

інформаційно-достатній діапазон його застосування у діагностиці трубних конструкцій. 4. Запропоновані модельні уявлення можуть бути використані у розробленні стандартів та методик на повірку та залученні коерцитиметрії для діагностування НДС трубних конструкцій.

1. Горошевский В.П., Камаева С.С., Колесников И.С. Обзор новых магнитных методов неразрушающего контроля // Территория Нефтегаз. – 2005. 2. Крутикова Л. Оценка остаточного ресурса металлоконструкций магнитным методом // Металлические конструкции. – 2008. 3. Новиков В.Ф., Яценко Т.А., Бахарев М.С. Зависимость коэрцитивной силы малоуглеродистых сталей от одноосных напряжений // Дефектоскопия. – 2001. – № 11. 4. Справочник по прикладной статистике. Т. 1.2 / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана. – М.: Наука, 1989. 5. Недосека А.Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. – К.: ИНДПРОМ, 1998. 6. Борисов В.Г., Бугай Н.В. Контроль металлов в энергетике. – К.: Техника, 1986.

УДК 621.142;621.376.571

І.Д. Зелінський

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра механіки та автоматизації машинобудування

## ШВИДКИЙ АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ ШІМ-КОДУ ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВІБРОЗБУДНИКОМ

© Зелінський І.Д., 2010

**Запропоновано оригінальний алгоритм формування синусоїдального сигналу на основі широтно-імпульсної модуляції без використання операції множення.**

**In the article the original algorithm of sinewave signal forming on the basis of latitudinal impulsive modulation without the using of multiplication operation is offered.**

**Вступ.** Створення ефективних вібраційних пристроїв вимагає розроблення систем керування, що забезпечують широкий діапазон регулювання параметрів вихідного сигналу. Тиристорні схеми [1, 2] не забезпечують регулювання частоти вихідного сигналу в широких межах. Використання широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) [3] дає змогу створювати високоефективні системи керування з широким регулюванням як амплітуди, так і частоти вихідного сигналу. Алгоритм формування ШІМ-коду передбачає операції додавання, множення та визначення тригонометричних функцій, що ускладнює його реалізацію на простих 8-розрядних процесорах з блоками ШІМ серії PIC16. Вказані процесори не мають апаратних команд множення, ділення та визначення тригонометричних функцій, що, на перший погляд, ускладнює їх використання для систем керування електромагнітними віброзбудниками. Використання процесорів серії PIC 18, що вдвічі дорожчі, але мають апаратне множення, не вирішує задачі повністю, оскільки такі процесори також потребують спеціального алгоритму визначення тригонометричних функцій.

**Формулювання мети дослідження.** Розроблення алгоритму визначення в реальному часі ШІМ-коду сигналу на основі обробки табличних функцій без використання операцій множення та визначення тригонометричних функцій для використання у простих, дешевих та високоефективні системах керування електромагнітними віброзбудниками.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Алгоритм формування відліків ШІМ-сигналу в реальному часі полягає у формуванні ШІМ-коду, в якому модульований сигнал

дискретизують з частотою  $f_{\text{ШІМ}}$ . Відлік дискретизованого сигналу кодується за рахунок співвідношення тривалості додатного та від'ємного імпульсів. Сумарна тривалість цих імпульсів дорівнює періоду дискретизації  $1/f_{\text{ШІМ}}$ . При кодуванні синусоїдального сигналу ШІМ, тривалості додатного імпульсу подамо в вигляді:

$$X_i = 2^c \cdot \left( \frac{U}{2 \cdot 100} \sin \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot f_c}{f_{\text{ШІМ}}} \cdot i + \frac{\pi}{180} \cdot \varphi \right) + \frac{1}{2} \right), \quad (1)$$

де  $c$  – розрядність ШІМ-коду,  $U$  – відносна амплітуда модульованого сигналу, задана у відсотках відносно напруги живлення ШІМ комутатора,  $f_c$  – частота модульованого сигналу [Гц],  $f_{\text{ШІМ}}$  – несуча частота ШІМ [Гц],  $\varphi$  – початковий зсув фаз модульованого сигналу в градусах,  $i$  – порядковий номер відліку. Кількість відліків  $I$ , що відповідає періоду модульованого сигналу, визначаємо з виразу:

$$I = \frac{f_{\text{ШІМ}}}{f_c}, \quad (2)$$

Для реалізації в реальному часі алгоритму формування ШІМ коду на процесорах, що не мають апаратного множення, вираз (1) подамо у вигляді:

$$X_i = 2^c \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot \cos(\beta) \sin(z \cdot i + z_0) + \frac{1}{2} \right), \quad (3)$$

де

$$\cos(\beta) = \frac{U}{100}, \quad z = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_c}{f_{\text{ШІМ}}}, \quad z_0 = \frac{\pi}{180} \cdot \varphi.$$

З врахуванням тригонометричної залежності:

$$\cos(\beta) \cdot \sin(\alpha) = \frac{1}{2} \cdot (\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)). \quad (4)$$

Вираз (3) перепишемо в вигляді:

$$X_i = \frac{1}{2} \cdot \left[ 2^c \left( \frac{1}{2} \cdot \sin(z \cdot i + z_0 + \beta) + \frac{1}{2} \right) + 2^c \left( \frac{1}{2} \cdot \sin(z \cdot i + z_0 - \beta) + \frac{1}{2} \right) \right], \quad (5)$$

введемо функцію:

$$s(k) = 2^c \left( \frac{1}{2} \cdot \sin(k) + \frac{1}{2} \right), \quad (6)$$

тоді вираз (5) з врахуванням функції (6) подамо в вигляді:

$$X_i = \frac{1}{2} \cdot [s(z \cdot i + z_0 + \beta) + s(z \cdot i + z_0 - \beta)]. \quad (7)$$

Виразу (7) відповідає алгоритм, поданий в виразі (1), що містить операцію сумування визначених виразом (6) функцій. Операцію ділення на 2 замінимо зсувом на один розряд праворуч. Значення  $z$  залежить від частоти модульованого сигналу, оскільки несуча частота ШІМ  $f_{\text{ШІМ}}$  є величиною постійною. Для уникнення операції множення параметри  $z$ ,  $z_0$  та  $\beta = \arccos\left(\frac{U}{100}\right)$  визначимо табличним способом залежно від заданої частоти модульованого сигналу, початкової фази та відносної амплітуди модульованого сигналу. Параметри  $z$ ,  $z_0$  та  $\beta$  обчислюються на початку роботи програми та не забирають ресурсів програми під час формування ШІМ-коду. Для визначення функції заданої виразом (6) використаємо табличний спосіб. Табличні значення ШІМ-коду визначаємо з виразу:

$$s_j = 2^c \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi}{J} \cdot j \right) + \frac{1}{2} \right), \quad (8)$$

де  $J$  – кількість табличних значень функції, що відповідають періоду. Індекс  $j$  відповідає аргументу функції (6).

*Блок-схема підпрограми формування відліків ШІМ-коду.* Формуємо ШІМ-код відповідно до виразу (7), табличні значення функції (6) визначимо з виразу (8). З врахуванням, що  $J$  відліків функції (8) відповідає періоду (тобто  $2 \cdot \pi$ ), вирази для  $z$ ,  $z_0$  та  $\beta$  відповідно трансформуються:

$$z = \frac{J \cdot f_c}{f_{\text{шім}}}, \quad z_0 = \frac{J}{360} \cdot \varphi, \quad \beta = \frac{J}{2 \cdot \pi} \cdot \arccos\left(\frac{U}{100}\right), \quad (9)$$

де  $z$  – приріст аргументу функції  $\sin$ , що відповідає заданій частоті  $f_c$  модульованого сигналу,  $z_0$  – початкове зміщення аргументу функції  $\sin$ , що відповідає заданій початковій фазі  $\varphi$ ,  $\beta$  – кут, що відповідає відносній амплітуді модульованого сигналу. Процесори PIC16 містять блок ШІМ, що має розрядність коду  $s=10$ , несучу частоту ШІМ  $f_{\text{шім}} = 4880$  Гц. Частота виконання команд такого процесора становить  $20/4 = 5$  МГц. Для забезпечення режиму реального часу керуюча програма повинна визначати відлік сигналу максимум за 100 тактів.

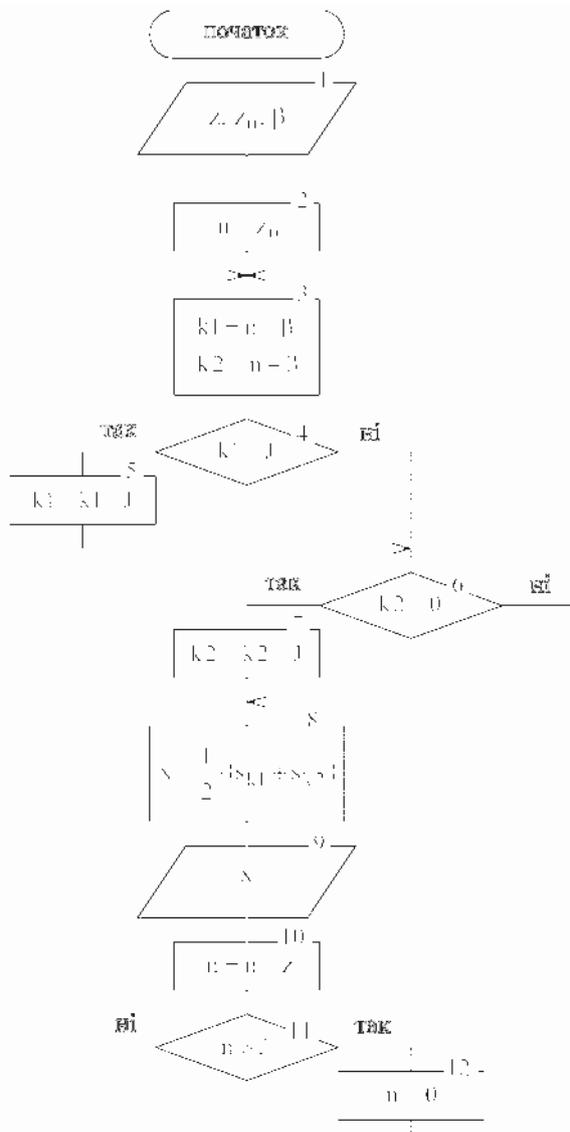
На рисунку наведено блок-схему підпрограми формування ШІМ коду. Програма містить 12 блоків, що дають змогу реалізувати швидкий алгоритм формування коду. Блок 1 описує задання основних параметрів модульованого сигналу згідно з виразами (9). Цикл формування коду

починається з блоку 2, в якому задається початкове значення аргументу функції (8), що відповідає початковому зсуву фаз. Блок 3 передбачає обчислення першого та другого аргументів функції (8). Блоки 4, 5 та 6, 7 перевіряють значення відповідно першого та другого аргументів та корегують їх, якщо вони не виходять за межі інтервалу  $[0, J]$ . Блок 8 описує формування відліку сигналу аналогічно формулі (7). Блок 9 – запис нового значення в блок ШІМ процесора. Приріст аргументу  $n$  відбувається в блоці 10, а перевірка в блоці 11. Якщо значення аргументу  $n$  вийшло за межі інтервалу  $[0, J]$ , аргумент  $n$  обнулюється. Далі цикл повторюється.

За допомогою імітаційного моделювання в середовищі MathCad була досліджена зведена похибка розглянутого вище алгоритму. При моделюванні приймали  $J = 256$ ,  $U = 0 \dots 100\%$  з кроком 1,  $f_c = 0 \dots 150$  Гц з кроком 0,1 Гц. Максимальна зведена похибка не перевищує 0,9 %.

**Висновок.** Запропонований алгоритм реалізує визначення відліків ШІМ-коду на основі обробки табличних функцій та операцій додавання та зсуву. Такий алгоритм дає змогу створити ефективні системи керування електромагнітним віброзбудником на базі процесорів PIC16 з блоками ШІМ.

*І. Савчин О. М., Зелінський І. Д. Система керування прецизійними шліфувальними вібро-*



Блок-схема підпрограми формування ШІМ-коду

машинами // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Український міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів: Вид-во Держ. ун-т “Львівська політехніка”. – 1995. – Вип. 32. – С. 7–10. 2. Мельничук І.М., Таянов С.А., Шенбор В.С., Беспалов Л.А. Мультичастотна система керування одноканальним електромагнітним вібробудником резонансними вібраційними пристроями // Наукові вісті Інституту менеджменту та економіки «Галицька академія». – 2006. – № 2(10). – С. 110–112. 3. Зелінський І.Д. Система керування електромагнітним вібробудником // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Український міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів: Вид-во Держ. ун-ту “Львівська політехніка”, 2003. – Вип. 37. – С. 3–6.

УДК 658.562.001

С.В. Нємий

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра експлуатації та ремонту автомобільної техніки

## **ФОРМУВАННЯ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ**

© Нємий С. В., 2010

**За сучасними міжнародними і вітчизняними нормативними вимогами щодо системи управління якістю розроблено карту процесу контролю та випробування продукції. Запропоновано оптимальну схему організації і проведення контролю якості продукції із плануванням запобіжно-коригувальних дій.**

**In obedience to the modern normative requirement to the systems of quality management the map of process of control and test of products was developed. The optimum chart of organization and conducting of control of quality of products with planning of preventively-correcting actions was offered**

**Постановка проблеми.** Для забезпечення високої конкурентоспроможності машинобудівних підприємств велике значення має якість виготовлюваної ними продукції. Сучасні провідні виробники світу досягають високої якості продукції виключно на основі функціонування у них системи управління якістю. Однак на сучасних машинобудівних підприємствах України немає методології та практичного досвіду формування ефективних процесів, зокрема контролю якості продукції відповідно до міжнародних та вітчизняних нормативних вимог.

**Аналіз відомих досліджень та публікацій.** Чинна нормативна база [2–4], універсальна для будь-якого виду виробництва чи послуг, регламентує тільки положення та вимоги до системи управління якістю. У наявних наукових публікаціях, наприклад [1, 5, 6], відсутні практично обгрунтовані ефективні методики формування конкретних процесів управління відповідно до характеру виробництва та вимог системи управління якістю.

**Формулювання мети дослідження.** Метою роботи є розроблення оптимальної схеми організації і проведення контролю якості продукції та планування запобіжно-коригувальних дій на основі практичного досвіду автора за результатами його участі у методичному та організаційному керівництві процесом неодноразових сертифікацій системи управління якістю ВАТ «Львівський автобусний завод» вітчизняними та міжнародними (TÜV) органами сертифікації.