

ВІБРАЦІЙНА ДІАГНОСТИКА ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ

¹ Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів, Україна

² Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

³ Бидгощська політехніка, Бидгощ, Польща

⁴ Національний університет “Запорізька політехніка”, Україна

⁵ Акціонерне товариство “Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро “Прогрес”
імені академіка О.Г. Івченка”, Україна

Анотація

Запропоновано використання моделей вібраційних сигналів у вигляді періодичних та майже періодично корельованих випадкових процесів для діагностики газотурбінних двигунів.

Ключові слова: вібраційний сигнал, діагностика, періодично корельованих випадковий процес, газотурбінний двигун.

Високі вимоги до забезпечення надійності функціонування складних механічних систем, зокрема газотурбінних двигунів, що працюють на великих потужностях, спонукають до пошуку і впровадження нових способів їх технічної діагностики безпосередньо в процесі експлуатації. Підвищення якості та надійності їх роботи досягається шляхом розробки ефективних методів управління життєвим циклом двигунів на основі діагностики стану двигуна та його окремих вузлів. Газотурбінні двигуни є складними механізмами здатними генерувати значні потужності у обмеженому об'ємі, котрі в процесі роботи реалізують складні, рівномірні та нерівномірні обертові рухи, що суттєво ускладнює застосування розвинутих методів неруйнівного контролю та діагностики в процесі експлуатації механізму. Процес діагностування газотурбінних двигунів визначається рядом міжнародних та національних нормативних документів [1, 2].

На даний час існує низка методів для моніторингу технічного стану авіаційних двигунів, які дозволяють мінімізувати витрати на їх реалізацію переважно за рахунок використання комп'ютерної обробки діагностичних сигналів. В основному ці методи зводяться до співставлення величин контрольних параметрів з допустимими значеннями, які встановлюються виробником двигунів. Розробники двигунів напружують певні методики відповідно до специфіки своєї продукції і проводять сертифікацію таких методик. Існуючі підходи до діагностики газотурбінних двигунів, ґрунтуються на порівнянні поточних параметрів робочого процесу двигуна зі встановленими розробником еталонними значеннями (з еталонною моделлю). Така еталонна модель використовує технічні дані, які наведені у керівництві з технічної експлуатації газотурбінного двигуна; поточну інформацію про вже діагностовані двигуни, історію експлуатації аналогічних двигунів і тому подібне.

Основною перевагою вібраційної діагностики є можливість виявлення несправностей (дефектів на ранніх стадіях розвитку), які ще не призвели до відмов або аварій. Аналіз сигнатур дефектів та оцінка їх розвитку ґрунтуються на ретельному дослідженні структури вібраційного сигналу з урахуванням особливостей механічної системи конкретного двигуна. Для опису такої структури використовують математичну модель сигналу, яка містить набір характеристик, що дозволяють оцінити технічний стан механізму. Важливими властивостями вібраційних сигналів авіаційного двигуна є повторюваність, пов'язана з циклічним характером роботи обертових деталей та вузлів, і стохастичність, яка зумовлена випадковими процесами: зміни навантаження, коливання параметрів мастильного шару, зміни сил тертя, зміни жорсткості опор, турбулентність та інші випадкові фактори.

У Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка НАН України у відділі методів та засобів відбору та обробки діагностичних сигналів розроблені методи вібраційної діагностики на основі моделей сигналів у вигляді періодичних та майже періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП) та (МПКВП) [3, 4]. Ці методи дозволяють виділяти та отримувати слушні оцінки

модуючих стаціонарних компонентів сигналів на основі використання кореляційного ПКВП-аналізу, з якими пов'язані важливі дані про характер та ступінь розвитку дефектів та забезпечують проведення широкого комплексу статистичних досліджень властивостей вібраційних сигналів для встановлення технічного стану газотурбінних двигунів.

Основна перевага вібраційних методів з використанням моделей сигналів на основі ПКВП при діагностиці газотурбінних двигунів полягає в тому, що діагностування відбувається в процесі роботи досліджуваного об'єкту. Розподілені дефекти у механізмах призводять до появи у структурі вібраційних сигналів як компонентів з неперервним спектром так і груп (смуг) з багатьма спектральними компонентами модульованими одночасно за амплітудою та фазою, причому смуги окремих спектральних компонент можуть перекриватися. При цьому основні (базові) частоти збуджуючих вібрацій коливань як правило задаються сіткою частот обертових елементів у двигунах. Величини базових частот можуть суттєво відрізнятися від частот модулюючих випадкових процесів, породжених дефектами у механізмах. З огляду на складність структури вібраційних сигналів в реальних механізмах з розподіленими дефектами та, відповідно, складність багатостадійних процедур їх обробки, процес реєстрації вібраційних сигналів первинними перетворювачами (давачами) є критично важливим для надійного діагностування механізму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- 1.ГОСТ 20440-75. Установки газотурбинные. Методы испытаний.
- 2.ГОСТ 26382-84. Двигатели газотурбинные гражданской авиации. Допустимые уровни вибрации и общие требования к контролю вибрации.
- 3.Яворський І.М. Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань. – Львів : ФМІ НАН України, 2013. – 802 с.
- 4.Javorskyj I., Isayev I., Majewski J., Yuzefovych R. Component covariance analysis for periodically correlated random processes // Signal Processing. – 2010. – 90. – P. 1083–1102.

Юзефович Роман Михайлович – доктор техн. наук, професор, завідувач відділу методів і засобів відбору та обробки діагностичних сигналів (далі – відділ), Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України (далі – ФМІ НАН України), Львів, Україна, e-mail: roman.yuzefovych@gmail.com; професор кафедри прикладної математики, Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна, e-mail: roman.m.yuzefovych@lpnu.ua

Яворський Ігор Миколайович – доктор фіз.-мат. наук, професор, провідний науковий співробітник відділу, ФМІ НАН України, Львів, e-mail: igor.yavorskyj@gmail.com; професор звичайний інституту телекомунікацій та комп'ютерних наук, Бідгоська політехніка, Бідгощ, Польща, e-mail: javor@pbs.edu.pl

Личак Олег Васильович – доктор техн. наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу, ФМІ НАН України, Львів, e-mail: olehlychak2003@yahoo.com

Сбродов Євген Віталійович – аспірант кафедри технології авіаційних двигунів, Національний університет “Запорізька політехніка”, Запоріжжя, Україна, e-mail: sbrodovev@gmail.com

Торба Юрій Іванович – канд. техн. наук, старший дослідник, заступник директора підприємства з наукової роботи – начальник експериментально-випробувального комплексу, акціонерне товариство “Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро “Прогрес” імені академіка О.Г. Івченка”, Запоріжжя, Україна, e-mail: torba.yuriy@gmail.com

Vibration diagnostics of gas turbine engines

Abstract

Usage of the vibration signal models as a periodic and almost periodically correlated random processes for the diagnosis of gas turbine engines is proposed.

Keywords: vibration signal, diagnostics, periodically correlated random process, gas turbine engine.

Yuzefovych Roman M. – Dr. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Head of Department, Department of Methods and Facilities for Acquisition and Processing Diagnostic Signals (Department), Karpenko Physico-mechanical Institute of NAS of Ukraine (PMI NAS of Ukraine), Lviv, Ukraine, e-mail: roman.yuzefovych@gmail.com; Professor, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: roman.m.yuzefovych@lpnu.ua

Javorskyj Ihor M. – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department, PMI NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine, e-mail: igor.yavorskyj@gmail.com; Professor, Institute of Telecommunication and Computer Sciences, Bydgoszcz University of Sciences and Technology, Bydgoszcz, Poland, e-mail: javor@pbs.edu.pl

Lychak Oleh V. – Dr. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Department PMI NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine, e-mail: olehlychak2003@yahoo.com

Sbrodov Eugene V. – Ph. D. student, National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: sbrodovev@gmail.com

Torba Yuriy I. – Ph. D. (Eng), senior researcher, Deputy director for the scientific affairs, Head of the experimental and testing complex, Joint-Stock Company “Zaporizhzhia Machine-Building Design Bureau “Progress” named after Academician O.G. Ivchenko”, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: torba.yuriy@gmail.com