

Расчет параметров автоматического регулятора частоты вращения двигателей внутреннего сгорания

Л. А. Нестеров¹

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

Рассматривается вопрос расчета параметров автоматического регулятора частоты вращения двигателей внутреннего сгорания – датчика частоты вращения (тахогенератора) и исполнительного устройства (электромагнита).

Ключевые слова: автоматический регулятор, датчик, тахогенератор, электромагнит.

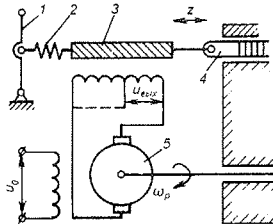
SUMMARY

In article of a question on the basis parameter automatic regulator frequency rotation internal combustion engine – sensor frequency rotation (tachogenerator) and executive device (electromagnet).

Keywords: automatic regulator, sensor, tachogenerator, electromagnet.

Автоматический регулятор частоты вращения ДВС содержит датчик частоты вращения 5 (тахогенератор), исполнительное устройство 3 (электромагнит) и задатчик 1, с помощью которого определяется скоростной режим работы двигателя путем предварительной деформации пружины 2 (рис. 1).

а)



б)

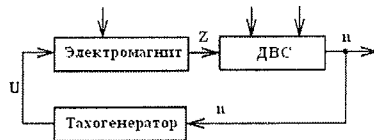


Рис.1. Автоматический регулятор частоты вращения двигателей внутреннего сгорания: а – устройство автоматического регулятора; б – структурная схема автоматического регулятора; 1 – рычаг задатчика; 2 – пружина; 3 – электромагнит; 4 – рейка топливного насоса; 5 – тахогенератор

¹ Автор – доцент кафедры промышленной теплотехники и энергообеспечения
© Нестеров Л. А., 2005

С якорем электромагнита непосредственно связан дозирующий орган – рейка 5 топливного насоса.

Таким образом, исполнительным элементом служит электромагнит, к обмотке которого подводится напряжение, вырабатываемое тахогенератором:

$$U = K_U \omega, \quad (1)$$

где K_U – постоянный коэффициент; ω – угловая скорость ротора.

В зависимости от напряжения, поступающего на обмотку, в электромагните возникает сила тяги $F_{ЭМ}$, которая определяется выражением:

$$F_{ЭМ} = (0,4\pi IW)^2 / 8\pi R_M^2 S_M, \quad (2)$$

где I – сила тока в обмотке электромагнита;

W – число витков обмотки электромагнита;

R_M – магнитное сопротивление магнитопровода;

S_M – площадь поперечного сечения магнитопровода.

Для выбранного электромагнита

$$K_M = (0,4\pi IW)^2 / 8\pi R_M^2 S_M = const, \quad (3)$$

поэтому $F_{ЭМ} = K_M I^2$ или $F_{ЭМ} = K_M U^2 / R^2$,

где R – сопротивление области электромагнита.

С учетом уравнения (1)

$$F_{ЭМ} = K_M K_U^2 \omega^2 / R^2. \quad (4)$$

Сердечник электромагнита непосредственно связан с пружиной задатчика, усилие которой

$$F_{np} = F_0 + bz, \quad (5)$$

где F_0 – усилие предварительной деформации пружины; b – жесткость пружины; z – ход рейки топливного насоса.

Условие статического равновесия имеет вид:

$$F_{ЭМ} - F_{np} = 0. \quad (6)$$

С учетом формул (4) и (5) зависимость

$$z = \left(K_M K_U^2 \omega^2 / R^2 - F_0 \right) / b \quad (7)$$

позволяет построить семейство статических характеристик автоматического регулятора – зависимость хода рейки топливного насоса от угловой скорости (рис. 2).

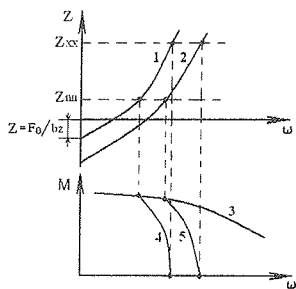


Рис. 2. Статические характеристики автоматического регулятора: 1, 2 – характеристики регулятора; 3 – скоростные характеристики двигателя; 4, 5 – регуляторные характеристики

Автоматический регулятор с такой характеристикой может быть всережимным, так как с помощью задачника можно изменять предварительную деформацию пружины. По мере увеличения F_0 характеристика смещается вправо. Горизонталь Z_{xx} соответствует холостому ходу, а Z_{nn} – полной подаче топлива.

Основные параметры электромагнита как исполнительного элемента определяются его конструктивными параметрами и свойствами применяемых материалов (рис. 3).

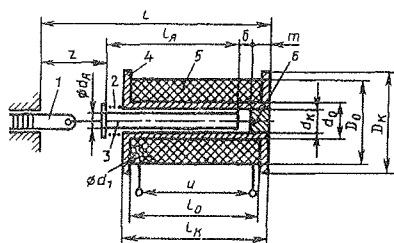


Рис. 3. Электромагнит: 1 – рейка топливного насоса; 2 – пружина; 3 – якорь; 4 – корпус; 5 – обмотка

Чтобы создать требуемое тяговое усилие электромагнита, необходимо определить магнитодвижущую силу:

$$I_W = \sqrt{\frac{2F_{эм}}{\mu_0 \pi [d_я^2 / 4\delta^2 + 2(l_я/l_к)^2 / \ln(D_к/d_я)]}} \quad (8)$$

где μ_0 – величина воздушного зазора; $d_я$ – диаметр якоря электромагнита; $D_к$ – внешний диаметр электромагнита; $l_я$ – длина якоря электромагнита; $l_к$ – длина корпуса электромагнита.

Число витков в обмотке

$$W = K_y (D_0 - d_0) l_0 / 2d^2, \quad (9)$$

где K_y – коэффициент укладки провода в обмотке электромагнита;

d_0 – диаметр провода без изоляции;
 D_0 – внешний диаметр обмотки электромагнита;
 d_1 – диаметр провода в изоляции;
 l_0 – длина корпуса электромагнита.

Сопротивление обмотки

$$R = 4\rho l_{cp} W / \pi d_0^2, \quad (10)$$

где ρ – удельное сопротивление;

$l_{cp} = \pi(D_0 + d_0)/2$ – средняя длина витка провода в обмотке.

При известном числе витков в обмотке, диапазоне изменения воздушного зазора и силы тока можно рассчитать и построить статические характеристики электромагнита $F_{эм} = f(z)$ при $I = const$ (рис. 4).

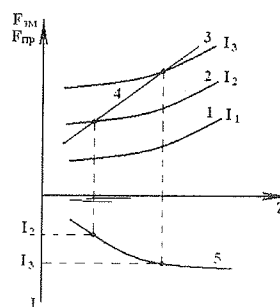


Рис. 4. Статическая характеристика электромагнита с пружиной: 1, 2 и 3 – усилие тяги электромагнита; 4 – усилие тяги пружины задачника; 5 – равновесная кривая

Нанесение на поле тяговых характеристик электромагнита характеристики пружины $F_{пр} = f(z)$ позволяет определить координаты равновесной характеристики $I = f(z)$ электромагнита (кривая 5).

Равновесная кривая электромагнита дает возможность определить характеристику тахогенератора.

Так как $I = U/R_{эм}$ и $U = K_U \omega$, то $K = IR_{эм} / \omega$. По характеристике 5 определяются I и z равновесной кривой электромагнита и по этим значениям определяют

$$\omega = IR_{эм} / K_U. \quad (11)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крутов В. И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания / В. И. Крутов. М.: Машиностроение, 1989. 414 с.
2. Крутов В. И. Сборник задач по автоматическому регулированию двигателей внутреннего сгорания / В. И. Крутов. М.: Машиностроение, 1990. 319 с.
3. Юревич Е. И. Электромагнитные устройства автоматики / Е. И. Юревич. М.: Энергия, 1964. 415 с.