

**СТАБИЛИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ИЗМЕНЕНИИ НАГРУЗКИ**

Л. С. УДУТ, А. С. БОБРОВСКИЙ, В. А. БЕЙНАРОВИЧ

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Для определения рациональной структуры регулятора системы электропривода телеграфного аппарата с циклическим изменением нагрузки [1] целесообразно воспользоваться методами теории оптимального управления, приняв в качестве критерия оптимальности быстродействие, что обеспечивает электроприводу одновременно и отсутствие перерегулирования, и минимальные отклонения мгновенной скорости вращения.

Задача оптимального управления формулируется следующим образом [1]: систему, описываемую уравнениями

$$\frac{d\omega(t)}{dt} = i(t) - i_c(t), \quad (1)$$

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_a} [u(t) - \omega(t) - i(t)],$$

разогнать из состояния покоя до заданной скорости $\omega_{зад}$ и обеспечить удержание $\omega_{зад}$ при циклических изменениях момента нагрузки от $\mu_{с1}$ до $\mu_{с2}$ при наименьшем времени переходных процессов и ограниченном управлении $u(t) \leq u$.

Согласно принципу максимума, для (1) имеем

$$H = \psi_1(t)[i(t) - i_c(t)] + \psi_2(t) \frac{1}{\tau_a} [u(t) - \omega(t) - i(t)]; \quad (2)$$

$$\frac{d\psi_1(t)}{dt} = \frac{1}{\tau_a} \psi_2(t); \quad (3)$$

$$\frac{d\psi_2(t)}{dt} = -\psi_1(t) + \frac{1}{\tau_a} \psi_2(t).$$

Из условия H -макс следует, что $u(t) = \text{sign } \psi_2(t)$.

В соответствии с [1] корни p_1, p_2 характеристических уравнений систем (1) и (3) — вещественные, следовательно,

$$\psi_2(t) = C_1 e^{p_1 t} + C_2 e^{p_2 t}.$$

Очевидно, что $\psi_2(t)$ может менять знак не более одного раза, тогда управление $u(t)$ носит релейный характер, имеет не более одного переключения и принимает предельные значения $\pm u$ на отдельных участках управления.

Для проведения синтеза на фазовой плоскости параметров ω и i найдем решения системы (1):

$$\omega(t) = b_1 e^{p_1 t} + b_2 e^{p_2 t} + (u - i_{с. кон.}); \quad (4)$$

$$i(t) = p_1 b_1 e^{p_1 t} + p_2 b_2 e^{p_2 t} + i_{с. кон.}, \quad (5)$$

время движения на отдельных участках

$$t = p_2 \ln \frac{p_1(\omega_{нач.} - u + i_{с. кон.}) - (i_{кон.} - i_{с. кон.})}{p_1(\omega_{нач.} - u + i_{с. кон.}) - (i_{нач.} - i_{с. кон.})} \quad (6)$$

и уравнение траектории движения системы

$$(i(t) - i_{с. кон.}) - p_1(\omega(t) - u + i_{с. кон.}) = [(i(t) - i_{с. кон.}) - p_2(\omega(t) - u + i_{с. кон.})]^{\frac{p_1}{p_2}} \times \\ \times [-p_1(\omega_{нач.} - u + i_{с. кон.}) + (i_{нач.} - i_{с. кон.})] [p_2(\omega_{нач.} - u + i_{с. кон.}) - \\ - (i_{нач.} - i_{с. кон.})]^{-\frac{p_1}{p_2}}, \quad (7)$$

где b_1 и b_2 — постоянные коэффициенты.

Полученные выражения (4) — (7) при известном оптимальном управлении $u(t)$ позволяют построить фазовый портрет системы и определить его параметры (рис. 1). По координатам точек переключения на

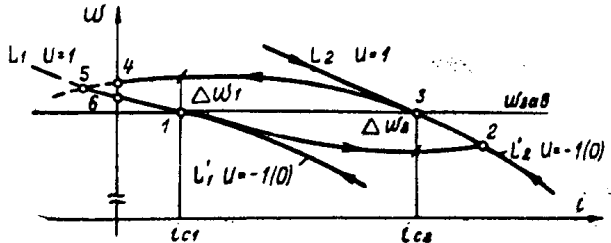


Рис. 1. Предельный цикл системы при торможении двигателя выбегом (сплошные линии) и динамическом

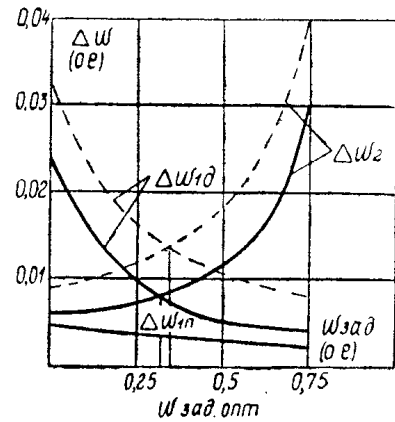


Рис. 2. Расчетные зависимости $\Delta\omega = f(\omega_{зад})$ для параметров $\tau_3 = 0,2$, $i_{c1} = 0,05$, $i_{c2} = 0,25$

основании (6) находится время управления, отклонения мгновенной скорости $\Delta\omega$ определяются на основании (4)

$$\Delta\omega = (u - i_{с. кон.}) + b_1 e^{p_1 t} + b_2 e^{p_2 t} - \omega_{зад}, \quad (8)$$

где

$$t = \frac{1}{p_2 - p_1} \ln \left(- \frac{p_1 b_1}{p_2 b_2} \right),$$

Величина отклонений мгновенной скорости $\Delta\omega$ зависит от параметров исполнительного элемента, величины энергии, подводимой к двигателю на интервалах управления, и от выбранного значения $\omega_{зад}$ (рис. 2, где обозначено: $\Delta\omega_{1п}$ — торможение противовключением; $\Delta\omega_{1д}$ — торможение динамическое или выбегом). Стремление к более полному использованию двигателя по скорости придает величине $\Delta\omega_2$ основную роль при выборе значения $\omega_{зад}$.

Для предварительных расчетов рекомендуется приближенное выражение для отклонений мгновенной скорости

$$\Delta\omega = \tau_3 \frac{(i_{с. кон.} - i_{с. нач.})^2}{\omega_{зад.} - u + i_{с. нач.}} \quad (9)$$

и оптимального значения $\omega_{зад.}$

$$\omega_{зад. опт} = \frac{(u_1 + u_2) - (i_{с1} + i_{с2})}{2} \quad (10)$$

Согласно (7) линии переключения L_1, L_2 нестационарны и зависят от параметров возмущения и исполнительного элемента. В этом случае целесообразно ограничиться применением квазиоптимального регулятора, который в рассматриваемом случае содержит релейный элемент и нелинейные обратные связи по скорости и току исполнительного двигателя.

Полученные в результате расчета параметры регулятора являются предельными, к которым следует стремиться при его реализации, а степень близости действительных параметров и предельных будет являться критерием качества спроектированной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Бобровский, Е. В. Шестаков, В. С. Смирнов. Серия тиристорных электроприводов для устройств телеграфной связи. Доклады VI научно-технической конференции по вопросам автоматизации производства. Т. III, Томск, 1969.