

УДК 621.313

О. І. Толочко, д-р техн. наук,
Д. В. Бажутін

ВПЛИВ НЕТОЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ КАНАТУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАСІННЯ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ

Анотація. Наведено аналіз впливу неточного визначення довжини канату на процес гасіння коливань вантажу. Розглянуто вплив зміни довжини канату внаслідок роботи підйомного механізму під час горизонтального руху візка мостового крану на процес гасіння коливань.

О. И. Толочко, д-р техн. наук,
Д. В. Бажутин

ВЛИЯНИЕ НЕТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ КАНАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА

Аннотация. Приведен анализ влияния неточного определения длины каната на процесс гашения колебаний груза. Рассмотрено влияние изменения длины каната вследствие работы подъемного механизма во время горизонтального движения тележки мостового крана на процесс гашения колебаний.

Olga I. Tolochko, Professor,
Denys V. Bazhutin

THE IMPACT OF UNCERTAINTY ABOUT THE LENGTH OF ROPE THE EFFECTIVENESS OF VIBRATION LOAD.

Abstract. The analysis of inaccurate cable length estimation influence on load swing damping is presented. The influence of cable length alteration due to hoist mechanism operation during overhead crane trolley horizontal movement on load swing damping is considered.

Кранові установки, виконуючи транспортувальну функцію, є невід'ємною частиною багатьох сучасних виробничих процесів. Суттєвою проблемою при переміщенні вантажів за допомогою кранових установок, в тому числі і мостових кранів, є виникнення коливань вантажу, які погіршують енергетичні показники і надійність приводу, збільшують час циклу роботи та можуть призводити до аварійних ситуацій. Тому необхідно передбачувати міри щодо гасіння цих коливань.

Одним із засобів гасіння коливань вантажу є застосування специфічних тахограм пересування візка з розгоном у три етапи (розгін, підгальмування, розгін до усталеної швидкості) та відповідним триетапним гальмуванням [1, 2, 3]. При цьому можливо підтримувати на постійному рівні протягом кожного окремого етапу або момент двигуна, або його прискорення. Підтримувати на постійному рівні момент можливо в системах із зовнішнім контуром моменту, в той час як постійне значення прискорення можна забезпечити лише в системах, замкнених за швидкістю та (або) за положенням візка. Спільним недоліком перерахованих законів керування є необхідність точно знати довжину канату, що не завжди є можливим.

Метою досліджень є оцінка впливу похибок у визначенні довжини канату або зміни довжини канату в процесі пересування вантажу на ефективність гасіння його коливань.

При виведенні законів керування вважається, що довжина канату в процесі руху залишається незмінною, при чому її значення є відомим.

Виходячи з цього, розраховуються тривалості ділянок розгону та гальмування. Якщо довжину канату визначено точно, гасіння коливань вантажу здійснюватиметься ефективно. Проте точне визначення довжини канату пов'язано із додатковими складнощами, а тому не завжди є можливим.

Похибка у визначенні довжини канату призводить до невірної розрахунку тривалості окремих ділянок діаграми розгону та гальмування, що погіршує якість гасіння коливань. Результати моделювання при похибці ± 1 м при різних значеннях початкової довжини канату наведено на рис. 1.

З рис. 1 видно, що амплітуда залишкових коливань залежить не від абсолютної, а від відносної похибки визначення довжини канату. До того ж, амплітуда цих коливань є більшою у випадках, коли дійсне значення довжини канату є меншим за те, яке використано при розрахунку.

На графіках можна спостерігати відхилення ліній прискорення і швидкості вантажу від ідеалізованого випадку. Це пов'язано з тим, що довжина канату входить до параметрів регулятора швидкості, передавальну функцію якого наведено у [3] в такому вигляді:

$$W_{Rv}(s) = \frac{(M + m)}{2T_{\mu}} \cdot \frac{T_2^2 s^2 + 1}{T_1^2 s^2 + 1}, \quad (1)$$

де T_{μ} – мала некомпенсована стала часу, M – маса візка, m – маса вантажу,

$$T_1 = \sqrt{\frac{L}{g}}, \quad T_2 = \sqrt{\frac{LM}{g(M + m)}}, \quad (2)$$

L – довжина канату.

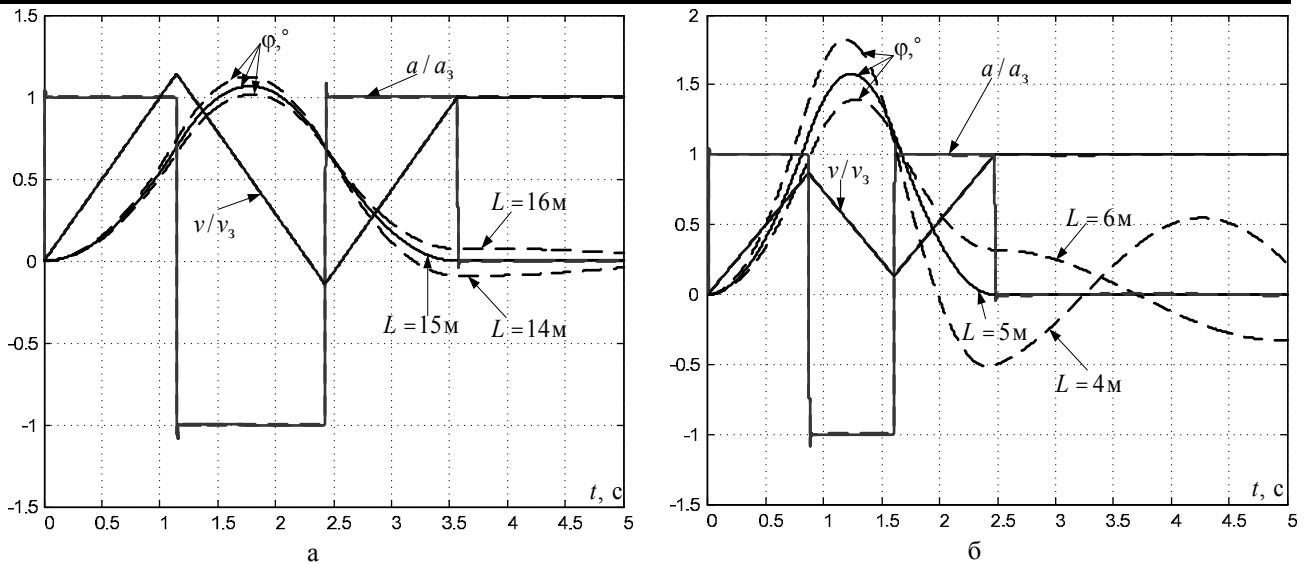


Рис. 1. Графіки при точному (суцільні лінії) та помилковому (штрихові лінії) визначенні довжини канату

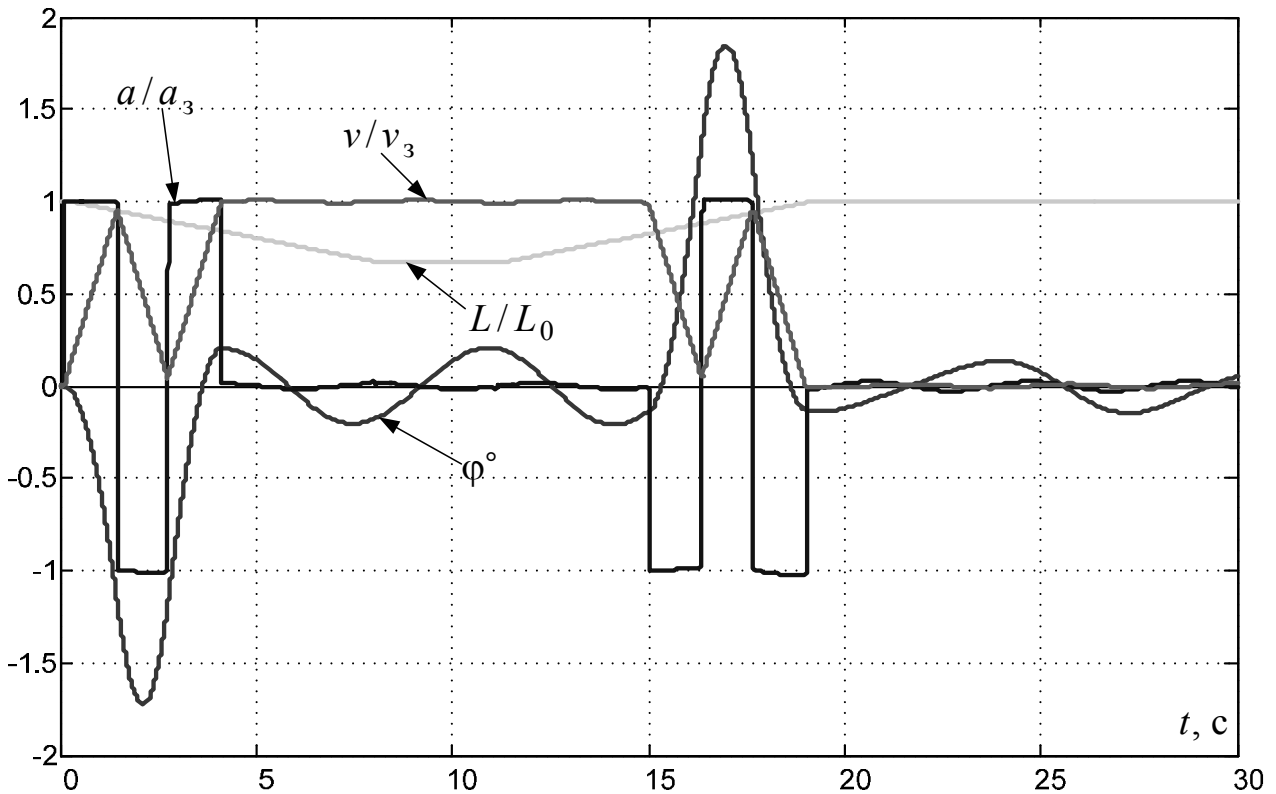


Рис. 2. Графіки перехідних процесів при зміні довжини канату в процесі руху візка

Цікавий також випадок зміни довжини канату під час руху візка внаслідок роботи підйомного механізму. Для моделювання застосуємо структурну модель, запропоновану в [6], яку створено за системою диференціальних рівнянь, наведених у (3). Результати моделювання при зменшенні та збільшенні довжини канату за лінійним законом наведено на рис. 2.

З графіків видно, що при значній зміні довжини канату, амплітуда залишкових коливань буде достатньо суттєвою, а тому таким явищем не можна нехтувати. Амплітуда залишкових коливань залежить від

багатьох факторів. Отже при зміні довжини канату або при невірному її визначенні закон керування рухом візка потребує удосконалення.

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dv_x(t)}{dt} &= \frac{1}{M+m} \left[F_x(t) - m \left(L(t) \frac{d\omega(t)}{dt} \cos\varphi(t) - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - L(t)\omega^2(t) \sin\varphi(t) - \frac{dv_{y'}(t)}{dt} \sin\varphi(t) - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - 2v_{y'}(t)\omega(t) \cos\varphi(t) \right) \right], \\ \frac{d\omega(t)}{dt} &= -\frac{1}{L(t)} \left[\frac{dv_x(t)}{dt} \cos\varphi(t) + g \sin\varphi(t) - 2v_{y'}(t)\omega(t) \right], \\ \frac{dv_{y'}(t)}{dt} &= \frac{F_{y'}(t)}{m} + \frac{dv_x(t)}{dt} \sin\varphi(t) - L(t)\omega^2(t) - g \cos\varphi(t), \\ \frac{dx(t)}{dt} &= v_x(t), \\ \frac{d\varphi(t)}{dt} &= \omega(t), \\ \frac{dL(t)}{dt} &= -v_{y'}(t). \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Висновки:

1. Похибка визначення довжини канату призводить до погіршення якості гасіння коливань вантажу. При цьому амплітуда залишкових коливань залежить від відносної похибки визначення довжини, а залишкові коливання є більш суттєвими у тому випадку, коли розрахункове значення довжини канату є більшим за дійсне.

2. Амплітуда залишкових коливань, зумовлених зміною довжини канату під час горизонтального переміщення вантажу внаслідок роботи підйомного механізму, залежить від багатьох факторів. Вона може збільшитися, або зменшитися після гальмування візка.

Список використаної літератури

1. Герасимьяк Р.П. Анализ и синтез крановых электромеханических систем /Р.П. Герасимьяк, В.А. Лещев. – Одесса: СМІЛ, 2008. – 191 с.
2. Толочко О.И. Сравнительный анализ методов гашения колебаний груза, подвешенного к механизму поступательного движения мостового крана / О.И.Толочко, Д.В.Бажутин //Електромашинобуд. та електрооблад. – К.: Техніка. – 2010. – № 75. – С.22-28.
3. Толочко О.І. Обмеження швидкості електропривода візка мостового крану при розгоні у три етапи / О.І.Толочко, Д.В.Бажутін// Вісн. Кременчуцьк. держ. ун-ту ім. М. Остроградського – Кременчук: КДУ. – 2010. – Вип. 4/2010 (63). – Ч.1. – С. 24-27.
4. Толочко О.І. Закон керування електроприводом візка мостового крану із розгоном у три етапи та варіацією прискорення / О.І.Толочко, Д.В.Бажутін // Вісн. Нац. техн. ун-ту «ХПІ». – Харків: – 2010. – № 28. – С. 60-62.
5. Толочко О.І. Розробка моделей мостового крану із урахуванням зміни довжини канату / О.І.Толочко, Д.В.Бажутін / Наук. пр. Донецьк.нац. техн. ун-ту. Серія: “Ел.техніка і енергетика”. – Вип. 11 (186). – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ». – 2011. – С. 388-391.

6. Buch A. Optimale Bewegungssteuerung von schwingungsfähigen mechatronischen Systemen mit zwei Freiheitsgraden am Beispiel eines Krans mit Pendelnder Last und elastischer Mechanik / A.Buch – Magdeburg, 1999. – 250 p.

Отримано 19.07.2011



Толочко Ольга Іванівна,
д-р техн. наук, зав. каф.
«Ел.привод і автоматизація
промислових установок» До-
нецьк. нац. техн. ун-ту
tolochko_oi@mail.ru



Бажутін Денис
Володимирович,
асп. каф. «Ел.привод і автома-
тизація промислових устано-
вок» Донецьк. Нац. техніч. ун-
ту
denys.bazh@gmail.com