

$$a_{38} \frac{d\Delta t_6}{d\tau} + a_{39} \Delta t_6 = a_{39} \Delta t_{2\Gamma} \quad (12)$$

Однозначность решения системы уравнений (7-12) зададим крайними условиями

$$\text{При } y = 0 \quad \mu_w = \mu_{1w} \quad \Delta t_m = \Delta t_{1m} \mu_G = \mu_{1G}$$

$$\text{При } \tau = 0 \quad \Delta t_{2\Gamma} = \mu_{2d} = \Delta t_m = \mu_G = \mu_w = \Delta t_6 = 0$$

Применяя к уравнениям (7-12) преобразование Лапласа $\varphi(p) = L|F(\tau)|$ и $\varphi(s) = L|F(\bar{y})|$ и одно обратное преобразование $F(y) = L^{-1}|\varphi(s)|$ можно получить передаточные функции по каналам, приведенным на структурной схеме.

УДК 628.978

В. П. Кобринец, доц., канд. техн. наук;
Н. П. Коровкина, доц., канд. пед. наук;
Н. Н. Пустовалова, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, Минск)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК

Для оценки эффективности электроприводов наиболее значимы такие электромеханические показатели, как удельный электромагнитный момент, номинальная мощность при равных габаритах, мощность на единицу объема сердечника, коэффициент полезного действия при равных габаритах, номинальной частоте вращения.

В работе применен модифицированный метод многокритериального ранжирования для оценки электромеханических показателей (показатель качества) сравниваемых двигателей, характеризующихся вышеперечисленными параметрами. Сущность предлагаемого метода наиболее наглядно можно пояснить при его пошаговой реализации:

1. Выбираются сравниваемые двигатели. Формируется таблица, во второй колонке, которой перечисляются наиболее важные параметры сравниваемых двигателей (таблица 1).

2. На основании составленной таблицы эксперт предварительно определяет числовое значение показателя качества каждого двигателя, участвующего в сравнительном анализе, которое заносится в последнюю строку каждой колонки (таблица 1, «оценка эксперта»). Лучший двигатель, по мнению эксперта, оценивается в один балл, остальное – в пределах от единицы до нуля).

3. Окончательно сформированная таблица является исходным материалом для расчета показателя качества двигателей, минимально зависящего от субъективизма и квалификации эксперта.

4. Таблица представляет поле параметров двигателей и экспертных оценок по каждой колонке. Они связываются между собой аналитической зависимостью в виде функций $y = f(x)$, где x – параметры двигателей; y – оценки эксперта. Функции определяются для каждой строки параметров.

5. По найденным функциям пересчитываются значения параметров и эти значения являются новыми параметрами двигателей в аналитической системе расчета показателя качества (таблица 2).

6. Для каждой колонки таблицы 2 по имеющимся числовым значениям определяют агрегирующую (обобщенную) функцию как среднее геометрическое, которое и предлагается считать показателем качества

По данной методике приведем метод расчета показателей эффективности электроприводов с двигателем постоянного тока (ДПТ), асинхронным с частотно-регулируемым приводом (АД) и вентильно-индукторным приводом (ВИП). В основу расчета кладется экспертная оценка качества эталонного оборудования. Среди имеющихся образцов эксперт выбирает наилучшее эталонное оборудование, которое оценивается им в 0.9 – 1 балл. Устройство плохого качества оценивается 0 или значением, близким к нулю. Оценки остальных образцов находятся между 0 и 1.

В таблице 1 представлены параметры электроприводов и экспертные оценки.

Таблица 1 - Значения параметров электроприводов и их экспертные оценки

№ п/п	Параметры	Условное обозначение	Привод сДПТ	Привод с АД	ВИП
1	Длина сердечника статора, мм	X_1	140	146	130
2	Номинальная мощность $P_{ном}$, кВт	X_2	7	9	11,3
3	Удельный электромагнитный момент, Н*м	X_3	5,48	6,75	9,5
4	Мощность на единицу объема сердечника (относительно МПТ)	X_4	1	1,23	1,74
5	Номинальный КПД, %	X_5	76	81	86
6	Оценка эксперта		0,5	0,7	0,9

Далее определяются функции, характеризующие зависимость значений экспертных оценок от значений параметров приводов. Исследования показали, что наилучшую точность дает построение таких функций в виде полиномов второго порядка $y = ax^2 + bx + c$. С помощью опций среды Excel и разработанной на языке

VisualBasicForApplication программы были рассчитаны коэффициенты **a, b** и **c** полиномов второго порядка.

Полученные функции:

$$Y = 0,0046 x_1^2 - 1,2775x_1 + 89,517$$

$$Y = -0,003x_2^2 + 0,1485x_2 - 0,3911$$

$$Y = -0,0211x_3^2 + 0,4153x_2 - 1,1428$$

$$Y = -0,6451x_4^2 + 2,3082x_2 - 1,1631$$

$$Y = -17x_5^2 + 0,04x_5 - 2,54$$

По данным функциональным зависимостям вновь рассчитываем значения параметров, и для каждого образца оборудования определяем агрегирующую функцию как среднее геометрическое. Значение этой агрегирующей функции считаем обобщенным показателем эффективности оборудования. Соответствующие значения функций и показателей качества для рассматриваемого примера представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Значения функций принадлежности и показателей качества

№ п/п	Параметры	Привод сДПТ	Привод с АД	ВИП
1	Длина сердечника статора, мм	0,827	1,056	1,182
2	Номинальная мощность $P_{ном}$, кВт	0,501	0,702	0,904
3	Удельный электромагнитный момент, Н*м	0,499	0,699	0,898
4	Мощность на единицу объема сердечника (относительно МПТ)	0,500	0,700	0,900
5	Номинальный КПД, %	0,500	0,700	0,900
6	Показатель качества	0,553	0,760	0,951

Данные таблицы 2 показывают преимущество двигателей ВИД над асинхронным двигателем и двигателем постоянного тока по таким показателям как удельный электромагнитный момент, номинальная мощность на единицу объема сердечника, КПД, т. к. показатель качества ВИП – 0,951, АД – 0,760, ДПТ – 0,553.

В качестве примера рассмотрим расчет эффективности применения ВИД на приводе электродвигателей насосов. Исходными величинами для расчета эффективности применения вентильно-индукторного двигателя явились следующие: номинальные мощности асинхронного двигателя и ВИД, коэффициенты полезного действия этих двигателей, число часов работы за год. Экономический эффект от реализации энергосберегающего мероприятия определяли с учетом приведения к номинальному режиму эксплуатации оборудования, т.к. при труднопрогнозируемом режиме работы оборудования и значительном его отклонении от номинального годовая экономия электро-

энергии и за более длительный период может существенно отличаться от расчетной.

Экономия электрической энергии при замене асинхронных двигателей на ВИД одинаковых мощностей определяем по величине снижения потерь:

Разность потерь мощности АД и ВИД:

$$\Delta P = \Delta P_{1АД} - \Delta P_{ВИД} = P_{ном} \cdot (1/\eta_{АД} - 1/\eta_{ВИД}), \text{кВт},$$

где: $\Delta P_{1АД}$, $\Delta P_{ВИД}$ – потребляемые мощности соответственно АД и ВИД, кВт; $P_{ном}$ – номинальная мощность двигателей АД и ВИД, кВт; $\eta_{АД}$ – КПД асинхронного двигателя; $\eta_{ВИД}$ – КПД вентильно-индукторного двигателя.

Экономия электрической энергии в год:

$$\Delta W = P_{ном} \cdot (1/\eta_{АД} - 1/\eta_{ВИД}) \cdot t, \text{кВт}\cdot\text{ч/год}, \text{ где}$$

t – число часов работы в году, $t = 4300$ час.

В таблице 3 приведены исходные данные, оценка экономии электроэнергии при замене асинхронных двигателей вентильно-индукторными.

Таблица 3 - Данные об оценке экономии электроэнергии

№ п/п	$P_{ном}$, кВт	$\eta_{ад}$, о.е.	$\eta_{-вид}$, о.е.	ΔP , кВт	ΔW , кВтч
1	2,8	0,83	0,92	2,28	9836
2	13	0,85	0,92	1,19	5117
3	14	0,85	0,94	1,57	6751
4	18,5	0,84	0,92	1,92	8234
5	18,5	0,7	0,92	6,32	27176
6	22	0,87	0,92	1,37	5891
7	30	0,88	0,94	3,31	14233
8	45	0,87	0,94	3,87	16632
9	55	0,86	0,92	4,1	17630
10	75	0,70	0,92	25,62	112875
11	90	0,79	0,94	18,18	78174
12	95	0,88	0,92	1,37	20425
13	110	0,88	0,94	8,8	37840
14	132	0,87	0,92	8,25	39732
15	160	0,87	0,94	2,87	61920

Заключение

Использование вентильно-индукторных двигателей наряду с техническими преимуществами этих двигателей, дает значительную экономию электроэнергии на предприятиях при сравнительно небольшом сроке окупаемости.

Результаты выполненных расчетов свидетельствуют о принципиальной возможности и реальной практической эффективности замены асинхронных двигателей вентильно-индукторными.