

## **ДИАПАЗОН РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ПРИ СКАЛЯРНОМ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ**

**Александровский С.В.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Для обеспечения заданной производительности, качества выполнения производственных операций и остановки рабочего органа машины с требуемой точностью необходимо регулирование скорости электропривода механизмов. Электропривод механизмов, работающих с постоянным статическим моментом (например, грузоподъемные механизмы, механизмы передвижения грузов, лифты, механизмы подачи металлорежущих станков и т.д.), должен иметь высокую перегрузочную способность по моменту и поддержание постоянства максимального момента двигателя в широком диапазоне регулирования скорости. Для большинства механизмов циклического действия требуемый диапазон регулирования составляет 10:1, в более редких случаях до 50:1 (краны-штабелеры, скоростные лифты), а для металлорежущих станков – до 10000:1. Эти условия достигаются за счет поддержания магнитного потока (потокосцепления) на номинальном уровне с помощью различных систем управления [1].

К современным системам регулируемого электропривода, работающего с постоянным магнитным потоком и обеспечивающим заданное значение максимального момента, относятся асинхронные частотно-регулируемые короткозамкнутые двигатели с векторным управлением, электроприводы с вентильными двигателями постоянного и переменного тока. В настоящее время альтернативой указанным системам электропривода является применение синхронных электродвигателей (СД) с электромагнитным возбуждением или возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ) со скалярным частотным управлением. В этом случае применение самого простого закона частотного управления, т.е.  $U/f = \text{const}$ , который заложен во всех современных преобразователях частоты, позволяет поддерживать постоянный магнитный поток и необходимую величину максимального момента на всем диапазоне изменения частот (скоростей) и моментов сопротивления [2].

Диапазон регулирования скорости  $D$  определяется отношением максимальной и минимальной скорости СДПМ для установившегося режима работы.

В СДПМ при скалярном частотном управлении невозможно уменьшать магнитный поток, поэтому принимаем максимальную угловую скорость равной номинальной  $\omega_{\text{ном}}$ . Синхронный двигатель имеет астатические механические характеристики без применения регулятора

скорости. В этом случае  $\omega_{ном}=\omega_{0ном}$  и  $\omega_{мин}=\omega_{0мин}$ . Но на минимальной синхронной скорости  $\omega_{0мин}$  возможен наброс нагрузки, который вызовет динамическое падение скорости  $\Delta\omega_{дин}$ , величина которой обусловлена параметрами электропривода: моментом инерции  $J$ , «магнитной жесткостью»  $b$  угловой характеристики синхронного двигателя и модулем жесткости  $\beta$  пусковой (демпферной) характеристики для СД или кривой динамического момента для СДПМ.

Очевидно, что при набросе нагрузки на минимальной синхронной скорости необходимо иметь

$$\omega_{0мин} > \Delta\omega_{дин},$$

чтобы ротор двигателя не останавливался. Если это условие соблюдается и провал скорости приемлем по технологическим условиям, то наибольший диапазон частотного регулирования скорости синхронного двигателя будет определяться отношением

$$D = \frac{\omega_{0ном}}{\omega_{0мин}}.$$

Если переходной процесс при набросе нагрузки начинается с установившегося режима, то переходная характеристика скорости имеет следующее выражение [3]

$$\omega = \omega_0 - \frac{(\theta_c - \theta_{нач})\Omega_0^2}{\Omega_p} \exp(-\xi t) \sin(\Omega_p t).$$

$$\Delta\omega_{дин} = \omega - \omega_0 = \omega_0 - \frac{(\theta_c - \theta_{нач})\Omega_0^2}{\Omega_p} \exp(-\xi t) \sin(\Omega_p t) - \omega_0 = -\frac{(\theta_c - \theta_{нач})\Omega_0^2}{\Omega_p} \exp(-\xi t) \sin(\Omega_p t),$$

где  $\theta_c$  – угол рассогласования в положении векторов магнитного поля статора и ротора при статическом моменте  $\theta_c = \frac{M_c}{c}$ ;  $\theta_{нач}$  – начальный угол рассогласования в момент приложения нагрузки  $M_c$ ;  $\Omega_0$  – собственная частота колебаний синхронного электропривода  $\Omega_0 = \sqrt{\frac{b}{J}}$ ;  $\Omega_p$  – резонансная частота;  $\xi$  – коэффициент затухания.

Очевидно, что максимальное значение динамического падения скорости не превышает значения

$$\Delta\omega_{дин,макс} \geq \frac{(\theta_c - \theta_{нач})\Omega_0^2}{\Omega_p},$$

что при заданных параметрах двигателя и механизма можно использовать для расчета максимального значения диапазона регулирования скорости.

1. Автоматизированный электропривод промышленных установок: учеб. пособие / под общ ред. Г.Б. Онищенко. М., 2001. – 520с.

2. Фираго Б. И. Теория электропривода / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик – Минск: Техноперспектива, 2007. – 585с.