

СИСТЕМА НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ С НЕЙРОСАМОНАСТРОЙКОЙ ТОКОВОГО КОНТУРА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Канд. техн. наук, доц. В.М. БУЯНКИН, канд. техн. наук, доц. В.С. СЕМЕНОВ

В статье рассматриваются вопросы синтеза нейрорегуляторов для систем управления электроприводами. Анализируются устойчивая работа и особенности применения нейрорегуляторов в замкнутых контурах. Нейрорегуляторы самонастраиваются при изменении параметров электродвигателя. Информация об изменении параметров электродвигателя сравнивается с оптимальными желаемыми характеристиками эталонной модели, вырабатываются сигналы обучения для нейрорегуляторов, которые обеспечивают необходимые оптимальные статические и динамические характеристики электропривода

This article examines the synthesis of neuroregulators for control systems of electric drives. Steady operation of neuroregulators and aspects of their application in closed loops are also analyzed. Neuroregulators are adaptive at change of parameters of the electric motor. The information on change of parameters of the electric motor is compared to optimum desirable performances of standard model, worked out signals of tutoring for neuroregulators which ensure necessary optimum static and dynamic responses of the electric drive.

Рассмотрим одноконтурную систему управления токовым контуром электродвигателя, которая представлена на рис. 1. Реальную работу электропривода можно описать лишь приблизительно системой линейных и нелинейных уравнений [1,2]:

$$u_B = L_B \frac{di_B}{dt} + r_B i_B \text{ — уравнение обмотки возбуждения}$$

$$u_{Я} = L_{Я} \frac{di_{Я}}{dt} + r_{Я} i_{Я} + e_{Я} \text{ — уравнение обмотки якоря}$$

$$J \frac{d\omega_m}{dt} = M - M_H \text{ — уравнение моментов на валу электродвигателя} \quad (1)$$

$$\Phi_B = k_{\Phi} i_B, e_{Я} = k_g \omega_m \Phi_B, M = k_m i_{Я} \Phi_B,$$

$$U_Z = U_m (1 + \cos(\alpha)) / 3,14 \text{ — уравнение тиристорного преобразователя,}$$

где U_B — напряжение в обмотке возбуждения, i_B — ток возбуждения, r_B — активное сопротивление обмотки возбуждения, L_B — индуктивность обмотки возбуждения, Φ_B — магнитный поток обмотки возбуждения, $U_{Я}$ — напряжение на якоре, $i_{Я}$ — ток якоря, $e_{Я}$ — ЭДС якоря, $r_{Я}$ — активное сопротивление якоря, $L_{Я}$ — индуктивность якоря, J — момент инерции, ω — частота вращения электродвигателя, M — вращающий момент электродвигателя, M_H — момент нагрузки, k_g — коэффициент ЭДС электродвигателя, k_m — коэффициент момента электродвигателя, U_m — амплитудное значение напряжения, α — угол поджигания тиристоров.

По переходному процессу можно определить параметры токового контура и получить разностное выражение выходного сигнала тока электродвигателя

$$I_{Яk} = F_0 [U_k + U_{k-1} + U_{k-2} + \dots + U_{k-n}] \quad (2)$$

Разрабатываем нейронную сеть для идентификации работы токового контура электродвигателя и проводим обучение этой нейронной сети по схеме, изображенной

на рис. 2. Нейронная сеть имеет четыре нейрона во входном слое и один нейрон на выходе.

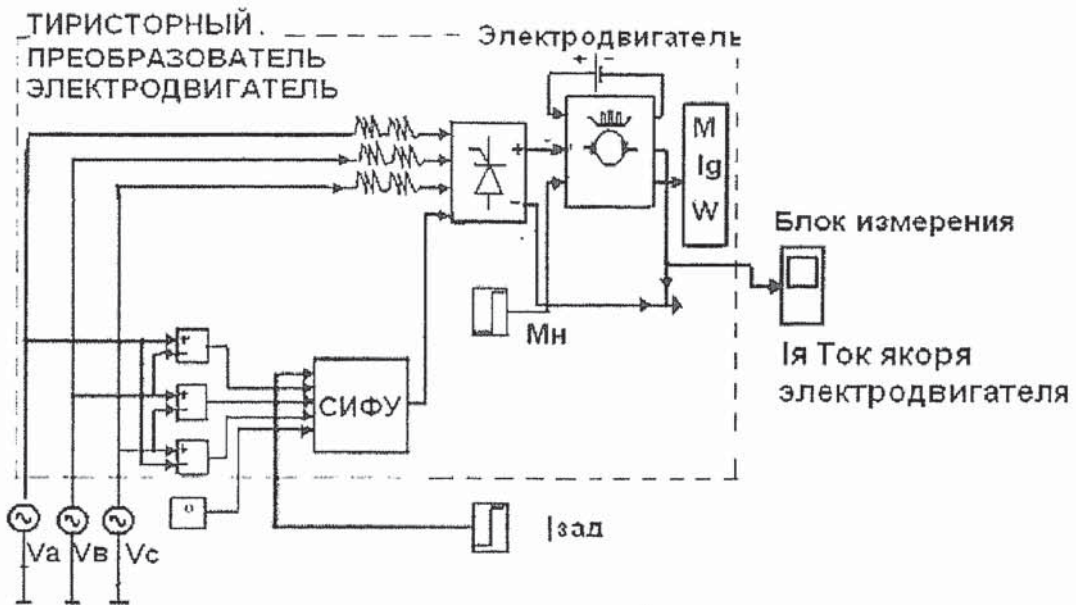


Рис. 1. Функциональная схема управления токовым контуром электродвигателя в среде MATLAB

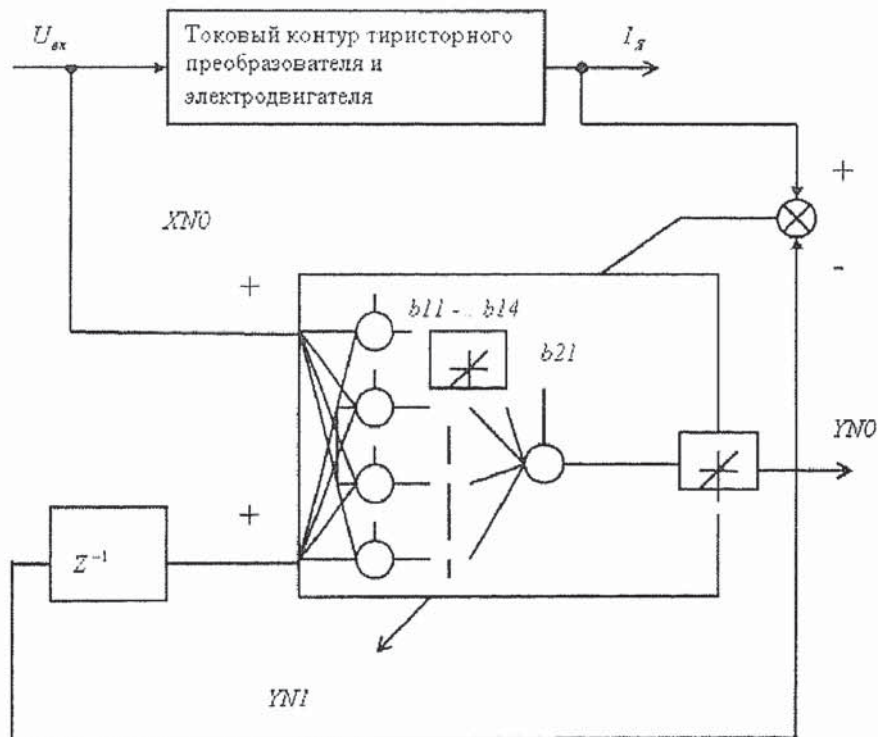


Рис. 2. Схема обучения нейронной сети

Уравнения ИП нейрорегулятора имеют следующий вид:

$YN_1 = YN_0 Z^{-1}$ — выходной сигнал нейронной сети, задержанный на один такт

$$\left. \begin{aligned}
 y_1 &= XN_0 w_{11} + YN_1 w_{12} + b_{11} \\
 y_2 &= XN_0 w_{21} + YN_1 w_{22} + b_{12} \\
 y_3 &= XN_0 w_{31} + YN_1 w_{32} + b_{13} \\
 y_4 &= XN_0 w_{41} + YN_1 w_{42} + b_{14} \\
 y_{11} &= \text{purelin}(y_1) \\
 y_{12} &= \text{purelin}(y_2) \\
 y_{13} &= \text{purelin}(y_3) \\
 y_{14} &= \text{purelin}(y_4)
 \end{aligned} \right\} \text{— уравнения первого входного слоя нейронов,} \quad (3)$$

$y_{222} = W_{21}y_{11} + W_{22}y_{12} + W_{23}y_{13} + W_{24}y_{14} + B_{21}$ — уравнения второго выходного слоя нейронов

$YN_0 = \text{purelin}(y_{222})$.

В результате после обучения переходный процесс нейронной сети с необходимой заданной точностью повторяет переходный процесс нелинейной системы тиристорного преобразователя и электродвигателя, т. е. полностью справляется с задачей идентификации.

Проведем нейросамонастройку токового контура электропривода. Структурная схема контура нейросамонастройки с блоком нейроидентификации представлена на рис. 3.

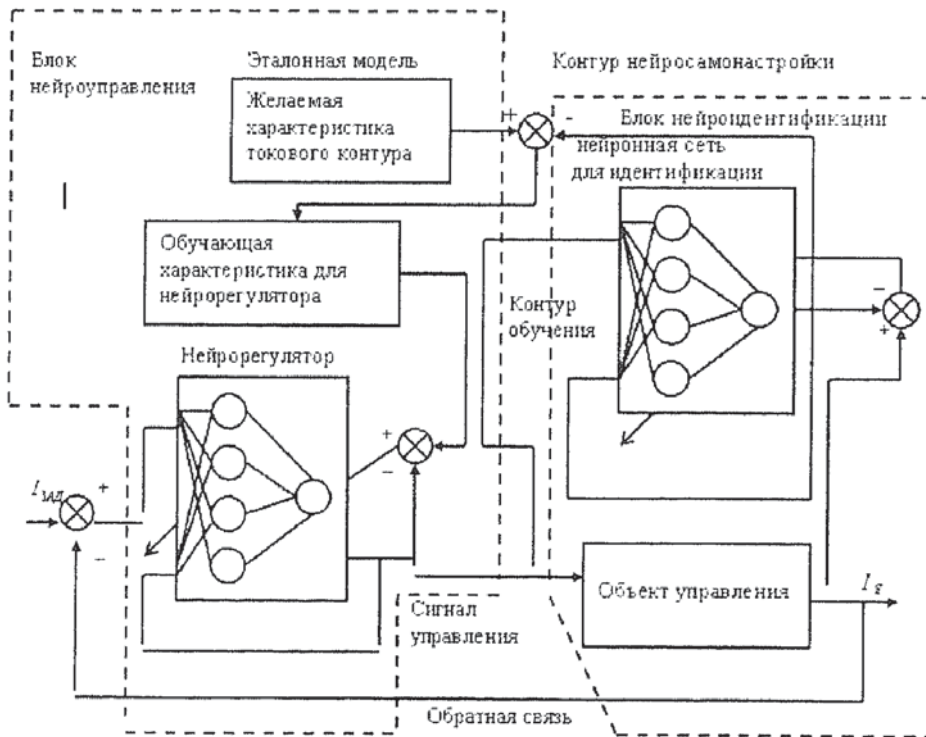


Рис. 3. Структурная схема контура нейросамонастройки

Контур нейросамонастройки состоит из эталонной модели с желаемыми характеристиками токового контура. Желаемый выходной сигнал описывается следующим разностным уравнением:

$$I_{яg_k} = Fg[Iz_k + Izg_{k-1} + Izg_{k-2} + \dots + Izg_{k-n}]. \quad (4)$$

Данные блока нейроидентификации сравниваются с данными эталонной модели, в результате сравнения получаются сигналы обучения для нейрорегулятора.

Нейрорегулятор имеет интегрально-пропорциональную структуру для выполнения роли компенсации электромагнитной постоянной времени электродвигателя, что существенно улучшает статические и динамические характеристики токового контура.

Уравнения ИП нейрорегулятора имеют следующий вид:

$$IZ = XN0 \text{ — сигнал на входе нейронной сети}$$

$$XN1tk = XN0tkZ^{-1} \text{ — сигнал на входе нейронной сети, задержанный на один такт}$$

$$YN1tk = YN0tkZ^{-1} \text{ — сигнал на выходе нейронной сети, задержанный на один такт}$$

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= XN0tkw_{11} - XN1tkw_{12} + YN1tkw_{13} + b_{11} \\ y_2 &= XN0tkw_{21} - XN1tkw_{22} + YN1tkw_{23} + b_{12} \\ y_3 &= XN0tkw_{31} - XN1tkw_{32} + YN1tkw_{33} + b_{13} \\ y_4 &= XN0tkw_{41} - XN1tkw_{42} + YN1tkw_{43} + b_{14} \\ y_{11} &= \text{purelin}(y_1) \\ y_{12} &= \text{purelin}(y_2) \\ y_{13} &= \text{purelin}(y_3) \\ y_{14} &= \text{purelin}(y_4) \end{aligned} \right\} \text{ — уравнения первого входного слоя} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} y_{222} &= W_{21}y_{11} + W_{22}y_{12} + W_{23}y_{13} + W_{24}y_{14} + B_{21} \\ YN0tk &= \text{purelin}(y_{222}) \end{aligned} \right\} \text{ — уравнения второго выходного слоя}$$

Работа ИП нейрорегулятора описывается разностным выражением

$$U_k = U[E_k + E_{k-1} + E_{k-2} + \dots + E_{k-n}], \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} E(k) &= I_z(k) - I_{я}(k) \\ E(k-1) &= I_z(k-1) - I_{я}(k-1) \\ E(k-2) &= I_z(k-2) - I_{я}(k-2) \\ &\dots \\ E(k-n) &= I_z(k-n) - I_{я}(k-n) \end{aligned}$$

При разных параметрах электродвигателя (разных индуктивностях) было получено семейство обучающих характеристик для ИП нейрорегулятора. В результате обучения нейрорегулятора токовый контур с нейросамонастройкой имеет переходный процесс, совпадающий с желаемым переходным процессом эталонной модели. При изменении параметров нелинейной системы тиристорного преобразователя и электродвигателя блок нейроидентификации отслеживает эти изменения, при сравнении с параметрами эталонной модели вырабатывается новая обучающая характеристика для нейрорегулятора и в итоге переходный процесс токового контура остается, как и прежде, без изменений, совпадая с желаемым (рис. 4).

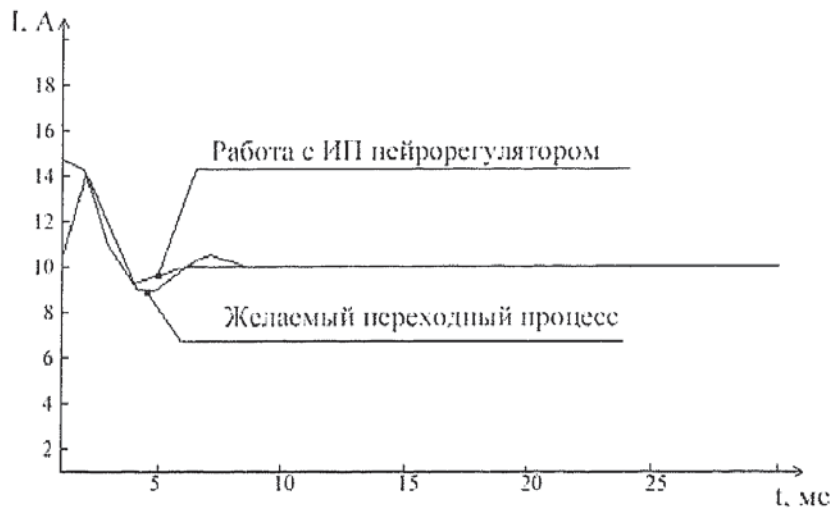


Рис. 4. Переходные процессы тока якоря электродвигателя в токовом контуре

Выводы

Таким образом, система управления с нейроидентификацией, нейросамонастройкой и нейрорегулятором обеспечивает работу токового контура с желаемыми статическими и динамическими характеристиками, несмотря на изменения параметров электродвигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буянкин В. М., Русаков В. М. Исследование статической и динамической точности микропроцессорного электропривода // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Приборостроение. — 2004. — № 1. — 52 с.
2. Буянкин В. М., Русаков В. М. Влияние внешних возмущающих воздействий на точность микропроцессорного электропривода. Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Приборостроение. — 2004. — № 2. — 54 с.