

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

**Васильев С. В.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Переход электропривода от одного установившегося режима к другому сопровождается переходным процессом, на который затрачивается энергия, которую можно представить в виде двух составляющих: полезной, связанной с выполнением электродвигателем определённой механической работы, и потерь энергии.

Полезная составляющая определяется изменением произведения момента двигателя на его скорость. При этом в пусковых режимах, связанных с увеличением скорости двигателя, энергия из сети расходуется на увеличение кинетической энергии движущихся частей электропривода, а в тормозных, наоборот, кинетическая энергия движущихся частей электропривода возвращается в сеть (при рекуперативном торможении) или выделяется в виде потерь (при динамическом торможении или торможении противовключением). Полезная составляющая энергии определяется технологическим процессом и в пусковых режимах повлиять на нее не представляется возможным, а в тормозных режимах она может быть возвращена в сеть за счет рекуперативного торможения.

Потери энергии обычно делят на постоянные и переменные. Под постоянными подразумеваются потери энергии, не зависящие от нагрузки двигателя - потери в стали магнитопровода двигателя, механические потери от трения в подшипниках и вентиляционные потери. Постоянные потери зависят от скорости двигателя, амплитуды и частоты питающего его напряжения и т.д. Но так как эти потери составляют незначительную часть общих потерь, то они принимаются неизменными и равными постоянным потерям при номинальном режиме работы двигателя. Наибольший интерес с точки зрения оптимизации энергопотребления представляют переменные потери электропривода, которые складываются из мощности потерь в меди статора и ротора двигателя:

$$\Delta P_M = \Delta P_{1M} + \Delta P_{2M} = 3I_1^2 R_1 + 3I_2'^2 R_2.$$

При Г-образной схемы замещения потери в меди статора

$$\Delta P_{1M} = 3I_2'^2 R_1 = 3I_2'^2 R_2' \frac{R_1}{R_2'} = \Delta P_{2M} \frac{R_1}{R_2'},$$

а суммарные потери в меди

$$\Delta P_M = \Delta P_{2M} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2'} \right).$$

Тогда потери энергии за время переходного процесса  $t_{n.n.}$

$$\Delta W_M = \int_0^{t_{n.n.}} \Delta P_M(t) dt.$$

Более удобные расчетные соотношения могут быть получены при использовании механических переменных и параметров. Используя известное соотношение для переменных потерь в роторе

$$\Delta P_{2M} = 3I_2'^2 R_2' \approx M \omega_0 S,$$

найдем энергию потерь в роторе за время переходного процесса:

$$\Delta W_{2M} = \int_0^{t_{n.n.}} M(t) \omega_0 S(t) dt.$$

Заменив пределы интегрирования, получим [1]:

$$\Delta W_{2M} = \int_{S_{нач}}^{S_{кон}} M(t) \omega_0 S(t) \left[ -\frac{J \omega_0}{M(t)} \right] dS = -J \omega_0^2 \int_{S_{нач}}^{S_{кон}} S dS = J \omega_0^2 \frac{S_{нач}^2 - S_{кон}^2}{2}. \quad (1)$$

Формула (1) удобна для определения потерь энергии, так как для расчетов необходимо знать лишь параметры  $J$  и  $\omega_0$ , а также начальное и конечное значения скольжения  $S$ .

Время пуска и торможения под нагрузкой  $M_c \neq 0$  (снижением скорости в установившемся режиме пренебрегаем)

$$t_{n.n.} = \frac{J \omega_0}{M \pm M_c}.$$

При  $M = const$  время пуска и торможения в холостую  $t_{n.n.0} = J \omega_0 / M$ .

Потери энергии в переходном процессе можно рассчитать по формуле

$$\Delta W_{2M} = \frac{J \omega_0^2}{2} (S_{нач}^2 - S_{кон}^2) \frac{t_{n.n.}}{t_{n.n.0}}. \quad (2)$$

Анализ формул (1) и (2) позволяет назвать два основных способа снижения потерь энергии в переходных режимах: 1) уменьшение суммарного момента инерции электропривода; 2) регулирование в переходных процессах скорости идеального холостого хода, т.е. использование управляемых переходных процессов. Эти способы эффективны для электроприводов с частыми пусками и торможениями (кранов, лифтов, манипуляторов и т.д.).

Способы уменьшения момента инерции электропривода: 1) использование малоинерционных двигателей; 2) рациональное конструирование механической передачи (выбор оптимального передаточного числа редуктора и т.д.); 3) замена одного двигателя двумя и более с сохранением суммарной мощности. Как правило, суммарный момент инерции двух двигателей половинной мощности оказывается меньше момента инерции одного двигателя полной мощности в рамках одной серии двигателей.

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