

УДК 681.3

DOI: 10.33310/2524-0978-2019-1-7-46-49

Віктор МЕЛЬНИК

vamlnk2015@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6981-5046

м. Миколаїв

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВИПРОБУВАЛЬНИМ ВІБРОСТЕНДОМ

У статті розглядається система управління вібростендом, що включає в себе мікропроцесор, виконавчий механізм і датчики вібрації. Зазвичай такі пристрої включають в себе цифрово-аналогові і аналогово-цифрові перетворювачі та підсилювальні елементи.

Управління віброзбуджувачем за допомогою мікропроцесору дає ряд переваг порівняно з керуванням від генератора сигналів: можливість завдання будь-якої форми сигналу управління, висока точність вихідного сигналу, можливість застосування сервісних засобів в програмному забезпеченні, для аналізу і візуалізації даних про роботу системи.

Програмне забезпечення системи складається з модулів дискретизації сигналу, його накопичення в буфері пам'яті, цифрову обробку сигналу скетчами, які реалізують зв'язок мікроконтролеру з зовнішніми пристроями. У статті зроблено вибір апаратного та програмного забезпечення мікропроцесору типу Arduino на основі ефективних алгоритмів отримання спектра сигналу і створено відповідне програмне забезпечення для обробки сигналів. Програмне забезпечення виконано на мові C++ в середовищі Arduino IDE.

Ключові слова: мікропроцесор, вібростенд, вібрація, скетч, дискретизація сигналу, програмне забезпечення.

Постановка проблеми

Негативний вплив вібрації на технічні об'єкти полягає у тому, що збільшуються динамічні навантаження в елементах конструкцій, стиках і сполученнях, знижується несуча здатність деталей, ініціюються тріщини, виникають втомні руйнування. Для запобігання дії вібрації і прогнозування її впливу на конструкцію проводять вібраційні випробування на вібростендах. Вібростенд це електротехнічний пристрій, призначений для відтворення коливань заданого розмаху вібропереміщення, з середньо-квадратичним значення віброшвидкості і амплітудою віброприскорення [1].

Процес випробування полягає в тому, що випробуваний зразок поміщають на спеціальний вібростенд або вібростіл. Зразок закріплюють у експлуатаційному положенні, при цьому наявні віброізолятори знімають або вимикають. Апаратуру тестують в деактивованому стані, якщо в ТУ не вказані інші умови.

Випробування проходять на одній з частот, що лежать в діапазоні 20-30 Гц, при амплітуді віброприскорення $19,6 \text{ м/с}^2$ (2g). Ви-

пробування проводяться на протязі 30 хвилин. Вироби вважаються такими, що витримали випробування, якщо по їх закінченню не встановлені грубі технологічні дефекти. Оцінку проводять за допомогою візуального контролю і, при необхідності, вимірюванням параметрів-критеріїв придатності виробів.

Випробування на вібраційні навантаження проводять на вібростендах, що відрізняються один від одного за такими показниками: виглядом створюваної вібрації (лінійна або кутова), напрямком дії вібрації (однокомпонентна – прямолінійна вібрація в вертикальному або горизонтальному напрямку, двоконпонентна – кругова вібрація в вертикальній або горизонтальній площині, трьохкомпонентна), формою створюваної вібрації (гармонійні синусоїдальні коливання, бігармонічні – два синусоїдальних коливання різної частоти, імпульсні, по спеціальній програмі).

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Однією з перших системи керування вібростендом (СКВ) на базі комп'ютера була система DP540 компанії Data Physics. Сис-

тема управління DP540, що базувалася на операційній системі (ОС) MS DOS, мала гнучкий і вражаючий для того часу графічний інтерфейс користувача. Для введення керуючих сигналів в ПК і виведення сигналу збудження в ній використовувалося кілька дочірніх плат цифрової обробки сигналів, що встановлювалися на шину ISA [2].

В ту ж пору, коли відбувся випуск DP540 (а згодом і DP550 на базі ОС Windows). СУВ на базі ПК були випущені ще декількома виробниками. Це, зокрема, системи Puma (Spectral Dynamics), DVC (UniDyn) і VWin (Unholtz-Dickie). Всі ці СУВ другого покоління поєднували в собі переваги низької вартості і широких графічних можливостей ПК з обчислювальною потужністю спеціалізованих цифрових сигнальних процесорів.

У 1996 році нова компанія Dactron Inc., яку заснували колишній CEO компанії Lansmont Джозеф Дрісколл (Joseph Driscoll) і Джеймс Жуге (James Zhuge), поставила перед собою завдання розробки СКВ нового покоління. Інженери виділили ряд недоліків існуючих технологій і знайшли можливості для їх удосконалення. Плодом цих зусиль стали системи серії Dactron LASER / COMET. Але в цих системах ПК не використовувалася в контурі управління, а служив лише периферійним пристроєм СКВ.

Постановка завдання

Для керування вібростендом, тобто завдання різноманітних по частоті, амплітуді і формі імпульсів вібрації, застосовують електронні засоби. На рис.1 представлена структурна схема системи керування вібростендом.

Вона містить ланцюг додаткової негатиного зворотного зв'язку з фільтр, що загороджує (9), виконаним у вигляді послідовно з'єднаних між собою виделітелей основної гармоніки (10) зі змінною частотою і пристрої віднімання (11), вихід якого підключений до входу підсилювача потужності (3), а входи – відповідно до виходів виделітелей (10) і віброізмєрителєв перетворювача (7), встановленого на виробі (6).

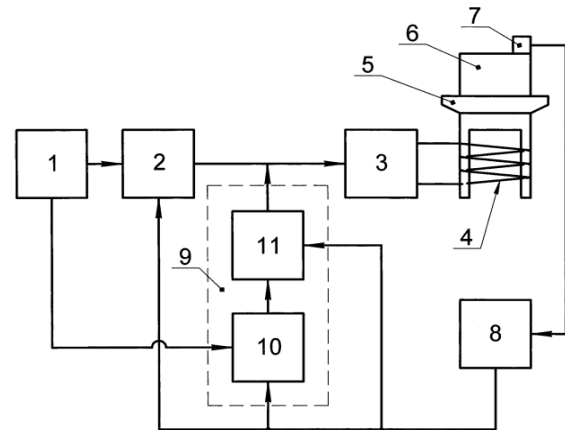


Рис. 1. Структурна схема системи керування вібростендом

При випробуванні виробу (6) через нелінійні ефекти збудження і передачі синусоїдальної вібрації зі змінною частотою виникають паразитні високочастотні гармоніки, які виділяються фільтр, що загороджує (9), подаються в протифазі через підсилювач потужності (3) в рухому котушку (4) електродинамічного збудника і пригнічують такі ж гармоніки, що виникають із-за зазначених нелінійностей в механічній підсистемі «рухома частина збудника + виріб» [3].

Виклад основного матеріалу

В якості базового мікропроцесору можна обрати популярну зараз макетну плату Arduino Uno з мікропроцесором ATmega328P та аналогово-цифровим перетворювачем сигналу і програмним забезпечення, що реалізує алгоритми його попередньої цифрової обробки. До того ж в Arduino існує 6 аналогових входів і обробку інформації з датчиків можна проводити паралельно.

Для деяких досліджень можна запропонувати 32 розрядну плату Arduino DUE з більшою тактовою частотою та мікропроцесором ATmega 1280. в якій є 10 аналогових входів [4].

Для контролю і зворотного зв'язку на об'єкті встановлено тензодатчик, сигнал від якого треба приймати на аналоговий вхід плати, оцифровувати і обробляти засобами системи ЦОС(цифрової обробки сигналу).

На основі аналізу спектру вібросигналу, після обробки його системою програм ЦОС і визначення частотної границі корисного

сигналу можна зробити розрахунки інтервалу дискретизації аналогового сигналу (на основі теореми Котельникова) і зробити позитивні висновки про спроможність процесора Ардуїно сприйняти вібросигнал.

Недоліком такого електродинамічного вібростенда є те, що при випробуваннях виробів в широкому діапазоні частот 5-2000 Гц і більше на робочому столі вібростенда виникають значні частотні спотворення відтворюваної синусоїдальної вібрації. Це істотно ускладнює відпрацювання і перевірку вібростійкості приладів при їх випробуваннях на електродинамічних вібростендах.

Частотні спотворення вібрації відбуваються через нелінійність перетворення електричних коливань в механічні коливання (вібрації) в ЕДВ і через нелінійних ефектів передачі вібрації від рухомої котушки через робочий стіл до об'єкта випробувань.

Крім основної гармоніки з частотою f порушуються малі паразитні гармоніки з кратними частотами $2f$, $3f$ і т.д. Якщо частоти цих паразитних високочастотних гармонік збігаються з власними частотами хитається механічної підсистеми, що складається з рухомої частини ЕДВ з закріпленням на ній об'єктом випробувань, то ці гармоніки будуть посилені механічною підсистемою, як резонатором, і в результаті об'єкт випробувань буде піддаватися синусоїдальної вібрації з великими рівнями частотних спотворень.

У багаторезонансних коливальних системах, до яких відноситься механічна підсистема в разі вібровипробування бортовий радіоапаратури і приладів в діапазоні частот 5-2000 Гц і більше, енергія відтворюється вібрації перерозподіляється між гармоніками і рівень основної гармоніки вібрації суттєво зменшується в порівнянні з заданим [5].

Також відомий електродинамічний вібростенд, в якому для стабілізації рівня першої (основної) гармоніки в ланцюзі головною негативного зворотного зв'язку між блоком АРУ і ВПІ включено відокремлювача основної гармоніки (автоматичне регулювання вібраційними випробуваннями [6]. Як відокремлювача основної гар-

моніки в ланцюзі головною зворотного зв'язку зазвичай використовують вузько-смуговий супроводжуючий фільтр.

До недоліків пристрою-аналога відноситься те, що стабілізація рівня основної гармоніки з використанням відокремлювачів цієї гармоніки в ланцюзі головною зворотного зв'язку призводить до додаткових випробувань об'єкту на високих частотах, кратних основній гармоніці. Це викликано тим, що управління рівнем вібрації ведеться в цьому випадку не по її загальному рівню, якому піддається об'єкт випробувань, а тільки по його частині – основній гармоніці [4].

Завданням керуючої системи є підвищення точності відтворення основної гармоніки вібрації за рахунок зменшення рівнів паразитних високочастотних гармонік у всьому частотному діапазоні вібровипробування

Висновки і перспективи досліджень

Проведений аналіз методів обробки аналогових сигналів за допомогою мікропроцесору дозволяє зробити висновок про доцільність його застосування. Це дає можливість оперативного накопичення та обробки інформації, дозволяє отримати універсальний пристрій обробки даних з можливістю застосування великої кількості алгоритмів обробки інформації [5].

Оскільки розроблений пристрій сполучення з вібростендом повинен забезпечувати вироблення алгоритму управління і контролю для спроектованого вібростенду низьких частот були вирішені такі задачі:

- спроектовано і виготовлено однаковий пристрій сполучення, який легко підключається до більшості існуючих мікропроцесорів серії Arduino через COM-порт;
- розроблено пакет програм для формування і видачі керуючого впливу на вібростенд;
- розроблено пакет програм для введення і вимірювання параметрів вібрації;
- розроблено інтерфейс користувача.

Модель прибору була виконана на базі мікропроцесору платформи Arduino і може розглядатися як лабораторний стенд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кузнецов А.А. Вибрационные испытания элементов и устройств автоматики. *Библиотека по автоматике*, Вып. 553. Москва: «Энергия», 1976. 120 с.
2. Остроменский П.И. Вибрационные испытания радиоаппаратуры и приборов. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-ту, 1992. 173 с.
3. Ан П. Соединение микропроцессора с внешними устройствами. Москва: ДМК Пресс, 2001. 320 с.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для вузов. Санкт-Петербург: Питер, 2006. 751 с.
5. Трамплерт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR микроконтроллеров. Киев: «МК-Пресс», 2006. 208 с.
6. Белов А.В. Микроконтроллеры AVR в радиолюбительской практике. Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2007. 352 с.

Victor MELNIK
Mykolayiv

MICROPROCESSOR SYSTEM FOR CONTROL OF THE TEST VIBROSTAND

The article discusses the vibration table control system, which includes a microprocessor, an executive mechanism and vibration sensors. Typically, such devices include digital-analog and analog-to-digital converters and amplifying elements.

Control of the vibration exciter using a microprocessor provides a number of advantages compared to control from the signal generator: the ability to specify any form of control signal, high accuracy of the output signal, the possibility of using service tools in software for analyzing and visualizing data on the system operation.

The system software consists of signal sampling modules, its accumulation in the memory buffer, digital signal processing by sketches, which realize the connection of the microcontroller with external devices. The article made a choice of hardware and software microprocessor type Arduino based on efficient algorithms for obtaining a signal spectrum and created the appropriate software for signal processing. The software is written in C++ in the Arduino IDE.

Keywords: microprocessor, shaker, vibration, sketch, signal sampling, software.

Виктор МЕЛЬНИК
Николаев

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМ ВИБРОСТЕНДОМ

В статье рассматривается система управления вибростендом, что включает в себя микропроцессор, исполнительный механизм и датчики вибрации. Обычно такие устройства включают в себя цифро-аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи и усилительные элементы.

Управление вибровозбудителем с помощью микропроцессора дает ряд преимуществ по сравнению с управлением от генератора сигналов: возможность задания любой формы сигнала управления, высокая точность выходного сигнала, возможность применения сервисных средств в программном обеспечении для анализа и визуализации данных о работе системы.

Программное обеспечение системы состоит из модулей дискретизации сигнала, его накопления в буфере памяти, цифровую обработку сигнала скетчами, которые реализуют связь микроконтроллера с внешними устройствами. В статье сделан выбор аппаратного и программного обеспечения микропроцессора типа Arduino на основе эффективных алгоритмов получения спектра сигнала и создано соответствующее программное обеспечение для обработки сигналов. Программное обеспечение выполнено на языке C++ в среде Arduino IDE.

Ключевые слова: микропроцессор, вибростенд, вибрация, скетч, дискретизация сигнала, программное обеспечение.

Стаття надійшла до редколегії 31.03.2019