

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА НА БАЗЕ ИНТЕГРИРУЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

Использование концепции Ляпунова о возмущенном-невозмущенном движении [1] приводит к двухуровневым линейным и нелинейным системам [2, 3]. Построенные таким образом системы обеспечивают движение по заданной траектории с заданными качественными показателями. Формирование траектории переходного процесса осуществляется на первом уровне системы, который представляет собой модель системы с заданными качественными показателями. При этом для синтеза управления объектом (второй уровень) необходимо иметь полную информацию об объекте, что не всегда представляется возможным. Кроме того, как показано в [4], коэффициенты управления необходимо выбирать из условия обеспечения требуемой статической точности.

В таких системах из-за противоречия в информации о состоянии объекта, которое заключается в том, что отклонения фазовых координат от их заданных значений до места приложения возмущения и после него имеют противоположные знаки, имеет место существенная статическая ошибка по возмущению. Указанные коэффициенты, выбранные из условия обеспечения требуемой статической точности, имеют большие значения, что затрудняет их физическую реализацию.

В связи с этим целью статьи является синтез системы управления, обеспечивающий движение по заданной траектории переходного процесса при наличии информации только о выходной координате и требуемые качественные показатели по возмущению.

Решение поставленной задачи покажем на примере синтеза системы управления электроприводом постоянного тока. В качестве второго уровня системы принимается не объект управления, как в [5], а замкнутая система с регулятором, обеспечивающим заданные качественные показатели по возмущению, например П-регулятор с большим коэффициентом усиления. В этом случае объект управления описывается уравнением

$$(a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3) \cdot \omega = b \cdot U_y, \quad (1)$$

где $a_0 = T_\mu T_n T_m$;

$$a_1 = T_n T_m + T_\mu T_m;$$

$$a_2 = T_\mu + T_m;$$

$$a_3 = 1 + k_p k_n k_d k_r;$$

$$b = k_p k_n k_d;$$

$T_\mu T_n T_m$ - соответственно постоянные времени тиристорного преобразователя, электромеханическая и электромагнитная постоянные времени двигателя;

$k_p k_n k_d k_r$ - соответственно коэффициенты передачи регулятора, тиристорного преобразователя, двигателя и тахогенератора.

Управление U_y в (1) определим из условия обеспечения воспроизведения выходной координатой

$\omega(U_n = k_n \omega)$ желаемой траектории, т.е.

$$U_n = k_n \omega = y_1 \quad (2)$$

где y_1 - желаемое изменение $\omega(U_n)$, формируемое системой первого уровня.

Условие (2) выполняется, как показывает анализ (1), если

$$U_y = (h_1 + h_2 p + h_3 p^2 + h_4 p^3) y_1, \quad (3)$$

где $h_1 = \frac{a_3}{b \cdot k_n}$; $h_2 = \frac{a_2 \cdot m}{b \cdot k_n}$; $h_3 = \frac{a_1 \cdot m^2}{b \cdot k_n}$; $h_4 = \frac{a_0 \cdot m^3}{b \cdot k_n}$.

Так как уравнение (3) содержит желаемую фазовую координату и ее производные, то целесообразно первый уровень системы выполнять в виде интегрирующего фильтра:

$$\begin{aligned} \dot{y}_1 &= m y_2; \\ \dot{y}_2 &= m y_3; \\ \dot{y}_3 &= m y_4; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\dot{Y}_4 = (\gamma_1 x_3 - \gamma_1 y_1 - \gamma_2 y_2 - \gamma_3 y_3 - \gamma_4 y_4) m.$$

где m - коэффициент передачи интегратора фильтра;

$$\gamma_1 = \frac{d_1}{m^4 t_p^4}, \gamma_2 = \frac{d_2}{m^3 t_p^3}, \gamma_3 = \frac{d_3}{m^2 t_p^2}, \gamma_4 = \frac{d_4}{m t_p} - \text{коэффициенты, задающие распределение корней, а}$$

следовательно, и качественные показатели системы;

d_1, d_2, d_3, d_4 - числовые коэффициенты, определяемые порядком системы и видом стандартной формы [6];

t_p - время переходного процесса, траектория которого определяется стандартной формой.

Учитывая (2), выходную координату $U_{\text{н}}$ системы (1) целесообразно использовать и при формировании управления первого уровня (4), т.к. в этом случае фазовые координаты системы первого уровня будут содержать информацию о состоянии объекта. Это обеспечивает астатизм по возмущениям действующим на систему второго уровня, т.е. дополнительно повышаются качественные показатели системы. Структурная схема системы управления электроприводом постоянного тока, синтезированная в соответствии с изложенным выше, приведена на рис. 1.

На рис.2 приведены переходные процессы по задающему и возмущающему воздействиям системы, приведенной на рис.1 с параметрами: $k_{\Sigma} = 0,385$ 1/В·с; $k_p = 10$; $k_n = 22$; $k_{\text{нр}} = 0,12$ В/с⁻¹; $T_{\Sigma} = 0,06$ с; $T_n = 0,2$ с; $T_u = 0,005$ с; $R_n = 1,02$ Ом. При этом интегрирующий фильтр (первый уровень) рассчитан из условия получения апериодического переходного процесса с длительностью $t_p = 0,1$ с (биномиальная стандартная форма распределения корней характеристического уравнения).

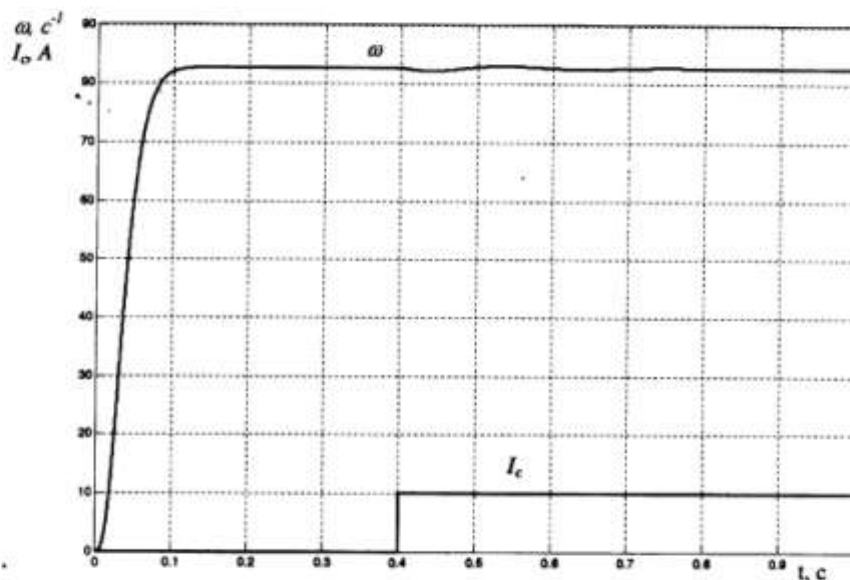


Рис.2. Переходные процессы в электроприводе.

Таким образом, предложенный метод синтеза систем электропривода позволяющий получить желаемые качественные показатели, может быть применен как на стадии проектирования новых систем, так и при модернизации существующих систем электропривода.

Литература.

1. Жиляков В.И. Синтез оптимальных систем методом Ляпунова//Изв. вузов. Электромеханика. 1985. №4, С. 49-55.
2. А.с. СССР 847272 СССР. Системы управления/ В.И. Жиляков, А.В. Садовой//Бюл. Изобрет. 1981. №26.
3. Жиляков В.И. Аналитическое конструирование нелинейных систем//Изв. вузов. Электромеханика. 1987. №4. С. 64-67.
4. Дрючин В.Г., Жиляков В.И. Повышение статической точности в системах оптимального управления// Изв. вузов. Приборостроение. 1987. №8. С. 15-19.
5. Дрючин В.Г., Жиляков В.И., Коцемир И.А. Синтез оптимальных систем на базе интегрирующих фильтров// Изв. вузов. Электромеханика. 1991. №6. С. 53-60.
6. Кузовков Н.Т. Системы стабилизации летательных аппаратов. М.: Высш. шк., 1976. С. 181-191.