

Н. П. Коровкина, доцент; Н. Н. Пустовалова, доцент

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

This article are considered aspects of estimation of efficiency of electrical devices. Received results can be applied to solving the problem of choice devices.

**Введение.** В условиях дефицита и непрерывного роста стоимости электрической энергии большое значение приобретает использование энергосберегающего эффективного электрооборудования. Необходимость снижения потребляемой электроэнергии заставляет особенно тщательно относиться как к выбору устанавливаемого электрооборудования, так и к замене устаревшего – новым, энергосберегающим. Оборудование должно обеспечивать не только экономическую эффективность, но и эксплуатационную, социальную, экологическую и т. п. Другими словами, устанавливаемое оборудование должно быть эффективным со всех точек зрения, и выбор его должен быть строго обоснован.

В настоящее время номенклатура выпускаемого электрооборудования постоянно расширяется. Оборудование, предназначенное для одних и тех же целей, имеет значительный разброс многочисленных технических параметров.

Техническими параметрами, определяющими экономическую эффективность электродвигателей и осветительного оборудования, являются коэффициент полезного действия, коэффициент мощности, срок службы и др.

К параметрам, определяющим эксплуатационную эффективность электродвигателей, относятся: кратность максимального момента, кратность минимального момента, кратность пускового тока и др.

Параметры, определяющие социальную и экологическую эффективность осветительной аппаратуры: номинальный и минимальный световой поток, индекс цветопередачи, класс по светораспределению, показатель кривой силы света, защитный угол, габаритная яркость, допустимый уровень громкости шума, уровень помех и т. п. [1, 2].

**Определение показателя качества оборудования.** При выборе оборудования, обладающего множеством различных характеристик, достаточно сложно оценить качество выбранных приборов и устройств.

В настоящей работе предлагается способ определения показателя качества выбранного оборудования, характеризующегося многими техническими параметрами.

Пусть имеется  $N$  объектов  $x_j$ , где  $j$  меняется от 1 до  $N$ , и каждому объекту присущи  $S$  параметров, выраженных количественно. Каждый параметр определенным образом влияет на показатель качества выбранного устройства. Не-

обходимо, зная параметры оборудования, рассчитать показатель качества.

Первоначально формулируется задача нечеткого математического программирования для определения функций принадлежности элемента  $x_j$  ко множеству  $A_i$ , характеризующих степень близости значения  $i$ -го критерия в рассматриваемой точке к максимально допустимому значению данного критерия.

На основе полученных значений функций принадлежности для каждого образца оборудования рассчитывается агрегирующая функция, значение которой и предлагается считать показателем качества оборудования.

В основу расчета кладется экспертная оценка качества оборудования. Эксперт выбирает наилучшее эталонное оборудование, значение функции принадлежности которого принимается за 1,0. Оборудование среднего качества оценивается значением 0,5, плохого качества – 0,0. Значения функции принадлежности остальных образцов находятся между 1 и 0.

Такая оценка является субъективной. Для получения наиболее достоверных результатов предлагается первоначально вычислить показатели качества для каждого сравниваемого образца оборудования по разработанному алгоритму и определить их арифметическую сумму. Затем значение функции принадлежности оборудования с наилучшим уровнем качества принять за 1,00 (эталонное оборудование). Тогда значения функций принадлежности всех других образцов можно определять отношением арифметической суммы их показателей к арифметической сумме эталонного оборудования. Полученные данные и можно положить в основу окончательного расчета.

**Пример расчета показателя качества осветительного оборудования.** Для сравнения были выбраны светильники т.ЛПО, выпускаемые предприятиями России и Рижским светотехническим заводом. Все светильники с двумя люминесцентными лампами т.ЛБ-2х40 Вт с ПРА (пускорегулирующей аппаратурой) электронными, электромагнитными и стартерами.

Значения параметров пяти образцов осветительной аппаратуры приведены в табл. 1.

Исследования показали, что наилучшую точность дает построение функции принадлежности в виде полинома второй степени вида  $y = ax^2 + bx + c$ . С использованием опций среды Excel и программы на языке Visual Basic For

Application были рассчитаны коэффициенты  $a$ ,  $b$  и  $c$  и соответствующие значения функций принадлежности и показателей качества.

Таблица 1

Параметры осветительной аппаратуры

Параметры	Образцы аппаратуры				
	1	2	3	4	5
Показатель кривой света, макс. знач.	1,2	3,0	2,0	1,2	3,0
Показатель кривой света, мин. знач.	1,0	2,0	1,3	1,0	2,0
Класс по светораспределению, макс. знач.	40	40	60	80	88
Класс по светораспределению, мин. знач.	15	20	40	60	80
Защитный угол, град	30	30	45	60	90
Габаритная яркость	2000	2000	3000	3000	5000
Козф. мощности с ПРА	0,5	0,6	0,83	0,83	0,93
Козф. полезного действия, %	45	57	60	63	60
Экономия Электроэнерг., %	0	0	18	20	25

Полученные функции принадлежности:

$$y = 0,052x^2 - 0,054x + 0,460$$

$$y = -0,005x^2 + 0,311x + 0,164$$

$$y = 0,001x^2 - 0,022x + 0,843$$

$$y = 0,0001x^2 - 0,003x + 0,401$$

$$y = 6E-05x^2 + 0,003x + 0,243$$

$$y = -7E-09x^2 + 0,0002x - 0,066$$

$$y = 6,803x^2 - 8,464x + 2,935$$

$$y = 0,001x^2 - 0,077x + 2,022$$

$$y = 0,001x^2 - 0,006x + 0,367.$$

Пусть нужно оценить осветительную аппаратуру, имеющую следующие показатели: класс по светораспределению, максимальное значение – 85, минимальное – 80; показатель кривой света, максимальное значение – 2,0, минимальное – 1,5; защитный угол, град., – 65; габаритная яркость – 3500; коэффициент мощности – 0,85; коэффициент полезного действия, %, – 69; экономия электроэнергии, %, – 20.

Подставив значения параметров, находим значения функций принадлежности и показателя качества. Он равен 0,72. Таким образом, выбранная аппаратура имеет достаточно высокое качество.

**Расчет показателей эффективности электродвигателей.** Рассмотрим предлагаемый метод на примере выбора асинхронных двигателей при замене устаревшего оборудования. Асинхронные двигатели – самые распространенные из всех видов электрических машин из-за их простоты, надежности, меньшего в срав-

нении с другими машинами веса, габарита, стоимости и иных достоинств.

Для оценки работы асинхронных двигателей используются различные технические параметры. Наиболее значимы следующие шесть показателей: коэффициент полезного действия ( $\eta$ ), коэффициент мощности –  $\cos\varphi$ , характеризующие экономическую эффективность; кратности: максимального момента ( $K_{max}$ ), минимального момента ( $K_{min}$ ), пускового момента ( $K_n$ ), пускового тока ( $K_i$ ), характеризующие эксплуатационную эффективность. Чем больше величина кратности пускового тока, тем хуже пуск двигателя, поэтому этот показатель учитывается обратной величиной ( $1/K_i$ ).

С помощью предложенного метода определены показатели качества электродвигателей серий АО2, 4А, АИ и РА. Выбраны электродвигатели мощностью 0,8 кВт,  $n = 3000$  об/мин. Значения параметров приведены в табл. 2.

С использованием данных параметров можно определить значения функций принадлежности и по формуле средней геометрической вычислить значение агрегирующей функции принадлежности, которая и является показателем качества ( $P_k$ ).

Таблица 2

Параметры электродвигателей

Параметры	АО2	4А	АИ	РА
КПД	0,78	0,77	0,79	0,74
$\cos\varphi$	0,86	0,87	0,83	0,83
$K_{max}$	2,2	2,2	2,2	2,7
$K_{min}$	1,0	1,2	1,6	1,0
$K_n$	1,9	2,0	2,1	2,5
$K_i$	0,14	0,18	0,20	0,19

В табл. 3 приведены значения функций принадлежности и агрегирующей функции принадлежности – показателей качества электродвигателей серий АО, 4А, АИ, РА.

Таблица 3

Значения функций принадлежности и показателей качества

Параметры двигателей	Значения функций принадлежности			
	АО2	4А	АИ	РА
КПД	0,794	0,845	0,910	3,317
$\cos\varphi$	0,885	0,935	1,010	1,005
$K_{max}$	1,000	1,000	1,000	1,000
$K_{min}$	0,880	0,930	1,000	0,880
$K_n$	0,880	0,930	1,000	1,480
$K_i$	0,880	0,930	1,000	0,961
Показатель качества	0,856	0,928	0,990	0,961

Получив показатели качества сравниваемых электродвигателей, можно количественно опре-

делить эффективность замены устаревших электродвигателей новыми (энергосберегающими).

Она определяется отношением показателя качества:

$$\mathcal{E}_3 = P_{кв} / P_{ки},$$

где  $P_{кв}$  – показатель качества устаревшего электродвигателя;  $P_{ки}$  – показатель качества нового электродвигателя.

Показатель эффективности, определяемый по техническим параметрам, характеризует сравниваемые асинхронные двигатели как по экономии электрической энергии, так и по пусковым свойствам, что является немаловажным при эксплуатации электропривода.

Таблица 4

**Коэффициенты эффективности при замене электродвигателей**

P <sub>ном</sub> , кВт	Эффективность замены двигателем РА		
	АО2	4А	ЛИ
0,8	1,011	1,012	1,032
1,5	1,110	1,026	1,019
2,2	1,068	1,071	1,023
3,0	1,273	1,053	1,056
5,5	1,230	1,076	1,057
17	1,260	1,223	1,000
22	1,269	1,218	1,123
30	1,100	1,040	1,000
55	1,110	0,990	0,990
100	1,100	1,060	1,000

В табл. 4 приведены данные по эффективности замены электродвигателей серий АО (АОЛ), 4А, АИ электродвигателями серии РА. Здесь мощность рассматриваемых электродвигателей: 1,5; 2,2; 3,0; 5,5; 17; 22; 55; 100 кВт.

Из приведенных данных таблицы следует, что эффективна замена устаревших электродвигателей серии АО2 электродвигателями серии РА начиная с мощности 3 кВт. Сравнение электродвигателей серии 4А с двигателями серии РА показало, что целесообразна замена последними начиная с мощности 17 кВт.

**Заключение.** Таким образом, предлагаемый метод дает количественную оценку различных образцов оборудования по техническим параметрам, позволяет сравнивать устройства по значительному числу показателей, не снижая при этом точности оценки, дает возможность сопоставлять варианты замены одних образцов другими, т. е. профессионально решать вопросы о замене низкоэффективного оборудования высокоэффективным, что поможет добиться максимальной экономии электрической энергии.

**Литература**

1. Алиев, И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию / И. И. Алиев. – Ростов-на-Дону, 2003. – 477 с.
2. Кириленко, А. И. Нормирование освещения и энергоэффективность / А. И. Кириленко // Энергия и менеджмент. – 2001. – № 3. – С. 23–25.