

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Черкашина В. В.¹, Нотовский П. В.¹, Холод А. В.²

¹Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт",
²ЧАО "ЭЛАКС"

Проанализированы основные экономические показатели при проектировании воздушных линий для обоснования увеличения инвестиций, которые позволят повысить эффективность управления режимами работы электрических сетей в реальном времени за счет температурного мониторинга линий.

Постановка проблемы

В условиях балансирующего рынка электроэнергетики осуществление инвестиционных проектов (ИП) в электроэнергетике предполагает всестороннее и детальное рассмотрение результатов и последствий их реализации.

При оценке инвестиционных вложений используют специальные методические подходы и показатели эффективности, которые позволяют учитывать поэтапный ввод инвестиций, а также фактор времени и изменение стоимости электроэнергии.

В таких условиях важным моментом является рациональное использование пропускной способности воздушных линий (ВЛ), поэтому оснащение линий соответствующими информационно-техническими средствами мониторинга еще при проектировании является актуальным.

Анализ последних исследований и публикаций

Как показывает анализ мирового опыта проектирования ВЛ для определения эффективности проекта и выбору финансирования необходимо проведение комплексной оценки инвестиций, обоснование затрат и полученных результатов [1].

Существует два подхода к оценке экономической эффективности:

- без учета фактора времени, когда равные суммы дохода, получаемые в разное время, рассматриваются как равноценные;

- с учетом фактора времени, когда методы оценки экономической эффективности разделяются на статические и динамические методы дисконтирования [2].

Статические методы экономической оценки эффективности инвестиций оперируют статическими значениями исходных данных такими, как норма прибыли, срок окупаемости. При их использовании не учитывается неравнозначность денежных потоков в разные моменты времени. Статические методы достаточно широко распространены и применяются для быстрой оценки проектов на предварительных стадиях разработки.

Динамические методы учитывают фактор времени и характеризуются поступлениями и выплатами, которые ожидаются при реализации. Проблема адекватной оценки оптимального варианта проекта ВЛ заключается в определении того, насколько будущие поступления оправдывают сегодняшние затраты. Для

этого расходы и доходы, разнесенные во времени, приводятся к базовому моменту времени, которым считается дата начала реализации проекта или условная дата, близкая ко времени проведения расчетов эффективности проекта [1].

Критерием, определяющим коммерческую эффективность, применительно к проектируемым ВЛ, является критерий минимума дисконтированных затрат [1, 3, 4, 5].

Для оценки эффективности инвестиций в проектируемую ВЛ целесообразно [6]:

- моделирование денежных потоков, включающих связанные с проектом денежные поступления и расходы с учетом возможности использования различных валют;
- сравнение альтернативных вариантов инвестиций в основные и оборотные фонды;
- принцип положительности и максимума эффекта от реализации проекта;
- учет фактора времени;
- учет влияния инфляции;
- учет влияния неопределенностей и рисков, сопровождающих реализацию проекта.

Цель статьи

Проанализировать основные экономические показатели при проектировании воздушных линий для обоснования увеличения инвестиций, которые позволят повысить эффективность управления режимами работы электрических сетей в реальном времени за счет температурного мониторинга линий.

Основные материалы исследования

Для того чтобы проект ВЛ, с точки зрения инвестора, был признан эффективным, необходимо, чтобы эффект реализации проекта был положительным.

Для оценки как абсолютного, так и относительно эффекта реализации проекта ВЛ был проведен анализ представленных ниже экономических показателей [1-3, 7, 8].

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется как разность сумм, дисконтированных к началу инвестиционного периода притоков и оттоков реальных денег по проекту за весь инвестиционный период.

Положительное значение ЧДД свидетельствует о том, что данный проект эффективен, инвестор вернет

свой капитал и получит прибыль. Нулевое значение ЧДД говорит о том, что инвестор может быть уверен, что вложенный капитал не обесценится.

Отрицательное значение ЧДД говорит о том, что вложение капитала приведет к уменьшению его стоимости, т.е. экономическое не целесообразно.

Внутренняя норма доходности (ВНД) определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для инвестора. Если значение ВНД данного проекта превышает ставку дисконтирования, значит, инвестор, вложивший в него деньги, получит больший процент, чем в банке. Определение ВНД в общем случае, когда потоки платежей меняются по годам, производится графически или методом последовательных приближений.

Критерием абсолютной эффективности инвестиций в проектируемую ВЛ служит условие превышения ВНД над значением ставки дисконтирования. При ставке, равной ВНД инвестирование финансовых средств в проект даст тот же суммарный доход, что и помещение их в банк на депозитный счет. Таким образом, при этой ставке оба варианта помещения финансовых средств равноэкономичны. Если реальная ставка меньше ВНД проекта, то инвестирование средств в него выгодно, и наоборот. Если проект полностью финансируется за счет ссуды коммерческого банка, то значение ВНД показывает верхнюю границу допустимого уровня банковской процентной ставки, превышение которой делает проект убыточным. Следовательно, ВНД является граничной ставкой дисконтирования, разделяющей эффективные и неэффективные инвестиционные проекты.

Дисконтированный срок окупаемости покажет момент времени, в котором доходы с учетом фактора времени будут равны инвестиционным затратам проекта. Дисконтированный срок окупаемости служит лучшим критерием, чем простой срок окупаемости, поскольку он напрямую связан со ставкой дисконтирования: чем выше ставка, тем дольше срок окупаемости проекта.

Эквивалентный аннуитет. Аннуитет (ежегодный платеж) – это последовательность одинаковых платежей, которые осуществляются по годам расчетного периода ради накопления конкретной суммы. Например, накопление амортизационного фонда. Эквивалентный аннуитет – это усредненный аннуитет, имеющий ту же продолжительность, что и оцениваемый инвестиционный проект, и тот же ЧДД. Этот критерий представляет собой среднегодовое значение ЧДД. Положительный аннуитет свидетельствует об эффективности проекта. Логика использования эквивалентных аннуитетов состоит в том, что если определить их для всех сравниваемых вариантов проектируемых ВЛ, то проект с наибольшим аннуитетом будет обеспечивать наибольший ЧДД [8].

Суммарные дисконтированные затраты. Затратный подход представляет собой эффективный инструмент для оперативного предварительного сравнения и ранжирования альтернативных вариантов проектируемых ВЛ на основании суммарных дисконтированных затрат при предварительном выполнении условий энергетической и экономической сопостави-

мости.

Индексы доходности характеризуют относительную "отдачу проекта" на вложенные в него средства. При оценке эффективности часто используются: индекс доходности затрат, индекс доходности дисконтированных затрат, индекс доходности инвестиций, индекс доходности дисконтированных инвестиций. Если индексы доходности затрат и инвестиций превышают 1, то для этого варианта проектируемой ВЛ ЧДД положителен.

Анализируя приведенные показатели следует, что при технико-экономическом обосновании проектируемой ВЛ в качестве показателей экономической эффективности целесообразно использовать ЧДД и дисконтированные затраты.

Максимальный ЧДД отвечает тому проекту ВЛ, у которого соблюдается критерий минимума суммарных дисконтированных затрат, соответственно максимума суммарных дисконтированных результатов [1, 2].

Преимущество одновременного использования этих показателей состоит в том, что не требуется информация о затратах и о результатах, получение которой для некоторых проектов может составлять принципиальные трудности, что приводит к появлению неопределенностей и рисков, сопровождающих реализацию проекта.

Согласно [9, 10], суммарные дисконтированные затраты ВЛ равны

$$Z_{ВЛ} = K + \sum_{t=0}^{T_p} \frac{I_{o.p} + I_{nom}}{(1+E)^t} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где K_i – инвестиции на сооружение ВЛ, денежные единицы (д.е);

T_p – расчетный период, год;

$I_{o.p.t}$ – издержки на обслуживание и ремонт объекта на шаге дисконтирования t , д.е;

I_{nom} – издержки на возмещение потерь электроэнергии на шаге дисконтирования t , д.е;

E – норма дисконта или ставка сравнения, представляет собой минимально необходимую норму прибыли на капитал, относительные единицы (о.е) [8].

Составляющие формулы можно (1) выразить через параметры ВЛ и режимы её работы

$$Z_{ВЛ} = K_i + \sum_{t=i}^{T_p} \frac{\alpha_{обсл} \cdot K_i + \frac{C_0 \cdot P^2 \cdot \tau \cdot \rho \cdot l}{U^2 \cdot F}}{(1+E)^t}, \quad (2)$$

где K_i – инвестиции на сооружение ВЛ, д.е;

$\alpha_{обсл}$ – норма отчисления на обслуживание и ремонт, %;

C_0 – стоимость электроэнергии, д.е/кВтчас;

P – расчетная мощность нагрузки, кВт;

ρ – удельное сопротивление провода, Ом/км;

F – сечение провода, мм²;

U – номинальное напряжение, кВ;

l – длина линии, км.

При определенном сечении F дисконтированные

затраты на ВЛ являются квадратичной функцией от расчетной мощности

$$Z_{ВЛ} = A + BP^2, \quad (3)$$

где

$$A = K_i + \sum_{i=1}^{T_p} \frac{\alpha_{обсл.} \cdot K_i}{(1+E)'}; \quad (4)$$

$$B = \sum_{i=1}^{T_p} \frac{C_0 \cdot P^2 \cdot \tau \cdot \rho \cdot 1}{U^2 \cdot F \cdot (1+E)'}. \quad (5)$$

Процент допустимого роста активной передаваемой мощности, определяется по формуле

$$K = \left(\frac{P_{расч.}}{P_{н.д.}} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (6)$$

где $P_{расч.}$ – расчетная активная передаваемая мощность ВЛ с учетом температуры провода, кВт;

$P_{н.д.}$ – номинально допустимая передаваемая мощность ВЛ, кВт.

Увеличение допустимой передаваемой мощности вызывает, зависящие от метеорологических условий, изменения величины температуры проводов ВЛ.

Исследования, проведенные в зарубежных странах показали, что нагрузочная способность ВЛ большую часть времени существенно превосходит допустимый предел пропускной способности по току. Ограничение перетоков мощности по ВЛ было установлено при температуре проводов, которая не превышает допустимое значение при конкретных метеорологических условиях. Увеличить предел передаваемой мощности на 15-30 % возможно за счёт температурного мониторинга ВЛ в реальном времени. Во многих странах, таких как Индия, Корея, Китай, США и страны Европы, измерения параметров проводов осуществляют системой мониторинга, контрольно-измерительным элементом которой являются интеллектуальные датчики. Данные устройства могут содержать различные виды датчиков основные это датчик тока, датчик температуры провода, датчик температуры окружающей среды, MEMS датчик, датчик влажности, передатчик информации (радиосигнал, GSM или WI-FI) [10].

Проблема выбора оптимального числа датчиков на контролируемую длину ВЛ является оптимизационной задачей.

Ограничением количества датчиков на контролируемой ВЛ является:

- расстояние прямой видимости;
- установившиеся метеорологические условия в регионе прохождения трассы линии;
- пересечения с участками, усложняющими прохождение трассы линии (леса, водные пространства);
- прохождение линии по местности, метеорологические условия которой оказывают влияние на параметры ВЛ (повышенная влажность, сильные ветры

т.д.)

- стоимость мероприятий.

Очевидно, что при увеличении количества установленных датчиков улучшается контроль линии, что повышает эффективность управления режимами работы электрических сетей в реальном времени, но в тоже время увеличивает стоимость внедрения системы мониторинга ВЛ.

Поэтому решение оптимизационной задачи имеет два основных критерия:

- повышение эффективности управления режимами работы электрических сетей в реальном времени;
- стоимость внедрения системы температурного мониторинга ВЛ.

Упрощенно [9] суммарные дисконтированные затраты в ВЛ до внедрения системы температурного мониторинга можно записать, как

$$Z_{ВЛ} = I_i + p_{норм.} \cdot K_i = \min, \quad (7)$$

где I_i – текущие ежегодные издержки, д.е;

K_i – инвестиции в основные и оборотные фонды, д.е;

$p_{норм}$ – нормативный коэффициент инвестиций, о.е.

При внедрении системы температурного мониторинга, содержащей N количество датчиков, суммарные дисконтированные затраты в ВЛ изменяться следующим образом:

- возрастут инвестиции в основные и оборотные фонды на сумму ΔK (7);

- уменьшатся текущие ежегодные издержки на сумму ΔI (7) поскольку за счет контроля температурного режима ВЛ повысится эффективность управления режимами работы электрических сетей в реальном времени.

Такое изменение в суммарных дисконтированных затратах позволяет обосновать экономическую эффективность проектируемой ВЛ и соблюдать критерий минимума дисконтированных затрат

$$\begin{aligned} Z_{ВЛ} &= I_i - \Delta I + p_{норм.} (K_i + \Delta K) = \\ &= I + p_{норм.} K = \min, \end{aligned} \quad (8)$$

Так же реализация (8) позволит определить оптимальное количество датчиков системы температурного мониторинга ВЛ.

Интеграция системы температурного мониторинга ВЛ возможна в существующую систему ОИК АСДУ, что положительно отразится на инвестициях в основные и оборотные фонды.

При проектировании ВЛ погрешность экономических расчетов обусловлена такими факторами:

- при определении инвестиционных вложений неизбежна погрешность 5 – 10 %, поскольку реальные цены всегда в большей или меньшей степени отличаются от принятых при проектировании;
- расчетные нагрузки определяются со средней погрешностью 16 %, что приводит к погрешности в определении затрат на 5 – 7%.

Усредненная погрешность экономических расчетов при проектировании ВЛ составляет 5 – 10 % [4-6].

При обосновании варианта проектируемой ВЛ акцентируется внимание на эффекте реализации проекта. При этом, максимальный ЧДД соответствует величине максимума суммарных результатов.

Использование на ВЛ системы температурного мониторинга, которая состоит из интеллектуальных сенсоров и датчиков, сотовых или радио модулей связи, и усовершенствованных алгоритмов передачи информации увеличивает инвестиции в проект, которые позволяют получить положительный эффект реализации:

- быстро принимать решения при недостатке передаваемой мощности;
- исключить перегрузку ВЛ, увеличивая передаваемую мощность;
- минимизировать последствия для электрических сетей при ремонте отдельных участков;
- приводить передаваемые по ВЛ мощности в соответствие с реальными нагрузками и погодными условиями;
- снизить технологические потери, в том числе и потери на корону;
- точно отслеживать изменение стрел провеса;
- повысить эффективность борьбы с гололедообразованием;
- увеличить безопасность и надежность эксплуатации ВЛ в условиях превышения статических нагрузок;
- ускорить реакцию на непредвиденные ситуации при изменении метеорологических условий;
- обеспечивать дополнительные предупреждения при риске нарушения безопасности ВЛ.

Выводы

1. Анализ основных экономических показателей позволил определить, что при технико-экономическом обосновании проектируемой ВЛ целесообразно использовать чистый дисконтированный доход и дисконтированные затраты для оценки экономической эффективности реализации проекта.

2. Проведенные научные исследования показали, что проектирование ВЛ с учетом системы температурного мониторинга не противоречит критерию минимума дисконтированных затрат при этом контроль параметров ВЛ повышает эффективность управления режимами работы электрических сетей в реальном времени.

Список использованных источников

1. Ефентьев С. Н. Развитие методики технико-экономического анализа при выборе основных параметров электрических сетей с учетом неопределенности исходной информации: дис. канд. технических наук. – М., 2004. – 205 с.

2. Экономика и управление энергообъектами. Кн. 2. РАО "ЕЭС России". Электростанции. Электрические сети / Н. Н. Кожевников, Т. Ф. Басова, Н. С. Чинакаева и др.; Под ред. А. И. Барановского, Н. И. Кожевникова, Н. В. Пирадовой. – М.: Изд-во МЭИ, 1998.

3. Денисов В. И. Методические особенности обоснования вариантов обновления объектов электроэнергетики / В. И. Денисов // Электрические станции. – 2003. – №5. – С. 2 - 7.

4. Козлов В. А. Оценка эффективности капитальных вложений в электросетевые объекты. / В. А. Козлов // Энергетик. – 2001. – №7. – С. 9 - 11.

5. Малкин П. А. Критерий экономической эффективности для выбора объектов основной электрической сети / П. А. Малкин // Энергетик. – 2003. – №1 – С. 10-11.

6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: В. В. Коссов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров. М.: Экономика, 2000. – 421 с.

7. Методические особенности оценки эффективности проектов в электроэнергетике. - М.: Научный центр прикладных исследований (НЦПИ), 1999.

8. Фомина В. Н. Экономика энергетики: - М.:ГУУ, 2005. – 383 с.

9. Справочник по проектированию электрических сетей под ред. Д. Л. Файбисовича. — М.:НЦ ЭНАС, 2006.

10. Шилин А. А. Информационно-измерительная система контроля аварийных режимов воздушных линий электропередачи. Автореферат. – Волгоград: ВГТУ, 2012 – 18 с.

Анотація

ЕКОНОМІЧНІ ПИТАННЯ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Черкашина В. В., Нотовский П. В., Холод А. В.

Проаналізовано основні економічні показники при проектуванні повітряних ліній для обґрунтування збільшення інвестицій, які дозволять підвищити ефективність керування режимами роботи електричних мереж в реальному часі за рахунок температурного моніторингу ліній.

Abstract

ECONOMIC ISSUES IN THE TASKS OF PLANNING OVERHEAD POWER LINES

V. Cherkashina, P. Notovsky, A. Holod

Analyzes the main economic indicators for the design of overhead lines for justify increased investment that will improve the efficiency of management modes of electrical networks in real time by monitoring the temperature lines.