**Яцко Ласло Ласлович. Комплексна діагностика технічного стану роторів авіаційних двигунів на стаціонарних та нестаціонарних режимах : Дис... канд. наук: 05.11.13 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Яцко Л.Л. Комплексна діагностика технічного стану роторів авіаційних двигунів на стаціонарних та нестаціонарних режимах. - Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – Прилади та методи контролю та визначення складу речовин. - Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, Київ, 2008р.  Дисертація присвячена вдосконаленню методів параметричної та вібраційної діагностики для вирішення задач визначення технічного стану валів ГТД в процесі експлуатації на стаціонарних та нестаціонарних режимах, своєчасного визначення та локалізації їх пошкоджень.  Отримана математична модель обриву вала, котра описує рух різних частин вала після обриву. Визначені залежності діагностичної ознаки від частоти обертів на різних висотах а також сформульовані граничні значення для різних режимів експлуатації. Запропонований алгоритмічний метод усунення випадкової складової вимірювання частоти до визначення діагностичної ознаки на основі вейвлетної фільтрації. Розроблена кінцево-елементна модель ушкодженого вала й вала з диском. Виконане вдосконалення динамічної моделі вала із тріщиною шляхом введення кута, що визначає положення тріщини стосовно вектора вібрації. Розроблена функціональна схема системи автоматичного захисту силової турбіни, розроблений алгоритм функціонування системи захисту, методика його налагодження й тестування за допомогою математичних моделей, методика перевірки працездатності в процесі стендових випробувань. Розроблене програмне забезпечення для інтелектуальної системи вимірювання й обробки інформації. | |
| |  | | --- | | Головний науковий результат роботи полягає в розвитку та вдосконаленні методів параметричної і вібраційної діагностики, на підставі чого виконано наукове обґрунтування і розробку комплексної системи функціональної діагностики і локалізації пошкоджень валу ротора ГТД на стаціонарних і нестаціонарних режимах експлуатації.  За результатами роботи зроблено наступні висновки:   1. Існуючі на сьогодні методи та засоби неруйнівного контролю і технічної діагностики не забезпечують ефективну ранню діагностику дефектів і пошкоджень валів газотурбінних двигунів у процесі експлуатації. Засоби захисту двигуна у разі руйнування валу використовують малоефективні діагностичні ознаки і не задовольняють вимогам локалізації руйнування. Існуючі наукові дослідження носять обмежений характер, не використовують комплексний підхід до діагностики небезпечного пошкодження і не дозволяють вирішити актуальну задачу діагностики пошкоджень валів роторів в експлуатації для запобігання обриву валу і руйнування двигуна. 2. Отримано математичну модель обриву вала силової турбіни, яка описує рух з уповільненням частини ротора із службовим компресором і рух з прискоренням частини ротора з силовою турбіною. Як діагностична ознака обриву вала запропоновано використовувати швидкість зміни частоти обертання частини ротора із службовим компресором . Визначено значення ознаки і встановлені межі їх розкиду в процесі стендових і льотних (запуск на землі) випробувань двигуна АИ-450-МС для бездефектного ротора.   Визначено залежності ознаки від частоти обертання на різних висотах і сформовано його порогові значення для нестаціонарних і стаціонарних режимів експлуатації. Встановлено, що значення ознаки при обриві валу істотно зменшується із збільшенням висоти польоту і зменшенням частоти обертання ротора.  3. Встановлено, що розсіювання значень ознаки обумовлено наявністю випадкової складової в каналі вимірювання частоти обертання nСТ і алгоритмом розрахунку ознаки. На основі вейвлетной фільтрації запропоновано алгоритмічний метод усунення випадкової складової виміряного сигналу частоти обертання ротора до визначення діагностичної ознаки. Показано, що одноразове використання фільтрації дозволяє як мінімум на порядок зменшити випадкову складову за усіма елементами вейвлет – розкладання.  4. Розроблено скінченоелементну модель пошкодженого полого валу і валу з диском. Пошкодження моделювалося шляхом вилучення з моделі валу в його серединному перерізі (або безпосередньо біля диску) кількості елементів, яка імітує пошкодження, при якому відносне змінювання (зменшення) жорсткості в перерізі валу заходиться в межах від 0,01 до 0,3.  Моделювання згінних коливань бездефектного валу і валу з пошкодженням показало, що при серединному розташуванні тріщини найбільш чутливими до пошкодження є частоти за першою та третьою формами коливань. Встановлено, що при відносному зменшенні жорсткості в перерізі тріщини в розглянутих межах максимальне зменшення власних частот згінних коливань валу для випадку повного розкриття тріщини по першій моді не перевищує 7%, а по третій моді – 8%, що свідчить про невисоку ефективність модальних характеристик для діагностики малих пошкоджень валів роторів газотурбінних двигунів.   1. Вдосконалено динамічну модель валу з тріщиною шляхом введення кута, що визначає положення тріщини по відношенню до вектора вібрації. В результаті моделювання прискореного обертання пошкодженого валу, встановлено, що поява та розвиток тріщини зумовлює у вібраційному сигналі нелінійні резонансні явища на субгармоніках критичної частоти обертання ротора (резонанси кратністю 1/2 і 1/3). Інтенсивність нелінійних резонансів залежить від параметра пошкодження, кута орієнтації тріщини, величини дисбалансу, кута орієнтації незбалансованої маси.   Як діагностичні ознаки появи і розвитку тріщини докритичного розміру запропоновано використовувати пікові значення амплітуди вібрації поблизу субгармонічних резонансів кратністю 1/2 і 1/3. Збільшення пошкодження при максимальному розкритті тріщини викликає збільшення на 65% пікового значення амплітуди резонансу кратністю 1/2, а при протилежному розташуванні тріщини – на 30% пікових значень амплітуди резонансів кратністю 1/2 і 1/3 з одночасним зменшенням амплітуди основного резонансу.  6. Розроблено функціональну схему системи автоматичного захисту силової турбіни, розроблено алгоритм функціонування системи захисту, методику його відпрацювання і тестування за допомогою математичних моделей (лінійній математичній моделі допоміжного двигуна і моделі обриву валу), методику перевірки працездатності в процесі стендових випробувань. Розроблено програмне забезпечення для інтелектуальної системи знімання і обробки інформації, яке забезпечує працездатність обчислювача і функціонування системи автоматичного захисту (підтверджено Свідоцтвом про реєстрацію авторського права).  7. Розроблено і виготовлено пристрій автоматичної системи захисту силової турбіни, який пройшов стендові випробування на стендах ВАТ «Мотор Січ» (м. Запоріжжя). Окремі блоки та система в цілому, алгоритмічне та програмне забезпечення впроваджено в блоках автоматичного керування та контролю допоміжного газотурбінного двигуна АИ-450-МС у ВАТ «Мотор Січ» (м. Запоріжжя), АНТК ім. О.К. Антонова (м. Київ), ВАТ «НТК «Електронприлад» (м. Київ). | |