

## Аналіз систем керування машинами для ущільнення бетонних сумішей

Олег Дедов, д.т.н., доцент <sup>1</sup> (ORCID: 0000-0001-5006-772X), Євген Назаренко, студент <sup>1</sup> (ORCID: 0009-0007-5065-3180)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Україна

### АНОТАЦІЯ

В роботі виконано аналіз методів керування, у випадку, коли в приводі використано два двигуни. Розроблений алгоритм та, в основу якого покладений принцип налаштування частоти обертання вала одного двигуна по відношенню до іншого. Реалізована ідея автоматизованого керування одним із джерел енергії – двигуном вібраційного приводу по відношенню до іншого моделюванням в середовищі Proteus 7 Professional. Такий підхід може бути застосований для малогабаритних вібраційних установок, оскільки є обмеження в загальній потужності, обумовленої силовим блоком. Також наведений спосіб придатний для керування двигунами, які живляться від однофазної мережі.

*Ключові слова:* вібраційна установка, ущільнення, синхронізація, керування приводом.

### 1. ВСТУП

При дослідженні вібраційних машин для ущільнення виявлені основні переваги та встановлений ряд закономірностей, що описують технологічний процес застосування таких машин. Поряд з тим останнім часом напрямком наукових досліджень лежить у вивченні машин із складними просторовими коливаннями, як перспективними і гнучкими, з точки зору реалізації різних режимів і параметрів, системами [1]. При створенні машин вібраційної з двома і більше джерелами збудження коливань досить часто виникає проблема, яка полягає в налагодженні машин та синхронізації таких віброзбудників коливань. Звісно, існують методи по самосинхронізації декількох збуджувачів коливань, що розміщені на одному корпусі (мають спільний жорсткий елемент), але в процесі експлуатації, параметри закладені на стадії проектування можуть змінюватися і явище самосинхронізації не відбувається [2]. На основі експериментальних даних встановлені режими роботи, коли кутові коливання тіл вібраційних машин, спричинені застосуванням нецентральної сили, призводять до значних відхилень у роботі машин із самосинхронізуючими приводними системами. У виробничій практиці зустрічаються ситуації, коли вібромашина з двома приводами, що використовують самосинхронізацію вібраторів, не працюють належним чином незалежно від виконання всіх умов, зазначених у посиланнях. Переходячи через вплив асиметрії приводу або впливу зіткнень з подачею матеріалу на синхронізацію, недостатня жорсткість монтажу вібраторів, виявлена в промислових випробуваннях, може вважатися однією з істотних причин такої ситуації. Причиною такої ситуації може бути зсув фазового кутів обертання вібраторів, викликаних нецентральним напрямком сили збудження. А також, у випадку, коли динамічна система приводиться в дію декількома джерелами енергії (електричними двигунами) відмінністю у частотах роботи таких джерел.

### 2. МЕТА РОБОТИ

Мета дослідження в даній роботі полягає в реалізації ідеї автоматизованого керування одним із джерел енергії – двигуном вібраційного приводу по відношенню до іншого.

Таким чином, при наявності зворотного зв'язку передбачається усунення відхилень по частоті коливань двох вібраторів і буде забезпечена синхронізація системи.

### 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Одним із шляхів керування частотою обертання двигуна є застосування широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) у системах керування електроприводом.

Для дослідження роботи такого приводу було прийняте рішення розробити віртуальну модель на базі мікроконтролера Atmega325.

### 4. МОДЕЛЮВАННЯ МОДУЛЯ КЕРУВАННЯ ВІБРОПРИВОДОМ

Модель створена в середовищі Proteus 7 Professional з використанням емулятора Arduino Uno. Загальна схема створеної моделі наведена на рис. 4.4.

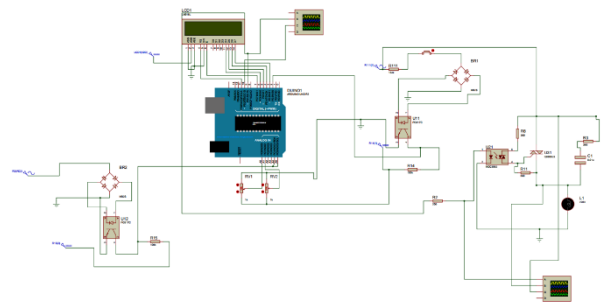


Рисунок 1. Загальна модель модуля керування в середовищі Proteus 7 Professional

Особливістю застосування модулів керування змінного струму за допомогою широтно-імпульсної модуляції є синхронність роботи ШІМ та частоти струму в мережі. В модулі керування застосований детектор переходу через «0» струму в мережу, в основу якого покладений ефект випрямленого струму без стабілізації. Таким чином використовуючи сигнал від детектора можна його використовувати для синхронізації модуля керування та частоти струму у мережі.

Управління процесами, які протікають в модулі керування, відбувається за допомогою програмного коду,

створеного в середовищі для програмування Arduino 1.8.4 для мікроконтролера Atmega325 в комплекті Arduino Uno.

Результати роботи створеної моделі наведені на рис. 2.

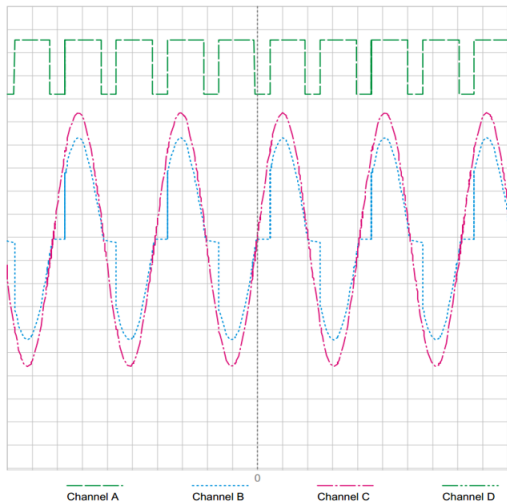


Рисунок 2. Осцилограма роботи модуля при 75% заповненні ШІМ

Як видно з рисунка 2, робота ШІМ регулятора при заповненні 75% (зелений графік) полягає у відсіченні частини синусоїдального основного сигналу, що приводить до зменшення енергії яка підводиться до двигуна, і за рахунок падіння амплітудного значення напруги зменшується і частота обертання його вала.

При заповненні 50% (рис.3) фактично лише половина енергії подається до двигуна і його частота обертання суттєво падає. Варто відмітити чітку роботу детектора переходу через «0» в результаті чого сигнал має плавний характер і вчасне спрацювання силового блоку.

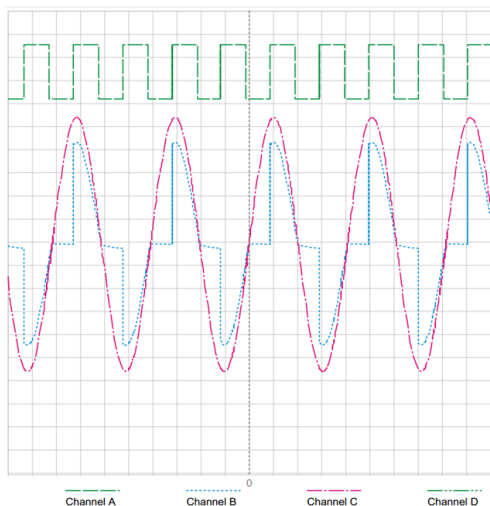


Рисунок 3. Осцилограма роботи модуля при 50% заповненні ШІМ

Таким чином за допомогою сигналу керування можна плавно здійснювати керування основним (силовим сигналом) в межах від 0 до 100% від вхідної величини. Результатом таго керування бузміна обертів вала двигуна від максимального значення до повного зупинення.

В результаті виконаних досліджень були проаналізовані експериментальні дані, отримані при роботі обладнання технологічного призначення. Виявлені режими роботи близькі до резонансних, особливою яких є наявність суттєвого падіння амплітуди коливань.

Запропоноване рішення застосування регуляторів керування, у випадку, коли в приводі використано два двигуни. В алгоритм керування закладено принцип налаштування частоти обертання вала одного двигуна по відношенню до іншого.

Однак є певні обмеження при реалізації такого рішення. Зокрема, на початковому етапі необхідно визначити, до якого з двигунів слід застосовувати регулювання. Так як збільшення частоти обертання більш ніж 100% неможливе, тому налаштуванню підлягає той двигун, в якого дійсна частота більша. Таке обмеження можна уникнути при умові керування двома двигунами одночасно, але це потребує додаткового дослідження і, можливо буде розглянуте в майбутньому.

До недоліків прийнятого рішення можна віднести обмеження в загальній потужності, обумовленої силовим блоком. Також наведений спосіб придатний для керування двигунами, які живляться від однофазної мережі і зовсім не придатний для трифазних мереж.

В загальному випадку, отримані результати можуть бути застосовані для малогабаритних вібраційних установок, накштал лабораторних майданчиків та майданчиків з вагопідемністю до 1000кг.

## 5. ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз та встановлені фактори впливу на режими роботи машин для ущільнення будівельних сумішей.

2. Запропоноване рішення застосування регуляторів керування приводом, у випадку використання двох двигунів. В алгоритм керування закладено принцип налаштування частоти обертання вала одного двигуна по відношенню до іншого.

## Список літератури

- [1] Нестеренко М. П. прогресивний розвиток вібраційних установок з просторовими коливаннями для формування залізобетонних виробів. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. 2015. Вип. 44. С. 177 – 181.
- [2] Ivan Nazarenko, Oleg Dedov, Iryna Bernyk, Ivan Rogovskii, Andrii Bondarenk, Andrii Zapryvoda, Volodymyr Slipetskyi, Liudmyla Titova. Determining the regions of stability in the motion regimes and parameters of vibratory machines for different technological purposes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6, No 7 (108). P. 71–79.
- [3] Michalczy kInaccuracy J. In self-synchronisation of vibrators of two-drive vibratory machines caused by insufficient stiffness of vibrators mounting. *Archives of Metallurgy and Materials*. 2012. No. 57(3). P. 823-828
- [4] Дедов О.П. Дослідження робочого процесу динамічних систем складної структури. *Матеріали XXI-МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта – 2020»*. 2020. С. 202-205.