

Лазуткин С.Л.

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
Россия, Владимирская обл., г. Муром, Орловская, д. 23
E-mail: lslmurom62@yandex.ru

Разработка математической модели системы «двигатель-регулятор»

При моделировании рабочего процесса землеройно-транспортной машины учёт рабочего процесса системы «двигатель-регулятор» имеет принципиальное значение.

Принцип действия всережимного центробежного регулятора заключается в том, что при вращении валика грузы действуют на рейку топливного насоса. При снижении нагрузки на двигатель и постоянной подаче топлива частота вращения коленвала возрастает. Грузы регулятора под воздействием центробежных сил расходятся и через систему рычагов перемещают топливную рейку в сторону уменьшения подачи топлива до тех пор, пока не наступит равновесие между усилием пружины и центробежной силой. При падении частоты вращения грузики сходятся, и рейка под действием пружины перемещается в сторону увеличения подачи топлива. Дизеля сельхозмашин, строительной и дорожной техники, как правило, работают с полной отдачей, поэтому за основной режим можно принять режим работы при полной подаче топлива q т. е. работу по внешней скоростной характеристике.

Наиболее простой способ описания активного момента на валу двигателя состоит в задании функциональной зависимости механической характеристики двигателя [1]

$$M_o(\omega_o, q) = M'_o(\omega) + k \cdot \Delta q, \quad (1)$$

где $M'_o(\omega)$ – активный момент двигателя при минимальной подаче топлива q_0 , соответствующей холостому ходу.

k – постоянная;

$\Delta q = q - q_0$ – приращение подачи топлива.

Приращение подачи топлива определяется перемещением муфты регулятора. Принимая во внимание, что регулятор, как правило, работает на уменьшение подачи топлива зависимость (1) примет вид [2]:

$$M_o(\omega_o, z_1) = M'_o(\omega) + M \cdot z_1 - k_o \cdot z_1 \quad (2)$$

где z_1 – перемещение муфты регулятора, отсчитываемое от положения максимальной подачи топлива.

Тогда холостому ходу будет соответствовать координата муфты $z_{1\max}$, а постоянная k_o определится как $k_o = \frac{Mz_1}{z_{1\max}}$. Величина z_1 определяется уравнением движения муфты регулятора:

$$m \cdot z_1 + \nu \cdot \dot{z}_1 + E(z_1) + F = A(z_1)\omega_o^2, \quad (3)$$

где m – приведенная к муфте масса всех подвижных звеньев частей регулятора;

ν – коэффициент вязкого трения;

$E(z_1)$ – усилие пружины, приведенное к муфте;

F – усилие предварительного натяга пружины, приведенное к муфте;

$A(z_1)$ – коэффициент поддерживающей силы.

В общем случае величины m , $E(z_1)$, $A(z_1)$ сложным образом зависят от z_1 , но при рассмотрении конкретного типа регулятора уравнение (3) может быть сведено к достаточно простому виду. Приведенная жесткость регулятора линейна, поэтому $E(z_1) = C_{np} \cdot z_1$. Предварительный натяг F определяет начало работы регулятора. При этом должно выполняться условие $A(z_1) \cdot \omega_o^2 > F$. Коэффициент поддерживающей силы без существенной погрешности определяется линейной зависимостью вида $A(z_1) = a_1 + b'_1 z_1$. Численные значения

Секция 6. Математическое моделирование физических процессов

постоянных коэффициентов a_1 и b_1' выбирают исходя из конструктивных особенностей регулятора. При составлении уравнений, описывающих работу системы, следует учесть, что z изменяется в пределах ограничений конструктивными упорами, т. е. $0 \leq z_1 \leq z_{\max}$. Тогда работа системы «двигатель-регулятор» опишется системой уравнений:

$$\begin{cases} I_\delta \dot{\omega}_\delta = M_\delta(\omega_\delta, z_1) - M_c; \\ M_\delta(\omega_\delta, z_1) = M'_\delta(\omega_\delta) + M_{z_1} - k_\delta z_1; \\ \nu \cdot z_1 = (a_1 + b_1' \cdot z_1) \frac{\omega_\delta^2}{i_p^2} - C_{np.p.} z_1 - F \end{cases} \quad (4)$$

где I_δ – момент инерции двигателя и жестко связанных с ним масс;

M_c – суммарный момент приложенных к двигателю сопротивлений;

ω_δ и $\dot{\omega}_\delta$ – угловая скорость и угловое ускорение вала двигателя;

$M'_\delta(\omega_\delta)$ – момент двигателя при минимальной подаче топлива, соответствующей холостому ходу;

M_{z_1} – приращение момента при максимальной подаче топлива;

k_δ – постоянная, характеризующая угол наклона регуляторной характеристики;

ν – коэффициент вязкого трения;

$C_{np.p.}$ – жёсткость пружины регулятора.

Литература

1. Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1979. 616 с.
2. Крутов В.И. Сборник задач по теории автоматического регулирования двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1972, 208 с.