Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 4

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г. М. УЛАНОВ

О МАКСИМАЛЬНОМ ОТКЛОНЕНИИ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ОДНИМ РЕЛЕ

(Представлено академиком В. С. Кулебакиным 4 XI 1954)

Исследованию отклонений в простейших релейных системах автоматического регулирования при внешнем воздействии посвящены работы Г. С. Поспелова (1), Н. В. Бутенина (2), А. А. Красовского (3) и др. Отклонения релейных систем автоматического регулирования n-го порядка с одним реле изучались в основном в связи с явлениями автоколебаний А. И. Лурье (4), Я. З. Цыпкиным (5), Б. А. Рябовым (6) и др. и в дальнейшем были существенно расширены на случай внешнего воздействия периодического вида Ю. И. Неймарком (7) и Я. З. Цыпкиным (8).

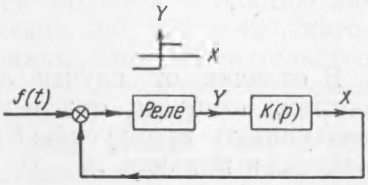


Рис. 1. Структурная схема релейной системы

Приближенные данные об отклонении релейной системы при внешнем периодическом воздействии могут быть получены по амплитудной резонансной характеристике нелинейной системы, удобные методы построения которой развиты в работах (9,10). В настоящей работе исследуются отклонения релейной системы n-го порядка с одним реле, характеристика которой дана на рис. 1, при непрерывно действующем возмущении $f(t)$, представляющем любую однозначную и непрерывную функцию времени, ограниченную по абсолютной величине $|f(t)| = l$. Точки разрыва 1-го рода допускаются, но число их в любом конечном интервале предполагается конечным. В ряде случаев ограничение $f(t)$ по модулю может быть опущено.

Уравнения движения системы:

1) линейная часть

$$X_{\text{вых}} = K(p)\, Y_{\text{вых}}, \quad K(p) = \frac{P(p)}{D(p)}, \quad \text{причем } \operatorname{Re}\lambda_k < 0, \tag{1}$$

где λ_k — корень уравнения $D(p) = 0$; $Y_{\text{вых}}$ — величина на выходе релейного устройства системы; $X_{\text{вых}}$ — координата системы регулирования.

2) Уравнения переключения реле:

$$-X_{\text{вых}}(t) + f(t) = 0. \tag{2}$$

3) Уравнения отклонения системы:

$$X_{\text{вых}}(t) = L\,\{h(t) - 2h(t-t_1) + \\ + 2h(t-t_2) + \cdots + (-1)^{2n-1} h(t-t_n)\}, \tag{3}$$

где $t_1, t_2, \ldots, t_n$ — последовательность моментов времени переключения реле; $h(t)$ — реакция системы на единичное возмущение и L — выходная величина реле.

Величина на выходе релейного устройства системы равна

$$\Phi[-X_{\text{вых}}(t)+f(t)]=L\{y(t)-2y(t-t_1)+ \\ +2y(t-t_2)+\cdots+(-1)^{2n-1}2y(t-t_n)\}. \qquad (4)$$

Как показывает выражение (3), отклонения в релейной системе автоматического регулирования под влиянием произвольного возмущения $f(t)$ можно рассматривать как результат действия ряда импульсов на линейную часть системы. Высота прямоугольных импульсов определяется выходной величиной реле, а пропорциональность действия импульсов $t_{i+1}-t_i$ — моментами включения реле t_i согласно уравнению переключения. Применяя условия накопления отклонения в линейной части системы ([11],[12]), найдем для каждого t последовательность моментов времени срабатывания реле $\bar{t}_1, \bar{t}_2, \ldots, \bar{t}_n$, при которой достигается максимальное отклонение системы $X_{\max}(t)$:

$$X_{\max}(t)=L\{h(\bar{t}_1)-[h(\bar{t}_2)-h(\bar{t}_1)]+[h(\bar{t}_3)-h(\bar{t}_2)]-\ldots\},$$

где $h(\bar{t}_1)$, $h(\bar{t}_2)$ и т. д. — экстремумы переходной функции линейной части системы. Максимально возможное отклонение системы достигается при $t\to\infty$. Оно не зависит от модуля возмущения $f(t)$, а лишь от величины L, характеризующей выходную величину реле. При этом, очевидно, необходимо, чтобы $|f(t)|=l$ удовлетворял условию

$$X_{\max\max}\leqslant l.$$

В отличие от случая линейной системы автоматического регулирования, наиболее опасным возмущением $f(t)$ является не только совокупность прямоугольных импульсов, а вообще любое возмущение, большее и меньшее $X_{\max}(t)$ и меняющее свое положение относительно $X(t)$ в момент времени $\bar{t}_i$.

Поступило
3 XI 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Г. С. Поспелов, Тр. ВВИА им. Жуковского, в. 135 (1948). [2] Н. В. Бутенин, Докторская диссертация, Ленинградск. политехн. инст., 1952. [3] А. А. Красовский, Автоматика и телемеханика, **14**, № 2, 137 (1953). [4] А. И. Лурье, Некоторые нелинейные задачи теории автоматического регулирования, 1951. [5] Я. З. Цыпкин, Переходные и установившиеся процессы в импульсных цепях, 1952. [6] Б. А. Рябов, ДАН, **71**, № 4, 663 (1950). [7] Ю. И. Неймарк, Автоматика и телемеханика, № 5 (1953). [8] Я. З. Цыпкин, Автоматика и телемеханика, **13** (1952). [9] K. A. Kochenburger, Trans. AIEE, **69**, 270 (1951). [10] М. А. Айзерман, Инж. сборн., **13** (1952). [11] Б. В. Булгаков, ДАН, **51**, № 5 (1946). [12] Г. М. Уланов, Автоматика и телемеханика, № 3 (1948).