

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Проектные расчеты имеют стохастический характер, так как исходные параметры задачи подвергаются воздействию различных факторов, которые не учитываются основными уравнениями экономико-математической модели. Неучтенные погрешности первичной информации, а затем и результат в задачах технико-экономического анализа создают видимость детерминированной оценки. Это не соответствует природе исследуемого процесса, и полученное решение может оказаться неверным.

В настоящей работе оценка погрешности результата осуществляется на основании теории погрешности, изложенной в [1], но применительно к сравнительному технико-экономическому анализу двух вариантов системы электроснабжения промышленного предприятия. Принятие наилучшего варианта электроснабжения производится на основании такого обобщенного технико-экономического показателя, как приведенные затраты. Этот сложный показатель Z , характеризующий состояние описываемой системы, может быть определен набором переменных x_i . Параметры системы x_i представляют собой первичные исходные данные и находятся в связи с обобщенным показателем Z , т.е. образуют функциональную зависимость

$$Z = f(x_i), \quad (1)$$

где x_i ($i = 1, \dots, n$) – удельные показатели стоимости сооружения линии $K_{Л}$ и подстанции $K_{П.СТ}$, включающие затраты на переменные Z_{Σ} и постоянные Z_{Σ}'' потери энергии, протяженность линии L , активная электрическая нагрузка электропередачи P , напряжение передачи U , коэффициент мощности $\cos \varphi$, активное сопротивление линии R , постоянные $\Delta P_{X.X}$ и нагрузочные $\Delta P_{К.З}$ потери активной мощности в трансформаторах, время потерь τ , годовое время работы трансформатора T_p .

Перечисленные показатели принимают конкретные значения с определенной погрешностью для сравниваемых вариантов электроснабжения. По условию задачи требуется рассчитать активную нагрузку $P = 2960$ кВт при $\cos \varphi = 0,8$ передать на расстояние $L = 5$ км по кабельной линии (КЛ) напряжением в первом варианте 6 кВ и КЛ напряжением 10 кВ во втором варианте. На приемном конце КЛ расположена понизительная подстанция 6/0,4 кВ в первом варианте и 10/0,4 кВ – во втором. Предприятие работает в три смены, время использования максимума нагрузки $T = 6000$ ч/год, питающая энергосистема – Белорусская. Производительность объектов сопоставляемых вариантов электроснабжения одинакова, т.е. рассматриваются схемы с равными надежностью и качеством электроэнергии.

При одновременных капитальных вложениях (срок строительства не более одного года) и постоянных эксплуатационных расходах приведенные затраты Z составляют [2]

$$З = p_n K + \Gamma_3, \quad (2)$$

где p_n — нормативный коэффициент эффективности, равный 0,12; K — единовременные капитальные вложения в электрическую сеть; Γ_3 — годовые эксплуатационные расходы.

Для проведения детального анализа общее выражение (2) запишем в виде суммы

$$З = З_{Л} + З_{Л.\Delta Э} + З_{П.СТ} + З_{ТР.\Delta Э}^{X.X} + З_{ТР.\Delta Э}^{K.З}, \quad (3)$$

где $З_{Л}$ — приведенные затраты (ПЗ) на сооружение линии; $З_{Л.\Delta Э}$ — ПЗ на возмещение потерь в линии; $З_{П.СТ}$ — ПЗ на сооружение подстанции; $З_{ТР.\Delta Э}^{X.X}$ — ПЗ на возмещение постоянных потерь в трансформаторах; $З_{ТР.\Delta Э}^{K.З}$ — ПЗ на возмещение переменных потерь в трансформаторах.

Слагаемые выражения (3) просто подсчитываются по формулам, приведенным в [2, 3]. Результаты вычисления приводятся в табл. 1.

Объективно существующая неточность исходных параметров системы x_i приводит к тому, что рассчитываемые на их основе обобщенные показатели Z также имеют погрешность. Вариация различных исходных данных неодинаково влияет на точность результата. Представив первичную информацию в виде функции (1), можно количественно оценить влияние изменения исходных данных на результат расчета. С этой целью введено понятие чувствительности показателя к изменению исходных данных. Наиболее обобщенным показателем чувствительности [4] является коэффициент эластичности

$$\delta_i = \frac{\partial Z}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{Z}, \quad (4)$$

который показывает относительное изменение функции Z при единичном относительном изменении исходных данных x_i . Для сопоставляемых вариантов электроснабжения были получены выражения, определяющие δ_i , и подсчитаны числовые значения эластичностей. Результаты представлены в табл. 2.

Показатель эластичности δ_i дает возможность сопоставить влияние различных исходных данных на результирующий показатель. Если в I варианте уменьшение или увеличение активной мощности на 1 % влечет за собой сокращение или возрастание затрат на 0,442 %, то аналогичное приращение постоянной составляющей потерь приведет к изменению затрат лишь на 0,019 %. Это означает, что одинаковое относительное изменение разных данных неодинаково влияет на результат. При этом влияние одного и того же показателя в сопо-

Т а б л и ц а 1

Составляющие приведенных затрат по вариантам

Составляющие ПЗ	З	З _Л	З _{Л.ΔЭ}	З _{П.СТ}	З _{ТР.ΔЭ} ^{X.X}	З _{ТР.ΔЭ} ^{K.З}
Вариант I	42,8	9,9	16,7	13,2	0,8	2,2
Вариант II	35,2	7,3	11,7	13,2	0,8	2,2

Формулы и численные значения эластичностей

Исходный показатель	Формула эластичности	Значение эластичности	
		вариант I	вариант II
$K_{\text{Л}}$	$3_{\text{Л}}/3$	0,231	0,207
L	$(3_{\text{Л}} + 3_{\text{Л.}\Delta\text{Э}})/3$	0,621	0,540
$K_{\text{П.СТ}}$	$3_{\text{П.СТ}}/3$	0,308	0,375
R	$3_{\text{Л.}\Delta\text{Э}}/3$	0,390	0,332
$\Delta P_{\text{X.X}}, T_P, 3''_{\text{Э}}$	$3_{\text{ТР.}\Delta\text{Э}}^{\text{X.X}}/3$	0,019	0,023
$\Delta P_{\text{К.З}}, \tau$	$3_{\text{ТР.}\Delta\text{Э}}^{\text{К.З}}/3$	0,051	0,063
$P, \cos \varphi, U, 3'_{\text{Э}}$	$(3_{\text{Л.}\Delta\text{Э}} + 3_{\text{ТР.}\Delta\text{Э}}^{\text{К.З}})/3$	0,442	0,395

ставляемых вариантах на результат расчета также неодинаково. Влияние x_i на изменение итогового показателя Z увеличивается с ростом составляющей затрат, в которую непосредственно входит первичный параметр.

Если коэффициент эластичности δ_i характеризует реакцию результата на изменение того или иного параметра x_i , то ширина зоны неопределенности результата зависит от суммарного воздействия данных x_i и влияния неучтенных факторов, т.е. так называемого "шума". В теории ошибок неопределенность итогового показателя, или точность результата, характеризуется относительной ошибкой ϵ . Для n независимых параметров x_i с учетом выражения (4) на основании [1, 5] можно записать

$$\epsilon = \frac{\Delta Z}{Z} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2 \epsilon_i^2}, \quad (5)$$

где ΔZ — абсолютная погрешность результата; $\epsilon_i = \Delta x_i/x_i$ — относительная погрешность исходных данных.

Если показатели первичной информации заданы с относительной погрешностью 5,0 %, то погрешности суммарных приведенных затрат, вычисленные по I и II вариантам с помощью табл. 2 и уравнения (5), имеют значения $\epsilon_I = 4,7\%$ и $\epsilon_{II} = 4,3\%$.

Отметим, что относительная погрешность результата не превосходит погрешности исходных данных. Анализ вычислений по формуле (5) свидетельствует о том, что влияние точности параметров x_i на обобщенный показатель Z неодинаково. С большей точностью должны быть заданы те исходные данные, которым соответствуют большие значения коэффициентов эластичности.

Ошибка обобщенного показателя тесно связана с понятием устойчивости результата. При технико-экономических расчетах оценкой устойчивости показателей является их значение, при котором решение о выборе варианта меняется на прямо противоположное. Если абсолютная ошибка результата равняется

ΔZ , то условие устойчивости решения при сравнении I и II вариантов соответствует самому неблагоприятному вероятному исходу и определяется неравенством

$$Z_I - \Delta Z_I > Z_{II} + \Delta Z_{II} \quad (6)$$

После подстановки численных значений в условие (6) получаем

$$42,8 - 2,0 > 35,2 + 1,5$$

и убеждаемся в сохранении знака неравенства. Так как нижний возможный предел затрат Z_I превышает верхний возможный предел Z_{II} , то выбираем вариант электроснабжения напряжением 10 кВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Румшинский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. — М., 1971. — 192 с.
2. Керного В. В., Поспелов Г. Е., Федин В. Т. Местные электрические сети. — Минск, 1972. — 376 с.
3. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т. 3. Кн. 2. Использование электрической энергии/Под ред. В. Г. Герасимова. 6-е изд. — М., 1982. — 560 с.
4. Синяк Ю. В. Оценка погрешности оптимального решения в задачах линейного программирования. — Экономика и математические методы, 1973, т. 9, № 1, с. 131–138.
5. Пиковский А. А., Таратин В. А. Техничко-экономические расчеты в энергетике в условиях неопределенности. — Л., 1981. — 196 с.

УДК 621.3.017:66 023/025

Н. Н. БОБКО, С. Н. ИВАНОВА, К. Г. СКАЧКО,
канд. техн. наук

РАСЧЕТ НА ЭВМ ИНДУКТОРОВ ДЛЯ РЕАКТОРОВ

Задача расчета параметров индуктора сводится к расчету объемного электромагнитного поля в линейных и нелинейных кусочно-неоднородных средах, которую можно сформулировать, например, в виде системы интегральных уравнений. Решение такой системы представляет значительные трудности в вычислениях. Поэтому необходимо разрабатывать методы расчета с различными формами упрощения. В настоящей статье описана методика расчета параметров индуктора с учетом кривизны поверхности котла.

Воспользуемся системой уравнений Максвелла в общем виде:

$$\begin{cases} \operatorname{rot} \vec{H} = \frac{1}{\rho} \vec{E}; \\ \operatorname{rot} \vec{H} = -\mu \frac{dH}{dt}. \end{cases} \quad (1)$$

Представим напряженности \vec{E} и \vec{H} в символической форме и решим уравнения (1) относительно напряженности H для цилиндрической системы координат. Получим так называемое уравнение Бесселя нулевого порядка:

$$\frac{d^2 H}{dx^2} + \frac{1}{x} \cdot \frac{dH}{dx} - j \frac{1}{c^2} H = 0, \quad (2)$$