



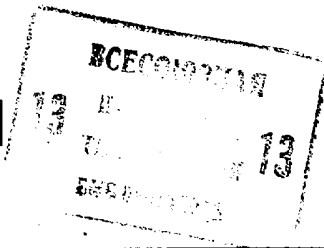
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1405023** **A 1**

(5D) 4 G 05 B 11/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3882323/24-24
(22) 08.04.85
(46) 23.06.88. Бюл. № 23
(71) Дальневосточный политехнический институт им. В.В.Куйбышева
(72) В.Ф.Филаретов
(53) 62-50(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 1142810, кл. G 05 B 11/01, 1983.
Авторское свидетельство СССР № 1352450, кл. G 05 B 11/01, 1983.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ РОБОТА

(57) Изобретение относится к автоматическому управлению. Устройство для управления приводом робота позволяет за счет информации о токе электродвигателя и ускорении его выходного вала упростить схему вычислительного блока, что повышает надежность всей системы в целом. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.

(19) **SU** (11) **1405023** **A 1**

Изобретение относится к автоматическому управлению и может быть использовано в электроприводах промышленных манипуляторов.

Целью изобретения является упрощение устройства.

На фиг. 1 представлена функциональная схема предлагаемого устройства для управления приводами робота; на фиг. 2 - кинематическая схема исполнительного органа робота, управляемого с помощью этого устройства.

Устройство для управления приводом робота содержит первый сумматор 1, дифференциатор 2, первый блок 3 умножения, второй сумматор 4, апериодическое звено 5, второй блок 6 умножения, усилитель 7, электродвигатель 8 с редуктором, датчик 9 положения, датчик 10 скорости, датчик 11 тока, датчик 12 ускорения, объект 13 управления, первый блок 14 деления и вычислительный блок 15.

Вычислительный блок 15 содержит третий сумматор 16, интегратор 17, второй блок 18 деления, релейный элемент 19, источник 20 опорного напряжения, третий блок 21 умножения, четвертый сумматор 22, второй усилитель 23, пятый сумматор 24, третий блок 25 деления, усилители 26 и 27.

Кроме того, на фиг. 1 введены следующие обозначения $\alpha_{вх}$ - сигнал входного воздействия; δ - ошибка привода; $\omega, \dot{\omega}, \ddot{\omega}$ - соответственно угловое положение, скорость и ускорение выходного вала привода; U, i - соответственно напряжение и ток якорной обмотки электродвигателя; U_1 - усиливаемое напряжение.

Устройство работает следующим образом.

Сигнал ошибки δ после коррекции в блоках 2 - 6, усиливаясь, поступает на электродвигатель 8, приводя его вал, а следовательно, и вал редуктора во вращательное движение с направлением и скоростью (ускорением), зависящими от величины сигнала δ и моментного воздействия на этот вал со стороны объекта управления. Электропривод при работе с различными грузами, а также за счет взаимовлияния степеней подвижности исполнительного органа обладает переменными моментными характеристиками, которые могут

меняться в широких пределах. Это снижает качественные показатели электропривода и даже приводит к потере устойчивости его работы.

Моментные характеристики привода, управляющего координатой g_1 , соответственно зависят от изменения координат g_2 и g_3 . В связи с этим для качественного управления координатой g_1 , необходимо точно компенсировать отрицательное влияние изменения координат g_2 и g_3 на динамические свойства привода поворота.

Для разработки устройства управления приводом поворота, обеспечивающего инвариантность этого привода к изменяющимся параметрам нагрузки, вначале определяют характеристики моментного воздействия на этот привод со стороны перемещающихся масс исполнительного органа, схематически изображенного на фиг. 2. Вводят следующие обозначения:

I_S - момент инерции вертикального звена исполнительного органа массой m_2 относительно продольной оси;

I_N - момент инерции горизонтального звена исполнительного органа массой m_3 относительно поперечной оси, проходящей через центр масс;

l_3^* - исходное расстояние от оси вращения горизонтального звена до его центра масс (при $g_3 = 0$);

l_3 - расстояние от центра масс горизонтального звена до средней точки схвата;

m_r - масса захваченного груза.

Для определения моментных воздействий на поворотный привод (обобщенных моментов неконсервативных сил) пользуются уравнением Лангранжа 2-го рода. Кинетическая энергия T всех движущихся масс исполнительного органа (фиг. 2) может быть представлена в виде

$$T = \frac{I_S \dot{g}_1^2}{2} + \frac{I_N \dot{g}_2^2}{2} + \frac{m_3 (l_3^* + g_3)^2 \dot{g}_1^2}{2} + \frac{m_r (l_3^* + g_3 l_3)^2 \dot{g}_1^2}{2} + \frac{(m_3 + m_r) \dot{g}_3^2}{2},$$

где $g_2 = \text{const}$.

Учитывая, что

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{g}_1} &= I_5 \dot{g}_1 + I_N \dot{g}_1 + m_3 (l_3^* + g_3)^2 \dot{g}_1 + m_r (l_3^* + g_3 + l_3)^2 \dot{g}_1, \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{g}_1} &= (I_5 + I_N) \ddot{g}_1 + m_3 (l_3^* + g_3)^2 \ddot{g}_1 + 2m_3 (l_3^* + g_3) \dot{g}_1 \dot{g}_3 + \\ &+ m_r (l_3^* + g_3 + l_3)^2 \ddot{g}_1 + 2m_r (l_3^* + g_3 + l_3) \dot{g}_1 \dot{g}_3, \quad \frac{\partial T}{\partial g_1} = 0, \end{aligned}$$

можно записать, что моментное воз-
действие на привод поворота со сто-

роны движущихся масс исполнительного
органа робота и груза имеет вид

$$M_g = H(g_3) \ddot{g}_1 + h(g_3, \dot{g}_3) \dot{g}_1, \quad (1)$$

$$\text{где } H(g_3) = m_3 (l_3^* + g_3)^2 + m_r (l_3^* + g_3 + l_3)^2 + I_N + I_N; \quad (2)$$

$$h(g_3, \dot{g}_3) = 2(m_3 (l_3^* + g_3) + m_r (l_3^* + g_3 + l_3)) \dot{g}_3;$$

$$M_{Ab} = K_M i = I \ddot{\alpha}_g + \frac{M_g}{i_p} + K_B \dot{\alpha}_g + M_{стр} / \text{sign} \alpha_g, \quad (3)$$

где M_{Ab} - полный момент, развиваемый
электродвигателем, K_M - моментный
коэффициент, α_g , $\dot{\alpha}_g$, $\ddot{\alpha}_g$ - соответ-
ственно угол, скорость и ускорение
вращения вала двигателя, I - момент
инерции ротора двигателя и вращаю-
щихся частей механической переда-
чи, i_p - передаточное отношение редук-
тора, K_B - коэффициент вязкого тре-
ния, $M_{стр}$ - момент сухого трения
(K_B и $M_{стр}$ приведены к валу двигате-
ля), $\alpha_g = g_1 \cdot i_p$.

С учетом выражений (1) и (2) соот-
ношение (3) принимает вид

$$M_{Ab} = K_M i = I \ddot{\alpha}_g + \frac{H(g_3)}{i_p^2} \ddot{\alpha}_g + \frac{h(g_3, \dot{g}_3)}{i_p^2} \dot{\alpha}_g + K_B \dot{\alpha}_g + M_{стр} / \text{sign} \alpha_g. \quad (4)$$

Учитывая, что $U = K_T U_1$, (где K_T -
коэффициент усиления первого усилите-
ля), а $i = \frac{U - K_\omega \dot{\alpha}_g}{R_A}$, (5)

(где K_ω - коэффициент против э.д.с.
двигателя, R_A - активное сопротивле-

ние якорной обмотки двигателя), вы-
ражение (4) может быть представлено
в виде

$$K_M \left(\frac{K_T U_1 - K_\omega \dot{\alpha}_g}{R_A} \right) = (I \frac{H(g_3)}{i_p^2} \ddot{\alpha}_g + \frac{h(g_3, \dot{g}_3)}{i_p^2} \dot{\alpha}_g + K_B \dot{\alpha}_g + M_{стр} / \text{sign} \alpha_g). \quad (6)$$

С учетом только линейных состав-
ляющих выражения (6) имеем

$$\frac{K_M K_T U_1}{R_A} = (I + H') \dot{\alpha}_g + (h' + K_B + \frac{K_M K_\omega}{R_A}) \dot{\alpha}_g, \quad (7)$$

где $H' = \frac{H(g_3)}{i_p^2}$; $h' = \frac{h(g_3, \dot{g}_3)}{i_p}$.

Без учета вводимой коррекции (бло-
ки 2-6) $U_1 = \delta_n$ из выражения (7) мож-
но получить передаточную функцию элект-
тропривода поворота на базе электро-
двигателя постоянного тока с независи-
мым возбуждением

$$\begin{aligned} W_o(p) &= \frac{\dot{\alpha}_g}{\delta} = \frac{K_T K_M / R_A}{\frac{1}{R_A} (R_A (I + H') p + R_A (h' + K_B) + K_M K_\omega)} = \\ &= \frac{K_T K_M}{R_A (h' + K_B) + K_M K_\omega} \frac{1}{R_A (I + H') p + 1}, \quad (8) \end{aligned}$$

Где p - символ дифференцирования.

Поскольку электропривод с постоян-
ными нагрузочными характеристиками

и без учета взаимовлияния и вязкого
трения описывается передаточной функ-
цией вида

$$W(p) = \frac{\alpha_g}{\delta} = \frac{K_M/K_\omega}{\frac{I_H R_A}{K_M K_\omega} p + 1}, \quad (9)$$

где I_H - нормальное значение момента инерции, то для обеспечения инвариантности электропривода поворота к изменяющимся параметрам нагрузки не-

$$\Pi(p) = \frac{U_1}{\delta} = \frac{W(p)}{W_0(p)} = \frac{(\frac{K_M K_\omega + R_A (h' + K_B)}{K_M K_\omega}) (\frac{R_A (h' + I)}{K_M K_\omega + R_A (h' + K_B)} p + 1)}{\frac{R_A I_H}{K_M K_\omega} p + 1}. \quad (10)$$

Из выражений (2) и (10) видно, что параметры корректирующего устройства $\Pi(p)$ (h' , K_B) необходимо непрерывно подстраивать под их текущие значения, так как $h' = h'(g_3, m_r)$, а $h'' = h''(g_3, m_r)$.

Из соотношения (2) очевидно равенство $\frac{d(h' + I)}{dt} = h'$. (11)

$$U_{\text{вых}12} = \begin{cases} ip/M_{\text{стр}}/, & \alpha_g > 0 \\ -ip/M_{\text{стр}}/, & \text{при } \alpha_g < 0 \\ 0, & \alpha_g = 0 \quad (M_{\text{стр}} = \text{const}) \end{cases}$$

и на выходе сумматора 16 формируется сигнал, равный

$$i_p (M_{AB} - K_B \alpha_g - M_{\text{стр}} / \text{sign} \alpha_g) = ip \frac{d((I + H') \alpha_g)}{dt}$$

На выходе интегратора 17 имеем сигнал $i_p (I + H') \alpha_g = (I_p^2 + H) \alpha_g$, а на выходе первого блока 18 деления - сигнал $I_p^2 + H$. После перемножения этого сигнала (в блоке 21 умножения на сигнал α имеем $(I_p^2 + H) \alpha$, а на выходе пятого сумматора 22 согласно выражению (4) $i_p h' \alpha_g = h' \alpha$. Поделив последний сигнал на α в блоке 25 деления на его выходе получим сигнал, равный h . Сложив этот сигнал на пятом сумматоре с коэффициентом, равным R_A , с сигналом источника 20 опорного напряжения, равным $(K_M K_\omega + R_A K_B) i_p^2$, на выходе пятого сумматора 24 получим сигнал $K_M K_\omega i_p^2 + R_A (K_B i_p^2 + h)$. Пропустив этот сигнал через четвертый усилитель 23 с коэффициентом усиления $1/(K_M K_\omega i_p^2)$, на его выходе получим сигнал, равный коэффициенту усиления последовательного корректирующего

обходимо, чтобы он всегда описывался только выражением вида (9) независимо от значения M_B . Для этого в прямую цепь реальной системы, описываемой передаточной функцией (8), достаточно ввести последовательное корректирующее звено вида

С учетом равенства (11) соотношение (4) может быть представлено в виде

$$M_{AB} = (I + H') \ddot{\alpha}_g + \frac{d(I + H')}{dt} \dot{\alpha}_g + K_B \alpha_g + M_{\text{стр}} / \text{sign} \alpha_g = \frac{d((I + H') \alpha_g)}{dt} + K_B \alpha_g + M_{\text{стр}} / \text{sign} \alpha_g. \quad (12)$$

Выходной сигнал релейного элемента 19 формируется по закону

звена $\Pi(p) = \frac{K_M K_\omega + R_A (K_B + h')}{K_M K_\omega}$ (см. выражение (10)).

35 Поделив сигнал с выхода блока 18 деления, равный $I_p^2 + H$, на сигнал с выхода сумматора 24, равный $K_M K_\omega i_p^2 + R_A (K_B i_p^2 + h)$, на выходе первого блока 14 деления будем иметь сигнал $(I + H') (K_M K_\omega + R_A (K_B + h'))$. Учитывая, что передаточная функция апериодического звена 5 имеет вид $W_5(p) = 1 / (\frac{R_A I_H}{K_M K_\omega} p + 1)$, а передаточная функция дифференциатора 2 - $W_2(p) = R_A p / (\frac{R_A I_H}{K_M K_\omega} p + 1)$, нетрудно видеть, что на выходе первого блока 3 умножения будем иметь сигнал

$$((\frac{R_A (I + H')}{K_M K_\omega + R_A (K_B + h')} p) / (\frac{R_A I_H}{K_M K_\omega} p + 1)) \delta,$$

а на выходе первого сумматора 4 - сигнал

$$55 ((\frac{R_A (H' + I)}{K_M K_\omega + R_A (K_B + h')} p + 1) / (\frac{R_A I_H}{K_M K_\omega} p + 1)) \delta.$$

Перемножив с помощью второго блока 6 умножения этот сигнал и сигнал с вы-

хода второго усилителя 23, на выходе сигнал
второго блока 6 умножения будем иметь

$$U_1(t) = \frac{\left(\frac{K_M K_\Omega + R_A (h' + K_B)}{K_M K_\Omega} \right) \left(\frac{R_A (I + H')}{K_M K_\Omega + R_A (h' + K_B)} \right)^{p+1}}{\frac{R_A R_M}{K_M K_\Omega} p+1} \quad (13)$$

Из выражения (13) видно, что пара-
метры последовательно корректирующе-
го устройства непрерывно подстраи-
ваются в процессе изменения нагрузочных
параметров системы.

Использование предлагаемого вы-
числительного блока позволяет умень-
шить число блоков, входящих в его
состав, а также число источников
опорного напряжения, что приводит к
упрощению вычислительного блока и
всего устройства в целом, а, следова-
тельно, повышает надежность работы
всей системы.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Устройство для управления при-
водом робота, содержащее первый сум-
матор, выход которого через аперии-
одическое звено соединен с первым
входом второго сумматора, выход кото-
рого соединен с первым входом пер-
вого блока умножения, второй вход
которого соединен с первым выходом
вычислительного блока, а выход - с
последовательно соединенными первым
усилителем, электродвигателем с ре-
дуктором и датчиком положения, выход
которого соединен с вторым входом
первого сумматора, выход которого
соединен через дифференциатор с пер-
вым входом второго блока умножения,
выход которого соединен с вторым вхо-
дом второго сумматора, а второй
вход - с выходом первого блока деле-
ния, вход делимого и делителя соеди-
нены соответственно с вторым и тре-
тьим выходами вычислительного бло-
ка, вход датчика положения соединен
через датчик скорости со скоростным
входом вычислительного блока, иден-

10 тифицирующий вход которого соединен
с выходом источника опорного напря-
жения, о т л и ч а ю щ е е с я тем,
что, с целью упрощения устройства,
дополнительно введены датчик уско-
рения и датчик тока, выходы которых
15 соединены соответственно с входом
ускорения и моментным входом вычисли-
тельного блока.

20 2. Устройство по п. 1, о т л и -
ч а ю щ е е с я тем, что вычисли-
тельный блок выполнен в виде тре-
тьего сумматора, выход которого че-
рез интегратор соединен с входом
25 делимого второго блока деления, вы-
ход которого соединен с вторым вы-
ходом вычислительного блока и первым
входом третьего блока умножения, вы-
ход которого соединен с первым вхо-
дом четвертого сумматора, второй вход
30 которого соединен с входом интегра-
тора, а выход - с входом делимого
третьего блока деления, выход кото-
рого соединен с первым входом пято-
го сумматора, второй вход которого
35 соединен с идентифицирующим входом
вычислительного блока, а выход - с
третьим выходом вычислительного бло-
ка, а через второй усилитель - с пер-
вым выходом вычислительного блока,
40 вход делителя второго блока деления
соединен со скоростным входом вычис-
лительного блока, первым входом тре-
тьего сумматора, с входом делителя
третьего блока деления, а через ре-
45 лейный элемент - с вторым входом тре-
тьего сумматора, вход ускорения и мо-
ментный вход вычислительного блока
соединены соответственно с вторым
входом третьего блока умножения и
50 третьим входом третьего сумматора.

