

5. Schnorr C. P. // Computing. 1968. №3. S.311.
6. Bertsch E. // Mathematical Systems Theory. 1975. V.9. №4. P.298.
7. Hotz G., Claus V. Automatentheorie und formalen Sprachen. Mannheim, 1972. V.3.
8. Кук Д., Бейз Г. Компьютерная математика. М.1990.

Поступила в редакцию 19.10.95.

УДК 621.313

АБДАЛПРАХМАН САИД ОМАР (Сирия), А.С. МИХАЛЕВ

УПРАВЛЕНИЕ МОМЕНТОМ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В СЛЕДЯЩЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

In this paper we are studying the questions of the control tracking electric drive systems depending on the asynchronos three-phases motor with short circuited rotor (AM). For production of the given value of the electromagnetic torque, the principle of the fundamental frequency component be controled under the law of lincerity between torque and slip has been used. The voltage as a function of frequency and slip can be put as a tabel in ROM of the control system of microprocessor.

При разработке системы управления электроприводом необходимо решать задачу воспроизведения желаемого значения M_z электромагнитного момента двигателя. Задание момента формируется на основе анализа сигналов обратной связи по положению и скорости. В соответствии с величиной M_z заданного момента необходимо сформировать сигналы задания частоты f_1 и амплитуды U_m выходного напряжения преобразователя частоты.

Укрупненная структурная схема частотно-управляемого асинхронного электропривода со следящей системой управления представлена на рис.1.

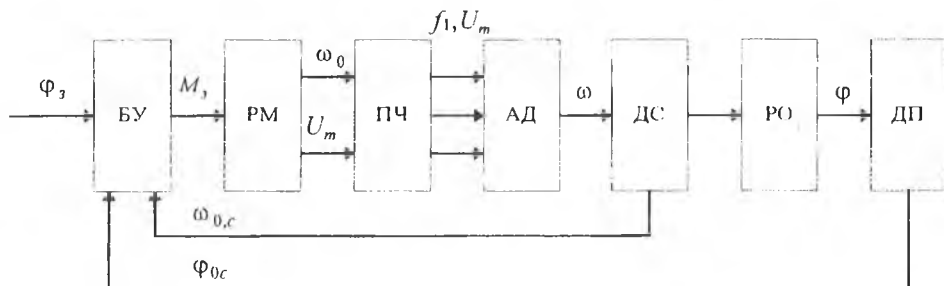


Рис.1.

БУ - блок управления;
РМ - регулятор момента;
ПЧ - преобразователь частоты;
АД - асинхронный двигатель;
ДС - датчик скорости;

РО - рабочий орган;
ДП - датчик положения;
 ω - угловая скорость ротора АД;
 φ - угол поворота (перемещение) РО;
 φ_0 - сигнал задания угла поворота;

$\varphi_{0,c}$ - сигнал обратной связи по положению;
 $\omega_{0,c}$ - сигнал обратной связи по скорости;
 M_z - сигнал задания момента;
 ω_0 - сигнал задания скорости холостого хода

Задачу синтеза системы управления целесообразно разделить на две части:

1. Синтез узла РМ, задающего частоту и амплитуду выходного напряжения ПЧ.
2. Синтез блока управления, реализующего функцию отслеживания заданного угла φ_z .

Для обеспечения синтеза узла РМ решаем задачу воспроизведения заданного момента в статических режимах работы электропривода при произвольных значениях скорости из области $0 < \omega < \omega_{0H}$, где ω_{0H} — скорость идеального холостого хода при номинальном значении частоты питающего напряжения. Эта задача сводится к формированию механической характеристики электропривода, проходящей через точку с заданными координатами M_z, ω . В общем случае таких характеристик за счет произвольной комбинации ω_0 и U_m можно сформировать бесконечное множество. Для определения искомой механической характеристики необходимо задать закон частотного управления, определяющий однозначную связь между амплитудой и частотой основной

гармонической составляющей напряжения на статоре асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АД).

Наибольшее распространение получили законы частотного управления, обеспечивающие поддержание постоянства потокосцеплений статора ψ_1 , ротора ψ_2 или взаимоиנדукции ψ_M [1,2].

Уровень стабилизации потокосцеплений для минимизации потерь скольжения в роторе АД задают близким к номинальному. Выбор рационального закона частотного управления может быть сделан с учетом возможностей по его реализации в системе управления.

В общем случае механическая характеристика АД при выбранном законе частотного управления описывается следующим образом:

$$M = f_m(\alpha, Sa), \quad (1)$$

где α — относительное значение скорости холостого хода,

$$\alpha = f_1 / f_{1H} = \omega_0 / \omega_{0H},$$

f_{1H} — номинальное значение частоты напряжения на статоре АД,

Sa — параметр абсолютного скольжения,

$$Sa = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_{0H}}.$$

Для реализации (1) осуществляют изменения напряжения в зависимости от частоты и скольжения по закону

$$U = f_U(\alpha, Sa). \quad (2)$$

Выразим параметр α через угловую скорость ω ротора и параметр абсолютного скольжения:

$$\begin{aligned} \omega_0 &= Sa\omega_{0H} + \omega, \\ \alpha &= \omega / \omega_{0H} + Sa. \end{aligned} \quad (3)$$

Подставив (3) в (1) и (2), получим

$$\begin{aligned} M &= f_{1m}(\omega_0, Sa) = f_{2m}(\omega, Sa), \\ U &= f_{1U}(\omega_0, Sa) = f_{2U}(\omega, Sa). \end{aligned} \quad (4)$$

В соответствии со структурной схемой (рис.1), узел РМ должен выполнять расчет частоты и амплитуды напряжения на статоре АД. Для этого функциональные зависимости (4) следует преобразовать следующим образом:

$$\begin{aligned} Sa &= f_s(M, \omega), \\ \omega_0 &= Sa\omega_{0H} + \omega, \\ \alpha &= \omega / \omega_{0H} + Sa, \\ U &= f_U(\alpha, Sa). \end{aligned} \quad (5)$$

Система алгебраических уравнений (5) является основой построения контура управления моментом АД.

Механические характеристики АД при частотном управлении по законам $\psi_1 = \text{const}$ и $\psi_2 = \text{const}$ описываются достаточно сложными нелинейными функциями α и Sa , что существенно затрудняет реализацию функциональной зависимости $f_s(M, \omega)$ [3]. Частотное управление по закону $\psi_2 = \text{const}$ обеспечивает формирование линейных механических характеристик [1], имеющих вид:

$$M = kSa, \quad (6)$$

где k — коэффициент пропорциональности.

Определение величины коэффициента k целесообразно выполнить так, чтобы обеспечить сохранение линейной зависимости (6) при максимальном использовании двигателя по моменту. Строим характеристику по двум точкам: точке идеального холостого хода и точке, соответствующей критическому скольжению и критическому моменту на естественной механической характеристике (M_k, S_k) .

Тогда справедливо

$$k = M_k / S_k. \quad (7)$$

В соответствии со схемой замещения (рис.2) находим:

$$\begin{aligned} Z_1 &= R_1 + j\alpha X_1, \\ Z_2 &= \alpha R_2 / Sa + j\alpha X_2, \\ Z_\mu &= j\alpha X_\mu. \end{aligned} \quad (8)$$

Для модулей комплексных сопротивлений Z_1, Z_2 и Z_μ

$$\begin{aligned} Z_1 &= \sqrt{R_1^2 + (\alpha X_1)^2}, \\ Z_2 &= \sqrt{(\alpha R_2 / Sa)^2 + (\alpha X_2)^2}, \\ Z_\mu &= X_\mu. \end{aligned} \quad (9)$$

Обозначим $Z_b = Z_\mu / Z_2 = R_b + jX_b$, тогда

$$\begin{aligned} X_b &= \alpha \frac{X_2 X_\mu^2 + X_\mu ((R_2 / Sa)^2 + (X_2)^2)}{(R_2 / Sa)^2 + (X_\mu + X_2)^2}, \\ R_b &= \alpha \frac{X_\mu^2 (R_2 / Sa)}{(R_2 / Sa)^2 + (X_\mu + X_2)^2}, \\ X_{AD} &= \alpha X_1 + X_b, \quad R_{AD} = R_1 + R_b, \\ Z_b^2 &= X_b^2 + R_b^2, \quad Z_{AD}^2 = X_{AD}^2 + R_{AD}^2. \end{aligned} \quad (10)$$

По схеме замещения (см. рис.2) могут быть получены выражения для определенных токов статора I_1 и ротора I_2 :

$$I_1 = \frac{U_{1\phi}}{Z_{AD}}, \quad I_2 = \frac{U_{1\phi} Z_b}{Z_{AD} Z_2}. \quad (11)$$

Потери в меди ротора определяются выражением:

$$\Delta P_{\Sigma 2} = 3I_2^2 R_2 = MS_a \omega_{0H}. \quad (12)$$

На основании (10), (11) и (12) получим

$$U_{1\phi} = \alpha \sqrt{\frac{MS_a \omega_{0H} Z_{AD}^2 ((R_2 / Sa)^2 + X_2^2)}{3Z_b^2 R_2}}. \quad (13)$$

Подставив (7) в (13), получим

$$U_{1\phi} = \alpha Sa \sqrt{\frac{k \omega_{0H} Z_{AD}^2 Z_2^2}{3Z_b^2 R_2}}. \quad (14)$$

Расчет абсолютного скольжения выполняется по формуле

$$Sa = \frac{M_3}{k} \quad (15)$$

Подставив (14) и (15) в систему уравнений (4), получим математическую основу построения узла регулирования момента.

При построении системы управления электроприводом необходимо учесть ограничения параметров питающего напряжения, а также необходимость ограничения момента двигателя на заданном уровне.

На рис. 3 представлена структурная схема узла регулирования момента, построенного на основе уравнений (5), (14), (15). Реализацию предложенного узла регулирования момента АД целесообразно осуществлять программно в микропроцессорной системе управления. Для повышения быстродействия системы управления функциональная зависимость (14) реализуется в виде таблицы и хранится в ПЗУ.

В соответствии с разработанной структурой системы автоматического управления проведен расчет статических характеристик электропривода. При расчете механических характеристик учитывались следующие ограничения:

$$0 \leq \omega_0 \leq \omega_{0H}, \quad 0 \leq U_m \leq U_{mH}, \quad 0 \leq M \leq M_{ke},$$

где U_{mH} — номинальное значение амплитуды питающего напряжения,

M_{ke} — критическое значение электромагнитного момента на естественной механической характеристике.

Для сравнительного анализа энергетических характеристик асинхронного электропривода с линейризованной механической характеристикой проведен расчет потерь и коэффициента полезного действия при работе его на естественной характеристике.

Результаты расчета статических характеристик, полученные для АД 4AA50B4УЗ мощностью 90Вт, представлены на рис. 4:

- 1 — естественная механическая характеристика;
- 2 — линейризованная механическая характеристика при частотном управлении и ограничении момента;
- 3 — зависимость КПД от электромагнитного момента АД при работе на естественной механической характеристике;
- 4 — зависимость КПД от электромагнитного момента АД при работе на линейризованной механической характеристике.

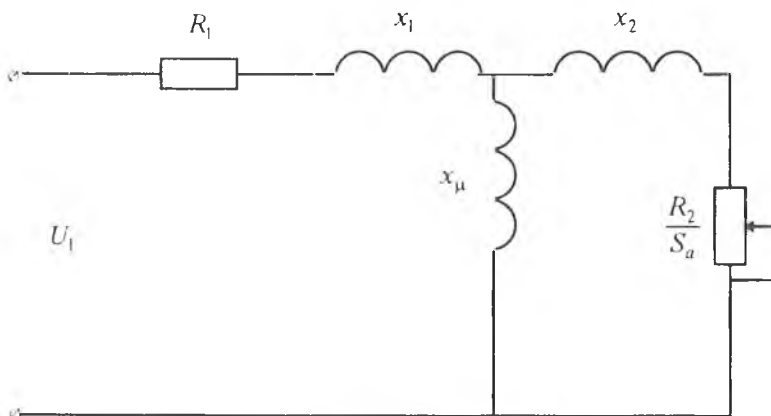


Рис. 2. Схема замещения АД

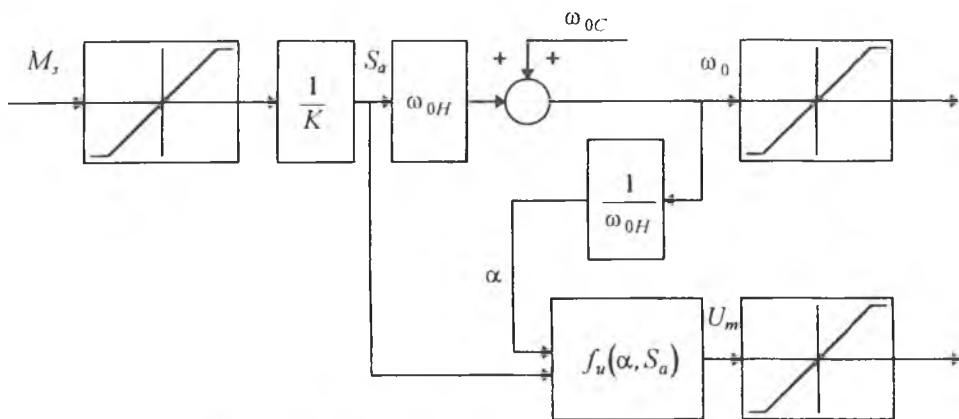


Рис.3. Структурная схема узла управления моментом АД

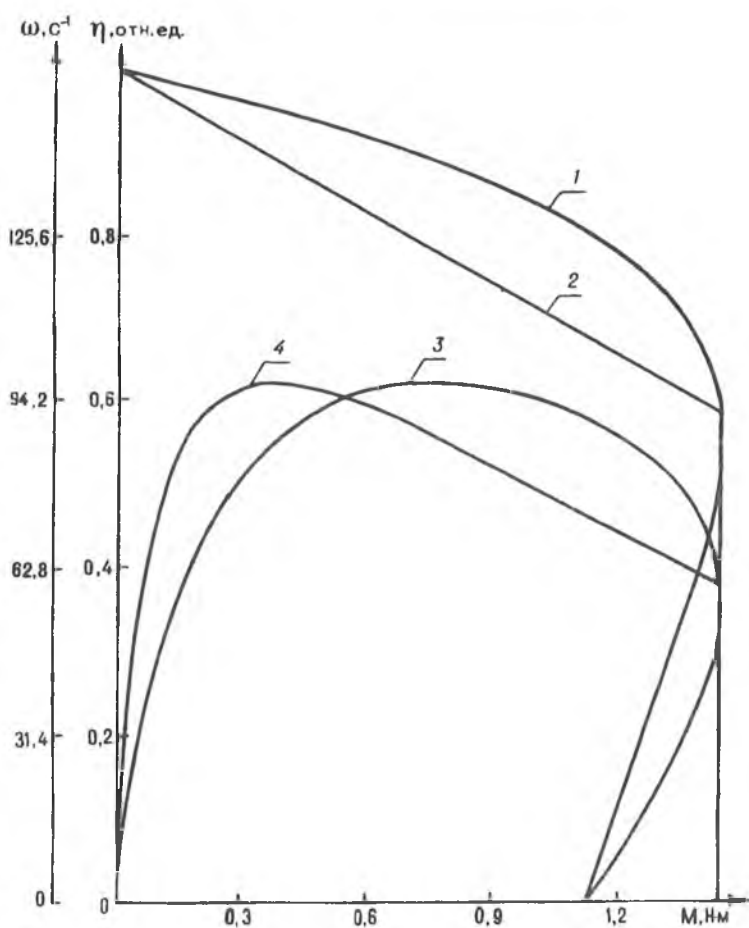


Рис.4. Механические характеристики асинхронного двигателя

1. Сабинин Ю.А., Грузов В.Л. Частотно-регулируемые асинхронные электроприводы. Л., 1985.
2. Эпштейн И.И. Автоматизированный электропривод переменного тока. М., 1982.
3. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Л., 1982.

Поступила в редакцию 12.10.95