификациях оборудования (особенно публикуемых в открытом доступе) могут приводиться искаженные (маркетинговые) параметры оборудования, заданные при заведомо невозможных условиях его эксплуатации, например, при работе с чисто активной нагрузкой (cos φ = 1).

Таким образом, с целью обеспечения сопоставимости вариантов перед их сравнением требуется приведение паспортных характеристик оборудования к реальным параметрам рассматриваемого объекта. В противном случае воз-

можно искажение результатов сравнения, и в частности некорректный учет в затратах значений расхода топлива.

ИСКЛЮЧЕНИЕ ИЗ РАССМОТРЕНИЯ ВОПРОСОВ ОРГАНИЗАЦИИ СХЕМЫ ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ И РАБОТЫ ЭНЕРГОЦЕНТРА ПАРАЛЛЕЛЬНО С ЕЭС РОССИИ

При проектировании объектов распределенной генерации требуется разработка технических мероприятий, обеспечивающих возможность работы энергоцентра параллельно с ЕЭС России и сохранность генерирующего оборудования. Определение объема таких мероприятий целесообразно проводить при разработке технико-экономического обоснования строительства объекта распределенной генерации в рамках разработки схемы выдачи мощности (СВМ), а стоимость таких мероприятий, очевидно, должна быть учтена при оценке экономической эффективности проекта.

На рис. 4 в качестве примера результатов разработки СВМ приведена схема размещения устройств РЗА и ПА, необходимых для обеспечения выдачи мощности энергоцентра, состоящего из двух ГТУ мощностью по 9 МВт.

В данном примере генерирующие агрегаты были присоединены к сети 6 кВ предприятия, режимом работы была предусмотрена возможности пе-

⚡ Nominal fuel rating: Natural gas, 37 MJ/m³ (1000 Btu/ft.³)
LP vapor, 93 MJ/m³ (2500 Btu/ft.³)

Performance data refer to: Operation with natural gas Hu = 10 kWh/Nm³ and methane number MZ > 80, operation with biogas Hu = 6 kWh/Nm³ (E2876 LE 202: HU = 5 kWh/Nm³) and methane number MZ > 140.
Engine operation with MZ < 80 or other types of gas after consultation with Nuremberg works only.

Data shown is based on steady state engine operating conditions of 25 °C (77 °F), 96.28 kPa (28.43 in Hg) and fuel having a LHV of 35.6 MJ/Nm³ (905 Btu/R³) and 80 Methane Number at 101.60 kPa (30.00 in Hg) absolute and 0 °C (32 °F). Emission data shown is subject to instrumentation, measurement, facility, and engine fuel system adjustment.

Рис. 3. Выдержки из спецификации оборудования различных производителей

Таблица 2. Варианты оборудования

Технология производства э/э	Газопоршневая					Газотурбинная				
	баз.		полупик.		пик.	баз.		полупик.		пик.
Режим покрытия графика нагрузки	за нагр.	пост.	за нагр.	пост.	за нагр.	за нагр.	пост.	за нагр.	пост.	за нагр.
Режим загрузки генерирующего оборудования										
Объем нагрузки для 1 ГУ										
сш	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28
РУ	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29
ГПП	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30

передачи электрической энергии в сеть 10 кВ через существующие трехобмоточные трансформаторы. Несмотря на наличие собственной защиты генерирующего оборудования для корректной работы энергоцентра в составе энергосистемы потребовалось провести значительные работы по реконструкции сети внутреннего электроснабжения предприятия. Полный перечень мероприятий приведен в таблице 3.

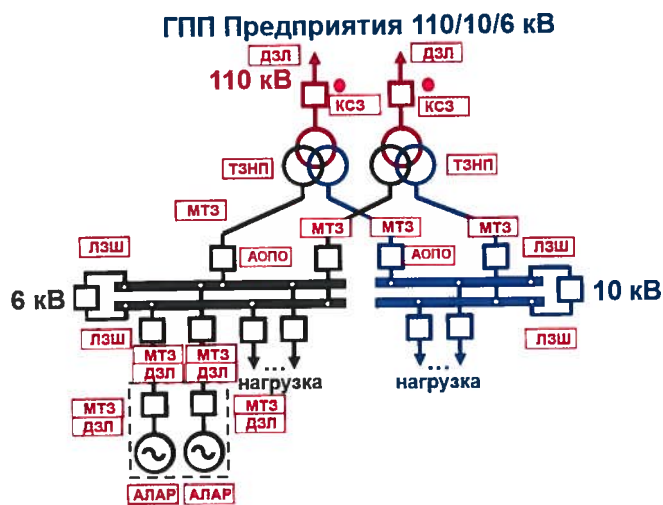
Таким образом, разработка СВМ вместе с технико-экономическим обоснованием проекта распределенной генерации позволяет определить и учесть дополнительные затраты на организацию параллельной работы энергоцентра с энергосистемой до начала процедуры технологического присоединения.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПО НЕКОРРЕКТНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Ввиду отсутствия утвержденных методик оценки экономической эффективности в качестве результатов ТЭО часто приводятся некорректные показатели эффективности проектов, например, стоимость выработки 1 кВт·ч электрической энергии. Данный метод расчета не учитывает изменения цен и стоимости денег во времени, в связи с чем приводит к искажению результатов сравнения вариантов.

Оценку экономической эффективности любых инвестиционных проектов (в том числе в энергетике) необходимо выполнять на основе единственного и общепринятого в мировой практике метода дисконтированных денежных потоков. Данный метод позволяет привести будущие разновременные расходы и

Рис. 4. Пример схемы размещения устройств РЗА и ПА



доходы (например, по различным вариантам энергоснабжения) к условиям их соизмеримости по экономической ценности к одному моменту времени, что особенно актуально для энергетики в связи с долгосрочным характером проектов. Метод дисконтирования предполагает построение финансово-экономической модели для каждого из рассматриваемых вариантов энергоснабжения, в которую включаются прогнозные капитальные и эксплуатационные затраты с учетом ежегодной инфляции по каждой статье расходов. По итогам финансово-экономической модели рассчитывается дисконтированный денежный поток каждого варианта и определяется вариант с наименьшими суммарными дисконтированными затратами. Результатом сравнения суммарных затрат вариантов энергоснабжения с базовым (без энергоцентра) вариантом является определение

основных показателей, необходимых для оценки эффективности инвестиционных проектов – чистой приведенной стоимости (NPV), внутренней ставки доходности (IRR), дисконтированного периода окупаемости (DPB).

Важно отметить, что в общем случае экономический эффект от снижения затрат на энергоснабжение предприятия приведет к увеличению налогооблагаемой базы по налогу на прибыль. Таким образом реальный экономический эффект окажется ниже ориентировочно на 20 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемьев И.Б., Синельников А.М. О подходе к выбору состава генерирующего оборудования на объектах распределенной генерации // Турбины и дизели, 2015. № 2, с.10–13.
2. Турбины и дизели. Каталог энергетического оборудования – 2016.

Таблица 3. Перечень мероприятий, необходимых для корректной работы энергоцентра

Мероприятия	Дополнительное оборудование в сети предприятия после ввода энергоцентра, шт.
Замена выключателей 6–10 кВ	46
Замена трансформаторов тока	54
Установка логической защиты шин (ЛЗШ)	4
Установка токовой защиты нулевой последовательности (ТЗНП)	2
Установка дифференциальной защиты линий 6 кВ и линий 110 кВ (ДЗЛ)	4
Установка максимальной токовой защита (МТЗ)	6
Установка автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР)	2
Установка автоматики ограничения перегрузки оборудования (АОПО)	2
Установка автоматики повторного включения с улавливанием синхронизма (АПВ) и комплекта ступенчатых защит на линиях 110 кВ	2
Установка шкафа отбора напряжения (ШОН)	2
Установка шкафа регистрации аварийных событий	1
Установка ВОЛС для ДЗЛ	2