

*В.В. Подорожня, магістрант,
Я.Б.Клунник, магістрант,
О.В. Шульга, к.т.н., доцент
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка*

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДИМОСОСУДЛЯ КОТЛОАГРЕГАТУ ДКРР 20-13 ГМ

При частотному способі регулювання швидкості обертання димососів параметри Q і H змінюються по наступних співвідношеннях:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1};$$

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2.$$

К.к.д. димососа при перерахунку продуктивності Q і розвивається тиску H при різних частотах обертання практично однакові.

Звідси споживана димососом потужність:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 = P_1 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^3 = 34.14 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{\omega_2}{104.67} \right)^3 = 0.0298 \omega_2^3,$$

де

$$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1000}{60} = 104.67 \text{ рад/с.};$$

Закон зміни статичного моменту опору:

$$M_c = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{0.0298 \omega_2^3}{\omega_2} = 0.0298 \omega_2^2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Виконаємо приведення моменту інерції механізму до валу електродвигуна приймаючи, кінематичні зв'язку приводу абсолютно жорсткими.

Момент інерції втулично-пальцевої муфти приймаємо рівним 5% від моменту інерції ротора двигуна

$$J_{\text{муф}} = 0.05 \cdot J_{\text{дв}} = 0.05 \cdot 1.3 = 0.065 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

Момент інерції ротора вентилятора:

$$J_{\text{в}} = \frac{GD^2}{4g} = \frac{2000}{4 \cdot 9.81} = 50.97 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

Момент інерції механізму приведений до валу двигуна:

$$J_{\text{пр}} = J_{\text{муф}} + J_{\text{дв}} = 0.065 \cdot 50.97 = 51.035 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

Максимально допустимий момент інерції навантаження електродвигуна 5A250M6Y3:

$$J_{\text{д.мах}} = \frac{GD^2}{4g} = \frac{2400}{4 \cdot 9.81} = 61.16 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

Момент інерції навантаження менше максимально допустимого моменту інерції:

$$J_{np} = 51.035 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 < J_{\text{д.мах}} = 61,16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Отже, вибраний електродвигун володіє необхідною для спільної роботи з димососом Д-12 динамічної переважувальної здатністю.

Сумарний момент інерції, приведений до валу двигуна:

$$J_{\Sigma} = J_{np} + J_{\text{дв}} = 51.035 + 1.3 = 52.335 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

Підставивши вираз в рівняння руху електроприводу:

$$M - M_c = J_{\Sigma} \cdot \frac{d\omega}{dt},$$

де M - електромагнітний момент, що розвивається приводним двигуном.

Отримаємо:

$$M - 0.0298\omega^2 = J_{np} \cdot \frac{d\omega}{dt}.$$

Запишемо це рівняння в операторній формі і висловимо передавальну функцію механічної частини електроприводу, вхідною величиною якої є електромагнітний момент M , а вихідною - швидкість обертання ротора двигуна:

$$W(p) = \frac{\omega}{M} = \frac{1}{J_{np}p + 0.0298\omega^2} = \frac{\frac{1}{J_{np}p}}{1 + \frac{0.0298\omega^2}{J_{np}p}}.$$

Всі кінематичні зв'язки приводу можна вважати абсолютно жорсткими, тому частота обертання димососа матиме ту ж швидкість обертання, що і ротор приводного електродвигуна.

Після розрахунку механічної частини проводимо перевірку двигуна за нагрівом.

У зв'язку з труднощами проведення точного аналізу при дослідженні теплових процесів в двигунах зазвичай приймають такі припущення: двигун розглядається як однорідне тіло, що має нескінченно велику теплоємність і однакову температуру у всіх точках; тепловіддача у зовнішнє середовище пропорційна першому ступені різниці температур електродвигуна і навколишнього середовища; навколишнє середовище має нескінченно велику теплоємність, т. д. В процесі нагрівання двигуна її температура не змінюється; теплоємність двигуна і коефіцієнт його тепловіддачі не залежить від температури.

З урахуванням вищезазначеного можна записати наступне вихідне рівняння теплового балансу:

$$\Delta P d\tau = A d\tau + C d\tau,$$

де ΔP - втрати потужності в двигуні, Вт;

C - теплоємність двигуна, Дж / °С.

Рівняння має рішення виду:

$$\tau = (\tau_{\text{поч}} - \tau_{\text{уст}}) \cdot e^{\frac{-t}{T_T}} + \tau_{\text{уст}},$$

де $\tau_{\text{уст}} = \frac{\Delta P}{A}$ - усталене перевищення температури двигуна, °С;

$T_T = \frac{C}{A}$ - теплова постійна часу нагріву або охолодження двигуна в секундах;

$\tau_{\text{поч}}$ – початковий перегрів двигуна, °С;

ΔP - втрати потужності в двигуні ($\Delta P = \frac{P(1-\eta)}{\eta}$), Вт;

A - тепловіддача двигуна, Дж / с ° С;

C - теплоємність двигуна, Дж / ° С.

Тепловіддачу двигуна визначають за формулою:

$$A = \frac{(1-\eta_n)}{\eta_n} \cdot \frac{P_n}{Q_{\text{доп}}},$$

де $Q_{\text{доп}}$ - допустиме перевищення температури ізоляції для даного типу.

Клас ізоляції - в, відповідно $Q_{\text{доп}} = 155$ ° С.

Отримуємо:

$$A = \frac{(1-0.9)}{0.9} \cdot \frac{55000}{155} = 39.42 \text{ Дж/}^\circ\text{С}.$$

За довідковими даними знаходимо теплоємність двигуна $C = 118439$ Дж / ° С.

Тепловіддача двигуна при нерухомому роторі A_0 і при номінальній швидкості A пов'язані залежністю:

$$\beta = \frac{A_0}{A},$$

де β - коефіцієнт для асинхронних двигунів серії 5А з віссю обертання 200-250 мм і числом полюсів $Z = 3$ дорівнює 0,3.

Теплова постійна часу нагріву двигуна буде дорівнювати:

$$T_n = \frac{C}{A}.$$

Підставивши значення величин в рівняння отримаємо:

$$T_n = \frac{118439}{39,42} = 3004,54 \text{ с}.$$

Постійна часу охолодження двигуна T_0 пов'язана з постійною часу нагріву T_n співвідношенням:

$$T = \frac{T_n}{\beta}.$$

Отримаємо:

$$T = \frac{3004.54}{0.3} = 10015 \text{ с}.$$

Для технологічного процесу роботи котлоагрегату прийнятий димосос Д-12, управління яким доцільно здійснювати від спеціального контролера. Обраний електродвигун підходить за умовами нагрівання.