

УДК 681.5

Студ. А.В. Косолапов, С.Н. Клындюк

Науч. рук. доц. И.Ф. Кузьмицкий

(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором достаточно просты по конструкции, надежны в эксплуатации. Для осуществления возможности регулирования момента и скорости в современных электроприводах используются методы частотного управления, а именно: векторное и скалярное.

Наибольшую популярность получили асинхронные электроприводы с векторным управлением. В первых электроприводах с векторным управлением использовались двигатели, с датчиками потока, что значительно ограничивало область применения подобных приводов.

**Преимущества векторного управления:** высокая точность регулирования скорости; плавные старт и вращение двигателя во всем диапазоне частот; быстрая реакция на изменение нагрузки: при изменении нагрузки практически не происходит изменения скорости; увеличенный диапазон управления и точность регулирования; снижаются потери на нагрев и намагничивание, повышается КПД электродвигателя. К **недостаткам векторного управления** можно отнести: необходимость задания параметров электродвигателя; большие колебания скорости при постоянной нагрузке; вычислительная сложность. Общая блок-диаграмма высокопроизводительной системы управления скоростью бесщеточного двигателя переменного тока (Рисунок 1).

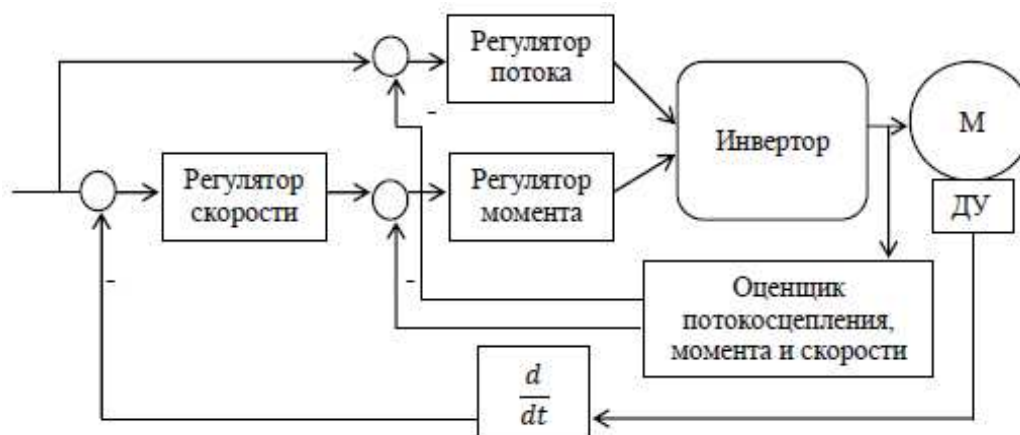


Рисунок 1 - Общая функциональная схема векторного управления

Основой схемы являются контуры контроля магнитного потока сцепления и момента вместе с блоком оценки, который может быть реализован различными способами. Скорость двигателя может быть измерена датчиком (скорости / положения) или получена посредством оценщика, позволяющего реализовать управление без датчиков.

Опуская вычисления получим выражение для составляющих тока статора, потокосцепления ротора и формула, связывающая частоту роторной ЭДС составляющей тока  $i_{1\beta}$ :

$$i_{1\alpha} = \frac{1}{R_1} \frac{1}{\sigma T_1 p} (u_{1\alpha} - R_1 i_{1\alpha} + \omega_{0\text{эл}} \sigma T_1 R_1 i_{1\beta} - k_2 p \psi_2) \quad (1)$$

$$i_{1\beta} = \frac{1}{R_1} \frac{1}{\sigma T_1 p} (u_{1\beta} - R_1 i_{1\beta} + \omega_{0\text{эл}} \sigma T_1 R_1 i_{1\alpha} - k_2 \omega_{0\text{эл}} \psi_2); \quad (2)$$

$$\psi_2 = \frac{1}{T_2 p} (L_m i_{1\alpha} - \psi_2); \quad \omega_p = \frac{k_2 R_2 i_{1\beta}}{\psi_2}; \quad (3)$$

$$M_d = \frac{3}{2} p_n k_2 \psi_2 i_{1\beta}; \quad p\omega = \frac{1}{J} (M_d - M_c); \quad (4)$$

где  $L$ ,  $L_2$ ,  $L_m$ - индуктивности обмоток статора, ротора и главная индуктивность;  $J$  - момент инерции привода;  $M_d$ - электромагнитный момент привода;  $M_c$ - момент нагрузки, включающий в себя момент нагрузки на валу и момент потерь вращения двигателя;  $\tilde{I}_2 = i_{2a} - j i_{2\beta}$ ;  $\omega$  - угловая скорость двигателя;  $\omega_p$  и  $\omega_{0\text{эл}}$  - угловая скорость роторной ЭДС и напряжения питания статора;  $p_n$ - число пар полюсов обмотки статора;  $k_1$  и  $k_2$ - безразмерные коэффициенты,  $k_1 = L_m/L_1$ ,  $k_2 = L_m/L_2$   $\sigma$  - коэффициент рассеяния машины,  $\sigma = 1 - L_m^2/(L_1 L_2) = 1 - k_1 k_2$

В уравнениях (1) – (4) присутствует влияние перекрестных связей по проекциям вектора тока статора  $i_{1\alpha}$  и  $i_{1\beta}$  (рисунок 2). Если свести к минимуму влияние этих перекрестных связей, то, задавая значение  $u_{1\alpha}$  можно независимо устанавливать потокосцепление ротора  $\psi_2$ . При данном значении  $\psi_2$  сигнал задания составляющей напряжения  $u_{1\beta}$  будет задавать значение электромагнитного момента и скорости двигателя (рисунок 3).

Таким образом, задачи управления потокосцеплением ротора и электромагнитным моментом двигателя будут разделены подобно тому, как это имеет место в двигателе постоянного тока независимого возбуждения (рисунок 4). Видно, что составляющая тока статора  $i_{1\alpha}$  асинхронного двигателя, играет ту же роль, что ток возбуждения, постоянная времени ротора  $T_2$  эквивалентна постоянной времени возбуждения, а коэффициент  $3/2 p_n k_2$  соответствует машинной постоянной двигателя постоянного тока.

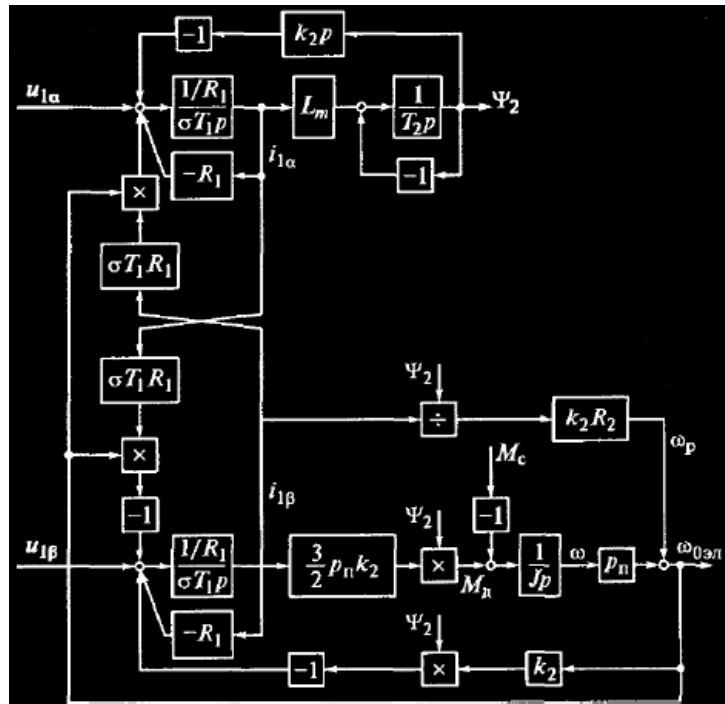


Рисунок 2 – Структурная схема асинхронного электродвигателя

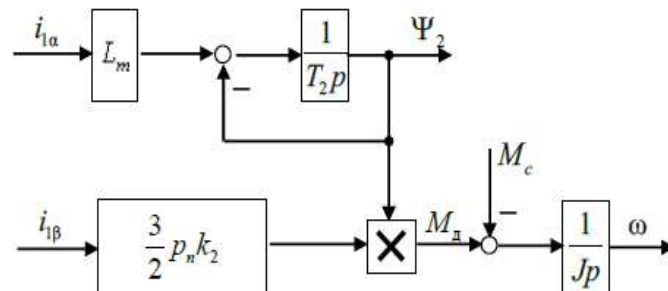


Рисунок 3 – Структурная схема асинхронного электродвигателя с исключенным взаимовлиянием проекций тока статора

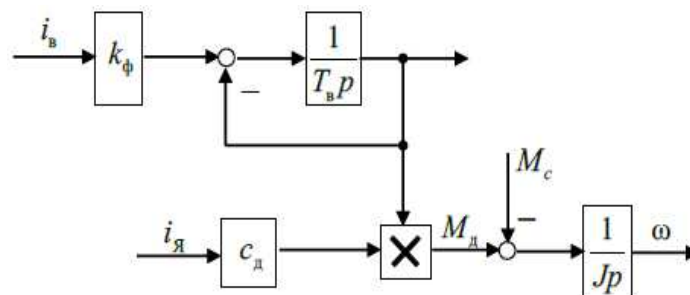


Рисунок 4 – Структурная схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Наиболее эффективным способом исключения влияния перекрестных связей является непосредственное управление током статора. При этом видно, что установившееся значение потокосцепления ротора однозначно определяется составляющей тока статора по прямой оси  $i_{1\alpha}$ . В переходном режиме замедление потокосцепления по отношению к току  $i_{1\alpha}$  характеризуется постоянной времени ротора  $T_2$ . Электромагнитный момент двигателя при постоянном потокосцеплении ротора определяется только значением составляющей тока статора по оси  $i_{1\beta}$  и следует за ее изменениями, другими словами момент изменяется так быстро, как быстро изменяется составляющая тока статора по оси  $i_{1\beta}$ . Это способствует обеспечению высокого быстродействия электропривода с асинхронным двигателем. Система управления электроприводом выполняется во вращающейся системе координат и построена по принципам подчиненного регулирования.

Внешним по отношению к контуру тока по оси  $a$ , является контур регулирования потокосцепления ротора с регулятором потока. Выходной сигнал регулятора потока представляет собой сигнал задания составляющей тока статора по вещественной оси  $i_{1\alpha}$ . На входе регулятора сравниваются сигналы задания и истинного значения потокосцепления ротора, определенное в наблюдателе. Внешним по отношению к контуру регулирования тока  $i_{1\beta}$ , является контур регулирования момента со своим регулятором. На его входе сравниваются выходной сигнал регулятора скорости, который задает значение электромагнитного момента, и сигнал обратной связи по моменту, вычисленной в наблюдателе. Контур регулирования скорости с регулятором замкнут по сигналу  $\omega$  на входе датчика скорости.

**Вывод:** по данным выражениям для составляющих тока статора, потокосцепления ротора и формула, связывающая частоту роторной ЭДС с составляющей тока  $i_{1\beta}$  составляется структурная схема САУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов, - 2-е изд. – М., 2004. -575с.
2. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием, 2-е изд.,испр. - М.: Издательский центр «Академия»,2007. -272с.
3. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока. - СПб.: Питер, 2008. -298с.
4. Усольцев А.А. Векторное управление асинхронными двигателями. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006, -94с.