



УКРАЇНА

(19) UA (11) 6541 (13) U

(51) 7 G01H1/00, G01M7/02,

G01M15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПАРАМЕТРА ТУРБОМАШИНИ

1

(21) 20040907810

(22) 24.09.2004

(24) 16.05.2005

(46) 16.05.2005, Бюл. №5, 2005р.

(72) Нікопаєв Микола Ілліч

(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-
ЛЬНІСТЮ "ДОСЛІДНИЙ ЗАВОД ТЕХНОЛОГІЧНО-
ГО ОСНАЩЕННЯ "НІККОМ"

(57) 1. Спосіб визначення зміни технологічного параметра турбомашини шляхом вимірювання рівня вібрації її корпусу, який відрізняється тим, що з вібраційного сигналу, який вимірюють на стаціонарному режимі роботи турбомашини, виділяють принаймні одну складову на частоті аналізу, що визначається, виходячи з частоти наступності лопаток принаймні одного вибраного ступеня ротора, що обертається, і фіксують стрибкоподібну зміну характеристики, що визначається сигналом на частоті аналізу.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що фіксують стрибкоподібну зміну амплітуди складової вимірюваного вібраційного сигналу, виділеної на частоті аналізу.

3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що фіксують стрибкоподібну зміну середньоквадратичного амплітуд складових вібраційного сигналу, виділених на декількох частотах аналізу.

4. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що фіксують стрибкоподібну зміну середньоквадратичного змін амплітуд складових вібраційного сигналу, виділених на декількох частотах аналізу.

2

5. Спосіб за п. 1 або п. 2, або п. 3, або п. 4, який відрізняється тим, що з вібраційного сигналу, який вимірюють на стаціонарному режимі роботи турбомашини, принаймні одну складову виділяють на частоті аналізу, яка є кратною частоті наступності лопаток вибраного ступеня ротора, що обертається.

6. Спосіб за п. 1 або п. 2, або п. 3, або п. 4, який відрізняється тим, що з вібраційного сигналу, який вимірюють на стаціонарному режимі роботи турбомашини, принаймні одну складову виділяють на частоті аналізу, що дорівнює частці частоти наступності лопаток вибраного ступеня ротора, що обертається.

7. Спосіб за п. 1 або п. 2, або п. 3, або п. 4, який відрізняється тим, що з вібраційного сигналу, який вимірюють на стаціонарному режимі роботи турбомашини, принаймні одну складову виділяють на частоті аналізу, кратній частці частоти наступності лопаток вибраного ступеня ротора, що обертається.

8. Спосіб за п. 1 або п. 2, або п. 3, або п. 4, який відрізняється тим, з вібраційного сигналу, який вимірюють на стаціонарному режимі роботи турбомашини, принаймні одну складову виділяють на частоті аналізу, що дорівнює сумі або модулю різниці числа, кратного частоті наступності або частці частоти наступності лопаток вибраного ступеня ротора, що обертається, та числа, кратного частоті наступності або частці частоти наступності лопаток іншого вибраного ступеня цього ротора.

Корисна модель стосується випробувань та вібродіагностики турбомашин, зокрема, газотурбінних двигунів, і може бути використана під час їх доводки або експериментального дослідження.

Відомий спосіб діагностики технічного стану роторних машин шляхом періодичного вимірювання рівня вібрації розташованими на корпусі машини віброперетворювачами та порівняння його з пороговою характеристикою [Авт. свід. СРСР №966518, G01M7/00, опубліковано 15.10.1982].

Відомий спосіб для визначення зміни технічного стану турбомашини (тобто визначення змін її технологічних параметрів) потребує знання заздалегідь визначеної залежності рівня вібрації від частоти обертання ротора (режиму роботи) турбомашини та розташування віброперетворювачів у певних точках, що неможливо під час дослідження і доводки нових класів машин, коли ще не накопичено достатніх статистичних даних, проте буває заздалегідь відомо, який саме технологічний параметр змінюється, і треба лише визначити мо-

(13) U

(11) 6541

(19) UA

мент його зміни. Крім того, безпосередньо рівень вимірюваного вібраційного сигналу не завжди є достатньо чутливим до змін технічного стану (змін технологічних параметрів) турбомашини. Таким чином, відомий спосіб є складним у здійсненні та недостатньо чутливим і універсальним.

Технічна задача корисної моделі полягає в удосконаленні способу зміни технологічного параметру турбомашини шляхом виділення з вимірюваного на стаціонарному режимі вібраційного сигналу його складової на частоті, що визначається виходячи з частоти наступності лопаток принаймні одного обраного ступеня ротора, що обертається, і фіксації стрибкоподібної зміни характеристики, що визначається сигналом на частоті аналізу, завдяки чому підвищується чутливість до змін технологічних параметрів турбомашини із забезпеченням простоти здійснення і універсальності щодо технологічних параметрів, що їхню зміну можна визначати.

Спосіб визначення зміни технологічного параметру турбомашини передбачає вимірювання рівня вібрації її корпусу в будь-якій точці на стаціонарному режимі роботи турбомашини, виділення з вібраційного сигналу принаймні однієї складової на частоті аналізу, визначеної виходячи з частоти наступності лопаток принаймні одного обраного ступеня ротора, що обертається, і фіксації стрибкоподібної зміни характеристики, що визначається сигналом на частоті аналізу. Характеристикою, стрибкоподібну зміну якої фіксують, може бути амплітуда виділеної на частоті аналізу складової вимірюваного вібраційного сигналу, середньоквадратичне амплітуд виділених на декількох частотах аналізу складових вібраційного сигналу, середньоквадратичне змін амплітуд виділених на декількох частотах аналізу складових вібраційного сигналу. З вібраційного сигналу, який вимірюють на стаціонарному режимі роботи турбомашини, виділяють або принаймні одну складову на частоті аналізу, яка є кратною частоті наступності лопаток обраного ступеня ротора, що обертається, або принаймні одну складову на частоті аналізу, рівній або кратній частці частоти наступності лопаток обраного ступеня ротора, що обертається, або принаймні одну складову на частоті аналізу, що дорівнює сумі або модулю різниці числа, кратного частоті наступності або частці частоти наступності лопаток одного обраного ступеня ротора, що обертається, та числа, кратного частоті наступності або частці частоти наступності лопаток іншого обраного ступеня цього ротора.

Спосіб базується на експериментальне встановленому факті, що рівень сигналу складової, виділеної на частоті, пов'язаний з частотою наступності лопаток будь-якого ступеня з вібраційного сигналу, вимірюваного на стаціонарному режимі роботи в будь-якій точці корпусу турбомашини, є більш чутливим та інформативним діагностичним параметром, ніж рівень вимірюваного вібраційного сигналу.

Частота наступності лопаток i -того ступеня турбомашини визначається як;

$$f_i = \frac{Z_i \times n}{60},$$

де Z_i - кількість робочих лопаток i -того ступеня, n (об/хв.) - швидкість обертання ротора турбомашини. Складовою вібраційного сигналу може бути виділена на частоті аналізу, що визначається виходячи з частоти наступності лопаток будь якого i -того ступеня або будь яких i -того та k -того ступенів: $f_i, 2f_i, 3f_i, \dots, \frac{1}{2}f_i, f_i, \frac{1}{4}f_i, |f_i - f_k|, f_i + f_k, \dots$

Корисну модель пояснено ілюстраціями.

Фіг.1. Схема пристрою для контролю осьового зсуву ротора турбомашини за способом.

Фіг.2. Діаграма зміни тиску в розвантажувальній камері турбомашини.

Фіг.3. Діаграма визначення осьового зсуву ротора.

Прикладом практичного застосування способу може бути визначення осьового зсуву ротора компресора газотурбінного двигуна під час довідних робіт. Ротор турбомашини завжди має деяку свободу осьового переміщення. Під час роботи на ротор діє осьове зусилля, яке урівноважується тиском в розвантажувальній камері, що забезпечує безаварійну роботу підшипникового вузла. Фактично навіть для двигунів однієї модифікації існує розкид тисків, що відповідають нульовому осьовому навантаженню підшипника, внаслідок розкиду технологічних параметрів виготовлення та зборки кожного конкретного двигуна. Під час довідних робіт, аби визначити оптимальне значення тиску в розвантажувальній камері, на статичному режимі роботи газотурбінного двигуна плавно знижують тиск в розвантажувальній камері; в якійсь момент осьове зусилля досягає нульового значення та змінює напрям, а ротор стрибкоподібно переміщується на величину його осьового люфту. Саме в цей момент фіксують стрибкоподібну зміну характеристики (амплітуда складової вимірюваного вібраційного сигналу, середньоквадратичне амплітуд складових вібраційного сигналу, середньоквадратичне змін амплітуд складових вібраційного сигналу), що визначається сигналом на частоті аналізу (кратній частоті наступності лопаток обраного ступеня, рівній або кратній частці частоти наступності лопаток обраного ступеня, рівній сумі або модулю різниці числа, кратного частоті наступності або частці частоти наступності лопаток одного обраного ступеня, і кратного частоті наступності або частці частоти наступності лопаток іншого обраного ступеня).

Пристрій для контролю осьового зсуву ротора турбомашини (Фіг.1) має в своєму складі установлений в будь-якій точці на корпусі турбомашини віброприймач 1, який через підсилювач 2 та фільтр 3, детектор обвідної із схемою згладжування 4 та фільтром 5 підключений до показника осьового зсуву 6. На діаграмі зміни тиску в розвантажувальній камері турбомашини (Фіг.2) показано залежність тиску в розвантажувальній камері турбомашини від часу і зазначено ділянки 7-8-9 плавного зниження тиску та ділянки 9-10-11 плавного збільшення тиску. На діаграмі визначення осьового зсуву ротора (Фіг.3) показано залежність аналізованого сигналу (амплітуди складової вимірюваного вібраційного сигналу) на частоті аналізу (наприклад, другої гармоніки - подвійної частоти наступності обраного ступеня

наступності обраного ступеня компресора) і зазначено ділянку 12 відсутності осьового зсуву, ділянку стрибка 13, ділянку 14 роботи турбомашини після осьового зсуву, ділянку зворотного стрибка 15, ділянку 16 роботи після повернення ротора до первинного положення

Віброприймач 1 перетворює параметри вібрації корпусу турбомашини в електричний сигнал, який підсилюється підсилювачем 2 і надходить до фільтру 2, настроєного таким чином, щоб виділити сигнал тільки на другій гармоніці частоти наступності робочих лопаток обраного ступеня. З фільтра 3 електричний сигнал надходить на детектор 4, який складається з одно- або двохпівперіодного випрямляча та схеми згладжування, випрямляч перетворює вхідний сигнал із змінною полярністю в однополярний сигнал. Схема згладжування складається з опору та конденсатора. Згладжений сигнал обвідної надходить на фільтр 5, настроєний таким чином, щоб виділяти тільки сигнал на частоті другої гармоніки частоти наступності робочих лопаток обраного ступеня. З фільтра сигнал надходить на показник осьового зсуву 6.

Здійснюють плавне зниження тиску в розвантажувальній камері турбомашини (від точки 7 -

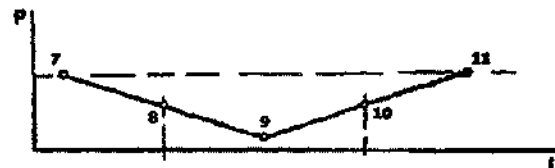
Фіг 2) з одночасною реєстрацією вібрацій (ділянка 12 - Фіг 3). В момент досягнення певного тиску в розвантажувальній камері (точка 8 - Фіг 2) відбувається осьовий зсув ротора, що призводить до стрибкоподібної зміни (в даному випадку, збільшенню) складової вібраційного сигналу (ділянка 13 - Фіг 3) та переходу її на новий рівень (ділянка 14 - Фіг 3). Тиск ще дещо знижують (до точки 9 - Фіг 2), а потім починають його плавне збільшення. В момент досягнення певного тиску в розвантажувальній камері (точка 10 - Фіг 2) відбувається повернення ротора в первинне положення. При цьому складової вібраційного сигналу стрибкоподібне змінюється (в даному випадку, зменшується, - ділянка 15 - Фіг 3), повертаючись до первинного значення. Тиск в розвантажувальній камері збільшують до первинного значення (точка 11 - Фіг 2).

Використання способу зможе визначати зсув ротора турбомашин менше 0,25мм.

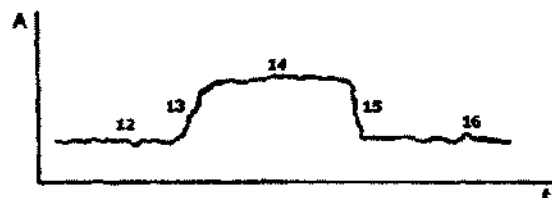
Перевага даного способу полягає в його чутливості та універсальності, можливості контролювання дуже малих змін будь-яких технологічних параметрів.



Фіг 1



Фіг 2



Фіг 3

