

## МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

**Марсов В.И., Колбасин А.М., Сарычев И.Ю., Курилин А.В.**

Реализация систем экстремального регулирования (СЭР) зачастую вызывает существенные трудности, которые определяются следующими причинами:

- наличием монотонных возмущений, вызывающих дрейф статической характеристики объекта;
- инерционностью, которая присуща всем реальным техническим объектам;
- наличием случайных помех в сигнале, содержащем информацию о значении критерия оптимизации.

Возможна потеря работоспособности экстремальных регуляторов, реализующих любой из описанных алгоритмов поиска, при интенсивных монотонных возмущениях. Вместе с тем основное назначение СЭР как раз и состоит в том, чтобы отыскивать и поддерживать оптимальный режим объекта при воздействии возмущений. Отсюда следует, что СЭР в первую очередь должна функционировать устойчиво при интенсивных низкочастотных возмущениях, вызывающих дрейф статической характеристики объекта.

Отрицательное влияние инерционности объекта в первую очередь проявляется в задержке реакции объекта на поисковое воздействие оптимизатора. Применение описанного выше алгоритма работы СЭР приводит к чрезвычайной затяжке процесса поиска, который при отклонении входного воздействия от оптимального на 15 - 20% составляет 20 - 30 постоянных времени объекта. Вместе с тем попытки увеличения быстродействия таких СЭР прямыми методами — увеличением скорости реверса исполнительного механизма у непрерывных систем вызывает недопустимое увеличение потерь на поиск, что делает систему непригодной для применения.

Помимо чрезмерной затяжки поиска оптимального режима, инерционность объекта может совершенно видоизменить характер траектории поиска, вплоть до потери работоспособности системы. Проблема выделения полезного сигнала в присутствии помех является одной из общих задач управления, а задача улучшения качества СЭР состоит в построении устойчивых к низко- и высокочастотным возмущениям быстродействующих систем, обеспечивающих минимальные потери на поиск.

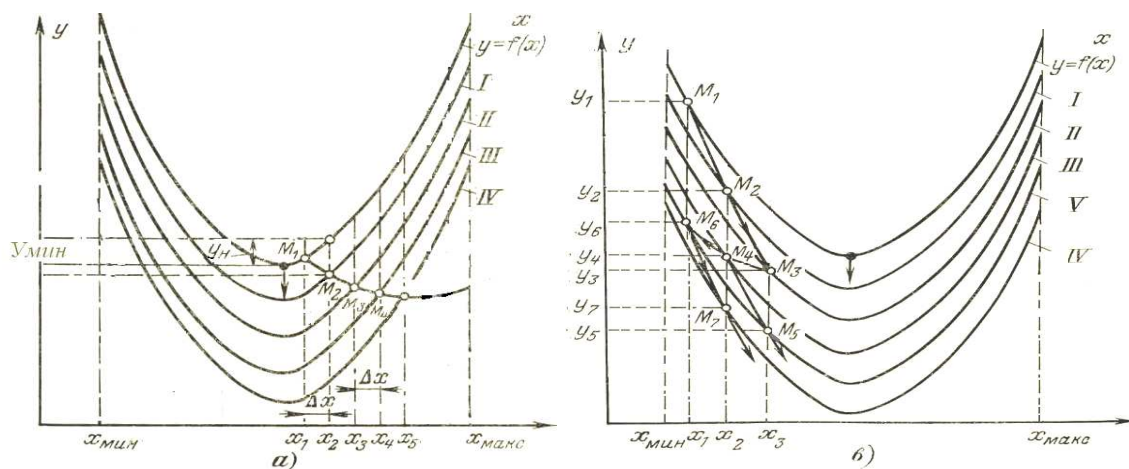
Большую опасность для СЭР представляют монотонные возмущения, приводящие к дрейфу статической характеристики объекта. Следствием таких возмущений может быть уход системы к одному из крайних положений исполнительного механизма.

Более совершенной будет работа системы при введении в схему регулятора специального устройства-коммутатора, который включается самим сигнум-реле, а время включения  $T_k$  отсчитывается от момента реверса исполнительного механизма,

вызванного действием сигнум-реле. Если время между срабатываниями сигнум-реле будет меньше  $T_k$ , то коммутатор работать не будет. При  $T_k$ , несколько большем, чем период автоколебаний вокруг экстремума, коммутатор не будет срабатывать в режиме автоколебаний СЭР. Желательно выбрать период коммутатора таким, чтобы за время поиска экстремума (при возмущениях, возможных при нормальной работе объекта) коммутатор сработал несколько раз.

При поиске максимума дрейф статической характеристики объекта вверх для СЭР менее опасен, чем дрейф вниз, так как при дрейфе вверх любое направление изменения входа приводит к уменьшению выхода и регулятор переходит в режим непрерывных реверсов, не достигая крайних положений. Совершенно иначе будет при дрейфе статической характеристики объекта вниз: в этом случае и увеличение, и уменьшение входа могут (при значительной скорости дрейфа статической характеристики объекта) привести к уменьшению выхода. Система будет двигаться до предельного значения сигнала интегрирующего звена в том направлении, в каком она двигалась в момент, когда начался дрейф статической характеристики объекта вниз. Представим этот случай более подробно на фазовой плоскости  $x - y$  безынерционного объекта.

Допустим, что СЭР в первый период поиска экстремума достигла значения входного сигнала  $x = x_1$ , и выходного сигнала  $y = y_1$  (т.  $M_1$  на рисунке 1а), причем исполнительный механизм увеличивает входную координату объекта, а возмущение смещает его статическую характеристику вниз.



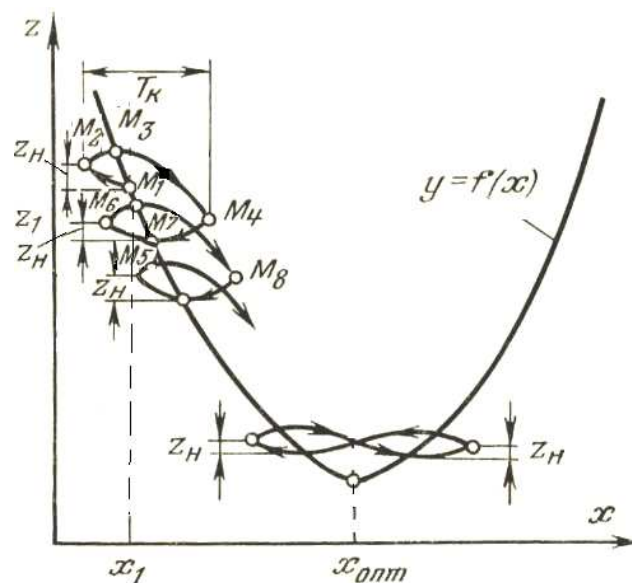
**Рисунок 1 - Вертикальный дрейф статической характеристики объекта: а — потеря устойчивости; б— стабилизация с помощью коммутатора**

Через отрезок времени  $\Delta t$  она примет положение I, за время  $2\Delta t$  — положение II и т. д. За время  $\Delta t$  исполнительный механизм изменит  $x$  на  $\Delta x = k_1 \Delta t$  ( $k_1$  — скорость исполнительного механизма). Через отрезок времени  $\Delta t$  входной сигнал будет иметь значение  $x_2 = x_1 + k_1 \Delta t = x_1 + \Delta x$ , а выходной сигнал объекта будет равен  $y_2$  (т.  $M_2$  на кривой I). Через время  $2\Delta t$  система придет в точку  $M_3$  на кривой II, через  $3\Delta t$  - в точку  $M_4$  на кривой III и т.д.

Если бы смещения статической характеристики не было, то при  $x = x_2$  произошел бы реверс исполнительного механизма. Но из-за дрейфа статической характеристики  $y$  продолжает уменьшаться и реверса в системе не произойдет. Сигнал  $x$  будет уменьшаться и достигнет крайнего значения  $x = x_{\max}$ . Система оказалась неработоспособной в этих условиях.

Рассмотрим характер протекания поиска экстремума в СЭР с инерционным объектом при наличии коммутатора в экстремальном регуляторе с запоминанием экстремума. Объект оптимизации - инерционное звено первого порядка.

Предположим, что к моменту включения экстремального регулятора положение СЭР характеризовалось точкой  $M_1$  на статической характеристике  $y=f(x)$  (рисунок 2).



**Рисунок 2 - Фазовые траектории СЭР с коммутатором**

Допустим, что после включения регулятор стал уменьшать вход  $x$ . При этом движение СЭР изображается траекторией  $M_1M_2$ . В точке  $M_2$ , когда разность между запомненным максимальным значением  $z_1$  и текущим значением  $z$  станет меньше зоны нечувствительности  $z_H$  сигнум-реле, произойдет реверс и входной сигнал  $x$  начнет возрастать. Эта часть траектории движения системы представляется участком  $M_2M_3M_4$ . В точке  $M_4$  коммутатор производит поперочный реверс системы и последующее движение СЭР изображается траекторией  $M_4M_5M_6$ . Следовательно, длина участка траектории  $M_2M_3M_4$ , пропорциональна периоду коммутатора  $T_K$ .

В точке  $M_6$ , когда разность между наибольшим достигнутым и запомненным значениями выхода (т.  $M_5$ ) и текущим значением  $z$  станет равна зоне нечувствительности  $z_H$ , сигнум-реле снова произведет реверс, после чего движение

СЭР определяется траекторией  $M_6M_7M_8$ . В точке  $M_8$  коммутатор опять произведет поперечный реверс и т. д.

Из рисунка 2 видно, что движение системы с коммутатором при поиске экстремума на инерционном объекте существенно отличается от движения такой же системы без коммутатора, так как у системы с коммутатором движение происходит вдоль одной ветви статической характеристики объекта.

Если значение периода коммутатора  $T_k$  достаточно велико при данной зоне нечувствительности сигнум-реле  $Z_n$ , то СЭР достигнет экстремума, вокруг которого устанавливаются периодические колебания типа «восьмерки». Если же указанные соотношения между  $Z_n$  и  $T_k$  при настройке регулятора не соблюдаются, то установившийся процесс может иметь вид замкнутой кривой вблизи экстремума либо, система совсем не достигнет экстремума. Итак, особенность работы СЭР с запоминанием экстремума на инерционном объекте при действии коммутатора (и при правильном выборе  $T_k$ ) состоит в том, что движение системы происходит вдоль одной из ветвей статической характеристики объекта. Для объектов, где требуется ограничение вида  $x \leq x_{\text{ОПТ}}$  (т.е. в процессе поиска значение входа  $x$  не должно превышать  $x_{\text{ОПТ}}$ ), приближение системы к экстремуму вдоль одной ветви характеристики  $y=f(x)$  является необходимым. В таких системах коммутатор, кроме обеспечения устойчивости, придает процессу поиска требуемый характер.

Следует отметить, что при поиске экстремума СЭР с коммутатором при правильном выборе периода коммутатора уменьшаются колебания сигнала на входе  $x$  объекта. Наличие коммутатора несколько увеличивает время поиска экстремума, но обеспечивает устойчивость СЭР при воздействии интенсивных монотонных возмущений.

### **Список информационных источников**

- [1] Моросанов И.С. Методы экстремального регулирования // «Автоматика и телемеханика» №11, - М., 1977 с. 4-7.