

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПИТАНИИ ОТ НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ

А. С. Третьяков, О. А. Капитонов

*Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет»,  
г. Могилев, Республика Беларусь*

Температурный режим асинхронного электродвигателя является одним из основных факторов, определяющих срок службы электродвигателя. Серийно выпускающиеся электродвигатели, как правило, выходят на номинальный температурный режим, являющийся оптимальным, при номинальном значении нагрузки на валу и номинальных значениях величины и частоты питающего напряжения.

Существуют известные методики расчета требуемой мощности и выбора электродвигателя для работы с нагрузкой, не равной номинальной, а также методики анализа тепловентиляционных процессов в асинхронных электродвигателях [1]. Формулы для расчетов по данным методикам получены при допущении, что электродвигатель питается синусоидальным напряжением номинальной величины и частоты.

В настоящее время асинхронные электродвигатели широко используются в составе регулируемых электроприводов. При этом электродвигатель питается от импульсного преобразователя несинусоидальным напряжением с отличной от номинальной величиной и частотой. Такой характер напряжения питания приводит к увеличению потерь в различных элементах электродвигателя и, как следствие, повышенному нагреву и работе электродвигателя в более тяжелом температурном режиме при той же величине нагрузки.

Таким образом, актуальной является задача расчета и моделирования тепловых процессов в асинхронном электродвигателе с учетом несинусоидальности питающего напряжения, и разработка методик расчета требуемой мощности и выбора электродвигателя для работы в таких условиях.

Активная мощность несинусоидального тока равна сумме активных мощностей отдельных гармоник:

$$P = \sum_{i=1}^N P_i = \sum_{i=1}^N U_i I_i \cos \varphi. \quad (1)$$

Реактивная мощность  $Q$  несинусоидального тока определяется по аналогии с активной мощностью  $P$  как алгебраическая сумма реактивных мощностей отдельных гармоник:

$$Q = \sum_{i=1}^N Q_i = \sum_{i=1}^N U_i I_i \sin \varphi. \quad (2)$$

Для цепи несинусоидального тока применяется также и понятие полной мощности, которая определяется как произведение действующих значений напряжения и тока:

$$S = UI = \sqrt{\sum_{i=1}^N U_i^2 \sum_{i=1}^N I_i^2}. \quad (3)$$

Как известно, для цепи синусоидального тока мощности  $P$ ,  $Q$ ,  $S$  образуют прямоугольный треугольник, из которого следует соотношение

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (4)$$

Для цепей несинусоидального тока это соотношение между мощностями выполняется только для резистивных элементов, в которых в соответствии с законом Ома ( $u = iR$ ) формы кривых функций  $u(t)$  и  $i(t)$  идентичны. Если в цепи содержатся реактивные элементы  $L$  и  $C$ , то это соотношение не выполняется:

$$S \geq \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (5)$$

Для баланса этого уравнения в его правую часть вносят добавление:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}. \quad (6)$$

Откуда

$$T = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}, \quad (7)$$

где  $T$  – мощность искажения – понятие математическое, характеризует степень различия в формах кривых напряжение  $u(t)$  и тока  $i(t)$ .

Спектры токов и напряжений на фазах обмоток асинхронного электродвигателя могут быть получены методом компьютерного моделирования электромагнитных процессов в системе «асинхронный электродвигатель–силовой преобразователь».

Расчет потерь в стали электродвигателя при питании от несинусоидального источника напряжения является довольно сложной задачей.

Напряжение на статоре электродвигателя произвольной формы может быть разложено на гармонические составляющие, и для каждой отдельно взятой составляющей можно найти долю потерь в стали электродвигателя. Для определения величины потерь была разработана модель исследуемого электродвигателя в программе FEMM. В результате моделирования работы электродвигателя в программе FEMM были получены значения потокосцепления намагничивания электродвигателя для каждой из гармонических составляющих тока статора. На основе данных значений может быть построена амплитудно-фазовая частотная характеристика, связывающая потокосцепление намагничивания и частоту тока намагничивания, а от амплитудно-фазовой частотной характеристики можно осуществить переход к передаточной функции, пригодной для использования в динамической модели асинхронного электродвигателя.

## **264 Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика**

Предлагаемые методики расчета потерь энергии могут быть использованы при проектировании электродвигателей, предназначенных для работы совместно с силовым электронным преобразователем, в составе регулируемого электропривода.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Третьяков, А. С. Моделирование тепловентиляционных режимов работы асинхронных электродвигателей при питании от синусоидального источника напряжения / А. С. Третьяков, О. А. Капитонов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2018. – № 2. – С. 66–73.