

СИСТЕМА ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ СТАТОРА

Островерхов Н.Я., доц., Савченко С.В., Жигун А.С. студенты
кафедра автоматизации электромеханических систем и электропривода

Введение. Скалярные законы частотного управления асинхронным двигателем обеспечивают хорошее качество регулирования в установившихся режимах. Для многих механизмов с умеренными требованиями к динамике эти законы, как более простые и дешевые, являются разумным техническим решением применения регулируемого электропривода. Для сохранения постоянства критического момента двигателя в ходе изменения частоты питающего двигателя при учете сопротивления обмотки статора двигателя надо поддерживать постоянным соотношение между частотой и напряжением за активным сопротивлением статора.

Постановка задач исследования. Целью работы является повышение качества управления скоростью асинхронного двигателя скалярной частотной системы путем поддержания постоянства потокосцепления статора в установившемся режиме с помощью системы автоматического регулирования.

Материалы исследования. Одним из методов поддержания требуемого соотношения между частотой и напряжением за активным сопротивлением статора является применение функционального преобразователя (ФП), который по частоте напряжения питания и частоте роторной ЭДС формирует сигнал задания преобразователя частоты [1]. Для определения характеристики ФП используется Т-образная схема замещения фазы асинхронного двигателя, приведённая к виду, показанному на рис. 1.

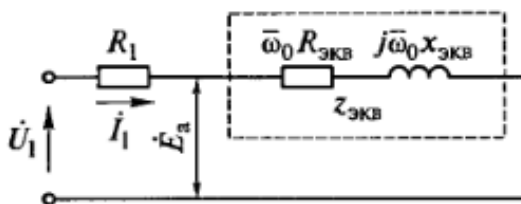


Рис. 1 – Преобразованная Т-образная схема замещения

Значение эквивалентного активного и реактивного сопротивления раны

$$R_{y\hat{e}\hat{a}} = R_2 \overline{\omega_p} \frac{x_m^2}{R_2^2 + (\overline{\omega_p} \tilde{\sigma}_2)^2}; \quad (1)$$

$$x_{y\hat{e}\hat{a}} = x_1 \left(1 - \frac{x_m}{x_1}\right) + x_m \frac{R_2^2 + (1 - \frac{x_m}{x_1})(\overline{\omega_p} \tilde{\sigma}_2)^2}{R_2^2 + (\overline{\omega_p} \tilde{\sigma}_2)^2}. \quad (2)$$

Выражение для напряжения на статоре в зависимости от требуемого закона частотного регулирования $E_{am} / \overline{\omega_0}$ имеет вид

$$U_{1m} = \frac{E_{am}}{\omega_0} \cdot \sqrt{\frac{(R_1 + \bar{\omega}_0 R_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}})^2 + (\bar{\omega}_0 \bar{\delta}_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}})^2}{R_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}}^2 + \bar{\delta}_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}}^2}}. \quad (3)$$

Для обеспечения постоянства критического момента при изменении частоты надо в (3) положить $E_{am} / \bar{\omega}_0 = const$. Тогда с учётом выражений (1) и (2) для $R_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}}$ и $\bar{\delta}_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}}$ на основании (3) определяются зависимости $U_{1m} = f(\bar{\omega}_0)$ для ряда значений ω_p . Их характер показан на рис. 2.

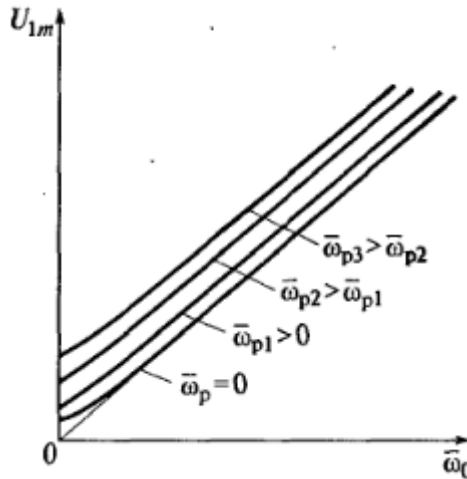


Рис. 2 – Характеристики функционального преобразователя при поддержании постоянства потокосцепления статора в установившемся режиме

Функциональная схема системы автоматического регулирования скорости, реализующая представленный метод управления, изображена на рис. 3. Асинхронный двигатель М питается от преобразователя частоты со звеном постоянного тока и инвертором напряжения с ШИМ. На входе блока ШИМ действует трехфазная система задающих напряжений

$$\begin{aligned} u_{1A}^* &= (U_{1m} / k_{\dot{y}}) \sin \theta_c^*; \\ u_{1B}^* &= (U_{1m} / k_{\dot{y}}) \sin(\theta_c^* - 2\pi/3); \\ u_{1C}^* &= (U_{1m} / k_{\dot{y}}) \sin(\theta_c^* - 24\pi/3), \end{aligned} \quad (4)$$

где U_{1m} – требуемое амплитудное значение напряжения на выходе АИН; $k_{\dot{y}}$ – коэффициент усиления преобразователя частоты по напряжению, определяемый как отношение амплитуды напряжения на обмотке статора к амплитуде напряжения на выходе формирователя синусоидальных сигналов (ФСС); θ_c^* – текущее значение угла поворота пространственного вектора потокосцепления статора относительно неподвижной системы координат, рассчитываемого в интеграторе (И) по сигналу задания частоты $u_{\omega 0}^*$.

Система регулирования является замкнутой по скорости через регулятор скорости (РС). На входе регулятора сравниваются между собой сигнал задания скорости $u^* = k_{\dot{A}\dot{N}} \omega^*$ (где: $k_{\dot{A}\dot{N}}$ – коэффициент передачи датчика скорости, ω^* – заданное значение скорости) и сигнал обратной связи по скорости $u_{\dot{A}\dot{N}} = k_{\dot{A}\dot{N}} \omega_{\dot{O}\dot{N}\dot{O}}$ (где: $\omega_{\dot{O}\dot{N}\dot{O}}$ – скорость двигателя в установившемся режиме). Сигнал задания

частоты формируется следующим образом: сигнал датчика скорости, умноженный на число пар полюсов ($k_{\Delta\bar{N}}\omega_{0\bar{N}0}\delta_I$), подается со знаком «плюс» на сумматор на выходе регулятора скорости. На вход интегратора поступает сигнал задания частоты. Этот сигнал в том же масштабе, что и скорость, должен быть равен $u_{\omega 0} = k_{\Delta\bar{N}}\omega_{0\bar{Y}\bar{E}}$. Блок ограничения выходного напряжения регулятора скорости, характеристика которого показана на блоке РС, служит для ограничения тока при больших изменениях сигнала задания скорости. ПИ-регулятор скорости настраивается с помощью инструмента Simulink Respanse Optimization.

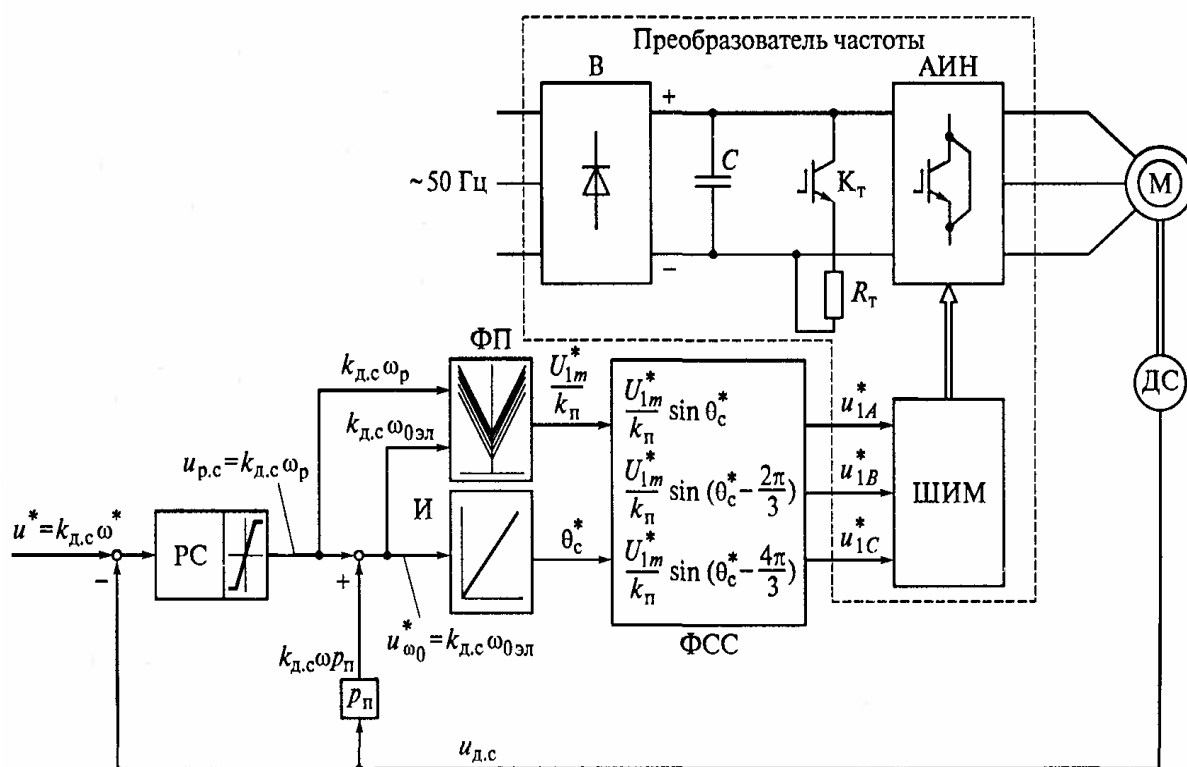


Рис. 3 – Функциональная схема системы регулирования скорости

Графики переходных процессов скорости представлены на рис. 4. В ходе моделирования системы получены графики для трех различных значений скорости при разных сигналах задания (max, min и средний) в ходе пуска, наброса и сброса номинальной нагрузки. В результате получены такие показатели качества переходных процессов:

перерегулирование:

$$\sigma_3 = \frac{\omega_{\max} - \omega_H}{\omega_H} \cdot 100\% = \frac{20.992 - 20.635}{20.635} \cdot 100\% = 1.7\%$$

$$\sigma_2 = \frac{\omega_{\max} - \omega_H}{\omega_H} \cdot 100\% = \frac{103.32 - 103.12}{103.12} \cdot 100\% = 0.2\%$$

$$\sigma_3 = \frac{\omega_{\max} - \omega_H}{\omega_H} \cdot 100\% = \frac{20.992 - 20.635}{20.635} \cdot 100\% = 1.7\%,$$

время переходного процесса: $t_{i.r.1} = 2.2 \text{ } \tilde{n}$; $t_{i.r.1} = 2.1 \text{ } \tilde{n}$; $t_{i.r.3} = 0.25 \text{ } \tilde{n}$

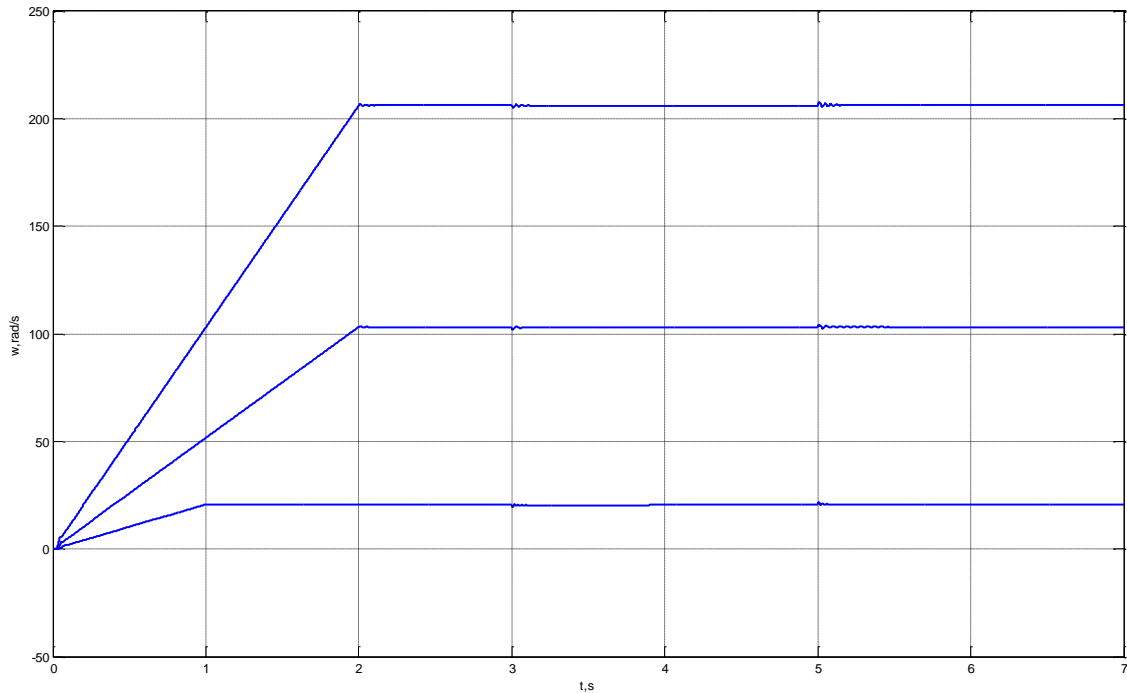


Рис. 4 – График переходных процессов скорости

Выводы. Представленная система частотного регулирования скоростью асинхронного двигателя со стабилизацией потокосцепления статора позволяет осуществлять управление скоростью в достаточно широком диапазоне при относительно малых значениях величины перерегулирования, причём регулирование осуществляется исключительно изменением соотношения между частотой и напряжением на статоре, что в большой мере упрощает сам процесс регулирования.

Перечень ссылок

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: АCADEMA, 2006. – 260 с.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДКМ Пресс; 2008. – 288 с.