

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Егоров Алексей Борисович

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики

Егорова Ольга Юрьевна

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики

Украинская инженерно-педагогическая академия

г. Харьков, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБМОТКИ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОНДЕНСАТОРНЫМ ФАЗОСДВИГАЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы практического определения параметров обмотки однофазного асинхронного двигателя при условии получения максимального КПД при заранее заданном значении емкости фазосдвигающего конденсатора.

Ключевые слова: конденсатор, емкость конденсатора, асинхронный двигатель.

В [1] рассматривается вопрос определения оптимальной емкости рабочего конденсатора при заранее известном и фиксированном коэффициенте трансформации между главной и конденсаторной обмотками (К). На практике, при разработке однофазных конденсаторных двигателей ставится задача определения обмоточных данных с известной предварительно стандартной емкостью рабочего конденсатора. Промышленностью выпускается ряд конденсаторов с определенными значениями емкостей: 6, 8, 12, 16, 20 мкФ. Для получения поля двигателя достаточно близкого к круговому приходится, имея строго определенную емкость конденсатора, варьировать параметрами вспомогательной фазы, т.е. величиной коэффициента трансформации К.

Одним из показателей степени эллиптичности магнитного поля однофазного асинхронного двигателя является величина тока обратной последовательности:

$$I_{a2} = \frac{U * (Z_{b1} + jK * Z_{a1})}{Z_{a1} * Z_{b2} + Z_{a2} * Z_{b1}} \quad (1)$$

Известно, что поле двигателя будет круговым тогда, когда ток обратной последовательности будет равен нулю. Это будет выполняться при условии:

$$Z_{b1} + jK * Z_{a1} = 0 \quad (2)$$

Раскрывая выражение (2) через активные и индуктивные составляющие сопротивлений прямой и обратной последовательностей и получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned} K^2 * R_{a1} - K * X_{a1} &= 0 \\ K^2 * X_{a1} - X_c + K * R_{a1} &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

где $R_{a1}, R_{a2}, X_{a1}, X_{a2}$ – активные и индуктивные сопротивления прямой и обратной последовательностей главной фазы, Ом;

X_c – индуктивное сопротивление фазосдвигающей емкости, Ом.

Из решения системы (3) следует, что магнитное поле двигателя будет круговым при одной только при одной паре значений K и X_c , т.е. когда:

$$\begin{aligned} K &= \frac{X_{a1}}{R_{a1}} \\ X_c &= X_{a1} * (1 + K^2) \end{aligned} \quad (4)$$

Практически емкость стандартного конденсатора может не соответствовать оптимальному сопротивлению X_c из выражения (4). Поэтому необходимо решать задачу поиска K при известном заранее X_c , при котором магнитное поле двигателя будет максимально близким к круговому.

Обратимся к модулю тока обратной последовательности (1). Продифференцируем это выражение относительно переменной K и получим выражение 5:

$$(I_{a2})' = U \frac{Q^*(A^2 + B^2) - 4K^*P^*(A^*(Ra1^*Ra2 - Xa1^*Xa2) + B^*(Ra1^*Xa2 + Ra2^*Xa1))}{P^4 - A^*B^*(1 + K^2) + Q^*(1 + K^4)^*Xc},$$

где

$$A = 2K^2 * (Ra1^*Ra2 - Xa1^*Xa2) + Xc^*(Xa1 + Xa2);$$

$$B = 2K^2 * (Ra1^*Xa2 + Xa1^*Ra2) - Xc^*(Ra1 + Ra2);$$

$$Q = 2K^3 * (Ra1^2 + Xa1^2) + K^*(Ra1^2 + Xa1^2 - 2Xa1^*Xc) - Xc^*Ra1;$$

$$P = (K^4 + K^2)^*(Ra1^2 + Xa1^2) - 2K^*Xc^*(Ra1 + Xa1) + Xc^2.$$

Для того, чтобы определить точки минимума функции $I_{a2} = f(K)$ т.е. ее экстремумы, необходимо приравнять найденное выражение производной $(I_{a2})'$ к нулю и решить уравнение относительно K . Очевидно, что выражение (5) превращается в ноль, если равен нулю числитель. Определяется итерационным методом значение K , при котором производная тока обратной последовательности обращается в ноль. Проверяем, что данная точка функции $I_{a2} = f(K)$ является точкой локального минимума: если от минус бесконечности до решения уравнения K производная отрицательна, а от полученного K до бесконечности – положительна, то найденное решение K является точкой минимума. В физическом смысле, при этом значении коэффициента трансформации K значение тока обратной последовательности I_{a2} имеет минимальную величину, т.е. поле двигателя максимально приближено к круговому.

Был проведен ряд экспериментов, результаты которых подтвердили правильность вышеизложенной теории. Испытывались однофазные двигатели с различным коэффициентом трансформации одинаковой полезной мощностью и емкостью рабочего конденсатора. Полученное экспериментальным путем значение K , при котором КПД наибольший, следовательно, значение тока обратной последовательности наименьшее, отличается от расчетного на 8 %, что позволяет рекомендовать использовать данную методику при разработках однофазных конденсаторных двигателей.

Список литературы

1. Лопухина, Е.М. Проектирование асинхронных микродвигателей с применением ЭВМ. – Москва: Высшая Школа. – 1980. – 376 с.