

УДК 693.542.52-868

*І.І. Назаренко, д.т.н. професор КНУБА,
Ю.О. Баранов, к.т.н. доцент КНУБА,
І.М. Кравченко, асистент КНУБА,
М.О. Клименко, асистент КНУБА,
В.А. Басараб, інженер*

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ НИЗЬКОЧАСТОТНОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ВІБРОМАШИНИ

Вступ. Постановка задач досліджень. Електромагнітні збудники знайшли значне застосування у вібраційних машинах виробничого призначення. До їх переваг можна віднести: простота конструкції, відсутність пар обертання та тертя, підвищена надійність, відсутність необхідності у періодичному змащуванні, заміні зношених частин, можливість плавного регулювання амплітуди коливань.

Застосування електромагнітного збудника в якості електроприводу ударно-вібраційних машин, що працюють на понижених частотах і реалізують складні режими взаємодії з середовищем (супергармонійний, поліфазний та ін.) підтверджує ефективність їхнього використання. Дослідження динаміки руху цих машин є достатньо ґрунтовними [1,3,6]. Основним критерієм ефективності роботи машини є максимальна передача енергії від робочого органу до середовища за умов мінімальних непродуктивних витрат енергії, мінімально можливої тривалості циклу, отримання виробу високої якості, а також збереження високої надійності машини. В умовах проектування нових конструкцій машин ефективна реалізація даного критерію є неможливою без врахування особливостей поведінки машини в умовах взаємодії з багатокомпонентним середовищем зі змінними в процесі роботи параметрами.

Дослідження ефективності полічастотного впливу робочого органу вібромашини на бетонну суміш присвячено багато праць [2,3,5,7]. Практичне впровадження зазначеного принципу в основному зводиться до створення такої конструкції машини в якій присутні різночастотні генератори коливань. Тоді в бетонній суміші генерується складний спектр коливань, завдяки чому і досягається ефект підвищення якості ущільнення.

Враховуючи вищенаведене, задачею досліджень є розробка системи керування електромагнітним збудником коливань, яка надасть можливість ефективно, за умов мінімальних непродуктивних втрат енергії забезпечувати низькочастотний режим роботи машини, а також можливість програмування керуючих параметрів для реалізації змінних режимів віброущільнення.

Методика та результати досліджень. При розрахунках вібраційних ущільнюючих машин обов'язково виникає необхідність оцінки впливу бетонної суміші на динаміку машини, що потребує розглядати машину та бетонну суміш як єдину динамічну систему. Виходячи із цієї тези в роботах [3,6] рівняння руху вібраційної системи “машина-середовище” склалися відповідним поєднанням реактивного та активного опорів машини і середовища, визначаючи таким чином загальний опір.

Для визначення коефіцієнта реактивного опору в умовах несиметричного ударно-вібраційного навантаження пропонуються залежності [3]:

За умови $0 \leq t \leq \tau_1$

$$m'_c = \frac{2\rho S(\alpha_1 sh 2\alpha_1 h + \beta_1 \sin 2\beta_1 h)\tau_1}{(\alpha_1^2 + \beta_1^2)(ch 2\alpha_1 h + \cos 2\beta_1 h)(\tau_1 + \tau_2)}; \quad (1)$$

За умови $\tau_1 \leq t \leq T$

$$m'_c = \frac{2\rho S(\alpha_1 \operatorname{sh} 2\alpha_1 h + \beta_1 \sin 2\beta_1 h)\tau_2}{(\alpha_1^2 + \beta_1^2)(\operatorname{ch} 2\alpha_1 h + \cos 2\beta_1 h)(\tau_1 + \tau_2)}; \quad (2)$$

Запропонована ідея зведення складних гібридних систем до системи з кінцевим числом ступіней вільності може бути реалізована для будь-яких умов взаємодії вібраційної машини з оброблюваним середовищем, що і враховано в даній роботі.

Використовуючи рівняння (1), (2) та застосовуючи методику [3] були складені рівняння руху, визначені параметри та складені структурна схема блока управління приводом віброзбудника (рисунок 1).

Тиристорний комутатор – 1 підключений до мережі змінного струму напругою 220/380 В частотою 50 Гц.

Електромагніти зі схемою демпфування – 2 підключені до тиристорного комутатора.

Також передбачена схема примусової комутації струму в силових тиристорах. Для визначення положення ударника та запуску схеми управління використовується безконтактний датчик положення КВД–6М- 3, або датчик Холла.. Для узгодження датчика положення та схеми управління використовується перетворювач рівня – 4. Пульт управління - 5, логічний блок - 6, контролер – 7 та підсилювач управляючих імпульсів - 8. Блок – 6 виконує логічні функції відповідно “І” та “АБО”. В якості генератора тактових імпульсів використовується вбудований таймер з кварцевим резонатором, необхідний для роботи підсилювача сигналів – 8, побудованому на імпульсних трансформаторах та для забезпечення гальванічної розв'язки.

Схема управління, що побудована на базі сучасного контролера PIC 16C47, в якій технічні параметри є наступними.

PIC16CXX - це 8-розрядні мікроконтролери з RISC архітектурою, вироблені фірмою Microchip Technology. Це сімейство мікроконтролерів відрізняється низькою ціною, низьким енергоспоживанням і високою швидкістю. Мікроконтролери мають вбудоване ППЗП програми, ОЗУ даних і випускаються в 18, 28 й 40 вивідних корпусах.

PI OTP - це однократно програмовані користувачем контролери, призначені для повністю тестованих і закінчених виробів, у яких не буде відбуватися подальших змін коду.

Для виробів, програма яких може мінятися, або містить які-небудь змінні частини, таблиці, параметри калібрування, ключі і т.і., випускається контролер що може бути перепрограмований PIC16C84.

Мікроконтролери сімейства PIC мають дуже ефективну систему команд, що складає всього з 35 інструкцій. Всі інструкції виконуються за один цикл, за винятком умовних переходів і команд, що змінюють програмний лічильник, які виконуються за 2 цикли. Один цикл виконання інструкції складається з 4 періодів тактової частоти. Таким чином, при частоті 4 МГц, час виконання інструкції становить 1 мксек. Кожна інструкція складається з 14 біт, що діляться на код операції й операнд (можлива маніпуляція з регістрами, ячейками пам'яті й безпосередніх даних).

Висока швидкість виконання команд в PIC досягається за рахунок використання двухшинної Гарвардської архітектури замість традиційної одношинної Фон-Неймановської. Гарвардська архітектура ґрунтується на наборі регістрів з розділеними шинами й адресним простором для команд і для даних. Набір регістрів означає, що всі програмні об'єкти, такі як порти введення-виведення, ячейки пам'яті й таймер, являють собою фізично реалізовані апаратні регістри.

Пам'ять даних (ОЗУ) для PIC16CXX має розрядність 8 біт, пам'ять програм (ППЗУ) має розрядність 12 біт для PIC16C5X й 14 біт для PIC16CXX. Використання Гарвардської архітектури дозволяє досягти високої швидкості виконання бітових, байтових і реєстрових операцій. Крім того, Гарвардська архітектура допускає конвеєрне виконання інструкцій, коли одночасно виконується поточна інструкція й зчитується наступна. У традиційній же

Фон-Неймановській архітектурі команди й дані передаються через одну поділювану або мультиплексивну шину, тим самим обмежуючи можливості конвеєризації.

Отже, внутрішні фізичні й логічні компоненти, з яких складається PIC16CXX аналогічні будь-якому іншому мікроконтролеру. Тому писати програми для PIC не складніше, ніж для будь-якого іншого процесора.

Звичайно, Гарвардська архітектура й більша розрядність команд дозволяють зробити код для PIC значно більш компактним, чим для інших мікроконтролерів й істотно підвищити швидкість виконання програм.

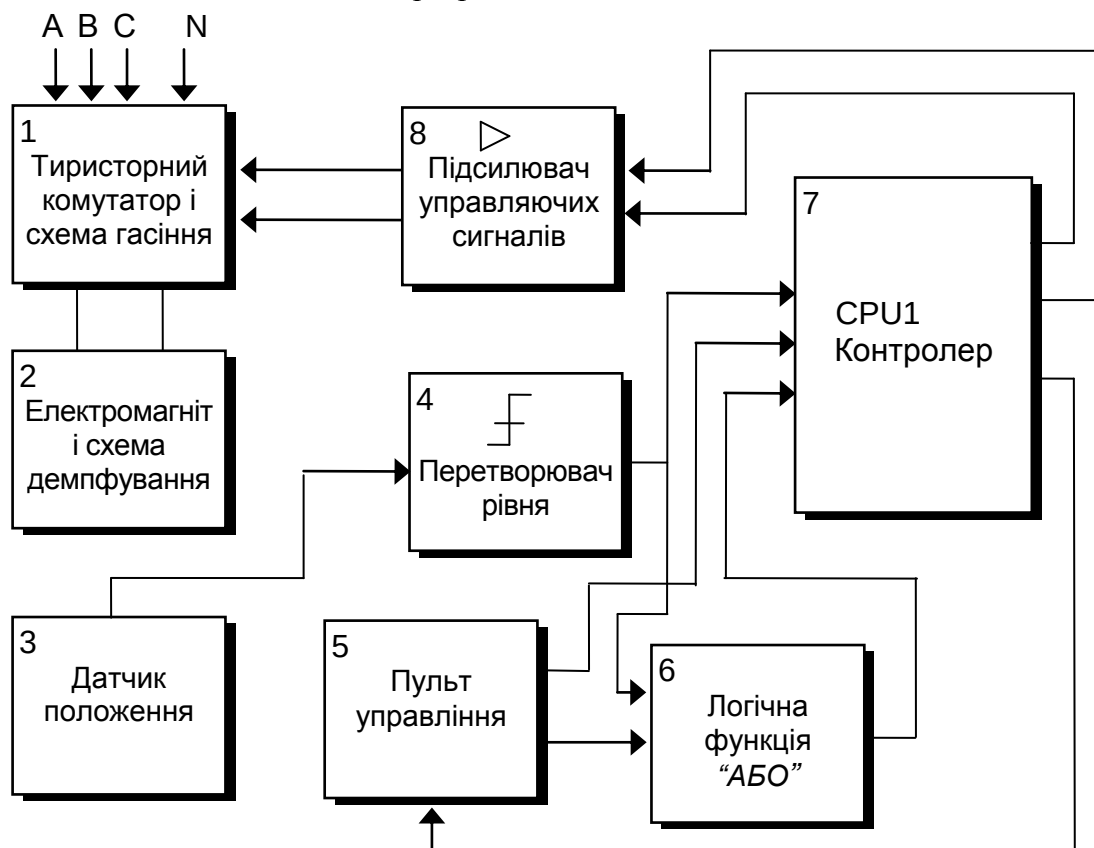


Рисунок 1. Схема структурна системи управління віброзбудником.

В теперішній час у реалізації систем управління намітилося два шляхи: апаратне та програмне. Таким чином можливість реалізації системи керування виробництвом або частиною технологічного процесу на базі ПК – тема, яка найбільше дискутується у теперішній час в світі систем промислової автоматизації. Апаратні чи програмні рішення, гнучко програмовані контролери чи персональні комп'ютери? Однозначної відповіді бути не може, в кожному конкретному випадку необхідно приймати адекватне рішення.

Сьогодні персональні комп'ютери розв'язують не тільки всі задачі керування верхнього рівня ієрархії, але й зайняли значне місце в реалізації деяких підсистем керування виробництвом (візуалізація та обслуговування). В теперішній час ПК стрімко уриваються в сферу управління технологічними процесами. Подібні тенденції пояснюються зростаючою необхідністю зниження витратності виробництва. Реалізація систем автоматизованого управління на базі персональних комп'ютерів дозволяє зекономити немалі кошти.

Вибір між класичним гнучко програмованим контролером та ПК часто залежить не тільки від технічних характеристик обладнання або умов задачі, яка розв'язується. Вирішальну роль тут грають особисті переваги та досвід користувача. Звичайно,

існують такі критерії, як вартість системи, можливість її роботи в реальному режимі часу, надійність, обчислювальна потужність або складність проведення інсталяційних робіт та сервісного обслуговування, однак застосування цих критеріїв також залежить від конкретної постановки задачі та потреб користувача.

Проте, найбільш важливу роль завжди грали працездатність системи в реальному режимі часу та її надійність – якості, яких до сих пір не мали рішення на базі ПК, але без яких система управління технологічним процесом просто неможлива (комп'ютер не розрахований на те, щоб реагувати на будь-які події в керованому процесі протягом певних проміжків часу). При роботі ПК можливо, що операційна система або частина додатків користувачів блокують центральний процесор на достатньо великі проміжки часу (так, наприклад, обробка переривань може виключити на деякий час обробку наступних переривань). Така поведінка системи неприпустима для технологічних процесів, які потребують чітко визначеного часу реакції.

Гнучко програмовані контролери, навпаки, працюють саме таким чином, що наступні один за одним алгоритмічні кроки та процедури виконуються за чітко визначений час. Така концепція дозволяє легко визначити або змінити максимальний час реакції системи управління. Перевищення часу циклу виконання програми управління (максимальний час реакції системи) є одним із самих важливих подій, на які контролер повинен неодмінно реагувати.

В цьому розумінні представляють інтерес інтегровані рішення, наприклад, фірми SIEMENS в рамках сімейства засобів автоматизації SIMATIC Totally Integrated Automation системи WinAC (Automation Center), які дозволяють розв'язати всі вищеописані задачі.

Впровадження. За результатами досліджень було створено лабораторний ударно-вібраційний стенд [1,4] (рисунок 2) який включає: зменшену модель електромагнітної ударно-вібраційної площадки (вантажопідйомність $P=10$ кг, частота $\omega=25$ Гц, піврозмах коливань $X_1/2=1$ мм), прилад живлення (ЛАТР $U=0\dots 250$ В, $I=0\dots 9$ А), вимірювальні прилади та з'єднувальні провідники. Лабораторний стенд підключається за схемою що приведена на рисунку 3.

Працює апаратура наступним чином: після ввімкнення живлення змінний струм через вимірювальні прилади та діод, що включений до схеми, потрапляє на котушки електромагнітів; ударники притягуючись до верхньої маси ударяють по ній буферними елементами, за наступний півперіод діод відсікає живлення і маси розходяться, далі цикл повторюється.

Сутність роботи стенду для дослідження полягає в наступному: в умовах незавантаженої форми, після ввімкнення живлення ручкою ЛАТРа поступово збільшуємо напругу живлення до отримання стійкої роботи машини, при цьому фіксують показання приладів; далі збільшуємо навантаження за допомогою імітатора бетонної суміші. Для цього може слугувати металева пластина, набір штучних гумових елементів або маса на пружній основі.

Для кожного навантаження встановлюють стійкий режим роботи і фіксуємо показання приладів (струм-амперметром, напругу-вольтметром, амплітуду-вібрографом ВР-1), результати при цьому заносимо до таблиці. За отриманими даними будуємо графіки $X_1=f(m_6)$, $P=f(m_6)$, $f=f(m_6)$. Проводимо теоретичні розрахунки основних параметрів роботи машини, будуємо графіки і порівнюємо з експериментальними результатами, робимо основні висновки.

Зміною затримки часу на ввімкнення електромагнітів можна регулювати параметри систем. Це відбувається безпосередньо під час роботи машини за допомогою перемінного резистора, який ввімкнено до реле часу. При регулюванні затримки часу в межах періоду коливань частота ударів змінюється на 15%, напіврозмах коливань робочого органу – на 30%, максимальне прискорення – на 200%, асиметрія – на 35%.

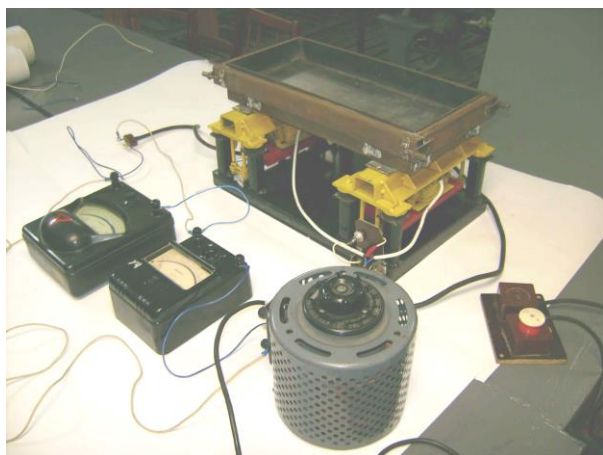


Рисунок 2. Учбово-лабораторний стенд.

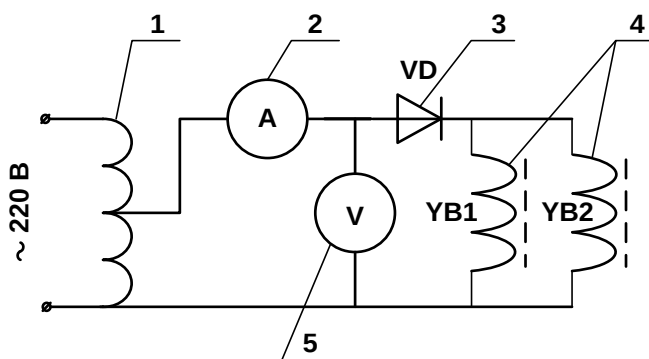


Рисунок 3. Електрична схема стенда.

1- ЛАТР; 2-амперметр; 3-діод Д241; 4-катушки електромагнітів; 5-вольтметр.

При зміні затримки часу в широких межах отримано стійкі режими роботи установки в інтервалі 4...25 Гц. Це дає підставу рекомендувати використання таких систем, поряд із ущільненням, в інших технологічних операціях (наприклад сортуванні матеріалів, руйнуванні породи тощо).

Для процесу ущільнення оптимальні динамічні параметри системи мають такі числові значення:

нормальна вантажопідйомність віброблока	2000 кг
частота ударів	20 Гц
середнє прискорення робочого органу під час удару	35 м/с ²
асиметрія верхнього та нижнього прискорень робочого органу	5
напіврозмах коливань	0,7...0,8 мм

На рисунку 6 приведена конструкція електромагнітного вібромайданчика.



Рисунок 6. Загальний вигляд електромагнітного вібромайданчика (впроваджено на заводі ЗБК м. Бровари, Київської області).

Висновки.

1. Виконані дослідження та їх результати дають можливість створювати вібраційні машини з мікропроцесорною системою керування, що розширяє сферу використання електромагнітних віброзбудників для вирішення технологічних задач.
2. Результати досліджень впроваджені у виробництво та навчальний процес.

Література

1. Баранов Ю.О. Создание строительных ударно-вибрационных машин с электромагнитным приводом. Автореферат дисс. канд. техн. наук. К., 1994. – 24 с.
2. Кравченко І.М., Басараб В.А.. Керування динамічними параметрами електромагнітної ударно-вібраційної системи. Техніка будівництва №19.К.: КНУБА, 2008.
3. Назаренко І.І. Прикладные задачи теории вибрационных систем, К.: І.С.Д.О, 1993.-216с.
4. Назаренко І.І., Баранов Ю.О., Басараб В.А. Експериментальні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки. Техніка будівництва №14.К.: КНУБА, 2004.
5. Овчинников П.Ф., Бабий В.С Уплотнение строительных смесей на переменных во времени параметрах вибрации и удара. Кишинев: Штиинца, 1976. – 134 с.
6. Чубук Ю.Ф, Назаренко І.І, Гарнец В.Н Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей. К.: Вища школа, 1985. – 168с.
7. Шмигальский В.Н. Формование изделий на виброплощадках. М.: Стройиздат, 1968. – 104 с.