

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДА С ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ

Ю. Я. КОМИСАРЕНКО, П. Я. КРАУИНЫШ

(Представлена научным семинаром кафедры горных машин и рудничного транспорта)

Гидравлический привод в станках находит все большее применение, широкое распространение получает, например, привод главного движения в дроссельным регулированием скорости, упрощенная схема которого представлена на рис. 1.

Практика эксплуатации таких систем показывает, что в ряде случаев системы оказываются неработоспособными из-за интенсивных автоколебаний. Исследования, проведенные И. З. Зайченко [1] по изучению автоколебаний в гидropередачах станков, показали, что необходимыми условиями для возникновения колебаний являются падающая характеристика сил сопротивления от скорости и упругость гидравлических связей.

Так как крутизна характеристики нагрузки $\frac{\partial R}{\partial V}$ может меняться в реальных условиях, то при проектировании привода возникает задача — выбрать параметры привода (т. е. площади F и F_1 цилиндра, величину противодействия p_1 и т. д.) так, чтобы система обладала максимально возможным в данных условиях запасом устойчивости.

Для решения этой задачи обратимся к линейной математической модели системы с дросселем на выходе. При выборе уравнений будем считать давление p на входе постоянным, волновыми процессами пренебрежем, ограничимся рассмотрением тех переходных процессов, при которых скорость поршня V и противодействие p_1 остаются положительными.

С учетом принятых допущений получим систему уравнений, описывающих переходный процесс, вызванный изменением нагрузки $R(t; V)$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Delta V}{dt} &= \frac{\alpha}{m} \Delta V - \frac{F_1}{m} \Delta p_1 - \frac{1}{m} \Delta R_n \\ \frac{d\Delta p_1}{dt} &= \frac{F}{W_k(p)} \Delta V - \frac{1}{W_k(p)} \Delta Q_{др} \\ \Delta Q_{др} &= \varphi_{др} \Delta p_1 \end{aligned} \right\} \dots \quad (1)$$

здесь $\Delta V \equiv V(t) - V_0$; $\Delta p_1 \equiv p_1(t) - p_{10}$; $\Delta R_n \equiv R_n(t) - R_{но}$;

где $\Delta Q_{др} \equiv Q_{др}(t) - Q_{дро}$;

где

V и p_1 — скорость движения поршня и перепад давления на дросселе соответственно;

$Q_{др}$ — расход через дроссель;

m — масса подвижных частей;

F_1 — рабочая площадь поршня со стороны противодействия;

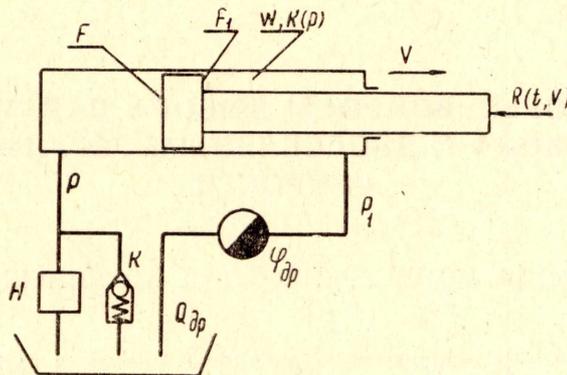


Рис. 1. Схема гидропривода с дроссельным регулированием скорости

$W; \kappa(p)$ — объем и коэффициент податливости полостей, находящихся под давлением p_1 соответственно;

R_n — внешняя нагрузка, $\alpha = -\frac{\partial R_n}{\partial V}$ — крутизна характеристики нагрузки;

$\varphi_{др} = \frac{\partial Q_{др}}{\partial p_1}$ — податливость дросселя.

Если переменные системы (1) выразить в безразмерных координатах и решить систему относительно скорости V , то получим уравнение:

$$\frac{d^2 v}{dt^2} + \frac{1}{T_p} \left(1 - \frac{T_p}{T_V} \eta_V\right) \frac{dv}{dt} + \frac{1}{T_p T_V} (1 - \eta_V) v = -\frac{1}{T_V} \frac{dR}{dt} - \frac{1}{T_V T_p} R \dots (2)$$

здесь

$$v = \frac{\Delta V}{V_0}; \quad R = \frac{\Delta R_n}{R_{но}}; \quad R_{но} = p_{1y} F_1 \eta_V = \frac{\alpha \varphi_{др}}{F_1^2}; \quad p_{1y} = V_0 F_1 \frac{1}{\varphi_{др}};$$

$$T_V = \frac{m \varphi_{др}}{F_1^2}; \quad T_p = \frac{W \kappa(p)}{\varphi_{др}}.$$

Таким образом, мы имеем динамическую систему второго порядка, для ее устойчивости необходимо и достаточно положительности всех коэффициентов, т. е.

$$\eta_V \ll 1; \quad \frac{T_p}{T_V} \eta_V \ll 1.$$

Если воспользоваться диаграммой в координатах $A = \frac{\alpha \varphi_{др}}{F_1^2}$; $B = \frac{\alpha W \kappa(p)}{\varphi_{др} m_{др}}$ (рис. 2), то областью устойчивости будет квадрат, ограничен-

ный осями координат и прямыми $A=1$; $B=1$. На этой диаграмме можно найти область аperiodической устойчивости, которой соответствует наличие действительных корней уравнения (2); для этого должно быть соблюдено условие:

$$\frac{1}{4} \left[\frac{1}{T_p} \left(1 - \frac{T_p}{T_v} \eta_v \right) \right]^2 - \frac{1}{T_p T_v} (1 - \eta_v) > 0 \dots \quad (3)$$

Граница аperiodической устойчивости определится, если левую часть (3) приравнять нулю. Сделав необходимые преобразования, получим уравнение границы аperiodической устойчивости: $A = \frac{4B}{(B+1)^2}$. Эта граница (линия G на рис. 2) разбивает область устойчивости на две: I — область аperiodической устойчивости; II — область колебательной устойчивости.

Если задаться определенными параметрами системы, то этой системе будет соответствовать определенная точка на диаграмме $A-B$,

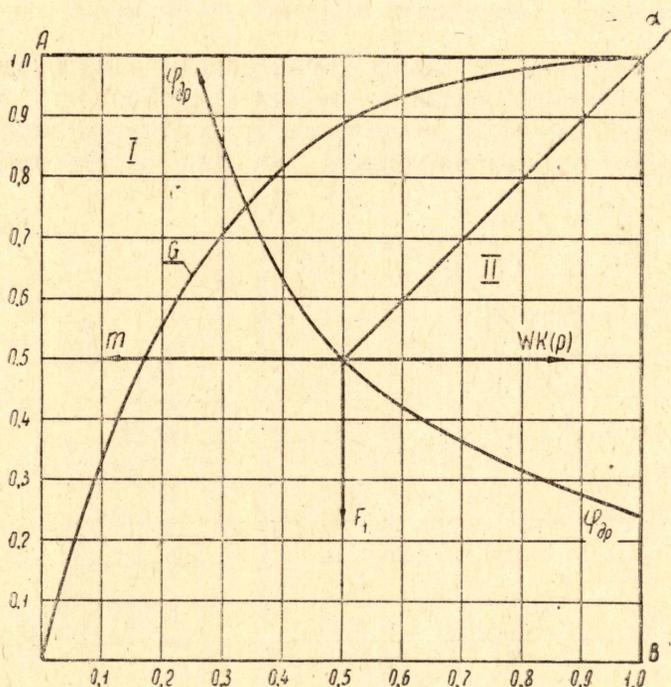


Рис. 2. Диаграмма устойчивости системы: I — область аperiodической устойчивости; II — область колебательной устойчивости; G — граница аperiodической устойчивости

назовем эту точку изображающей*). При изменении какого-либо параметра системы изображающая точка опишет траекторию, показывающую влияние этого параметра на устойчивость системы.

Так, из рис. 2, где нанесены такие траектории, видно, что увеличение массы m , площади F_1 цилиндра увеличивают устойчивость, а увеличение податливости системы $WK(p)$ и увеличение крутизны α характеристики нагрузки уменьшают устойчивость. Здесь же видно, что система может быть неустойчива как при слишком малом значении податливости дросселя $\phi_{др}$, так и при слишком большом ее значе-

*) Не путать с понятием «изображающая точка», применяемым при построении фазового портрета системы.

нии. Физически это можно объяснить тем, что максимальная способность дросселя рассеивать энергию имеет место при определенном значении податливости.

Считая параметры m , F_1 , $W\kappa(p)$ заданными, максимально возможной устойчивости можно добиться, варьируя податливостью дросселя $\varphi_{др}$ так, чтобы изображающая точка была равно удалена от обеих границ области устойчивости.

Математически это выражается равенством $A=B$, т. е. $\eta_v = \eta_v \frac{T_p}{T_v}$ или $T_p = T_v$, откуда находим оптимальное значение податливости дросселя:

$$\varphi_{др}^* = F_1 \sqrt{\frac{W\kappa(p)}{m}} \dots \quad (4)$$

При отклонении действительного значения податливости от оптимального $\varphi_{др}^*$ система будет приближаться к границе устойчивости.

Если под запасом устойчивости понимать отношение $\beta = \frac{\alpha_{max}}{\alpha_0}$; где α_0 — номинальное значение крутизны характеристики нагрузки, а α_{max} — ее значение, при котором система теряет устойчивость, то зависимость запаса устойчивости от податливости дросселя $\varphi_{др}$ может быть представлена графиком, изображенным на рис. 3. На этом же рисунке

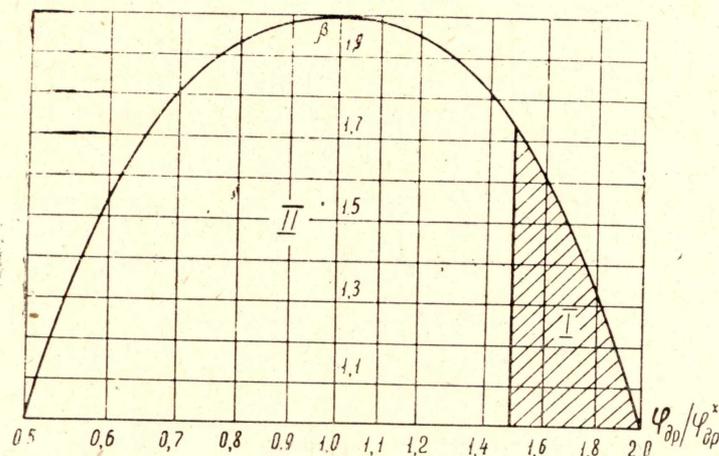


Рис. 3. Зависимость запаса устойчивости системы от податливости дросселя. График построен применительно к следующим параметрам: $m=4$ кг сек/см²; $r=116$ см²; $t_1=71$ см²; $P=75$ кг/см; $P_{10}=85$ кг/см²; $V_0=60$ см/сек; $R_0=7100$ см; $W\kappa(p)=2$ см³/кг; $a=5$ кг сек/см; $\varphi_{др}^*=56$ см/сек кг

видно, что область аperiodической устойчивости соответствует примерно 1/4 диапазона допустимого изменения податливости дросселя; запас устойчивости в этой области также значительно ниже оптимального.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. З. Зайченко. Автоколебания в гидропередачах металлорежущих станков. Машгиз, М., 1958.
2. В. Н. Прокофьев. Расчет вынужденных колебаний гидропривода. «Вестник машиностроения», № 12, 1967.