

В.І. Кубіч, О.Г. Чернета

ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОДАТЧИКОВОГО МОДУЛЯ STEVAL-MKI062V1 ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ВІБРАЦІЙ СИСТЕМИ «ДВИГУН – КУЗОВ АВТОМОБІЛЯ»

Розглянуто можливість використання багатодатчикового модуля STEVAL-MKI062V1 та програмного забезпечення INEMO Software Tool для зняття амплітудно-частотної характеристики вібрацій, які передаються від двигуна на кузов легкового автомобіля. Зазначено, що запропоноване діагностичне обладнання має сенс для використання поряд, наприклад, із портативним комплексом PicoDiagnostics NVH та іншими пристроями.

Ключові слова: амплітуда, осцилограма вібрацій, частота, амплітудно-частотна характеристика

The possibility of using the Steval-mki062v1 multi-sensor module and the Inemo Software Tool software to measure the amplitude-frequency characteristics of vibrations transmitted from the engine to the body of a passenger car is considered. It is noted that the proposed diagnostic equipment makes sense for use together, for example, with the PicoDiagnostics NVH portable complex and other devices.

Keywords: amplitude, vibration waveform, frequency, amplitude-frequency response

Складові технічної експлуатації автомобілів різного призначення передбачають здійснення заходів їх технічного обслуговування, що передбачає використання широкого кола обладнання, приладів, інструмента для оцінки діагностичних параметрів і їх відповідності нормативним значенням. Так, одними із діагностичних симптомів технічного стану відповідної системи, агрегату, механізму та їх поєднань у автомобілі є прояви зайвих шумів та вібрацій які у той, чи іншій мірі супроводжують його використання за призначенням.

У відповідності до ДСТУ 2300-93 вібрація це рух матеріальної точки або механічної системи, при якому по черзі зростають і спадають за часом значення величини, що характеризує цей рух. Такою механічною системою в автомобілі поряд з іншими є система «двигун – кузов», в якій джерелом вібрацій виступає двигун. У цілому, вібрації є складними механічними коливаннями з багатьма складовими на різних частотах. Окремі складові складних механічних коливань можна відокремити шляхом дослідження залежностей їх амплітуд від частоти. Для кількісної оцінки величин механічних коливань використовують розмах сигналу, пікове значення, середнє чи середньоквадратичне значення вібраційного сигналу. Амплітуда вібропереміщення, віброшвидкість та віброприскорення коливань синусоїдальної форми взаємопов'язані математичними функціями частоти та часу [1].

Для визначення вібраційного сигналу використовуються як стаціонарні (AVL NVH Testbed Systems), так і портативні (Rotunda Tools MTS 4100, PicoDiagnostics NVH та ін.) пристрої. Так, наприклад, зручним та функціональним є діагностичний комплекс PicoDiagnostics NVH, що широко застосовується для виявлення дефектів двигунів шляхом аналізу віброакустичних показників. Діагностичний комплекс включає датчики вібрацій, датчики шуму, комунікаційні модулі та програмне забезпечення. При цьому частота, амплітуда та напрямок просторових коливань двигуна зчитується акселерометром у 3-х площинах. Крім того, прилад отримує інформацію про робочі показники двигуна (наприклад, частота обертання колінчастого валу) зі штатних датчиків бортової системи діагностики автомобіля (OBD2) [2]. Зазначений комплекс є досить вартісним і складним при використанні. Також для проведення вібродіагностики автомобіля пропонується моніторингова система з безпроводною передачею даних. В якості пристрою, що сприймає вібрації та перетворюватиме їх в цифровий сигнал, є тривісний акселерометр ADXL345. Для керування та обробки сигналу від акселерометра використовується Arduino Nano, а для передачі даних – трансивери NRF24L01. Всі дані передаються на сервер, який може приймати інформацію одночасно від декількох датчиків. Зв'язок між датчиками та сервером здійснюється по радіоканалу у цифровому вигляді [3]. Наведене обладнання є специфічним за передачею та обробкою сигналу і потребує відповідних умов проведення вимірювань.

Для оцінки характеру передачі вібрацій від двигуна на кузов автомобіля пропонується до використання більш спрощений комплект діагностичного обладнання з USB зв'язком багатодатчикового модуля STEVAL-MKI062V1 з програмним забезпеченням INEMO Software

Tool звичайного комп'ютера. Багатофункціональний модуль Steval-mki062v1 складається з датчиків атмосферного тиску, температури навколишнього середовища, трьохосового магнітометра, акселерометра та гіроскопа. Обчислювальним центром модулю є 32-разрядний мікроконтролер STM32F103 на базі ядра ARM – Cortex – M3. Акселерометр і гіроскоп багатофункціонального модулю побудовані з застосуванням мікроелектромеханічних систем (MEMS). Принцип роботи заснований на перетворенні в електричний сигнал диференціальної ємності, яка утворена рухомими та нерухомими кремнієвими мікромеханічними пластинами гребінчастої форми. Зміна ємності під дією лінійного прискорення (в акселерометрах) або сили Кориоліса (в гіроскопах) дозволяє оцінити амплітудні значення зазначених впливів. Зазначене дає можливість отримувати амплітудно-частотну характеристику прискорень механічної системи, наприклад, «двигун автомобіля», «двигун – кузов автомобіля», та здійснювати їх порівняння, рисунок 1 [4, 5]. Останнє дозволяє оцінювати величину поглинання вібрацій гумовими елементами опор силового агрегату.

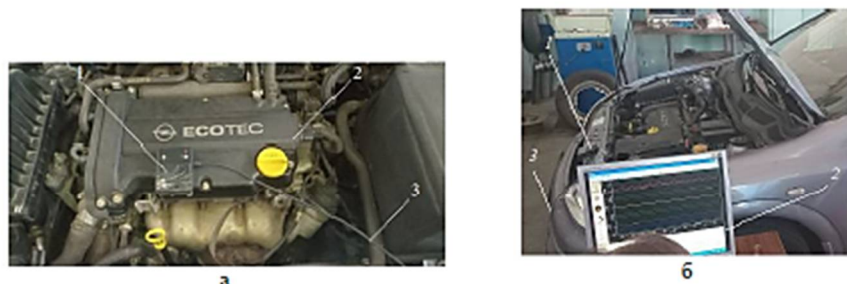


Рисунок 1 – Розміщення багатофункціонального модуля Steval-mki062v1 при діагностиці вібрацій системи «двигун Z14XEP – кузов автомобіля Opel Astra G»: а – двигун; 1 – багатофункціональний модуль; 2 – кришка головки блоку циліндрів; 3 – провід USB; б – моторний відсік; 1 – багатофункціональний модуль; 2 – монітор; 3 – провід USB

За методикою проведення вимірювань достатньо закріпити модуль за допомогою звичайної двосторонньої клейкої стрічки на відповідній поверхні механічної системи, яка діагностується, задати умови та режими її роботи. При цьому, за обробкою отриманих осцилограм вібрацій (рисунок 2) представляється можливим отримати численні значення амплітуди і частоти та оцінити їх за поставленими завданнями.

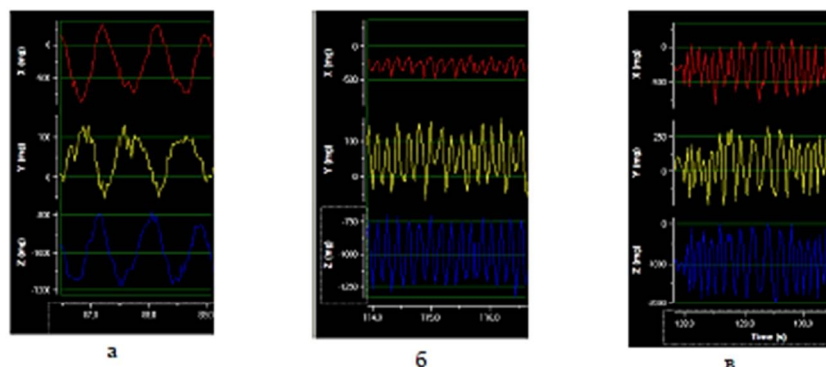


Рисунок 2 – Осцилограми вібрацій, знятих з двигуна Z14XEP при частоті обертання колінчастого валу:
а – $n=780 \text{ хв}^{-1}$; б – $n=1100 \text{ хв}^{-1}$; в – $n=3000 \text{ хв}^{-1}$

Так, за результатами експериментальних досліджень механічної системи, яка наведена на рисунку 3, в роботі [4] отримана картина прояву амплітудно-частотної характеристики вібрацій

справного двигуна Z14XEP при його роботі на частоті холостого ходу, що може розглядатися як вихідні дані для оцінки технічного стану при наступному діагностуванні із зазначеними приладами. При цьому визначено протилежність змін у значеннях амплітуди та частоти механічних коливань двигуна на його опорах: збільшення амплітуди і зменшення частоти за умовою початку руху гідравлічної рідини через силовий циліндр гідропідсилювача. Встановлено, що якісний стан гідравлічної рідини системи гідропідсилювача рульового керування суттєво впливає на зміну механічних коливань двигуна, які виникають за наслідками особливостей роботи алгоритму керування двигуном на обертах холостого ходу, тільки при відхиленні рульового колеса від нейтрального положення. В роботі [5] для цієї ж системи визначені амплітуди та частоти коливань, які проявляються на кузові автомобіля через опори силового агрегату виробників Swag (автомобіль за 2 роки 2 місяця напрацював 4000 км і вібрації на кузов мали суттєвий акустично-тактильний прояв) та Saic (нова). При цьому визначено наступне. По-перше, частоти коливань майже однакові для обох опор і значення відхилень мають незначний розкид. З цього випливає, що гумовий елемент опор вібрації за частотою коливань не поглинає. По-друге, при встановленні нової опори зменшується як амплітуда коливань, майже в 1,4 рази, так і значення відхилень від їх середньостатистичних значень.

Практичне використання запропонованого багатодатчикового модуля як досить спрощеного діагностичного обладнання підтверджує доцільність його використання при визначенні технічного стану механічних систем за віброметричним діагностичним симптомом.

Список використаних джерел

1. Діагностування механізмів на основі аналізу вібраційних сигналів / Р. Юзефович, О. Личак, І. Яворський, І. Стецько, І. Стецько // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій», 10-11 листопада 2022 року. – Т. : ФОР Паляничя В.А., 2022. С. 222–223. (Діагностика пошкоджуваності матеріалів і конструкцій).
2. Корпач А.О., Левківський О.О. Сучасні методи дослідження шумів, вібрацій та жорсткості роботи автомобільних двигунів. Тези XIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (присвячена сторіччю Державного університету «Житомирська політехніка») 26-28 жовтня 2020 року. – Житомир : Житомирська політехніка, 2020. С. 40.
3. Павлова Н.М., Губський С.О., Сергієнко М. Є. Діагностика стану автомобіля за допомогою вібрації. XVII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених», 28-30 листопада 2023 року Online. Україна, НТУ «ХП», 2023.
4. Кубіч В.І., Чернета О.Г., Канський А.В. Особливості прояву вібрацій двигуна Z14XEP на холостих обертах при навантаженні системою гідропідсилювача рульового керування. Проблеми тертя та зношування. №3(104), 2024. К. : НАУ. С. 35–45.
5. Кубіч В.І., Чернета О.Г., Канський А.В. Вплив показників пружності гумового елемента опори двигуна на передзучу вібрацій на кузов автомобіля. Вісник Хмельницького університету. Технічні науки. №5(341), 2024. К. : ХНУ. С.182–187.

Кубіч Вадим Іванович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Автомобілі, теплові двигуни та гібридні енергетичні установки», Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, e-mail: schmirung@gmail.com

Чернета Олег Георгійович - канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Автомобілі та транспортно-логістичні системи», Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, e-mail: OCherneta@gmail.com

Kubich Vadim I. – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles, Heat Engines and Hybrid Power Plants National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, e-mail: schmirung@gmail.com

Cherneta Oleg G. – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of automobiles and automotive industry Dniprovsky State Technical University, Kamianske, Kamenske, e-mail: OCherneta@gmail.com