

# **2. МЕХАНИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

## 2.1. Уравнение механического движения

Согласно второму закону Ньютона преобразованному для тел вращения:

$$M - M_c = M_{\text{дин}} \quad (2.1)$$

где  $M$  – момент движения, Н<sup>хм</sup>;  $M_c$  – момент сопротивления, Н<sup>хм</sup>;  
 $M_{\text{дин}}$  – динамический момент, Н<sup>хм</sup>.

Уравнение (2.1) в электроприводе получило также название «уравнение движения».

Согласно уравнению движения, если  $M > M_c$ , то  $M_{\text{дин}} > 0$  и электропривод находится в состоянии ускорения.

Если  $M < M_c$ , то  $M_{\text{дин}} < 0$  – электропривод замедляется или тормозится.

И, наконец, если  $M = M_c$ , то  $M_{\text{дин}} = 0$  – электропривод находится в состоянии покоя или равномерного установившегося движения.

**Таким образом, динамический момент проявляется и действует только в переходных режимах при ускорении и замедлении электропривода. То есть тогда, когда меняется кинетическая энергия электропривода.**

Выражение для определения динамического момента  $M$  дин найдем из уравнения, определяющего запас кинетической энергии во вращающемся теле:

$$A = \frac{J \cdot \omega^2}{2}, \quad (2.2)$$

где  $J = m \cdot r^2$  – момент инерции тела, обладающего массой  $m$ , кг · м<sup>2</sup> ;

$r$  – радиус вращающегося тела правильной цилиндрической формы, м.

Мощность, которую вращающиеся массы получают при ускорении электропривода или отдают при торможении:

$$(2.3) \quad P_{\text{дин}} = \frac{dA}{dt} = J \cdot \omega \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{dJ}{dt}.$$

Тогда динамический момент можно найти из выражения

$$(2.4) \quad M_{\text{дин}} = \frac{P_{\text{дин}}}{\omega} = J \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{2} \cdot \frac{dJ}{dt}.$$

Уравнение для определения динамического момента состоит из двух составляющих: первое из них определяет изменение динамического момента при изменении угловой скорости  $\omega$  электропривода, второе – при изменении его момента инерции  $J$ .

В электроприводе изменение момента инерции наблюдается в механизмах роботов или манипуляторов, в том случае, когда во время их вращения вокруг центральной оси меняется вылет «руки».

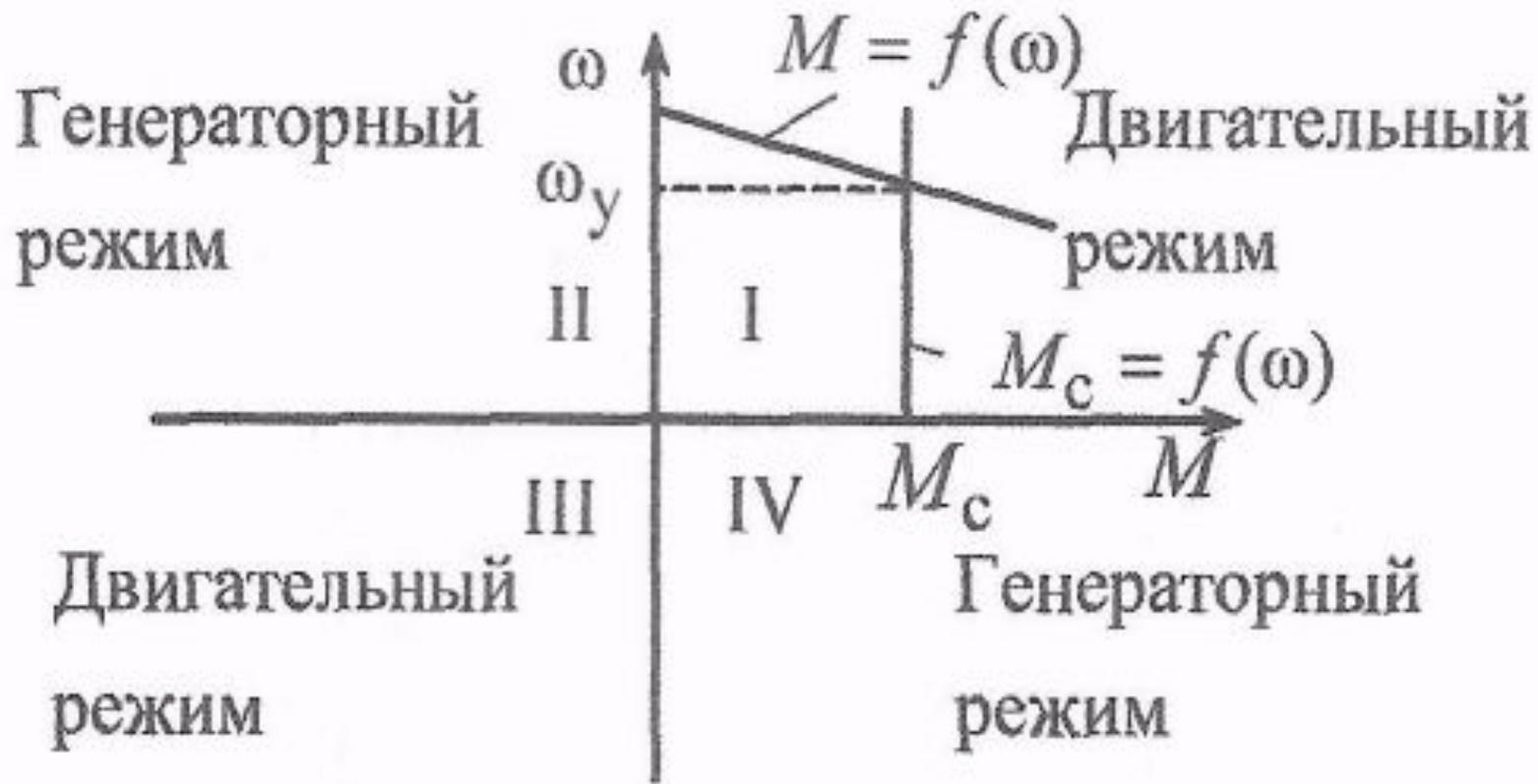
В тех случаях, когда момент инерции электропривода  $J$  во времени не изменяется, вторым членом в правой части уравнения (2.4) пренебрегают и динамический момент определяют по выражению

$$(2.5) \quad M_{\text{дин}} = J \frac{d\omega}{dt}.$$

Таким образом, динамический момент в электроприводе проявляется в большинстве практических случаев только при ускорении или замедлении.

Момент движения в электроприводе обычно обеспечивает электрический двигатель и только в ряде случаев – рабочий орган производственного механизма, а электрическая машина тормозит его, обеспечивая равномерность движения.

Момент движения  $M$  электрической машины является функцией ее скорости  $\omega$ . Зависимость между скоростью  $\omega$  электрической машины и ее моментом  $M = f(\omega)$  называют механической характеристикой. Механические характеристики электрических машин изображают в виде графиков в правой декартовой системе координат (рис. 2.1.).



*Рис. 2.1. Механические характеристики*

Для удобства рассмотрения процессов, происходящих в электроприводе, одно из двух возможных направлений вращения двигателя считают положительным.

Как правило, за положительное направление вращения двигателя принимают вращение, совпадающее с направлением вращения часовой стрелки. Принимают момент электродвигателя с тем же знаком, что и угловая скорость, если их направления совпадают.

В системах электропривода основным режимом работы электрической машины является двигательный режим. Двигательный режим работы электрической машины располагают в первом и третьем квадрантах.

Генераторные режимы работы электрической машины располагают во втором и четвертом квадрантах.

В установившемся режиме работы момент сопротивления  $M_c$  имеет тормозящий характер и действует навстречу моменту двигателя.

Для простоты нахождения установившегося режима работы электропривода принимают за положительное направление момента сопротивления  $M_c$ , противоположное положительному направлению момента двигателя.

На рис. 2.1 установившееся значение скорости определено в соответствии с формулой (2.1) при равенстве по абсолютной величине момента движения  $M$  и момента сопротивления  $M_c$ .