

движки. Сигналом от АИ1 аппаратура КИС включается на режим опроса датчиков. Сигналом от АИ2 аппаратура КИС переводится в "дежурный" режим.

После включения электропитания микроконтроллер переходит в один из четырех режимов работы, выбор которых осуществляется переключателями на контрольной панели. Режим 1 – тестирование датчиков, 2 – очистка внешней памяти, 3 – сбор, анализ и запись данных при движении по трубопроводу, 4 – передача данных на внешний компьютер по интерфейсу RS-232C.

Управление внешним компьютером осуществляется программой-терминалом. Она позволяет производить тестирование датчиков, прием и обработку данных исследования и экспресс-анализ файла данных из внешней памяти микроконтроллера.

Программы для микроконтроллера написаны на языке Ассемблера i8031, программа для ПК написана на C++.

Достоинством разработанного контрольно-измерительного прибора является то, что он унифицирован под все виды и размеры чистящих приборов и позволяет разрешить важные задачи технологического процесса эксплуатации трубопроводов без существенных финансовых затрат.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВАРИАНТНОЙ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АД

Рожков А. И.

Гомельский государственный технический университет

им. П. О. Сухого

Научный руководитель: к.т.н. Логвин В. В.

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 [1]

$$\left. \begin{aligned} U_y &= (R_1 + \sigma \cdot L_1 \cdot p) I_{sy} + \frac{L_m}{L_r} \cdot p \cdot \Psi_x - \omega_1 \cdot \sigma \cdot L_s \cdot I_{sx} \\ U_x &= (R_1 + \sigma \cdot L_1 \cdot p) \cdot I_{sx} + \omega_1 \cdot \frac{L_m}{L_r} \cdot \Psi_{rx} + \omega_1 \cdot \sigma \cdot L_1 \cdot I_{sy} \\ \Psi_{rx}(p) &= \frac{L_m}{T_r \cdot p + 1} \cdot I_{sx}(p), \\ I_{sy}(p) &= \frac{1}{K_r \cdot R_r} \cdot L[\Delta\omega \cdot \Psi_{rx}] \\ \omega(p) &= \left\{ \frac{3}{2} \cdot K_r \cdot L[i_{sy} \cdot \Psi_{rx}] - M_c(p) \right\} \cdot \frac{1}{J \cdot p}, \end{aligned} \right\}$$

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 перемен-

ных 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; $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_r}$ - коэффициент рассеяния обмотки статора, где: L_1 - индуктивность обмотки статора.

Ввиду того, что в нашем случае используется управление, с постоянством потока, первые два уравнения для напряжений использовать не будут, и система примет вид [2]

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

Рассматривая математическую модель АД с позиции двигателя постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения (НВ), нагруженного на постоянный момент сопротивления, примем $\Psi_{rx} = \text{const}$, $M_c(t) = \text{const}$ и тогда для установившегося режима при $p \rightarrow 0$ 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 поддержании постоянства потокосцепления ротора Ψ_{rx} .

Рассмотрим режим работы АД в этом случае при колебательном нагрузочном моменте

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

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

По структурной схеме АД при $\Psi_{rx} = \text{const}$ (см. рис.), запишем уравнение движения во временной области

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

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

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

где A - постоянная интегрирования; $p_1 = \frac{3 \cdot \Psi_{rx}^2}{2 \cdot J \cdot R_r} = \frac{1}{T_{эм}}$ - коэффициент затухания, равный обратной величине электрохимической 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 $\Delta\omega$,

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

тогда в установившемся режиме согласно решению (2) получим

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

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. Исходя из выше сказанного, построим систему, подобную на систему управления двигателем постоянного тока - регулируя поток и скорость. Для этого в канале стабилизации Ψ_{rx} введем внешний контур управления по потоку, а в канале компенсации M_c создадим контур регулирования тока i_{sy} .

Как говорилось выше, для компенсации момента сопротивления, используется положительная обратная связь по моменту сопротивления. При реализации компенсации возмущения от колебательного момента нагрузки на валу АД, колебания скорости снижаются до 0.7-1.5% от заданного номинального значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сандлер А. С., Сарбатов Р. С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. - М.: Энергия, 1974.
2. Слежановский О. В. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями. - М.: Энергоатомиздат, 1983.