Выбор исполнительного двигателя для САУ

Исполнительный двигатель в САУ связан с нагрузкой (рабочим органом) посредством редуктора. Нагрузка обычно характеризуется моментом сопротивления M_H, моментом инерции J_H, максимальной скоростью Ω_M и максимальным ускорением ε_M.

Редуктор обладает своим моментом инерции J_P, коэффициентом передачи $K = \frac{1}{i}$ и коэффициентом полезного действия η, при этом величина $i >> 1$ и представляет собой отношение скорости вращения входной оси редуктора к скорости вращения на его выходе. Двигатель имеет собственный момент инерции $J_{ДВ}$ и полезный момент на валу $M_{ДВ}$. Задача сводится к выбору двигателя минимальной мощности, который обеспечил бы движение нагрузки с требуемым ускорением ε_M и скоростью Ω_M.

Основой для выбора двигателя служит требуемая от него механическая мощность.

Требуемый момент определяется как сумма динамического и статического моментов сопротивления.

$$M_{ТР} = M_Д + M_C,$$

Мощность, необходимая для вращения нагрузки равна

$$P_H \cong (M_H + J_H \cdot \varepsilon_M) \cdot \Omega_M.$$

Для первоначального выбора двигателя при оптимальном передаточном числе редуктора можно пользоваться соотношением

$$P_{ДВ} = 2 \cdot P_H,$$

На основании этого соотношения производится выбор двигателя по каталогам и определяются его параметры: $M_{ДВ.Н.}$ – номинальный момент, $\Omega_{ДВ.Н.}$ – номинальная скорость и $J_{ДВ}$ – момент инерции ротора двигателя.

Для определения передаточного числа редуктора можно воспользоваться формулой оптимального передаточного числа, обеспечивающего минимизацию требуемого момента. Так как в этом случае параметры редуктора J_P и η неизвестны, то их величины можно установить на основе следующих соотношений:

$$J_P = (0{,}2 - 0{,}3) J_{ДВ};$$

$$\eta = (0{,}7 - 0{,}9).$$

Для требуемого момента в этом случае можно записать

$$M_{ТР} = (1{,}2 \cdot J_{ДВ} + \frac{J_Н}{i^2}) \cdot \varepsilon_М \cdot i + \frac{M'_Н}{i},$$

где $M'_Н = \dfrac{M_Н}{\eta}$.

Приравняв к нулю производную

$$\frac{dM_{ТР}}{di} = -\frac{M'_Н}{i^2} - \frac{J_Н \cdot \varepsilon_М}{i^2} + 1{,}2 \cdot J_{ДВ} \cdot \varepsilon_М,$$

можно найти оптимальное передаточное число i_0, обеспечивающее минимум момента:

$$-\frac{M'_Н}{i_0^2} - \frac{J_Н \cdot \varepsilon_М}{i_0^2} + 1{,}2 \cdot J_{ДВ} \cdot \varepsilon_М = 0,$$

откуда

$$i_0 = \sqrt{\frac{M'_Н + J_Н \cdot \varepsilon_М}{1{,}2 \cdot J_{ДВ} \cdot \varepsilon_М}}.$$

Подставив найденное значение i_0 в выражение для определения $M_{ТР}$, получим минимальное значение $M_{ТР.\min}$:

$$M_{ТР.\min} = \frac{2 \cdot (M'_Н + J_Н \cdot \varepsilon_М)}{i_0}$$

и требуемую минимальную мощность двигателя

$$P_{ДВ.\min} = 2 \cdot (M'_Н + J_Н \cdot \varepsilon_М) \cdot \Omega.$$

Далее следует проверить выбранный двигатель по его перегрузочной способности и требуемой скорости, определив коэффициенты

$$\frac{M_{ТР}}{M_{ДВ.Н.}} = \gamma \text{ и } \alpha = \frac{i \cdot \Omega_М}{\Omega_{ДВ.Н.}},$$

Коэффициент γ для двигателя постоянного тока должен находиться в пределах $\gamma \le (3 \ldots 5)$, а для двигателей переменного тока $\gamma \le (2 \ldots 3)$.

Коэффициент α для обоих типов двигателей не должен превышать величины $(0{,}8 - 0{,}9)$.

Если коэффициент γ и α превышает допустимые значения, то следует взять другой двигатель (обычно несколько большей мощности) и снова выполнить проверку.

Для двигателя с большой перегрузочной способностью по моменту полезно произвести тепловой расчет по эквивалентному моменту (току)

$$M_{ЭКВ} = \sqrt{\frac{\sum M_X^2 \cdot t_X}{\sum t}}; \; I_{ЭКВ} = \sqrt{\frac{\sum I_X^2 \cdot t_X}{\sum t}} \le I_{НОМ}.$$

Это можно проделать корректно, лишь когда известен закон изменения момента нагрузки M_H во времени, в следящих системах этот закон определить практически невозможно и поэтому пользуются усредненным соотношением

$$M_{ЭКВ} = \sqrt{\frac{M_{H.CP}^2}{i^2} + (1{,}2 \cdot J_{ДВ} + \frac{J_H}{i^2})^2 \cdot i^2 \cdot \varepsilon_{CP}^2},$$

где $M_{H.CP}$ – суммарный усредненный момент нагрузки и трения в редукторе; ε_{CP} – среднеквадратичная величина ускорения нагрузки.

Предполагая, что известен истинный или эквивалентный гармонический закон движения задающей оси $g = g_0 \sin \omega t$, среднеквадратичное значение ускорения можно вычислить по формуле

$$\varepsilon_{CP} = \frac{g_0 \cdot \omega^2}{\sqrt{2}}.$$