



О. Р. Кивчун

АЛГОРИТМ СНИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Рассматривается алгоритм снижения электропотребления объектов регионального электротехнического комплекса на основе управляющего воздействия. Ключевой особенностью данного алгоритма является возможность снижать электропотребление индивидуально каждому объекту, учитывая его индивидуальные и системные свойства.

102

The article discusses an algorithm to reduce power consumption of objects of a regional electrical complex on the basis of the control action. A key feature of the howling of the algorithm is possible to reduce the consumption of electropotential individually to each object, given its individual and systemic properties.

Ключевые слова: алгоритм, электропотребление, электротехнический комплекс, управляющее воздействие, индивидуальные и системные свойства объекта.

Key words: algorithm, power consumption, electro-technical complex, control, individual and system object properties.

Президент РФ Дмитрий Медведев 4 июня 2008 г. подписал Указ №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». В пункте 1 Президент РФ предлагает принять меры по техническому регулированию, направленные на повышение энергетической и экологической эффективности таких отраслей экономики, как электроэнергетика, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство, транспорт [2]. В соответствии с указом, требуется принять меры по техническому регулированию в региональном электротехническом комплексе (РЭК) в сторону оптимизации энергопотребления и повышения его энергетической эффективности. С этой целью в настоящее время разработан алгоритм снижения электропотребления на основе управляющего воздействия (рис. 1).

Реализация алгоритма снижения электропотребления на примере РЭК Калининградской области начинается с проверки элементов С-матрицы на наличие корреляционной связи [3].

Для данной проверки на основе С-матрицы формируется ковариационная матрица. По определению она должна быть симметричной и неотрицательно определенной, то есть ее собственные числа должны быть вещественными, неотрицательными. Ее элементы являются ковариациями случайных величин X_i и X_j при $i \neq j$, а диагональные элементы — дисперсиями и вычисляются по следующим выражениям:

$$k_{i,j} = M[(X_i - m_i)(X_j - m_j)], \quad d_{i,j} = M[(X_j - m_j)^2], \quad i = \overline{1, n},$$

где $k_{i,j}$ — элементы ковариационной матрицы; $d_{i,j}$ — дисперсии ковариационной матрицы; X_i, X_j — случайные величины; m_i, m_j — математическое ожидание случайных величин; n — количество элементов ковариационной матрицы.

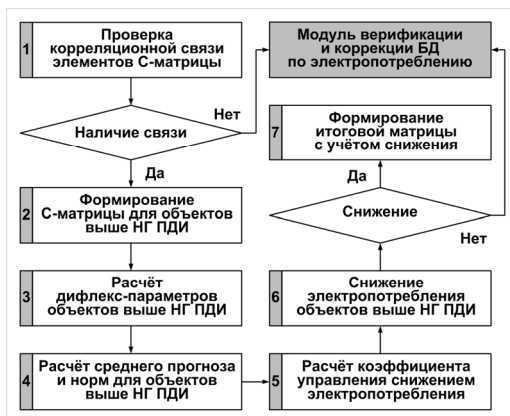


Рис. 1. Алгоритм снижения электропотребления объектов на основе управляющего воздействия

Дисперсии d_{ij} , $i = \overline{1, n}$ характеризуют рассеивание реализаций компонент случайного вектора относительно средней точки $m_x = col(m_1, \dots, m_n)$, а ковариации k_{ij} — степень линейной зависимости между случайными величинами X_i, X_j . В частности, при линейной связи между X_i и X_j ковариация между ними равна $k_{ij} = \pm \sigma_i \sigma_j$. Так как всегда $|k_{X,Y}| \leq \pm \sigma_i \sigma_j$, то при линейной зависимости X_i и X_j модуль $|k_{ij}|$ максимален [4].

На следующем этапе проверки корреляционной связи элементов С-матрицы осуществляется нормирование элементов ковариационной матрицы, по результатам которого формируется матрица коэффициентов корреляции (рис. 2).

В результате анализа полученной корреляционной матрицы удалось установить, что все коэффициенты корреляции значимы, следовательно, элементы С-матрицы связаны линейным соотношением, при котором изменение одних элементов С-матрицы влечет изменение распределения других, и эти другие величины принимают некоторые значения с определенными вероятностями.

Таким образом, по результатам проверки корреляционной связи элементов С-матрицы можно сделать вывод о возможности их комплексного применения в ранговом анализе.

$$\frac{C1^T \cdot C1}{\text{rows}(C1)} = \begin{pmatrix} 1 & 0.945 & 0.932 \\ 0.945 & 1 & 0.996 \\ 0.932 & 0.996 & 1 \end{pmatrix}$$

Рис. 2. Корреляционная матрица

На следующем этапе алгоритма снижения электропотребления объектов РЭК выбираются объекты, для которых будут направлены операции. Ими выступают те, у которых величина электропотребления превосходит верхнюю границу ПДИ (рис. 3).

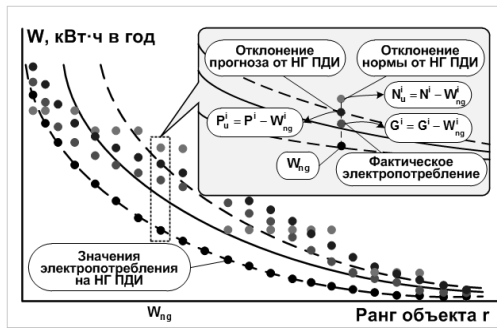


Рис. 3. Выбор элементов С-матрицы выше верхней границы ПДИ

Если точка входит в переменный доверительный интервал, то в пределах гауссового разброса параметров можно судить, что данный объект потребляет электроэнергию нормально для своего участка рангового распределения. Если точка находится ниже доверительного интервала, то это, как правило, свидетельствует о нарушении нормального технологического процесса электропотребления на данном объекте (частые отключения электроэнергии, неплатежи, избыточная экономия и т. п.). Если точка расположена выше интервала, то на соответствующем объекте имеет место аномально большое потребление электроэнергии. Именно на эти объекты в первую очередь должно нацеливаться углубленное энергетическое обследование и управляющее воздействие. Последовательная (на протяжении ряда лет) реализация снижения электропотребления на основе управляющего воздействия совместно с оценением жизнеспособности объектов по электропотреблению позволит каждый раз целенаправленно воздействовать на наиболее «слабые» объекты, при этом средства, нацеленные на проведение энергетических обследований, будут расходоваться наиболее эффективно, а общее электропотребление техноценоза будет постоянно снижаться [1; 5].

Таким образом, в результате обоснования выбора объектов для снижения электропотребления была сформирована С-матрица, значения элементов которой находятся выше верхней границы ПДИ (рис. 4).

	1	2	3	4	5
AD	0.031	0.129	0.22	0.256	0.316
PU	16.783	271.975	$3.774 \cdot 10^3$	904.435	431.655
NU	$2.568 \cdot 10^3$	$2.568 \cdot 10^3$	$2.568 \cdot 10^3$	$2.568 \cdot 10^3$...

Рис. 4. С-матрица объектов выше НГ ПДИ:

AD – вектор дифлекс-параметров объектов выше НГ ПДИ;

PU – вектор прогнозных значений объектов выше НГ ПДИ;

NU – вектор норм объектов выше НГ ПДИ

В рамках следующего этапа алгоритма снижения электропотребления осуществляется расчет ОДП и ранжирование элементов С-матрицы по данному параметру (рис. 5).

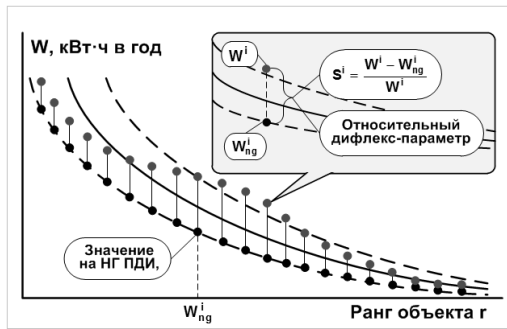


Рис. 5. Расчет ОДП для объектов РЭК

ОДП показывает, какую часть от электропотребления объекта составляет отклонение электропотребления от НГ ПДИ и рассчитывается по следующему выражению:

$$S = \frac{W^i - W_{ng}^i}{W^i}. \tag{1}$$

Обоснование выбора относительного дифлекс-параметра для расчетов объясняется тем, что процедура снижения реализуется для выборки объектов, если бы она реализовалась только для одного объекта, то расчеты были бы точнее при использовании абсолютного дифлекс-параметра.

В результате проведенных расчетов по выражению (1), был получен вектор ранжированных значений электропотребления для объектов выше НГ ПДИ по ОДП (рис. 6).

S =		1	2	3	4	5
	1	$8.103 \cdot 10^{-4}$	$3.357 \cdot 10^{-3}$	$5.746 \cdot 10^{-3}$	$6.679 \cdot 10^{-3}$...

Рис. 6. Вектор ранжированных значений электропотребления по ОДП для объектов выше НГ ПДИ (фрагмент)

Важным этапом алгоритма снижения электропотребления объектов РЭК является расчет среднего прогнозных значений и норм (рис. 7).

Так как при проверке корреляционной связи между элементами С-матрицы было показано, что данные элементы связаны линейным соотношением, при котором изменение параметров одних элементов С-матрицы влечет изменение распределения параметров других. Соответственно измененные параметры С-матрицы принимают некоторые значения с определенными вероятностями. На основе данных утверждений, выражение для расчета среднего прогнозных значений и норм можно записать в следующем виде:

$$D_i = 0,5 \cdot (W_i^p + W_i^n).$$

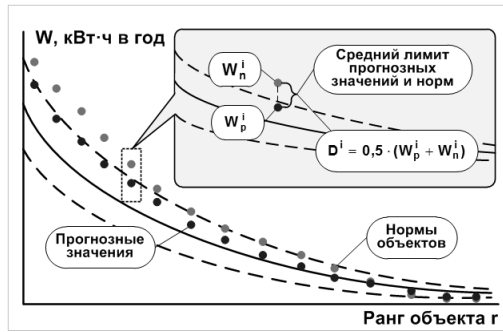


Рис. 7. Средняя величина прогнозных значений и норм

На следующем этапе алгоритма для осуществления снижения электропотребления объектов РЭК реализуются операции управляющего воздействия.

Основной инструмент для снижения электропотребления — коэффициент управления. Необходимо отметить, что для расчета коэффициента управления впервые используются совместно параметры, рассчитанные на основе элементов S -матрицы. К ним относятся: вектор ранжированных значений электропотребления по ОДП для объектов выше НГ ПДИ и вектор средних прогнозных значений и норм. Кроме этого, при составлении формулы коэффициента управления указывается величина, на которую будет произведено снижение электропотребления (например, 3%).

Итак, аналитическое выражение для получения значений коэффициента управления снижением электропотребления можно записать так:

$$\frac{\mathbf{V}^T \cdot \mathbf{E} - \mathbf{D}^T (\mathbf{E} - k \cdot \mathbf{S})}{\mathbf{V}^T \cdot \mathbf{E}} = 0,03, \quad (2)$$

где \mathbf{V} — вектор фактического электропотребления объектов РЭК за последний год; \mathbf{D}^T — вектор лимитов значений электропотребления выше НГ ПДИ; \mathbf{E} — вектор единиц; k — коэффициент управления снижением электропотребления объектов РЭК; \mathbf{S} — вектор отранжированных значений электропотребления по ОДП для объектов выше НГ ПДИ.

Упростим выражение (2), используя простейшие математические операции:

$$\mathbf{V}^T \cdot \mathbf{E} - \mathbf{D}^T \cdot (\mathbf{E} - k \cdot \mathbf{S}) = \mathbf{V}^T \cdot \mathbf{E} \cdot 0,03.$$

Отсюда следует, что коэффициент управления снижением электропотребления в векторной форме будет равен

$$k = \frac{\mathbf{E} \cdot (\mathbf{D}^T - 0,97 \cdot \mathbf{V}^T)}{\mathbf{D}^T \cdot \mathbf{S}}.$$

Коэффициент управления снижением электропотребления можно записать в интегральной форме, тогда последнее выражение будет таким:

$$k = \frac{\int_{r=1}^n D(r) dr - 097 \cdot \int_{r=1}^n V(r) dr}{\int_{r=1}^n D(r) \cdot S(r) dr}.$$



Следовательно, коэффициент управления снижением электропотребления – это отношение разности суммы среднего значения лимита электропотребления, рассчитанного по результатам процедур рангового анализа, и суммы фактического электропотребления техноценоза, умноженной на необходимый процент к производству среднего значения лимита электропотребления для объектов выше нижней границы ПДИ, умноженного на вектор ранжированных значений электропотребления по ОДП для объектов выше нижней границы ПДИ.

На заключительном этапе данного алгоритма производится формирование итоговой матрицы сниженных значений электропотребления техноценоза (рис. 8).

The diagram shows a matrix C^T with the following structure:

	1	2			
1	$2.947 \cdot 10^4$	$5.833 \cdot 10^3$	$5.213 \cdot 10^3$	$5.013 \cdot 10^3$	$5.497 \cdot 10^3$
2	1	2	3	4	...

Callouts in the diagram:

- A box labeled "Сниженные значения электропотребления" points to the numerical values in the first row of the matrix.
- A box labeled "Коды объектов" points to the numerical values in the first column of the matrix.

Рис. 8. Итоговая матрица сниженных значений по электропотреблению и кодов объектов РЭК (фрагмент)

Таким образом, при реализации алгоритма снижения электропотребления объектов РЭК удалось получить следующие результаты:

- показать корреляционную связь между элементами С-матрицы, что позволило утверждать о связи данных элементов линейным соотношением, при котором изменение параметров одних элементов С-матрицы влечет изменение распределения параметров других;
- обосновать выбор объектов для снижения электропотребления с помощью НГ ПДИ, которая является критерием качества, как для прогнозных значений, так и для норм;
- впервые обосновать и применить коэффициент управления для снижения электропотребления объектов РЭК, используя для его расчета совместно параметры, рассчитанные на основе элементов С-матрицы;
- получить итоговую матрицу сниженных значений по электропотреблению и кодов для объектов РЭК.

Список литературы

1. Кудрин Б. И. Классика технических ценозов. Общая и прикладная ценология. Томск, 2006. Вып. 31 : Ценологические исследования.
2. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики : указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889.
3. Кивчун О. Р. Методика автоматизации процедур рангового анализа основанная на комплексной процедуре рангового анализа // Электрика. № 3.
4. Айвазян С. А. Прикладная статистика. М., 1989.



5. Гнатюк В. И., Луценко Д. В. Прогнозирование электропотребления регионального электротехнического комплекса на инерционном этапе развития: экономические проблемы энергетического комплекса. М., 2009.

Об авторе

Олег Романович Кивчун — канд. техн. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: oleg_kivchun@mail.ru

About the author

Oleg Kivtchyn - Ph.D., lecturer of telecommunications department, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: oleg_kivchun@mail.ru