

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ САМОНАСТРАИВАЮЩИХСЯ РЕЛЕЙНЫХ СИСТЕМ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ЗОНОЙ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РЕЛЕЙНОГО ЭЛЕМЕНТА

В. И. Коржов, В. В. Шервашидзе

К и е в

Известно, что для получения высокой точности релейных систем автоматического регулирования и управления, а также требуемого качества регулирования необходимо иметь минимально возможный или заранее известный выбег релейной системы в зоне нечувствительности. Для оценки характера переходного процесса необходимо знать выходную величину линейной части системы $Z(t)$.

Для вычисления $Z(t)$ релейной системы и зоны нечувствительности необходимо предварительно вычислить временную характеристику линейной части системы $h(t)$ и одним из известных способов [1, 2] определить моменты переключения релейной системы t_1, t_1', t_2, t_2' и т. д. Если известна функция управляющего сигнала $f(t)$, можно написать необходимое и достаточное условие получения релейной системы с качеством переходного процесса не хуже, чем с k -переключениями:

$$A_k = Z(t) - f(t) \leq |x_{01} + x_{02} + x_-|, \quad (1)$$

где A_k — выбег системы в зоне нечувствительности после k -го переключения;

x_{01} — зона нечувствительности релейного элемента при $Z(t) < f(t)$;

x_{02} — зона нечувствительности релейного элемента при $Z(t) > f(t)$;

x_- — регулируемая величина зоны нечувствительности.

Условие получения релейной системы без перерегулирования ($k = 1$ — одно включение и одно выключение релейного элемента системы) запишем в виде

$$A_1 = K_p [h(t) - h(t - t_1')] - f(t) \leq |x_{01}| \quad (2)$$

при

$$Z(t) < f(t);$$

$$A_1 = K_p [h(t) - h(t - t_1')] - f(t) \leq |x_{02}| \quad (3)$$

при

$$Z(t) > f(t),$$

где K_p — коэффициент усиления релейного элемента.

Чтобы обеспечить условия (2) и (3), в релейной системе применяется контур самоподстройки зоны нечувствительности. Такая система является самонастраивающейся релейной системой с изменяемой зоной нечувствительности, которая обеспечивает в зависимости от возможного момента переключения t_1 наперед заданные условия переходного процесса релей-

ной системы. Структурная схема самонастраивающейся релейной системы с регулируемой зоной нечувствительности показана на рис. 1, где W_p — передаточная функция линейной части релейной системы; РЭ — релейный элемент с регулируемой зоной нечувствительности; НП — нелинейный преобразователь.

Для определения необходимого закона изменения рассмотрим поведение устойчивых релейных систем в зоне нечувствительности. В работе [2] приведена временная характеристика устойчивой релейной системы в зоне нечувствительности

$$h(t) = C_{00} + C_{01}t + \sum_{v=1}^{n-1} C_{0v}e^{p_v t}, \quad (4)$$

где

$$C_{00} = \frac{d}{dp} \left[\frac{P(p)}{Q(p)} p \right]_{p=0};$$

$$C_{01} = \frac{P(0)}{Q'(0)};$$

$$C_{0v} = \frac{P(p_v)}{Q'(p_v) p_v}.$$

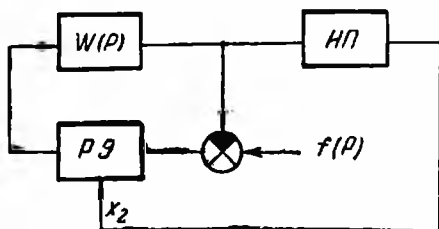


Рис. 1.

Зависимость выбега в зоне нечувствительности от момента переключения t'_1

$$A_{x_{\sim}} = Kp [h(t) - h(t - t'_1)] - f(t'_1). \quad (5)$$

После подстановки (4) в (5) при $t \rightarrow \infty$ получим

$$A_{x_{\sim}} = Kp C_{01} t'_1 - f(t'_1).$$

$K = 1$, поэтому $f(t) = h(t'_1) + x_{01} + x_{\sim}$, тогда

$$A_{x_{\sim}} = Kp C_{01} t'_1 - h(t'_1) - x_{01} - x_{\sim}. \quad (6)$$

После подстановки (4) в (6) при $t = t'_1$

$$A_{x_{\sim}} = -Kp \left[C_{00} + \sum_{v=1}^{n-1} C_{0v} e^{p_v t'_1} \right] - x_{01} - x_{\sim}. \quad (7)$$

Если в интервале времени $t'_1 < t < \infty$ величина внешнего воздействия $f(t)$ постоянна, то выражение (7) при $t'_1 \rightarrow \infty$ можно переписать в виде

$$A_{x_{\sim}} = -Kp C_{00} - x_{01} - x_{\sim}. \quad (8)$$

Из выражений (7) и (8) легко определить закон, по которому необходимо регулировать зону нечувствительности $x_{\sim}$, чтобы переходной процесс системы удовлетворял наперед заданным условиям.

Таковыми условиями могут быть:

$$1. \ x_{\sim} + x_{01} = -g \left[Kp C_{00} + \sum_{v=1}^{n-1} Kp C_{0v} e^{p_v t'_1} \right].$$

Закон регулирования зоной нечувствительности

$$x_{\sim} = -g \left[Kp C_{00} + \sum_{v=1}^{n-1} Kp C_{0v} e^{p_v t'_1} \right] - x_{01}$$

при $g \neq 1$ и $f(t) = \text{const}$. В этом случае статическая ошибка $|x_0| < C$. (C — наперед заданная постоянная величина).

$$2. \ x_{\sim} + x_{01} = -Kp C_{00} - \sum_{v=1}^{n-1} Kp C_{0v} e^{p_v t'_1}.$$

Закон регулирования зоной нечувствительности

$$x_{\infty} = K_p C_{00} - \sum_{i=1}^{n-1} K_p C_{0i} e^{p_i t_1'} - x_{01}.$$

В этом случае статическая ошибка $x_0 \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$ и $f(t) = \text{const}$ после входа системы в зону нечувствительности.

3. При $x_{01} = x_{02} = 0$ и $x_{\infty} = -A_{x_{\infty}}$ закон регулирования зоной нечувствительности

$$x_{\infty} = -K_p C_{00} - \sum_{i=1}^{n-1} K_p C_{0i} e^{p_i t_1'}.$$

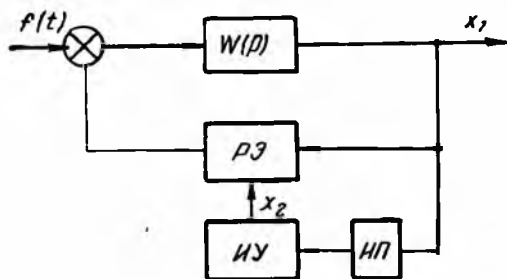


Рис. 2

В этом случае статическая ошибка $x_0 \rightarrow 0$ при любом характере изменения $f(t)$, если только функция $f(t)$ с некоторого момента времени постоянна $f(t) = \text{const}$.

Пример.

Рассмотрим самонастраивающуюся релейную систему, функциональная схема которой показана на рис. 2. На рисунке введены следующие обозначения:

$W(p)$ — передаточная функция линейной части системы, состоящая из усилителя рассогласования и исполнительного двигателя ДГ-1ТА;

$$W(p) = \frac{8400}{(6,8 + p)p};$$

РЭ — релейный элемент с регулируемой зоной нечувствительности, коэффициент усиления которого $K_p = 0,1$ б; $x_{01} = x_{02} = 10''$;

НП — нелинейный преобразователь;

ИУ — исполнительное устройство.

Определим закон изменения $A_{x_{\infty}}$ данной системы в зависимости от величины t_1' .

Изображение переходной функции системы

$$h(p) = W(p) \cdot \frac{1}{p}; \quad h(p) = \frac{8400}{(6,8 + p)p^2}. \quad (9)$$

Оригинал переходной функции системы

$$h(t) = \frac{8400}{6,8^2} (e^{-6,8t} + 6,8t - 1).$$

Из (9) определяем коэффициенты C_{00} , C_{01} , C_{02} :

$$C_{00} = -170'';$$

$$C_{01} = 1230'';$$

$$C_{02} = 170''.$$

По формуле (7) определяем $A_{x_{\infty}}$

$$A_{x_{\infty}} = -0,1 [-170'' + 170'' e^{-6,8t_1'}] = 17'' - 17'' e^{-6,8t_1'} - x_{\infty} - x_{01}.$$

Контур самоподстройки осуществляет условие 2.

$$x_{\infty} + 10'' = 17'' - 17'' e^{-6,8t_1'}$$

или

$$x_{\infty} = 7'' - 17'' e^{-6,8t_1'}.$$

Нелинейный преобразователь контура самонастройки с исполнительным устройством, обеспечивающий самонастройку по условию 2 имеет струк-

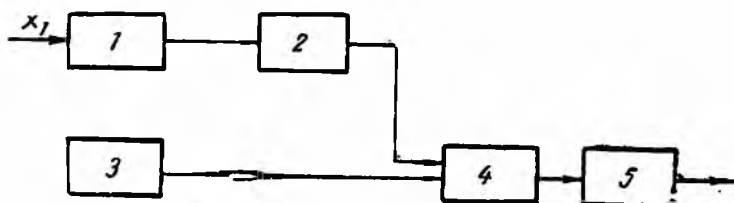


Рис. 3.

туру, показанную на рис. 3, где обозначено: 1 — блок получения второй производной от выходного сигнала; 2 — линейный усилитель с коэффициентом усиления $K = 6,8^2$; 3 — источник постоянного напряжения, пропорционального величине C_{00} ; 4 — сумматор; 5 — исполнительное устройство.

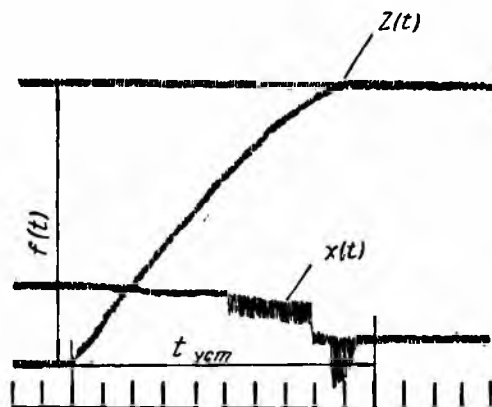


Рис. 4.

Самонастраивающаяся релейная система с регулируемой зоной нечувствительности, рассмотренная в примере, исследована на моделирующей установке типа МН-7. На осциллограмме рис. 4 показан переходный процесс рассмотренной самонастраивающейся системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. З. Цыпкин. Теория релейных систем автоматического регулирования. Гостеоиздат, 1956.
2. В. И. Коржов, М. С. Гусовский, В. В. Шервашидзе. К вопросу о поведении релейных систем в зоне нечувствительности. Сб. «Приборы и системы автоматики», вып. 8. Изд-во ХГУ, Харьков, 1968.