

ДОСЛІДЖЕННЯ ТАХОГРАМ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕТЮЧИХ НОЖИЦЬ
ЗА КРИТЕРІЄМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Колесников Д. Т., магістрант, e-mail: Dmytro.Kolesnykov@ieee.khpi.edu.ua

Тукалов І. О., доц., e-mail: Ihor.Tukalov@ieee.khpi.edu.ua

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Актуальність теми зумовлена гостротою проблеми ресурсозбереження в промисловості України [1] і сучасним станом наявних систем керування летючих ножиць. Більшість цих систем розроблялася в 70-80-х роках попереднього століття і відповідала можливостям систем керування того часу, зокрема, вони не реалізують повною мірою можливості ресурсозбереження. Нині економічна ситуація вимагає, зазвичай, не підвищення продуктивності, а зниження витрат на виробництво продукції. Летючі ножиці безперервно-заготівельних станів - це потужні високодинамічні механізми, тому завдання вибору електроприводу і законів регулювання з умови мінімізації енерговитрат є досить важливим.

Основні матеріали досліджень. У прокатних цехах металургійних заводів широко застосовуються летючі ножиці різних типів, призначені для розрізання прокату, який рухається. Такі ножиці оснащені автоматизованим електроприводом і системою автоматичного керування мірним різом заготовки. Ножиці для розрізання великих перерізів виконують зазвичай безредукторними, з кривошипно-шатунним механізмом, що виконує різ під час кожного обороту ножів. Розрізання прокату на задані мірні довжини здійснюється зниженням швидкості ножів ω щодо швидкості прокату ω_c . Вибір закону зміни швидкості на ділянці роботи на зниженій швидкості проводиться з двох основних міркувань: ступеня завантаження двигуна за теплом і ступеня складності системи управління, що реалізує закон руху механізму. На рис. 1 представлено три основні графіки зміни швидкості.

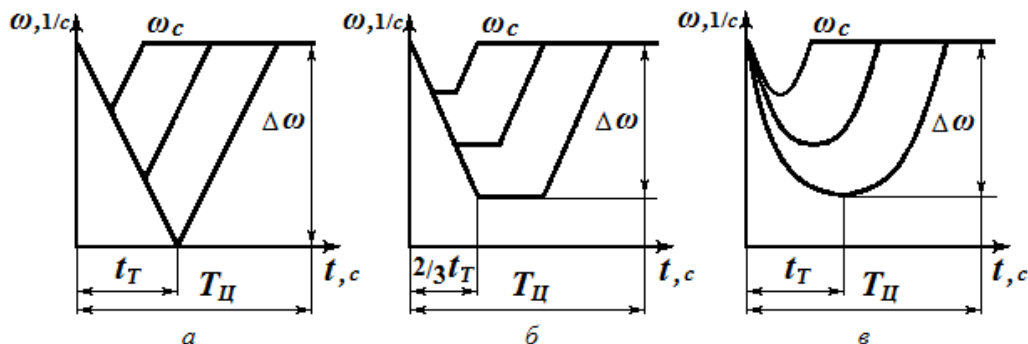


Рисунок 1 – Закони зміни швидкості електроприводу летючих ножиць:
а – трикутний; б – трапецеїдальний; в – параболічний

Найбільш економічними з погляду енергетичних витрат є параболічні закони зміни швидкості, рис. 1в, однак, їхня реалізація значно складніша. Для їх розрахунку використовують ізопериметричні варіаційні закони Лагранжа та Ейлера [2].

Проведемо порівняльний аналіз законів зміни швидкості. Як базові візьмемо величини, що належать до граничного трикутного графіка рис. 1а.

Умовою рівності довжин, що відрізаються, є рівність площ розглянутих діаграм зміни швидкості S_a , S_b , S_v , які визначаються за формулами [3]

$$S_a = \frac{\omega_c^2}{\varepsilon_a} = S_b = \frac{9}{8} \frac{\omega_c^2}{\varepsilon_b} = S_v = 2 \int_0^{t_T} \left(\varepsilon_{\varepsilon_{\max}} t - \frac{\varepsilon_{\varepsilon_{\max}}}{2t_T} t^2 \right) dt = \frac{2\varepsilon_{\varepsilon_{\max}} t_T^2}{3}, \quad (1)$$

де ε_a , ε_b , $\varepsilon_{\varepsilon_{\max}}$ - відповідні кутові прискорення, м/с²; t_T - час гальмування, с.

Порівняємо нагрівання двигуна для всіх законів, виходячи з еквівалентного моменту $M_{екв}$ за весь період циклу $T_{Ц}$

$$M_{екв а} = \sqrt{\frac{M_{дин}^2 \cdot 2t_T + M_p^2 t_p}{T_{Ц}}} = \sqrt{\frac{2J^2 \varepsilon_a^2 t_T + M_p^2 t_p}{T_{Ц}}}; \quad (2)$$

$$M_{екв б} = \sqrt{\frac{M_{дин}^2 \cdot 4/3 \cdot t_T + M_p^2 t_p}{T_{Ц}}} = \sqrt{\frac{4/3 \cdot J^2 \varepsilon_0^2 t_T + M_p^2 t_p}{T_{Ц}}}; \quad (3)$$

$$M_{екв в} = \sqrt{\frac{\int_0^{2t} M_{дин}^2 dt + M_p^2 t_p}{T_{Ц}}} = \sqrt{\frac{2J^2 \varepsilon_{\max}^2 t_T / 3 + M_p^2 t_p}{T_{Ц}}}, \quad (4)$$

де $M_{дин}$ – динамічний момент на ділянці регулювання швидкості, Нм; M_p, t_p – момент і час різі відповідно, Нм, с; $T_{Ц}$ – час циклу, с, J – момент інерції, кгм².

Оцінимо економію енергії під час реалізації всіх тахограм руху летючих ножиць, без урахування моменту різі. Втрати в якірному ланцюзі визначаються інтегралом

$$Q = \int_0^{T_{Ц}} i^2 R_E dt = \frac{R_E J^2}{2(k\Phi)^2} \int_0^{t_T} \varepsilon^2(t) dt, \quad (5)$$

де R_E – еквівалентний опір якірного ланцюга, Ом; $k\Phi$ – постійна машини, Вс.

З урахуванням знайдених для усіх трьох тахограм значень прискорень співвідношення втрат, розрахованих за рівнянням (5), становитиме

$$\Delta_1 = Q_s / Q_a = 0,75 ; \quad \Delta_2 = Q_0 / Q_a = 0,844 ; \quad \Delta_3 = Q_6 / Q_0 = 0,88. \quad (6)$$

Висновок. Таким чином, економія енергії лежить у межах від 12 до 25 %, а найпростіший трикутний графік не є ефективним. Проведені дослідження електропривода ножиць кривошипно-шатуного типу стану 950/850/750 з двоякірним двигуном 2П2 - 23/66 - 2,75 ($P_n=2 \times 1750$ кВт; $U_n=730$ В; $I_n=2590$ А; $M_n=670$ кНм; $n_n=50$ об/хв; $R_E=0,02068$ Ом) підтвердили теоретичні розрахунки. Слід зазначити, що реальна економія навіть дещо перевищує теоретичну, оскільки графіки не є ідеальними. Сучасний розвиток засобів керування дає змогу однозначно рекомендувати перехід до реалізації оптимальних параболічних тахограм.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жовтянський В. А. Енергозбереження: роль і місце в енергетичній стратегії України // Проблеми загальної енергетики. 2011. №5. С.22-24.
2. Герасим'як Р. П. Оптиміальні системи автоматичного управління електроприводів. Одеса, ОДПУ, 1998. 76 с.
3. Тукалов І. О. Порівняльний аналіз енергетичних витрат за різних законів зміни швидкості приводу летючих ножиць / Тукалов І. О., Асмолова Л. В. // Вісник НТУ "ХПІ". Збірка наукових праць. Тематичний випуск 10. – Харків, НТУ ХПІ, 2001. С.360-362.