

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА З ДВИГУНОМ ДК 406 (ДК 409) ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ЕР2

Запропонована математична модель електропривода поршневого компресора з двигуном ДК406 (ДК409)

Предложена математическая модель электропривода поршневого компрессора с двигателем ДК406 (ДК409)

The mathematical model of the electric drive of the piston compressor with engine DK406 (DK409) is offered

Досвід експлуатації електропоїздів ЕР1, ЕР2 показує, що значна кількість двигунів (ДК 409) компресорів (ЕК-75) виходять з ладу по причині пробою ізоляції обмоток. Однією з причин цього є те, що захисні пристрої нечітко спрацьовують при перевантаженнях двигуна, особливо під час пуску. Відбувається інтенсивний перегрів ізоляції, її старіння та вихід з ладу.

Для дослідження перехідних процесів в електричних колах двигуна компресора, оцінки величини пускового струму та його тривалості, розроблено математичну модель, що враховує важкі умови пуску компресора, а також стрибкоподібну зміну напруги живлення в межах ± 500 В.

Система диференціальних рівнянь, що описує роботу двигуна постійного струму послідовного збудження [1]:

$$\begin{cases} L_{\Sigma} \frac{di}{dt} = U_{\Sigma} - c\Phi \cdot \omega - i \cdot R_{\Sigma} \\ J \frac{d\omega}{dt} = c\Phi \cdot i - M_C \\ c\Phi = f(I) \end{cases}, \quad (1)$$

де L_{Σ} , R_{Σ} – сумарні індуктивний та активний опори якірного кола;

U_{Σ} – напруга підведена до якірного кола двигуна;

ω – частота обертання вала двигуна;

c – постійна двигуна;

Φ – основний магнітний потік;

M_C – статичний момент опору на валу двигуна;

J – приведений до валу двигуна момент інерції механічних частин системи.

Система диференціальних рівнянь (1) є нелінійною системою, оскільки містить вираз, що описує криву намагнічування. Крива намагнічування відноситься до неаналітичних нелінійностей, що не можуть бути описаними аналітичними виразами. Існує декілька способів лінеаризації нелінійностей, найбільш розповсюдженим є метод апроксимації – за допомогою відомих чисельних методів підбирається аналітичний вираз для нелінійності.

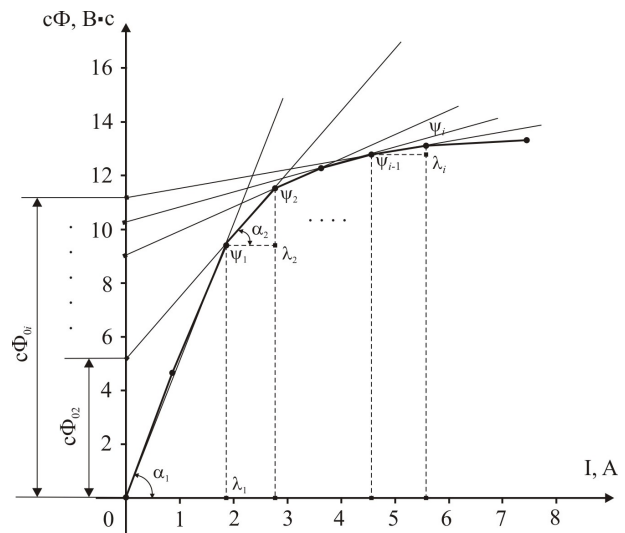


Рис. 1 – Апроксимація кривої намагнічування

Нелінійна залежність $c\Phi$ від струму може бути з прийнятною точністю апроксимована прямолінійними відрізками [2] (рис. 1) і записана наступною системою рівнянь:

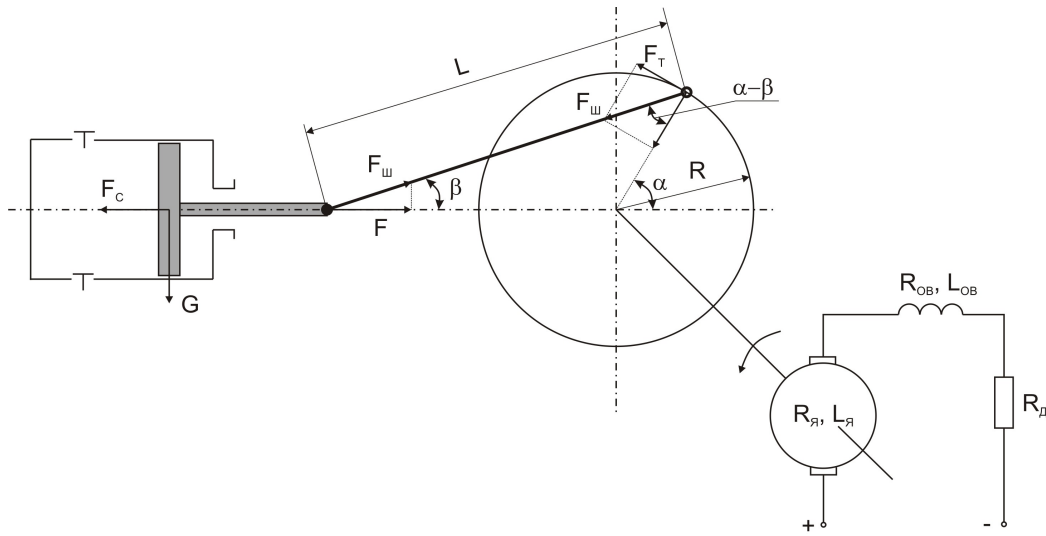


Рис. 2 – Електромеханічна система двигун постійного струму послідовного збудження – поршневий компресор

$$c\Phi(i) = \begin{cases} c\Phi_{01} + k_{\Phi 1} \cdot i \\ c\Phi_{02} + k_{\Phi 2} \cdot i \\ \vdots \\ c\Phi_{0i} + k_{\Phi i} \cdot i \end{cases}, \quad (2)$$

де $k_{\Phi i} = \frac{\lambda_i \psi_i}{\psi_{i-1} \lambda_i}$ – коефіцієнт, що залежить від форми кривої на i -й ділянці апроксимації;

Відомо, всі сили і моменти навантаження, що прикладені до механічної частини електропривода, можуть бути розділені на сили та моменти механічних втрат ΔM_{Σ} і сили та моменти, які є корисним навантаженням виконавчого механізму $M_{KOP \Sigma}$:

$$M_C = \Delta M_{\Sigma} + M_{KOP \Sigma} \quad (3)$$

Момент механічних втрат ΔM_{Σ} враховує всі види механічного тертя. Корисний момент опору $M_{KOP \Sigma}$ представляє собою ту чи іншу функцію швидкості, в залежності від виду навантаження. Для аналізу механізмів, що здійснюють обертовий рух пропонується використовувати емпіричну формулу Бланка [3], яка в більшості випадків представляє собою деяку ідеалізацію реальних умов але дає задовільне наближення до дійсності:

$$M_C = M_{CЮЧ} + (M_{CНОМ} - M_{CЮЧ}) \left(\frac{\omega}{\omega_{ЮЧ}} \right)^p, \quad (4)$$

де $M_{CНОМ}$ – номінальний момент опору механізму;

$\omega_{НОМ}$ – номінальна кутова швидкість, при якій момент опору рівний номінальному;

$M_{CЮЧ}$ – момент тертя або холостого ходу машини;

p – показник степені ($p=1$ для поршневих компресорів).

До другого рівняння системи диференціальних рівнянь (1) входить величина приведенного до валу двигуна моменту інерції J механічних частин електропривода. Основним елементом поршневого компресора є кривошипно-шатунний механізм, момент інерції якого залежить від кута повороту вала і з урахуванням кінематичної схеми (рис. 2) може бути записаний наступним рівнянням [4]:

$$J_K = mR^2 \cdot \sin^2(\alpha + \beta) / \cos^2 \beta, \quad (5)$$

де m – маса елементів механізму, що поступально рухаються;

R – радіус обертання кривошипа;

Кут β можна виразити в функції кута α :

$$\beta = \arcsin \left(\frac{R}{L} \sin \alpha \right), \quad (6)$$

де L – довжина шатуна.

Система рівнянь (1) з урахуванням виразів (2, 4, 5, 6) описує динаміку роботи електромеханічної системи двигун постійного струму послідовного збудження – поршневий компресор і є його математичною моделлю.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Моделювання електромеханічних систем
О.П. Чорний, А.В. Луговий, Д.Й. Родькін –
Кременчук, 2001. – 410с.
2. Тулупов В.Д. Автоматическое
регулирование сил тяги и торможения
электроподвижного состава. – М.:
Транспорт, 1976. – 368с.
3. Гладыр А.И. Трогание и пуск как фазы
единого процесса. – Научные труды КГПУ.
Выпуск 1/2001(10), Кременчуг – с. 24-29.
4. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс
электропривода: Учебник для вузов. – М.:
Энергоиздат, 1981. – 576с.