

ЩОДО ВРАХУВАННЯ ПРИВЕДЕНОЇ СИЛИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА В МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЯХ КРАНІВ З ЧАСТОТНИМ УПРАВЛІННЯМ

Збітнєв Павло, аспірант кафедри підйомно-транспортної техніки,
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна
Неженцев Олексій, канд. техн. наук, доцент кафедри прикладної механіки,
Національний технічний університет України «КПІ», Україна

Все більше вантажопідйомних кранів випускаються з частотно-керованими електроприводами, що мають багато переваг в порівнянні з традиційним релейно-контакторним управлінням. Разом з тим, при дослідженні перехідних процесів кранів за допомогою багатомасових розрахункових схем рушійну (гальмівну) силу приводу часто задають у вигляді спрощених залежностей, які не дозволяють забезпечити необхідну точність розрахунків.

Вирази для визначення моменту двигуна при частотному управлінні наведено у роботах [1, 2, 3 та ін.]. Однак дуже мало публікацій, присвячених дослідженням динамічних навантажень, що діють на елементи кранів.

Приведена до ходових коліс мостового крана сила приводу при частотному управлінні визначається за виразом:

$$P_{\text{част}} = \frac{u_M}{r} \cdot \eta^{\pm 1} \cdot M = \frac{u_M}{r} \cdot \eta^{\pm 1} \cdot \frac{2 \cdot M_K \cdot (1 + a \cdot s_K)}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s} + 2 \cdot a \cdot s_K}, \quad (1)$$

де u_M - передатне число привода; r - радіус ходового колеса, м; $\eta^{\pm 1}$ - ККД механізму пересування крана; M - момент двигуна, Н·м;

M_K - критичний момент двигуна, Н·м, при частотному управлінні

$$M_K = \frac{3}{2} \cdot \frac{U_1^2}{\omega_{0H} \cdot x_{к.н} \cdot \left[f_{1*} \cdot \rho_{1к} \pm \sqrt{(f_{1*}^2 + \rho_{1к}^2) \cdot (f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2)} \right]}; \quad (2)$$

s і s_K - ковзання і критичне ковзання двигуна,

$$s_K = \pm \frac{R'_2}{f_{1*} \cdot x_{к.н}} \cdot \sqrt{\frac{f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2}{f_{1*}^2 + \rho_{1к}^2}}; \quad (3)$$

a – коефіцієнт, що визначається за формулою

$$a = \frac{R_1 \cdot f_{1*}^2}{R'_2 \cdot (f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2)}; \quad (4)$$

U_1 - поточне значення фазної напруги, В; ω_{0H} - синхронна швидкість двигуна при номінальній частоті $f_{1H} = 50$ Гц, рад/с; $x_{к.н} = x_1 + x'_2$ - індуктивний фазний опір короткого замикання при номінальній частоті $f_{1H} = 50$ Гц (x_1 і x'_2 - відповідно, індуктивний фазний опір обмоток статора і ротора, приведений до обмотки статора), Ом; $f_{1*} = f_1 / f_{1H}$ - відносна частота струму статора (f_1 і f_{1H} - поточне і номінальне значення частоти струму статора, відповідно, Гц); R_1 і

R'_2 - активний фазний опір обмоток статора і ротора, приведений до обмотки статора, Ом; $\rho_{1\kappa} = R_1/x_{\kappa\text{н}}$ и $\rho_{1\mu} = R_1/x_{\mu\text{н}}$ - відносні величини ($x_{\mu\text{н}}$ - індуктивний опір контуру намагнічування при номінальній частоті $f_{1\text{н}} = 50$ Гц, Ом).

Для забезпечення сталості перевантажувальної здатності двигуна, значення фазної напруги слід підтримувати відповідно до закону:

$$U_1 = U_{1\text{н}} \cdot \sqrt{\frac{f_{1*} \cdot \rho_{1\kappa} \pm \sqrt{(f_{1*}^2 + \rho_{1\kappa}^2) \cdot (f_{1*}^2 + \rho_{1\mu}^2)}}{\rho_{1\kappa} \pm \sqrt{(1 + \rho_{1\kappa}^2) \cdot (1 + \rho_{1\mu}^2)}}} \cdot \frac{M_c}{M_{\text{н}}}, \quad (5)$$

де M_c - момент статичного опору на валу двигуна, Н·м; $M_{\text{н}}$ - номінальний момент на валу двигуна, Н·м.

В (1)-(3) і (5) знак плюс відноситься до двигунового режиму, мінус - до генераторного. При задаванні сили приводу крана за формулою (1) з урахуванням (2)-(5) забезпечується сталість перевантажувальної здатності двигуна незалежно від характеру навантаження (постійне або змінне), що є дуже важливим стосовно механізмів пересування кранів, оскільки сила опору пересуванню може змінюватися в широких межах.

Слід зазначити, що наведені формули для розрахунку приведеної сили електроприводу крана з частотним керуванням є важливим, але не єдиним законом регулювання напруги в залежності від частоти. У роботах з асинхронного електропривода [1, 2] викладені інші закони частотного управління, які володіють достоїнствами, але їх реалізація в кранових механізмах може викликати труднощі. Залежно від закону частотного керування вираз для моменту M у формулі (1) буде мати різний вигляд.

Описана математична модель приведеної сили приводу з частотним керуванням дозволяє досліджувати перехідні процеси кранів, представлених багатомасовими розрахунковими схемами і знаходити шляхи зниження динамічних навантажень, що діють на елементи приводів і металоконструкції кранів, а також вантажі. Наприклад, в роботі [4] проведено дослідження з аналізу і зниження динамічних навантажень при розгоні мостових кранів з частотним управлінням. Разом з тим питання гальмування кранів при частотному управлінні до теперішнього часу дуже мало досліджені.

Список використаної літератури

1. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными электродвигателями / А.А. Булгаков. - М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.
2. Сандлер А.С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями / А.С. Сандлер, Р.С. Сарбатов. – М.: Энергия, 1974. – 328 с.
3. Ключев В.И. Теория электропривода / В.И. Ключев. –М.: Энергоатомиздат, 1985.– 560 с.
4. Неженцев А.Б. Динамические нагрузки при передвижении мостовых кранов с частотным управлением / А.Б. Неженцев, С.М. Аветисян, Д.В. Гонтарь // Materiály IX mezinárodní vědecko - praktická konference «Přední vědecké novinky - 2013». Díl 10. Technické vědy. Chemie a chemická technologie: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2013. – S. 24–27.