

Свіргун В.П.,

Національний технічний університет
«ХПІ»

E-mail: svirgun.v@gmail.com

Свіргун О.А.

Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка

E-mail: dmolga1963@gmail.com

**ПРОБЛЕМИ, ЩО ВИКЛИКАЮТЬ ПРИ
АВТОМАТИЗАЦІЇ
КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ**

УДК 621.873

DOI 10.37700/ts.2020.21.92-96

Свіргун В.П., Свіргун О.А. «Проблеми, що викликають при автоматизації кранів мостового типу»

З розвитком мікропроцесорної техніки поступово почалося застосування її на самих різноманітних вантажопідійомних машинах. В кожному випадку мета, що переслідується може бути різною. Це і покращення техніко-економічних показників машини, і покращення безпеки робіт і умов праці персоналу, що експлуатують їх, також може бути підвищення виробності перевантажувальних робіт тощо. Для деяких вантажопідійомних машин перехід на автоматичний режим роботи пов'язано зі значними труднощами, такі як агресивна середа експлуатації, під час величезні розміри самої машини, але головною перешкодою для застосування мікропроцесорної техніки для кранів мостового типу є наявність гнучкого підвісу вантажу. Це призводить до виникнення під час руху значних коливань вантажу і робить задачу наведення його на ціль вельми складною. Тому є потреба в розробці програмного забезпечення для мікропроцесора, яке дозволить не тільки перемістити вантаж у зазначене місце, а і повністю усунути його коливання після зупинки крану в автоматичному режимі. Суттєва різниця запропонованих авторами алгоритмів керування полягає в тому, що досягнуто значне скорочення у часі перевантажувального циклу, що дасть можливість вийти на максимальну виробність крану

Ключові слова: кран, керування, гасіння коливань вантажу, мікроконтролер, виробність крана.

Свиргун В.П., Свиргун О.А. «Проблемы, возникающие при автоматизации кранов мостового типа»

С развитием микропроцессорной техники постепенно началось применение ее на самых различных грузоподъемных машинах. В каждом случае цель, преследуемую может отличаться. Это улучшение технико-экономических показателей машины, улучшение безопасности работ и условий труда персонала, также может быть повышение производительности перегрузочных работ и тому подобное. Для некоторых грузоподъемных машин переход на автоматический режим работы связан со значительными трудностями, такими как агрессивная среда эксплуатации, большие размеры самой машины, но главным препятствием в применении микропроцессорной техники для кранов мостового типа является наличие гибкого подвеса груза. Это приводит к возникновению во время движения значительных колебаний груза и делает задачу наведения его на цель весьма сложной. Поэтому есть необходимость в разработке программного обеспечения для микропроцессора, которое позволит не только переместить груз в указанное место, а и полностью устранить его колебания после остановки крана в автоматическом режиме. Существенным отличием предложенных авторами алгоритмов управления является достижение значительного сокращения времени перегрузочного цикла, что позволит выйти на максимальную производительность крана

Ключевые слова: кран, управление, гашение колебаний груза, микроконтроллер, производительность крана.

V.P. Svirgun, O.A. Svirgun "Problems caused by the automation of bridge cranes"

With the development of microprocessor technology gradually began to use it on a variety of lifting machines. In each case, the goal may be different. It is to improve the technical and economic performance of the machine, and improve the safety of work and working conditions of personnel operating them, can also be to increase the productivity of handling work and so on. For some lifting machines, the transition to automatic mode is associated with significant difficulties, such as an aggressive operating environment, during the huge size of the machine itself, but the main obstacle to the use of microprocessor technology for bridge cranes is the flexible suspension. This leads to significant oscillations of the load during movement and makes the task of aiming it at the target very difficult. Therefore, there is a need to develop software for the microprocessor, which will not only move the load to the specified location, but also completely eliminate its oscillations after stopping the crane in automatic mode. A significant difference between the control algorithms proposed by the authors is that a significant reduction in the time of the overload cycle is achieved, which will allow to reach the maximum performance of the crane.

Keywords: crane control, microcontroller, vibration damping load, crane performance

Вступ

В даній статті пропонується порівняльний аналіз декількох оригінальних алгоритмів вирішення проблеми усунення коливань вантажу після зупинки крану у зазначеному місці. Одночасно ставилась мета максимально скоротити тривалість перевантажувального циклу. Деякі з цих алгоритмів вже апробовані на практиці і можуть бути запропоновані до широкого використання на автоматизованих кранах вже зараз. Зазначені перспективні напрямки подальшого удосконалення якості процесу управління краном. Отримані результати дадуть значний економічний ефект на перевантажувальних роботах високої інтенсивності: в портах, складах тощо.

Актуальність проблеми

Актуальність оснащення кранів мікропроцесорною технікою і переходу в автоматичний режим управління не викликає сумнівів. Кран - машина циклічної дії, він часто експлуатується у важких умовах. Є необхідність інтенсифікації перевантажувальних робіт, тому автоматизація крану буде якісним ривком, що призведе до значного підвищення виробності крану, підвищення безпеки перевантажувальних робіт, якісні зміни умов роботи оператора крану.

Зворотною стороною вирішення цієї задачі є суттєві проблеми, які виникають під час її реалізації.

Перша перешкода, яку обов'язково треба подолати - це забезпечення стовідсоткової надійності роботи мікропроцесорної техніки в жорстких умовах її експлуатації: це і кліматичні умови (-30 - +60°C), вібрації, сильні електромагнітні поля, нестабільна електрична мережа, великі відстані між елементами керування. Багато з цих проблем відпадають, якщо використовувати елементну базу кращих світових виробників мікропроцесорної техніки, що, звісно, коштуватиме немало. Якщо немає впевненості у надійності придбаного обладнання, то треба не пожаліти часу і зусиль на стадії програмування, спробувати описати по можливості всі ймовірні нештатні ситуації, що можуть виникнути під час експлуатації і чітко прописати, що контролер має зробити у випадку їх виникнення. І цю частину програмного забезпечення прийдеться постійно оновлювати, враховуючи досвід експлуатації. Треба завжди пам'ятати, що об'єктом керування є багатотонна машина і навіть один збій системи може призвести до катастрофічних наслідків. Тому при переході у повністю автоматизований цикл роботи крану, присутність досвідченого оператора крану є обов'язковим, як наглядовий орган системи.

Друга і найголовніша проблема, яка притаманна при автоматизації кранів - це наявність гнучкого підвісу вантажу. Вже сказано, що кінцева мета цього проекту це підвищення виробності крану, що вимагає експлуатувати його на максимальних швидкостях. Наслідком цього безперечно виникнуть суттєві коливання вантажу, які досить повільно затухатимуть після зупинки крану. Як правило, точка завантаження (розвантаження) має досить обмежені габарити (трюм судна, вагон, бункер тощо). Чекати поки коливання вантажу самі ущухнуть - не варіант. Для ефективної роботи крану треба повністю усунути коливання вантажу наприкінці циклу. Підказкою як це зробити є робота досвідченого кранівника у ручному режимі. Він, керуючись своїм досвідом, постійно змінює швидкість крану (візка) і досягає своєї мети. Деякі кранівники роблять це просто віртуозно. Хоч треба зазначити, що така робота вимагає від нього суцільного зосередження своєї уваги на процесі керування і, як наслідок, призводить до швидкого втомлення і помилок. На "стаєрській дистанції", наприклад, протягом зміни просто неможливо забезпечити максимальну виробність крану шляхом ручного керування. Нерідко помилки в керуванні призводять до різного роду зіткнень. Тому, основну увагу при автоматизації крану треба приділити вирішенню проблеми розробки оптимальних за швидкодійністю засобів керування.

Аналіз останніх досліджень

Оскільки цією проблемою займаються досить давно, то усунення коливань вантажу можна сказати - проблема вирішена багатьма авторами. Вже зараз у світі експлуатується багато автоматизованих кранів з управлінням від мікропроцесору, але залишається не до кінця вирішеною задачею досягнень максимальної швидкодійності. Наприклад, переважна більшість автоматизованих кранів, що вже експлуатуються, застосовують відомий алгоритм усунення коливань, що передбачає розгін (гальмування) з постійним прискоренням протягом часу, що дорівнює періоду вільних коливань вантажу. Це безперечно з математичної точки зору бездоганний алгоритм, але він ніколи не дасть максимальної виробності крану, тому що вада закладена в саму формулу періоду вільних коливань, яка, як відомо, містить тільки один суттєвий параметр - довжина канату. Тому при збільшенні довжини канату, на якій здійснюється перевантажувальний цикл - збільшується період коливань і, як наслідок, збільшується час розгону (гальмування), збільшується тривалість циклу, зменшується виробність крану. Тим більше, цей спосіб усунення коливань вантажу передбачай, що перед початком гальмування вантаж висить на канаті і не коливається. Тому треба обов'язково усунути коливання при розгоні, в чому не має потреби по технології і на це треба згаяти деякий час. Ще одна вада в цьому алгоритмі - він зовсім неприйнятний для застосування на невеликих відстанях між точками завантаження і розвантаження. Тому що, в цьому випадку процес розгону крану "налізе" на процес гальмування крана з ненульовими фазовими координатами.

Формулювання мети дослідження

Проаналізувавши весь попередній досвід вирішення поставленої проблеми, можна окреслити найбільш перспективний напрямок подальших досліджень - відмовитися від усунення коливань при розгоні (до речі, кранівники з досвідом цього і не роблять), розгін має бути з максимально можливим прискоренням, а всю увагу сконцентрувати на етапі гальмування, пам'ятаючи, що перед його початком коливання вантажу значні і фаза коливань може бути будь-яка. Звісно, це значно ускладнює задачу з математичної точки зору, але саме цей напрямок дасть вирішення задачі - досягти максимальну виробність крану.

Результати досліджень

Автори досліджували цю проблему багато років [1-3]. Наслідком цього була складена програма для ПК. Програма є досі універсальною, тому що вона може бути застосована до будь-якої кранової системи типу "візок-канат-вантаж". Початковими параметрами для роботи програми є: маса крану (візка), маса вантажу, довжина канату, швидкість візка при сталому русі, рушійне та гальмівне зусилля, відстань, на яку потрібно перемістити вантаж. Також можливе поєднання руху візка і зміни довжини канату. Тоді треба додати ще такі параметри; початок зміни довжини канату, швидкість і час підйому (опускання) вантажу. На виході отримуємо як змінюються у часі основні параметри руху крану при оптимальному керуванні, а саме: пересування візка і вантажу, швидкість пересування візка і вантажу, а також відхилення вантажу від вертикальної осі, що проходить через точку підвісу. Математична складова пошуку оптимального рішення має аналітичний характер і побудована на методі фазової площини. Це дозволило отримати результат з великою точністю, яку можна задати перед початком роботи програми. Чисельні методи застосовувались тільки у випадку зміни довжини канату під час руху. Програма була випробувана на талі вантажопідйомністю 0,5 т, мостовому крані вантажопідйомністю 5 т, на декількох макетах кранів. Експеримент довів ефективність розробленого способу усунення коливань вантажу. Програма майже не має обмежень у застосуванні. Наприклад, вище було зазначено, що вже класичний алгоритм неможливо використовувати при невеликій відстані між точками завантаження та розвантаження. В нашому підході це не проблема, тому що

розгін – банальний, без усунень коливань вантажу і може перейти у будь-який час в фазу гальмування, просто буде відсутній етап сталого руху.

Подальші дослідження виявили нові можливості підвищення виробності крану при автоматичному керуванні. Одна з них - це підвищення швидкості сталого руху крану, а можливо і взагалі зняти обмеження на швидкість пересування точки підвісу. У цьому випадку буде всього два етапи: розгін крану з максимальним прискоренням і гальмування з усуненням коливань вантажу та точним позиціонуванням крану.

Також при дослідженні процесу оптимального гальмування при різних початкових фазових координатах була знайдена можливість зовсім не перемикати управління на зворотне (ділянка розгону при усуненні коливань буде відсутня), але це можливо тільки для конкретних значеннях головних параметрів: довжини канату і відстані, на яку має бути переміщений вантаж. Такий алгоритм можна реалізувати для фіксованої точки завантаження і розвантаження. Ефективність такого алгоритму – максимальна, перевантажувальний цикл буде складатися всього з трьох етапів розгін з максимальним прискоренням, сталий рух і гальмування, теж з максимальним прискоренням. Кількість перемикаць управління – мінімальна, що зменшить навантаження на привод. При цьому, цикл закінчується повним усуненням коливань вантажу і точним позиціонуванням. Навіть найдосвідченіший кранівник не зможе повторити такий перевантажувальний цикл у ручному режимі. Більше того, на невеликих відстанях між місцем завантаження і розвантаження може залишитися тільки два етапи: розгін і гальмування. Це може бути на практиці, наприклад, трюм судна і вагон. Але, поки що, цей алгоритм не пройшов перевірку експериментальними дослідженнями.

Наприкінці, треба зазначити, що розглянутий в даній статті проект може бути цікавим для фахівців з мікропроцесорної техніки, тому що є безліч технічних варіантів, як реалізувати на практиці оптимальні закони керування краном. Тому автори цієї статті запрошують відповідних фахівців з мікропроцесорної техніки до співпраці.

Більш детально по кожному з приведених алгоритмів висвітлено у попередніх роботах авторів [3,4,5]. А тут дамо, як приклад, тільки один рисунок найбільш типового процесу пересування крана при оптимальному керуванні. До речі, саме цей варіант алгоритму був реалізований на мостовому грейферному крані вантажопідйомністю 5т у місті Харкові. На рисунку приведено, як змінюються у часі основні параметри крану при оптимальному керуванні, а саме: Y_1 – пересування візка, Y_2 – швидкість візка, Y_4 – швидкість вантажу і Δ – відхилення вантажу від вертикальної осі, що проходить через точку підвісу. Беззаперечно доведено відсутність коливань вантажу, коли візок зупинився у зазначеному місті.

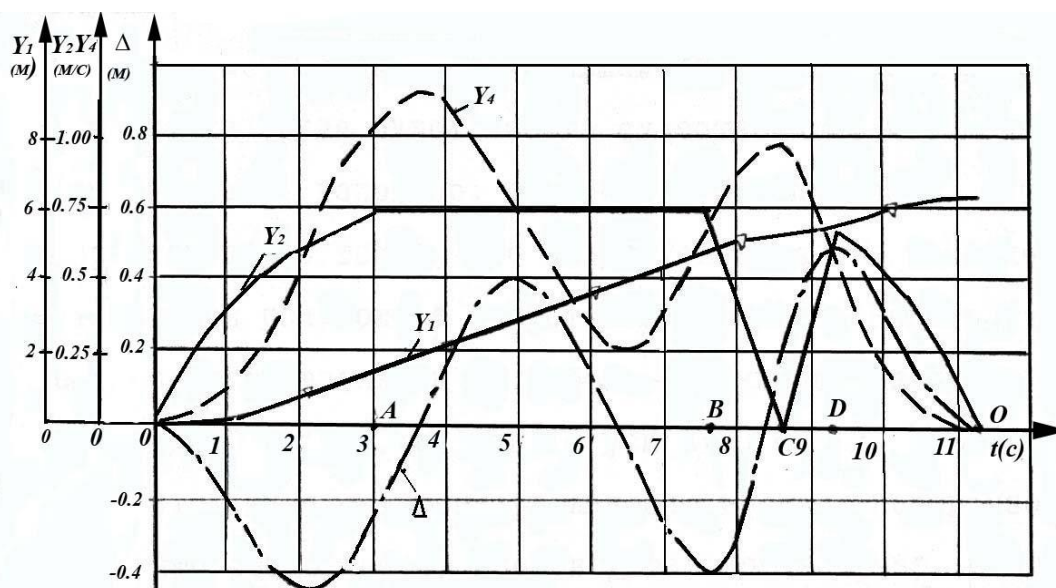


Рис. 1. Графіки перехідних процесів

Висновки

Розроблені алгоритми автоматичного управління краном з гнучким підвісом вантажу кращі за існуючі завдяки скорочення тривалості перевантажувального циклу до мінімуму.

Список використаних джерел

1. Свиргун В.П. Повышение производительности технологических кранов путем оптимального управления движением/ Григоров О.В., Свиргун В.П. / Машиноведение. - 1986.- №6.-с.32-36.
2. Свиргун В.П. Повышение производительности крана путем увеличения его скорости передвижения с одновременным устранением колебаний груза и точным позиционированием./ Свиргун В.П., Свиргун О.А./ Труды 15-й Международной научно-технической конференции «Физические и компьютерные технологии», Х.:ХНПК «ФЭД», 2009 - С.324-328.
3. Свиргун В.П. Улучшение качества управления краном с минимизацией времени перегрузочного цикла/ Свиргун В.П., Свиргун О.А. / Вісник СевНТУ. Вип. 133: Сер. Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. - Севастополь: Вид. СевНТУ, 2012 - С. 34–36.
4. Свиргун В.П. Квазиоптимальный закон управления крановой тележкой/ Свиргун В.П., Свиргун О.А. / Вісник СевНТУ. Вип. 137: Сер. Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. - Севастополь: Вид. СевНТУ, 2013 - С. 96-98.
5. Свиргун В.П. Порівняння різних способів керування мостовим автоматизованим краном/ Свиргун В.П., Свиргун О.А./ Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Фізичні та комп'ютерні технології» – Д. : ЛІРА, 2016 - С. 283-286.

References

1. Svirgun V.P. Increasing the productivity of technological cranes by means of optimal motion control / Grigorov O.V., Svirgun V.P. / Machine Science. - 1986.- No. 6.-p.32-36.
2. Svirgun V.P. Increasing the productivity of the crane by increasing its speed of movement with the simultaneous elimination of fluctuations of the load and accurate positioning. / Svirgun V.P, Svirgun O.A / Proceedings of the 15th International Scientific and Technical Conference " Physical and computer technologies ", Kh.: KhNPK" FED ", 2009 - P.324-328.
3. Svirgun VP Improving the quality of crane control with minimization of the reloading cycle time / Svirgun V.P, Svirgun O.A / Visnik SevNTU. Vip. 133: Ser. Me-khanika, energy, ecology: zb. sciences. pr. - Sevastopol: View. SevNTU, 2012 - pp. 34–36.
4. Svirgun V.P. Quasi-optimal control law of a crane trolley / Svirgun V.P., Svirgun O.A. / Visnik SevNTU. Vip. 137: Ser. Mechanics, energetics, ecology: zb. sciences. pr. - Sevastopol: View. SevNTU, 2013 - pp. 96-98.
5. Svirgun V.P. Rivnyannya of new ways of keruvannya paving with an automated crane / Svirgun V.P., Svirgun O.A / Materials of the XXII International Scientific and Practical Conference "Physical and Computer Technologies" - D.: LIRA, 2016 - pp. 283-286.