

Статические характеристики преобразователей энергии

К.С. Жебелев¹, К.Ю. Машков², В.Н. Наумов²

¹ ОАО “Специальное конструкторское бюро машиностроения”
Курганского машиностроительного завода, г. Курган 640000, Россия

² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва 105005, Россия

Дано определение статической характеристики двигателя, отражающей качественную сторону процесса регулирования скорости при преобразовании энергии двигателя в энергию механического движения.

E-mail: kafcm9@cm.bmstu.ru

Ключевые слова: статическая характеристика, двигатель, механическая система.

Статическая характеристика — это характеристика преобразования энергии двигателя (тепловой, электрической, гидравлической) в энергию механического движения. Она определяет скорость (угловую или линейную), а также движущую силу (момент), равную силе (моменту) сопротивления. Значения этих параметров не зависят от значения параметра регулирования управляемого компонента преобразователя и от времени. Примем, что преобразователь (преобразователи) энергии располагается в системе с жесткими механическими связями.

Статическая характеристика отражает зависимость выходной величины преобразователя энергии от входной для установившихся движений при постоянной мощности на входе.

Основой статической характеристики вращательной системы при указанном условии является частная статическая характеристика — зависимость силового фактора (движущего момента M) от скоростного фактора (угловой скорости ω) при постоянном значении управляющего воздействия (параметра регулирования Y) и моменте M , равном моменту сопротивления M_c . Математическое выражение этой характеристики имеет вид $\omega = \omega(M, Y)$ или $M = (M_c, \omega, Y)$. Формально параметры M , ω и Y выражаются вещественными числами, определенными в областях, границами которых являются предельные значения этих же параметров. Величины M и ω имеют известный физический смысл. Что же касается интервала изменения параметра Y , то он выражается линейной зависимостью угловой скорости холостого хода ($\omega = \omega_{xx}$ при $M = 0$) от заданного закона регулирования (например, перемещение органа управления дизелем — педали газа).

Графически частную статическую характеристику $\omega = \omega(M, Y)$ принято изображать двумя графиками, совмещенными по оси ω : $\omega =$

$\omega = \omega(M, Y)$ при $Y = \text{const}$ и $\omega = \omega(Y, M)$ при $M = \text{const}$ [1]. При этом зависимость $\omega = \omega(M)$ при $Y = \text{const}$ называют статической рабочей (механической) характеристикой, а $\omega = \omega(Y)$ при $M = \text{const}$ — статической регулировочной характеристикой.

Частную рабочую характеристику $\omega = \omega(Y, M)$ принято представлять линейным уравнением [2]:

$$\omega = K_1 Y - K_2 M,$$

где $K_1 = \omega_{\text{max}}/Y_{\text{max}}$ — крутизна регулировочной характеристики; $K_2 = \Delta\omega/\Delta M$ — крутизна рабочей характеристики двигателя ($\Delta\omega = \omega_{\text{max}} - \omega_N$), а $(K_1 Y)$ — начальная ордината линейного участка установившегося режима работы двигателя.

Обратную эластичности величину $\Delta M/\Delta\omega$ (тангенс угла наклона касательной к оси ω функции $M(\omega)$ в рабочей точке) называют статической жесткостью характеристики двигателя, определяющей внутренние демпфирующие свойства преобразователя.

Значение K_2 , как правило, отрицательное, что необходимо для устойчивого движения двигателя.

Коэффициенты K_1 и K_2 характеризуют чувствительность управляющего воздействия к изменению Y и M . Чем меньше чувствительность, тем стабильнее средняя угловая скорость установившегося движения, т. е. тем меньше она изменяется при колебаниях сил движения (возмущений) и сопротивления.

В общем случае статическая характеристика задается совокупностью частных характеристик, расположение которых на координатной плоскости $MO\omega$ определяется координатой Y и предельным значением движущего момента M . Тогда ее выражение при постоянной мощности на входе в явном виде будет иметь вид

$$\omega = \{\omega_i(M, Y)\}_n,$$

где $i = 1, \dots, n$ — порядковые номера частных характеристик (выражение, взятое в фигурные скобки, указывает на счетное множество частных характеристик, в данном случае n).

Рабочие статические характеристики будем классифицировать, как это принято в работе [1] для гидравлических двигателей, по степени изменения угловой скорости выходного вала двигателя при малом увеличении момента нагрузки:

– *абсолютно жесткая* со строго постоянной угловой скоростью выходного вала, имеет вид горизонтальной линии;

– *жесткая* со сравнительно небольшим падением угловой скорости выходного вала при возрастании момента, имеет вид наклонной прямой с крутизной от 1 до 10 % (к этой группе относятся реальные

статические характеристики тепловых и гидравлических двигателей в их линейной части);

– *мягкая* с большим падением угловой скорости (более 10 %) при увеличении момента (например, при дроссельном регулировании или при регулировании гидромотором) и крутизной более 10 %;

– *абсолютно мягкая*, при которой скорость на выходе не зависит от развиваемого двигателем момента, имеет вид вертикальной или почти вертикальной линии.

Параметры статической характеристики могут быть приведены к общему выходу механической системы, в которой располагается преобразователь энергии.

Статическая характеристика может быть получена для двигателя внутреннего сгорания с всережимным регулятором, определяется его скоростной характеристикой и отражает качественную сторону процесса регулирования скорости. Ее обычно используют при выборе параметров двигателя (если они не заданы), динамическом анализе устойчивости системы и при определении структуры автоматической или автоматизированной системы управления движением машины.

Частную статическую характеристику можно применять при динамическом анализе однопоточной системы, состоящей из привода и ведомого механизма, где переходные процессы происходят медленнее, чем процессы собственно в двигателе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокофьев В.Н. Машиностроительный гидропривод. — М.: Машиностроение, 1978. — 495 с.
2. Казмиренко В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: основы теории и системное проектирование. — М.: Радио и связь, 2001. — 211 с.

Статья поступила в редакцию 28.10.2012