

ПОСТРОЕНИЕ РЕЛЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОЗИЦИОННОГО МЕХАНИЗМА, РАБОТАЮЩЕГО В СКОЛЬЗЯЩЕМ РЕЖИМЕ

При необходимости высокой точности регулирования положения и обеспечения требуемого характера движения исполнительного органа используется замкнутая система регулирования электропривода с обратной связью по положению. В настоящее время для замкнутых систем регулирования электропривода наиболее распространено построение по принципу подчиненного регулирования координат. В электроприводах позиционных механизмов важным техническим показателем является быстродействие контура регулирования положения и точность регулирования. При использовании стандартной системы подчиненного регулирования повышение быстродействия системы в целом достигается улучшением динамических свойств внутреннего токового контура. В настоящее время достигнуто предельное быстродействие в стандартных системах подчиненного регулирования. Тем не менее, динамические свойства контура регулирования положения зачастую не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к электроприводу. Не менее актуальным является вопрос повышения точности регулирования при воздействии возмущений по моменту статической нагрузки и напряжению питающей сети.

Для построения системы регулирования электропривода за основу взята система с релейным управлением, работающая в специфическом для систем регулирования скользящем режиме [1]. Управление осуществляется переключением силового релейного элемента в якорной цепи электродвигателя. Современная силовая электроника позволяет выполнить ключи силового релейного элемента для приводов такого класса на IGBT-транзисторах или запираемых тиристорах, что существенно упрощает схему силовой части. Применение IGBT-транзисторов или запираемых тиристор в качестве коммутирующих элементов позволяет иметь высокочастотные переключения якорной цепи при движении в скользящем режиме. Последнее приближает скользящий режим к идеальному и позволяет улучшить динамические параметры системы регулирования.

Объект регулирования в относительных единицах с безразмерным временем описывается в этом случае системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -a_2x_2 - a_3x_3 - bu + f, \end{cases} \quad (1)$$

где x_1 – ошибка системы регулирования положения, x_2, x_3 – ее производные, a_2, a_3, b – постоянные величины, характеризующие динамические свойства объекта регулирования, f – непрерывная функция, определяемая сигналом задания и возмущениями по моменту нагрузки и напряжению питающей сети. Для системы (1) закон управления принимается в виде

$$\begin{cases} u = u_0 \cdot \text{sign}s, \\ s = c_1x_1 + c_2x_2 + x_3. \end{cases} \quad (2)$$

В фазовом пространстве регулируемых координат уравнение $s=0$ задает плоскость скольжения. Попадание изображающей точки системы (1) на плоскость скольжения s при любых начальных условиях и возмущениях возможно только для определенных значений $c_1=a_2, c_2=a_3$. После попадания изображающей точки системы на плоскость скольжения $s=0$ движение происходит по экспоненциальному закону

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{B_1}{P_2} e^{p_2 t} + \frac{B_2}{P_3} e^{p_3 t}, \\ x_2 &= B_1 e^{p_2 t} + B_2 e^{p_3 t}. \end{aligned}$$

где B_1, B_2 – постоянные интегрирования, p_2, p_3 – корни характеристического уравнения $p^2 + c_2p + c_1 = 0$, описывающего движение в скользящем режиме, при этом ошибки x_1 и ее производные x_2, x_3 затухают. Для настройки требуемого быстродействия системы регулирования в скользящем режиме необходимо изменить значения коэффициентов c_1, c_2 . В этом случае условия возникновения и существования скользящих режимов, определяемые неравенством

$$|(c_1 - a_2)x_2 + (c_2 - a_3)x_3 + f| < bu_0.$$

имеют место лишь на части плоскости скольжения $s=0$, причем попадание на плоскость скольжения возможно лишь из некоторых областей фазового пространства. Накладывая ограничения на фазовые координаты системы x_1, x_2, x_3 , определяются области фазового пространства, находясь внутри которых изображающая точка системы регулирования положения всегда попадает на плоскость скольжения $s=0$, а затем движется по ней к началу координат.

Структурная схема релейной системы регулирования положения, работающей в скользящем режиме показана на рис. 1. Формирователь поверхности переключения (ФФП) для релейной системы регулирования положения строится на основании (2). Вычисление ошибки регулирования x_1 не вызывает затруднений. Координата x_2 вычисляется по производной сигнала задания g и фактическому значению угловой скорости двигателя ω . Фазовая координата x_3 для реального скользящего режима с конечной частотой переключения, представлена как сумма 2-х составляющих: низкочастотной и высокочастотной, то есть $x_3 = x_3^H + x_3^E$. Поведение объекта управления, согласно методу эквивалентного управления, определяется в основном низкочастотной составляющей. Высокочастотная составляющая обусловлена наличием неидеальностей в канале формирования управляющего воздействия: зоной нечувствительности и гистерезисом силового релейного элемента, запаздыванием при вычислении функции переключения.

Величина низкочастотной составляющей находится по соотношению $x_3^H = g - k_\omega \omega$, где g - 2-я производная сигнала задания, ω - производная угловой скорости, полученная путем подачи сигнала фактической угловой скорости ω на вход реального дифференцирующего звена с постоянной времени T_Φ .

Высокочастотная составляющая фазовой координаты x_3^E определяется по сигналу якорного тока двигателя I . Для этого последний подается на вход реального дифференцирующего звена с передаточной функцией

$$W(p) = k_\epsilon \frac{T_\Phi \cdot p}{T_\Phi p + 1},$$

где T_Φ - постоянная времени реального дифференцирующего звена; k_ϵ - коэффициент

передачи реального дифференцирующего звена. Величина постоянной времени T_Φ определяется с учетом требований помехозащищенности системы регулирования и ее быстродействия.

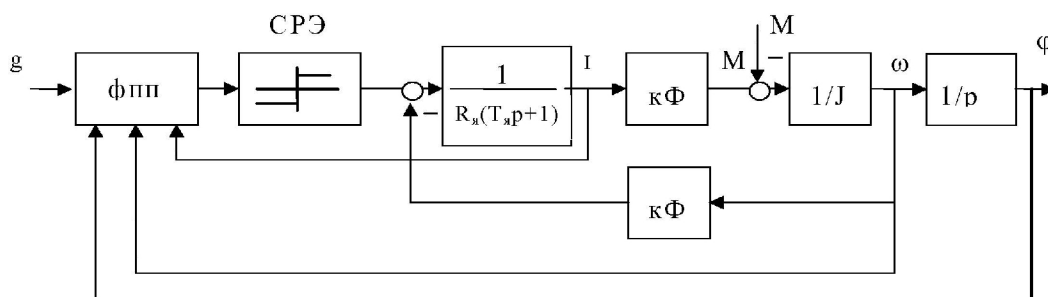


Рис. 1. Структурная схема релейной системы регулирования положения: ФФП – формирователь поверхности переключения, СРЭ- силовой релейный элемент

Проведенное цифровое моделирование на компьютере и гибридное цифро-аналоговое моделирование на специализированной установке [2] переходных процессов в релейных системах автоматического регулирования, работающих в скользящих режимах, и стандартных системах подчиненного регулирования показало преимущество релейной системы автоматического управления, работающей в скользящем режиме:

1. аperiodический характер переходных процессов в релейной системе;
2. инвариантность релейной системы к возмущениям по моменту нагрузки и напряжению питающей сети;
3. независимость динамических параметров релейной системы от параметров объекта регулирования.

Литература

1. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления. – М.: Наука, 1981. – 368с.
2. Тюрин С.В. Цифро-аналоговое моделирование быстродействующих позиционных электроприводов, работающих в скользящих режимах. // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Збірка наукових праць. Тематичний випуск 10, Харків, НТУ ХПІ, 2001.-с 117-118.