

УДК 629.735.45

Пилипенко О.І., докт. техн. наук, професор
Кохан В.В., ст. науковий співробітник
Вусатий Ю.П., науковий співробітник
Журахов О.В., науковий співробітник
Сиворакша Д.В., науковий співробітник

Державний НДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів,
opilip@ukr.net

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВІДПРАЦЮВАННЯ ВТОМНОГО РЕСУРСУ ВЕРТОЛЬОТНИХ РЕДУКТОРІВ

Якість виготовлення і ремонту вертольотних редукторів (ВР) визначає льотні характеристики і надійність вертольоту в цілому. Тому виникає необхідність здійснення комплексного тестування (моніторингу) ВР на всіх можливих режимах наступної експлуатації. Така перевірка здійснюється на спеціалізованих випробувальних стендах, які повністю імітують роботу ВР на вертольоті в реальних умовах експлуатації та виконують вимірювання основних параметрів.

Існуючі засоби неруйнівного контролю не дозволяють виявити всі пошкодження і тріщини, які в подальшому можуть стати причиною граничних станів. Є достатньо велика ймовірність пропуску дефектів по причині недосконалості апаратури, недбалості оператора або недоступного розташування дефектів, використання необгрунтованої періодичності контролю. Наприклад, якщо періодичність оглядів не узгоджена з часовими параметрами зародження і розповсюдження втомних тріщин, це може призвести до формування дефектів критичних розмірів і, як наслідок, до руйнування конструкції [1].

Методологія оцінки наявного технічного стану і прогнозування індивідуального залишкового ресурсу вертольоту в експлуатації базується на використанні поточної інформації від об'єктів контролю, яка надходить по двох напрямках: це дані поточного (оперативного) пошуку дефектів у процесі експлуатації і дані про навантаження та інші умови взаємодії об'єкта контролю з навколишнім середовищем. При цьому контроль може бути безперервним (моніторинг) або дискретним (наприклад, пристосованим до планових профілактичних оглядів).

Вирішення проблеми отримання такої інформації, її обробки і прийняття рішень щодо стратегії технічного обслуговування кожного зразка авіаційної техніки, а також прогнозування його залишкового ресурсу повинно реалізовуватись у рамках комплексних інтелектуальних систем моніторингу (КІСМ) життєвого циклу літального апарату. До різновиду таких систем можна віднести розроблені і впроваджені бортові системи безперервного контролю технічних систем Structural Health Monitoring (SHM).

SHM передбачає безперервний і автономний контроль пошкоджень, навантаженості, взаємодії елементів конструкцій з навколишнім середовищем, екологічних параметрів за допомогою постійно прикріплених або вбудованих систем давачів (сенсорів). Встановлення різних типів давачів на конструктивні елементи мають на меті визначення фізичних і силових впливів на їх міцність і довговічність. Кінцевою метою цих розробок є створення системи-аналога нервовій системі людини, яка могла б, окрім виявлення дефектів та пошкоджень, реагувати адекватно на їх наявність і видавати відповідні рекомендації обслуговуючому персоналу [2].

Ефективним напрямком експлуатаційного діагностування найбільш напружених вузлів – зубчастих передач редукторів газотурбінних двигунів (ГТД) є методи аналізу сигналів вібрацій корпусу двигуна. Актуальною задачею є розробка і впровадження ефективних методів експлуатаційного діагностування зубчастих передач, які дають можливість чітко виділити в сигналі вібрацій корпусу двигуна ознаки відхилень характеристик деталей

редуктора від штатного стану і доповнити автоматичну систему аналізу технічного стану роторних деталей ГТД п'ятого і шостого поколінь. Своєчасна локалізація і усунення відхилень характеристик деталей дозволять збільшити надійність, зменшити витрати на ремонт і покращити акустичні параметри ГТД [3].

Протягом циклу перезачеплення жорсткість пари зубців, що беруть участь у передачі крутного моменту, змінюється декілька разів, при цьому відбувається згинальна деформація зубців у пружній області з відповідною зміною кроків зачеплення. Це, у свою чергу, може призвести до пластичної деформації в зоні двопарного зачеплення. Одночасно з зубом деформуються: вал на кручення, шліцеві з'єднання валу і деталі підшипників опор на згин.

Сигнал, пропорційний енергії переспряження, передається на опори валів і розповсюджується по корпусних деталях двигуна до чутливого елемента давача вібрацій. У випадку експлуатаційного дефекту зуба – тріщини, викрошування, зміни маси (зношування, зміни геометрії поверхні) буде змінюватися функція лінійної деформації зуба в просторі часу, що впливає на енергію вібрацій.

Аналіз динаміки процесу передачі крутного моменту парою зубців на інтервалі часу передачі ними цього моменту дозволяє зробити висновок про негармонічний характер сигналу зубцевої частоти, який має, як правило, два максимуми – при вході в зачеплення і виході з нього.

Основною функцією, яка характеризує енергетичну ефективність передачі крутного моменту і є чутливою до зародження дефектів зубців шестерен, можна вважати девіацію параметру першої похідної кутової швидкості переспряження зубців.

Сумісний аналіз функцій амплітуди зубцевих вібрацій і вхідного сигналу дозволяє зробити висновок про вібраційну якість зубчастої пари і кількісний склад перешкод у вихідному сигналі корпусу двигуна.

Програмне забезпечення працює з сигналом штатного давача вібрацій корпусу ГТД і може доповнювати бортову або стендову автоматичну систему аналізу технічного стану зубчастих передач ГТД п'ятого і шостого поколінь.

Сучасний розвиток мікропроцесорної та обчислювальної техніки дає можливість створювати діагностичні комплекси, які мають забезпечувати ефективний контроль поточного технічного стану складних систем і достатньо обґрунтоване прогнозування "експлуатаційного ресурсу" їх найбільш відповідальних елементів [1]. Проте, широке практичне застосування ресурсного прогнозування вимагає розвитку ряду наукових і практичних додатків, зокрема таких, як прогнозування залишкового ресурсу зубчастих коліс за даними періодичного моніторингу динаміки зачеплення під час ресурсних випробувань.

Список посилань

1. Перспективы использования бортовых автоматизированных систем контроля выработки усталостного ресурса авиационных конструкций / С. Игнатович, М. Карускевич, Н. Бурау, В. Краснопольский // Вісник ТНТУ. – 2011. – Спецвипуск – частина 2. – С. 136-143.
2. Boller C. Fatigue in aerostructures – where structural health monitoring can contribute to a complex subject. [Електронний ресурс] / С. Boller, М. Buderath // Philos. Transact. Royal Soc. – Режим доступу до інформації: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/365/1851/561.full>.
3. Папчѐнков А.В. Эффективность спектральных методов диагностического контроля технического состояния зубчатых передач ГТД. / А.В. Папчѐнков // Вестник двигателестроения. – 2015. – № 2. – С. 125-132.