

УДК 621.873

¹П.В. Збітнєв, ²О.Б. Нєженцев, канд. техн. наук, доцент

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Україна

ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ МОСТОВОГО КРАНА З ЧАСТОТНИМ КЕРУВАННЯМ

P.V. Zbitniev, O.B. Nyezhenstev, Ph.D., Assoc. Prof.

REDUCING OF DYNAMIC LOADS DURING BRAKING OF OVERHEAD CRANE WITH FREQUENCY CONTROL

Аналіз гальмівних процесів мостових кранів з частотно-керованим електроприводом пересування показав, що в залежності від зміни таких факторів як крок зміни частоти ($h_{\text{ч}}$), час витримки на одній частоті ($T_{\text{р}}$), швидкість крана на якій відключається двигун і спрацьовує колодкове гальмо ($V_{\text{г}}$), динамічні навантаження на металоконструкцію крана $S_{\text{м}}$ і вантаж $S_{\text{к}}$, а також час гальмування крана $t_{\text{г}}$ можуть як значно знизуватися, так і істотно зростати.

З метою визначення залежностей динамічних навантажень при гальмуванні крана з частотним керуванням від вказаних факторів було проведено дослідження на прикладі мостового крана в/п 20 т, представленого у вигляді тримасової моделі, рух якої описується нелінійними диференціальними рівняннями другого порядку [1]. За допомогою теорії планування експерименту були побудовані рівняння регресії максимальних динамічних навантажень $S_{\text{м}}$ і $S_{\text{к}}$, а також часу гальмування крана $t_{\text{г}}$ при гальмуванні частотно-керованого крана за законом управління, описаним в роботі [2]. Рівні та інтервали варіювання факторів $T_{\text{р}}$, $h_{\text{ч}}$, $V_{\text{г}}$ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Рівні та інтервали варіювання факторів $T_{\text{р}}$, $h_{\text{ч}}$, $V_{\text{г}}$

Фактори	$T_{\text{р}}$, с	$h_{\text{ч}}$, Гц	$V_{\text{г}}$, м/с
Код (Z_i)	Z_1	Z_2	Z_3
Основний рівень (код 0)	0,2	1,5	0,6
Інтервал варіювання (ΔZ_i)	0,025	1,0	0,4
Верхній рівень (код +1)	0,225	2,5	1,0
Нижній рівень (код -1)	0,175	0,5	0,2
Зіркова точка (код +0,5)	0,2125	2,0	0,8
Зіркова точка (код -0,5)	0,1875	1,0	0,4

Після перевірки значимості та відкидання незначущих коефіцієнтів рівнянь регресії, були отримані наступні поліноми:

$$S_{\text{м}}^{\text{max}} = -28,2 - 5,4Z_2 + 0,6Z_3 + 1,15Z_1Z_2 + 2,3Z_2Z_3 - 8,1Z_2^2 - 0,45Z_3^2; \quad (1)$$

$$S_{\text{к}}^{\text{max}} = -13,5 + 1,25Z_1 - 6,0Z_2 - 0,5Z_3 + 0,6Z_1Z_2 - 2,2Z_2Z_3 - 1,1Z_2^2 - 0,15Z_3^2; \quad (2)$$

$$t_{\text{г}} = 6,3 + 0,8Z_1 - 5,3Z_2 - 0,7Z_3 - 0,7Z_1Z_2 - 0,3Z_1Z_3 + 1,6Z_2Z_3 + 4,26Z_2^2; \quad (3)$$

де Z_1 , Z_2 , Z_3 – кодовані значення факторів, відповідно, $T_{\text{р}}$, $h_{\text{ч}}$, $V_{\text{г}}$.

Рівняння регресії (1-3) дозволяють досліджувати вплив кожного з факторів і їх взаємодію на максимальні динамічні навантаження і тривалість перехідного процесу. На рис. 1 показано типові графіки залежності максимальних динамічних навантажень на металоконструкцію крана $S_{\text{м}}$ і вантаж $S_{\text{к}}$ від кроку зміни частоти $h_{\text{ч}}$ частотного перетворювача при різних значеннях витримки на одній частоті $T_{\text{р}}$ та швидкості крана на якій відключається двигун і спрацьовує колодкове гальмо $V_{\text{г}}$.

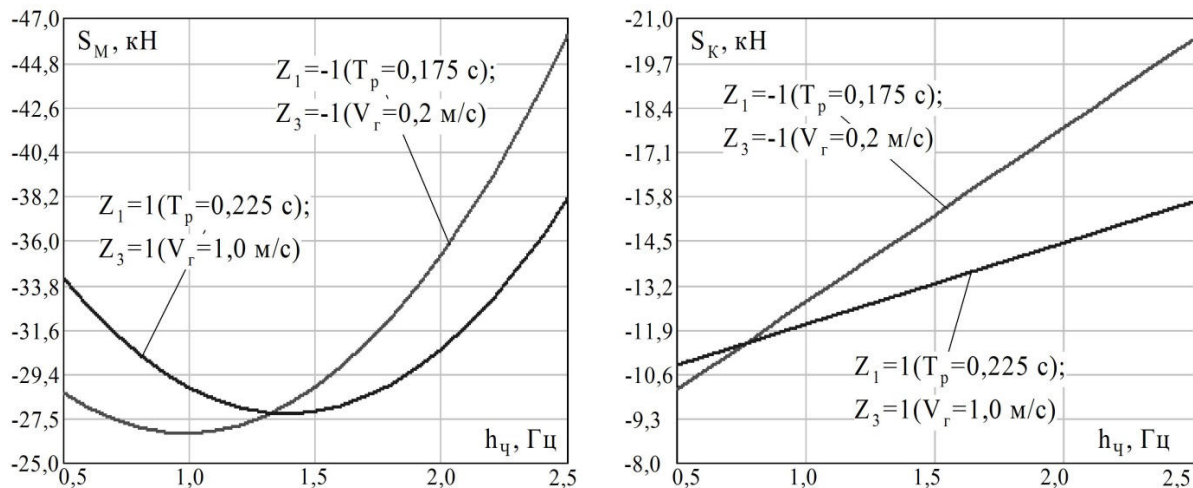


Рис. 1 Залежність максимальних горизонтальних динамічних навантажень S_M та S_K від кроку зміни частоти $h_ч$ частотного перетворювача

Аналіз результатів проведених досліджень дозволив зробити висновки:

- при збільшенні кроку зміни частоти $h_ч$ динамічні навантаження S_M можуть зростати більше ніж на 60%, а S_K – вдвічі. При цьому час гальмування крана t_r зменшується більше ніж в чотири рази;

- зі збільшенням часу витримки на одній частоті T_p навантаження S_M і S_K та час гальмування крана t_r можуть як знижуватися (при великому кроці зміни частоти $h_ч$), так і зростати (при маленькому кроці зміни частоти $h_ч$) більше ніж на 20%;

- вмикання колодкового гальма при різних швидкостях пересування мостового крана може як збільшувати максимальні динамічні навантаження S_M і S_K так і зменшувати їх в залежності від величини кроку зміни частоти $h_ч$. Це пояснюється тим, що при великому кроці зміни частоти $h_ч$ двигун розвиває середній гальмівний момент, більший, ніж момент колодкового гальма, а при маленькому кроці – менший.

- для зниження рівня максимальних динамічних навантажень на металоконструкцію крана S_M і вантаж S_K при гальмуванні частотно-регульованим приводом пересування мостового крану необхідно: встановлювати крок зміни частоти $h_ч$ в інтервалі 1 - 1,25 Гц; час роботи частотного перетворювача (час витримки на одній частоті T_p) в процесі гальмування повинен наближатися до максимально можливого.

Література

1. Будиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа: Монография: – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, изд. 2-е, 2003. – 210 с.

2. Збітнєв П.В. Математична модель приведеної сили електропривода крана з частотним управлінням / П.В. Збітнєв, О.Б. Неженцев // Тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді - машинобудуванню». Секція «Машинобудування», підсекція «Прикладна механіка». – К: НТТУ «КПІ», 2016. – С. 23-25.