

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАК ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Васильев С. В.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Важным критерием оценки использования асинхронного электропривода (АЭП), является его эффективность как потребителя электроэнергии. Мерой эффективности, определяющей уровень реактивной энергии в цепях переменного тока, служит  $\cos \varphi$  потребителя, а при питании несинусоидальным напряжением от преобразователей частоты (ПЧ), для оценки значения реактивной энергии пользуются коэффициентом мощности  $K_M$ . При питании постоянным током или наличии в цепях только активных сопротивлений, при одной и той же средней мощности за период  $P_{cp} = UI \cos \varphi$  при данном напряжении  $U$  в системе протекает только активная составляющая тока  $I_a = I \cos \varphi$ . Потери в электрической системе, определяемые полным током  $I$  при заданной активной мощности  $P = P_{cp}$ , можно рассчитать по формуле

$$\square P = I^2 R_{\Sigma} = \left( \frac{P}{U} \right)^2 R_{\Sigma} \frac{1}{\cos^2 \varphi}, \quad (1) \quad \text{или} \quad \Delta P = \Delta P_{пт} \frac{1}{\cos^2 \varphi} \quad (2),$$

где  $\Delta P_{пт}$  - потери активной мощности на постоянном токе.

Более сложная картина при оценке реактивной мощности наблюдается при питании АД несинусоидальным переменным током от ПЧ. Рассматривая проблемы уменьшения потерь в разных АЭП, целесообразно проанализировать потребление реактивной мощности. Этот показатель определяет энергетическую эффективность работы электроприводов, их влияние на питающую сеть и электромагнитную совместимость управляемых полупроводниковых АЭП с питающей сетью.

Для системы ПЧ-АД как потребителя электрической энергии в установившемся режиме работы рассмотрим потребляемую из сети реактивную мощность. Для расчета реактивной мощности на входе ПЧ воспользуемся формулами, полученными в предположении отсутствия высших гармоник в кривых токов и напряжений ПЧ, электрических потерь в вентилях выпрямителя и полупроводниковых ключах автономного инвертора напряжения, а также потерь в стали реакторов. При этих допущениях реактивная мощность на входе ПЧ определяется по формуле

$$Q = \frac{18}{\pi^2} \omega_{0\Theta} L_{p.вх} i_B^2. \quad (3)$$

Формула (3) показывает, что реактивная мощность  $Q$  зависит от величины выходного тока выпрямителя  $i_B$  и индуктивного сопротивления

$X_{p.ex} = \omega_{0\omega} L_{p.ex}$  коммутирующего реактора. Ток  $i_g$  при регулировании скорости и изменения момента нагрузки является переменной величиной. Это означает, что на потребление  $Q$  влияет ток статора  $i_1$  и активная мощность  $P_1$ , потребляемые от ПЧ. Ток статора  $i_1$ , мощность  $P_1$  и ток  $i_g$  связаны уравнением баланса мощностей ПЧ, которое для определения тока инвертора преобразуется к биквадратному уравнению

$$Ai_B^4 + Bi_B^2 + C = 0, \quad (4)$$

где коэффициенты  $A, B, C$  определяются из выражений [1].

На основании формулы (3) с учетом уравнения баланса мощностей в ПЧ можно сделать следующие выводы. Реактивная мощность на входе  $Q$  и реактивная мощность на выходе  $Q_1$  ПЧ не равны друг другу. Так как мощность  $Q$  определяется при заданных параметрах реактора ПЧ током статора и активной мощностью АД, то при регулировании скорости вниз от основной скорости вращения АД реактивная мощность на входе ПЧ будет уменьшаться, а при постоянстве скорости АД с увеличением момента нагрузки на валу мощность  $Q$  будет возрастать. При этом входная реактивная мощность ПЧ отличается от его выходной мощности при любых знаках  $Q_1$  и  $P_1$ . Мощность  $Q$  всегда является положительной, то есть она потребляется от источника питания выпрямителем.

Ввиду незначительной величины реактивного сопротивления коммутирующего реактора потребление мощности  $Q$  при рабочих нагрузках достаточно мало. При  $L_{p.ex} \rightarrow 0$  мощность  $Q \rightarrow 0$ .

Другим важным сетевым энергетическим показателем частотно-регулируемого АЭП является коэффициент мощности на входе преобразователя. В рамках принятых допущений коэффициент мощности по основным гармоническим составляющим сетевого тока и напряжения

$$k_{M(1)} = PS^{-1}. \quad (5)$$

Определяем активную и полную мощность электропривода

$$P = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} i_g \left[ u^2 - \left( \frac{2\sqrt{3}}{\pi} X_{p.ex} \right)^2 i_g^2 \right]^{1/2}, \quad (6) \quad S = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} u i_g. \quad (7)$$

Из (5)...(7) следует, что при  $L_{p.ex} = 0$  полная и активная мощности равны. В этом случае потребление от сети реактивной мощности отсутствует и коэффициент мощности  $k_{M(1)} = 1$ . Однако на практике из-за наличия конечного индуктивного сопротивления  $X_{p.ex}$  коэффициент мощности  $k_{M(1)} < 1$ . Коэффициент мощности  $k_{M(1)}$  зависит от момента  $M$  и скорости  $\omega$ , а также режима управления двигателем.

1. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш. Энергосберегающий асинхронный электропривод - М.: АСАДЕМА, 2004. – 202с.