МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ, ИНВАРИАНТНОЙ К КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ

В. В. Логвин, М. А. Бордовский, А. И. Рожков

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Как известно, сущность векторного управления асинхронного двигателя (АД) заключается в возможности воздействовать на потокосцепление Ψ_{rx} и частоту вращения ω ротора АД. Запишем систему уравнений АД, приняв в качестве управляющих воздействий составляющую тока статора i_{sx} и синхронную скорость ω_1.

В преобразовании по Лапласу математическую модель АД можно представить следующим образом:

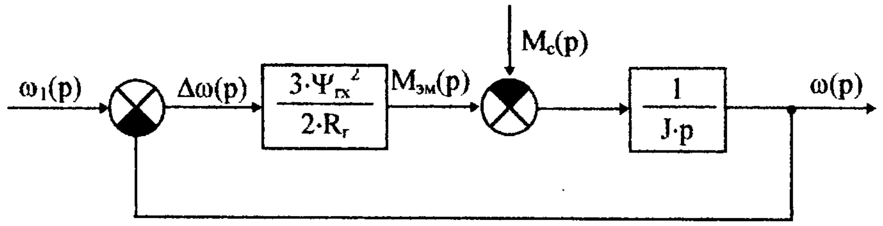
$$\left.\begin{aligned} &\Psi_{rx}(p)=\frac{L_m}{T_r\cdot p+1}\cdot I_{sx}(p),\\ &I_{sy}(p)=\frac{1}{K_r\cdot R_r}\cdot L[\Delta\omega\cdot\Psi_{rx}],\\ &\omega(p)=\left\{\frac{3}{2}\cdot K_r\cdot L[i_{sy}\cdot\Psi_{rx}]-M_c(p)\right\}\cdot\frac{1}{J\cdot p},\end{aligned}\right\},$$

где $\Delta\omega=\omega_1-\omega$ – скольжение; L– символ прямого преобразования по Лапласу; $\psi_{rx}(p)$, $I_{sx}(p)$, $I_{sy}(p)$, $\omega(p)$, $M_c(p)$– операторные изображения временных переменных Ψ_{rx}, i_{sx}, i_{sy}, ω, $M_c(t)$; i_{sx}, i_{sy} – проекции вектора тока статора и ротора на оси системы координат X,Y; Ψ_{rx} – вектор потокосцепления ротора; ω_1– частота вращения поля; ω– частота вращения ротора; $M_{эм}$– электромагнитный момент АД; J – суммарный момент инерции ротора и нагрузки; $M_C(t)$ – момент сопротивления нагрузки.

Рассматривая математическую модель АД с позиции двигателя постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения (НВ), нагруженного на постоянный момент сопротивления, примем Ψ_{rx} – const, $M_c(t)$ – const и тогда для установившегося режима при $p\to 0$ найдем уравнение статической механической характеристики асинхронного двигателя с частотным управлением:

$$\omega=\omega_1-\frac{2\cdot R_r}{3\cdot\Psi_{rx}^2}\cdot M_c.$$

Видна полная аналогия с механической характеристикой ДПТ НВ с управлением якорным напряжением, если управление частотой ω вращения АД осуществлять за счет ω_1 при поддерживании постоянства потокосцепления ротора Ψ_{rx}.



Рассмотрим режим работы АД в этом случае при колебательном нагрузочном моменте

$$M_c(t)=M_0+M_m\cdot\sin\omega_{кол}\cdot t\ ,$$

где M_0, M_m, $\omega_{кол}$ – постоянная составляющая, амплитуда и частота колебания момента нагрузки.

По структурной схеме АД при Ψ_{rx} – const (см. рис.) запишем уравнение движения во временной области

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} + \omega \cdot \frac{3 \cdot \Psi_{rx}^2}{2 \cdot R_r} = \frac{3 \cdot \Psi_{rx}^2}{2 \cdot R_r} \cdot \omega_1 - M_0 - M_m \cdot \sin \omega_{кол} \cdot t \ . \qquad (1)$$

Для скачка сигнала управления $\omega_1 \cdot 1(t)$ при нулевых начальных условиях решение уравнения (1) дает частоту вращения АД:

$$\omega = A \cdot e^{-p_1 \cdot t} + \omega_0 + \omega_m \cdot \sin(\omega_{кол} \cdot t + \alpha), \qquad (2)$$

где А – постоянная интегрирования; $p_1 = \frac{3 \cdot \Psi_{rx}^2}{2 \cdot J \cdot Rr} = \frac{1}{T_{эм}}$ – коэффициент затухания, равный обратной величине электромеханической постоянной времени; $\omega_0 = \omega_1 - \frac{2 \cdot R_r}{3 \cdot \Psi_{rx}^2} \cdot M_0$ – постоянная составляющая скорости вращения ротора АД; ω_m, α – амплитуда и фаза колебательной составляющей скорости АД.

Отсюда видно, что после затухания свободной составляющей $A \cdot e^{-p_1 \cdot t}$ в установившемся режиме частота вращения ротора будет за счет скольжения $\Delta\omega = \omega_1 - \omega$ отличаться от задания уменьшенным значением постоянной составляющей ω_0 и наличием колебательной составляющей с амплитудой ω_m.

Следуя принципу Понселе (регулирование по возмущению) введем сигнал задания на управления АД, равный сумме заданной синхронной скорости ω_1 и скольжения $\Delta\omega$,

$$\omega_{зад} = \omega_1 + \Delta\omega = \omega_1 + \frac{2 \cdot R_r}{3 \cdot \Psi_{rx}^2} \cdot M_0 - \omega_m \cdot \sin(\omega_{кол} \cdot t + \alpha),$$

тогда в установившемся режиме согласно решению (2) получим

$$\omega = \left[\omega_1 + \frac{2 \cdot R_r}{3 \cdot \Psi_{rx}^2} \cdot M_0 - \omega_m \cdot \sin(\omega_{кол} \cdot t + \alpha) - \frac{2 \cdot R_r}{3 \cdot \Psi_{rx}^2} \cdot M_0 \right] + $$
$$+ \omega_m \cdot \sin(\omega_{кол} \cdot t + \alpha) = \omega_1.$$

Произошла компенсация влияния момента нагрузки $M_c(t)$ на частоту вращения ротора. Физический смысл этого эффекта заключается в том, что теперь в АД формируется магнитное поле, новая частота вращения которого имеет постоянную составляющую, равную частоте вращения ротора с учетом составляющей скольжения от постоянной составляющей момента нагрузки, и колебательную составляющую, синхронную с колебательной составляющей скольжения от колебательной составляющей нагрузочного момента.