

МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATLAB/SIMULINK ЗАМКНУТОЙ САУ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ИЗМЕНЯЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

А. Н. Стишенок

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель А. В. Козлов

В регулируемых электроприводах постоянного тока в качестве управляемых источников питания используются, как правило, тиристорные преобразователи, имеющие малую мощность управления, высокий КПД и большую надежность. Они являются универсальным средством преобразования переменного напряжения питающей сети в регулируемое постоянное напряжение [1].

Задача регулирования координат такого электропривода возлагается на систему автоматического управления (САУ) с изменяемой структурой, имеющую два контура регулирования по току якоря и угловой скорости электродвигателя. В ней достигается требуемое ограничение электромагнитного момента электродвигателя в динамических режимах работы и желаемый статизм механических характеристик электропривода. Изменение структуры САУ достигается благодаря использованию нелинейных звеньев с зоной нечувствительности, включаемых в каналы обратных связей, в результате чего обратные связи работают по мере необходимости.

Разработанная математическая модель замкнутой САУ с постоянного тока с изменяемой структурой в виде полноценного библиотечного блока Matlab позволяет проводить анализ ее работы в динамических и установившихся режимах, дополнительно созданный библиотечный блок MATLAB/SIMULINK, подключаемый к основной модели системы позволяет рассчитывать ее энергетические показатели

(КПД, потребляемую и полезную энергию). Каждый из этих блоков снабжен, собственными динамическими окнами ввода входных и внутренних параметров САУ, а также создана подробная справка, что позволяет расширить возможности пользователя по управлению параметрами модели и при построении сложных моделей, а также защитить модель от несанкционированной модификации. Их использование будет полезно при моделировании по ряду дисциплин, в частности теории электропривода и системам управления электроприводами.

Рассмотрим детально принцип построения вышеописанных блоков. Стабилизация скорости двигателя постоянного тока (ДПТ) обеспечивается за счет обратной связи по скорости, а ограничение тока и момента электродвигателя в пуско-тормозных режимах – за счет обратной связи по току с отсечкой. Эта обратная связь включается тогда, когда контролируемая величина (в нашем случае ток якоря ДПТ) будет стремиться превысить допустимое значение. Функциональная схема такой системы представлена на рис. 1.

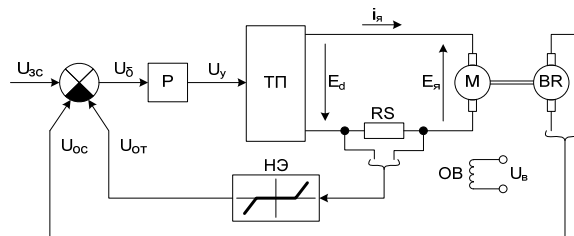


Рис. 1. Функциональная схема замкнутой САУ постоянного тока с изменяемой структурой

На рис. 1 обозначено: НЭ – нелинейный элемент выполняющий функцию узла отсечки, который включает обратную связь, если ток якоря превышает значения тока уставки I_y . Р – пропорциональный регулятор с коэффициентом усиления K_p ; УП – управляемый преобразователь с коэффициентом передачи K_n ; U_y , U_δ – сигналы управления и ошибки системы.

Уравнения, описывающие систему ЭП без учета инерционности преобразователя [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_p \cdot K_n \cdot (u_{zc} - u_{ot} - u_{oc}) = e_n \\ L_{я} \frac{di_{я}}{dt} + i_{я} \cdot R_{я} = e_n - e_{я} \\ J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c \\ \left. \begin{array}{l} M = \kappa \Phi_n \cdot i_{я} \\ e_{я} = \kappa \Phi_n \cdot \omega \\ u_{oc} = K_{oc} \cdot \omega \end{array} \right\} \quad (1) \\ u_{ot} = \begin{cases} 0 & \text{при } |i_{я}| \leq I_y \\ K_{от} \cdot (i_{я} - I_y) & \text{при } |i_{я}| > I_y \end{cases} \end{array} \right.$$

Запишем систему уравнений (1) в операторной форме (2), по которой составим структурную схему САУ, являющейся базовой при моделировании в среде MATLAB/SIMULINK, при этом для определенности считаем, что обе обратные связи включены:

$$\begin{cases} K_p \cdot K_{\Pi} (u_{zc} - K_{от} (i_{я} - I_y) - K_{ос} \cdot \omega) = e_n \\ i_{я} = \frac{1/R_{я}}{T_{я}p + 1} \cdot (e_n - k\Phi_{н} \cdot \omega) \\ \omega = \frac{1}{Jp} (M - M_c) \\ M = k\Phi_{н} \cdot i_{я} \end{cases} \quad (2)$$

В результате моделирования системы операторных уравнений (2) был создан динамически обновляемый блок, моделирующий вышеуказанную систему, вид которого представлен на рис. 2.

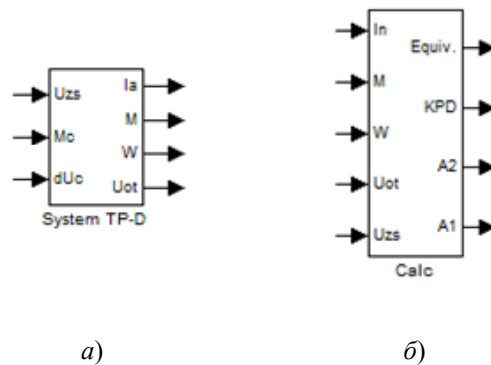


Рис. 2. Вид блока Matlab, моделирующего замкнутую САУ постоянного тока с изменяемой структурой (а) и блока расчета энергетики (б)

Основными параметрами блока САУ (рис. 2, а) являются: коэффициент передачи прямого канала K_0 , коэффициент передачи узла согласования K_1 , сопротивление якорной цепи $R_{я}$, коэффициент согласования с сетью K_c , постоянная времени якорной цепи $T_{я}$, номинальный поток $k\Phi_{н}$, момент инерции электродвигателя и механизма J , наличие обратной связи по току (при выборе данного пункта становятся активными следующие параметры: величина уставки I_y , коэффициент обратной связи по току $K_{от}$; таким образом включается обратная связь по току), наличие обратной связи по скорости (при выборе данного пункта становится активным следующий параметр: коэффициент обратной связи по скорости $K_{ос}$; таким образом включается обратная связь по скорости). Пояснения по работе с данными блоками приведены в разработанных файлах справки. Блок Calc служит для вычисления КПД и проверки выбранного двигателя по методу эквивалентных величин.

Для проверки адекватности работы созданных блоков был проведен анализ работы электропривода механизма шахтного подъемника имеющего следующие параметры: $K_0 = 3588,194$; $K_1 = 0,143$; $R_{я} = 0,0213$ Ом; $K_c = 0,4274$; $T_{я} = 0,612$ с; $k\Phi_{н} = 152,005$ Вб; $J = 34620$ кг·м²; $I_y = 3500$ А; $K_{от} = 0,013$; $K_{ос} = 0,191$. Номинальная скорость равна 5,6 рад/с, номинальный момент $5,044 \cdot 10^5$ Н·м. По результа-

там моделирования были получены графики переходных процессов, соответствующих рабочему циклу (рис. 3).

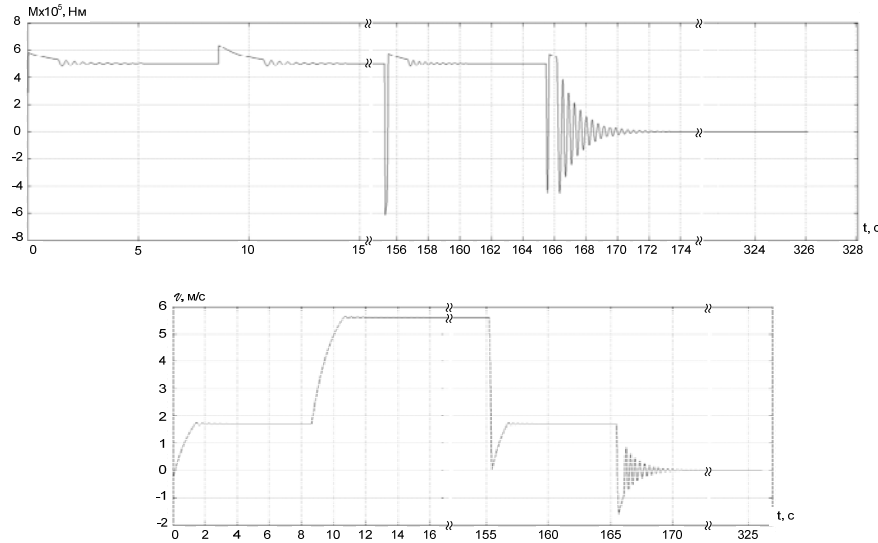


Рис. 3. Графики переходных процессов изменения электромагнитного момента и угловой скорости вращения электродвигателя

В результате анализа кривых переходных процессов были получены следующие результаты: КПД равен 86,71 %, эквивалентный момент $3,615 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$, ограничение момента на уровне не превышающем $6,1 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$, статическая ошибка по скорости 0,08 рад/с, что составляет 1,3 %.

Литература

218. Свириденко, П. А. Основы автоматизированного электропривода : учеб. пособие / П. А. Свириденко, А. Н. Шмелев. – Москва : Высш. шк., 1970. – 392 с.
219. Фираго, Б. И. Теория электропривода : учеб. пособие / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Москва : Техноперспектива, 2004. – 585 с.
220. Черных, И. В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем / И. В. Черных. – Москва : Техноперспектива, 2003. – 252 с.