

УДК 621.873

О.Б. Неженцев, канд. техн. наук, доц., П.В. Збітнєв

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

## НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВТРАТИ ЕНЕРГІЇ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ ПРОТИВМИКАННЯМ МОСТОВИХ КРАНІВ

О.В. Nyezhtsev, Ph.D., Assoc. Prof.; P.V. Zbitniev

## LOADINGS AND LOSS OF ENERGY DURING OPPOSITION BRAKING OF BRIDGE CRANES

Процеси гальмування мостових кранів супроводжуються великими динамічними навантаженнями і втратами енергії [1, 2]. Це зумовлено як застарілими релейно-контакторними системами управління крановими електроприводами, так і неоптимальними режимами їх роботи (наприклад, застосуванням гальмування противмиканням).

Недоліком гальмування противмиканням є підвищені втрати енергії [3] і нагрів двигунів, що знижує термін їх служби. Але дотепер оцінкам втрат енергії в кранових приводах не приділялося уваги. Разом з тим, для автомобілів, авіаційної та іншої техніки витрата палива [2 та ін.] є важливим показником ефективності перехідних процесів.

Мета роботи - вдосконалення математичної моделі крана, що дозволить досліджувати динамічні навантаження і втрати енергії в режимі противмикання з урахуванням всіх основних факторів системи «електропривод - металоконструкція - вантаж». Для досягнення мети мостовий кран було представлено у вигляді тримасової розрахункової схеми, що описується системою нелінійних диференціальних рівнянь [4, 5].

На рис. 1 наведено механічні характеристики електроприводу мостового крана в/п 20/5 т. Індекс «в» відповідає двигуновому режиму, «пр» - режиму противмикання. Сумарні втрати енергії в режимі противмикання

$$\Delta E^{prom} = \Delta E_c^{prom} + \Delta E_{v1}^{prom} + \Delta E_{v2}^{prom} = \int_0^{t_{prom}} \Delta N_c dt + (R_1/R_2' + 1) \cdot \int_0^{t_{prom}} P_{np} \cdot (-V_0 - \dot{x}_k) dt \quad (1)$$

де  $\Delta E_c^{prom}$ ,  $\Delta E_{v1}^{prom}$ ,  $\Delta E_{v2}^{prom}$  - втрати енергії, що зумовлені постійними та змінними втратами в статорі та роторі;  $\Delta N_c$  - постійні втрати потужності;  $R_1$  - активний опір обмотки статора;  $R_2' = R_p' + R_o'$  - приведений активний опір фази ротора ( $R_p'$  та  $R_o'$  - опір обмотки статора і додаткових резисторів відповідно);  $V_0$ ,  $\dot{x}_k$  - швидкості пересування, що відповідають синхронній та поточній частотам обертання ротора.

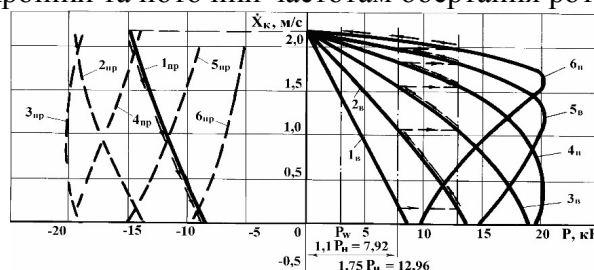


Рис. 1. Механічні характеристики приводу пересування крана

Перетворивши систему диференціальних рівнянь, що описує рух тримасової моделі [4, 5] і рівняння (1) отримаємо залежність для розрахунку втрат енергії при гальмуванні крана в режимі проти вмикання

$$\Delta E^{nром} = \int_0^{t_{нром}} \Delta N_c dt + \left(\frac{R_1}{R'_2} + 1\right) [P_W \sin(\dot{x}_k) \int_0^{t_{нром}} (V_0 + \dot{x}_k) dt + m_k V_0 \int_0^{t_{нром}} \ddot{x}_k dt + m_M V_0 \int_0^{t_{нром}} \ddot{x}_M dt + m_z V_0 \int_0^{t_{нром}} \ddot{x}_z dt + m_k \int_0^{t_{нром}} \ddot{x}_k \dot{x}_k dt + m_M \int_0^{t_{нром}} \ddot{x}_M \dot{x}_M dt + m_z \int_0^{t_{нром}} \ddot{x}_z \dot{x}_z dt] \quad (2)$$

Спільне інтегрування системи диференціальних рівнянь [4, 5], з рівнянням (2) чисельним методом за допомогою розробленої комп'ютерної програми [5] дозволяє розраховувати значення і будувати графіки переміщень, швидкостей, прискорень, навантажень металоконструкції та вантажу, змін втрат енергії при гальмуванні крана. На рис. 2 наведені типові графіки перехідних процесів при гальмуванні противмиканням мостового крана в/п 20т по механічній характеристиці 3пр. Аналіз численних графіків показав, що динамічні навантаження і втрати енергії істотно залежать від виду механічної характеристики. Так максимальні навантаження на металоконструкцію крана  $P_M$  (69,7 кН) і вантаж  $P_K$  (31,5 кН) виникають при гальмуванні крана по механічній характеристиці 3пр, а мінімальні  $P_M$  (29,4 кН) і  $P_K$  (10,2кН) – по характеристиці бпр.

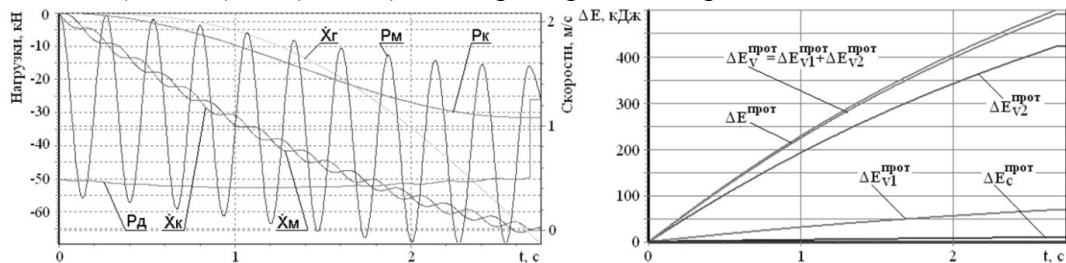


Рис. 2. Перехідні процеси при гальмуванні противмиканням крана в/п 20т по характеристиці 3пр

Розглянута математична модель дозволяє уточнити уявлення про те, що втрати енергії не залежать від виду механічної характеристики [2, 3 та ін.]. Втрати енергії склали 487,1 кДж та 759,9 кДж (гальмування по характеристиці 1пр та бпр відповідно), тобто відрізняються більш ніж в 1,5 рази.

Висновки: - проведені дослідження підтвердили, що застосування гальмування противмиканням знижує енергетичні показники кранового електроприводу. Тому доцільно застосування простих, надійних і недорогих пристроїв, наприклад, динамічного гальмування, які дозволять знизити втрати енергії та динамічні навантаження;

- запропонована математична модель дозволяє підвищити точність розрахунків динамічних навантажень і втрат енергії при гальмуванні мостових кранів та уточнити уявлення про незалежність втрат енергії від механічних характеристик приводу, оскільки втрати енергії при гальмуванні противмиканням мостового крана в/п 20т за різними характеристиками відрізняються більш ніж у 1,5 рази.

### Література

1. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. – М.: Машиностроение, 1987.
2. Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов. – К.: Техніка, 1985.
3. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Будиков Л.Я., Нгуен Н.К., Неженцев А.Б. Исследование динамики грузоподъемных кранов // Вестник машиностроения, №4. – М.: Машиностроение, 1981, – с. 39-42.
5. Аветисян С.М., Неженцев А.Б. Программное обеспечение для исследования переходных процессов грузоподъемных кранов (часть 1: при работе механизмов передвижения) // Підйомно-транспортна техніка, № 4(8). – Днепропетровск, 2003. – с. 33-48.