



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **74376** (13) **U**
(51) МПК (2012.01)
G01N 22/00

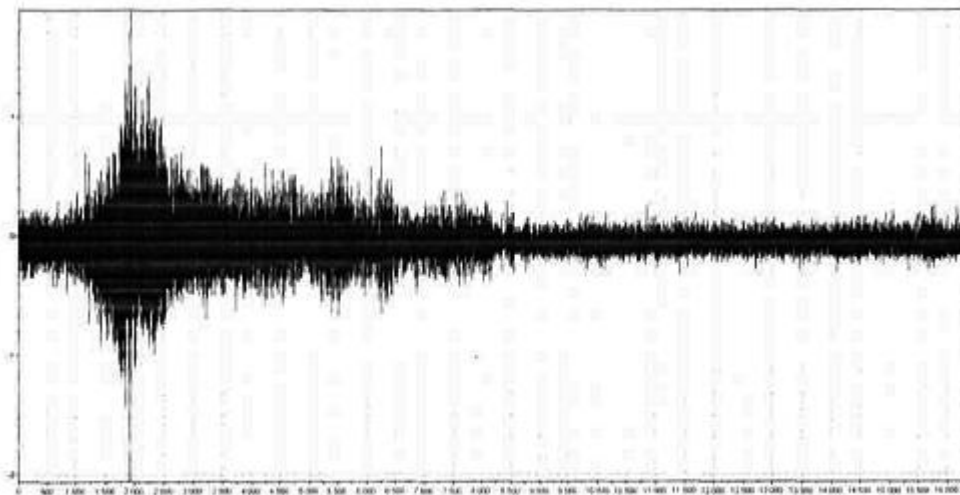
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2012 04430	(72) Винахідник(и):	Марченко Дмитро Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки:	09.04.2012	(73) Власник(и):	СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ,
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.10.2012		квартал Молодіжний, 20-А, м. Луганськ, 91034 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.10.2012, Бюл.№ 20		

(54) СПОСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ

(57) Реферат:

Спосіб діагностування виробничих об'єктів заснований на аналізі акустичних або вібраційних сигналів методами цифрової обробки сигналу, причому в акустичному або вібраційному сигналі отримують похідний від сигналу ряд локальної фрактальної розмірності, виявляють зміни в ряді локальної фрактальної розмірності сигналу, виділяють точку розладнання у сигналі з поведінки ряду локальної фрактальної розмірності, визначають границі між реалізаціями різних режимів динаміки сигналу, яка сформувалася, отримують діагноз, відповідно до якого виробляють керуючий вплив.



Фиг. 1

UA 74376 U

Корисна модель належить до систем діагностування і може бути використана у системах діагностування стану складних технічних об'єктів.

Відомо спосіб діагностування виробничих об'єктів, який полягає у аналізі акустичних або вібраційних сигналів методами цифрової обробки сигналу, у процесі якого на дослідних стендах у процесі виготовлення і налагодження формують акустичний або вібраційний паспорт об'єкта [див. деклараційний патент України № 67741, МПК G01N 22/00, опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5]. Даний спосіб вибраний за прототип.

Недоліком відомого способу є незабезпечення достатньої точності при застосуванні його до стохастичних, нестационарних еволюційних рядів сигналів, оскільки методи класифікації технічного стану в контексті складання паспортних даних об'єкта діагностування ґрунтуються на аналізі минулих значень сигналу, тому постає питання вибору обсягу ретроспективи для її використання в апараті розпізнавання, який, з одного боку, не буде враховувати явно застарілі значення, а з іншого - буде досить довгим, щоб вловити глобальну тенденцію руху сигналу.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення способу діагностування виробничих об'єктів, який полягає: у аналізі акустичних або вібраційних сигналів, шляхом отримання похідного від вхідного акустичного або вібраційного сигналу ряду локальної фрактальної розмірності, що дозволить визначити в сигналі границі переходу від однієї динаміки до іншої на основі виявлення зміни в ряді локальної фрактальної розмірності, що приведе до підвищення вірогідності діагнозу.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі діагностування виробничих об'єктів, заснованому на аналізі акустичних або вібраційних сигналів методами цифрової обробки сигналу, у процесі якого на дослідних стендах у процесі виготовлення і налагодження формують акустичний або вібраційний паспорт об'єкта, відповідно до корисної моделі, в акустичному або вібраційному сигналі отримують похідний від сигналу ряд локальної фрактальної розмірності, виявляють зміни в ряді локальної фрактальної розмірності сигналу, виділяють точку розладнання у сигналі з поведінки ряду локальної фрактальної розмірності, визначають границі між реалізаціями різних режимів динаміки сигналу, яка сформувалася, отримують діагноз, відповідно до якого виробляють керуючий вплив.

Таке рішення дозволить виключити операцію складання паспортних даних об'єкта діагностування, чим досягається підвищення вірогідності діагнозу.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де на фіг. 1 зображено фрагмент часового ряду вібраційного сигналу при розвитку нестационарного режиму автоколивань, а на фіг. 2 зображено графік обчисленої для цього фрагменту ряду функції локальної фрактальної розмірності $\mu(t)$.

Для складних стохастичних нестационарних сигналів джерело сигналу можна розглядати як сукупність нелінійних динамічних систем (ДС) з невідомими рівняннями фазової траєкторії руху ("чорний ящик"), де сам сигнал є спостережуваною реалізацією процесу, що описується ДС, що послідовно переходять одна в іншу.

Вплив нерівномірності (неоднорідності) зміни закономірної складової $x(t)$ в сигналі $\xi(t)$ вираховують її середньоквадратичним відхиленням $\sigma(t) = \sqrt{D\xi(t)}$. Час релаксації системи на збурення $\Delta\xi(t)$ пропорційний відношенню $\frac{\Delta\xi(t)}{\partial\xi(t)/\partial t}$. Швидкість релаксації пропорційна зворотній

величині $\frac{\partial\xi(t)/\partial t}{\Delta\xi(t)}$ і характеризує інтенсивність збурюючих впливів на систему $\lambda(t)$. Збурюючі впливи $\Delta\xi(t)$ пов'язані із середньоквадратичним відхиленням $\Delta\xi(t) = z\sigma(t)$.

Якщо є можливість статистичного аналізу сукупності з N реалізацій випадкового процесу $\xi(t)$, то аналіз вибірових даних по кожному перерізу $t = \text{const}$ дає статистичну оцінку для збурюючого впливу у формі $\Delta\xi(t) = z\sigma(t)$, де коефіцієнт при середньоквадратичному відхиленні дорівнює квантилю розподілу Стюдента з $N-1$ ступенями свободи і рівнем значущості $1-\alpha/2$. При цьому достовірність відповідає рівню $P=1-\alpha$. Тобто $z=t_{1-\alpha/2}$ з $N-1$ ступенями свободи. У підсумку для інтенсивності збурюючих впливів отримуємо залежність $\lambda(t) = \frac{\dot{\xi}(t)}{t_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{D\xi(t)}}$.

Ймовірність неруйнування протягом часу, не перевищуючого t , для системи з рівнем функціональної надмірності v дорівнює $P_{\text{нр}}(t) = (1 - e^{-\lambda(t)t})^v$.

Кумулятивні збурюючі впливи пропорційні часу функціонування системи в нормальному режимі. У результаті надійність дорівнює $F(t) = P_{\text{нр}}(t) = \left(1 - \exp\left(-\frac{\dot{\xi}(t)}{t_{1-\alpha/2}} \cdot t\right)\right)^v$.

Біля нуля ($t \rightarrow 0$) залежність ймовірності неруйнування лінійна в часі і має порядок

$$F \sim v\lambda(t) = v \frac{\dot{\xi}(t)}{\Delta x} = \frac{v}{t_{1-\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{t \cdot \xi}} = \frac{v}{t_{1-\alpha/2} \cdot V_{\xi}}, \text{ де } V_{\xi} - \text{відношення другого центрального і першого}$$

початкового моментів розподілу $\xi(t)$: $v = \sqrt{\int \xi(x)[x - M(x)]^2 dx} / \int \xi(x) x dx$.

При змінному значенні інтенсивності збурюючих впливів $\lambda(t)$ отримуємо залежність

$$\lambda(t) = \frac{1}{t_{1-\alpha/2}} \cdot \frac{\dot{\xi}(t)}{M\xi(t)} \cdot \frac{1}{V(t)}.$$

Дослідження статистичних даних на предмет обґрунтованості фрактального опису виявляє лінійну залежність функції $V(v)$ в логарифмічних координатах $V = v^{1-D_f}$ (D_f - фрактальна розмірність). Порівнюючи її із залежністю для збурюючих впливів $\lambda(t)$, отримаємо:

$$v^{1-D_f} \cdot \lambda(t) = \frac{1}{t_{1-\alpha/2}} \cdot \frac{\dot{\xi}(t)}{M\xi(t)}.$$

Таким чином, доведено, що величина добутку λv^{1-D_f} залежить тільки від характеристик динамічної системи, яка генерує досліджуваний сигнал. Тобто показник ступеня є параметром, який можна використовувати як характеристику стабільності ряду, що вказує на таку тенденцію: подій якого масштабу слід очікувати в поведінці об'єкта.

Спосіб діагностування виробничих об'єктів реалізується наступним чином.

Складний акустичний або вібраційний сигнал представляють у вигляді самоподібного часового ряду $I_S(t)$.

Для самоподібних часових рядів $I_S(t)$ дисперсія прирощення в будь-який момент часу t має вигляд: $\langle [I_S(t + \Delta t) - I_S(t)]^2 \rangle = \Lambda_J \times |\Delta t|^{2(1-\mu)}$, де Λ_J - нормувальна постійна, а операція усереднення

визначена згідно з $\langle [I_S(t + \Delta t) - I_S(t)]^2 \rangle = \frac{1}{t} \int_0^t [I_S(t + \Delta t) - I_S(t)]^2 dt$, параметр μ - локальна фрактальна розмірність.

Отримують похідний від вхідного сигналу ряд локальної фрактальної розмірності, для чого розглядають корелятор $Q_J(t)$ минулих і майбутніх прирощень самоподібного часового ряду сигналу $I_S(t)$: $Q_J(t) = 2^{2\mu-1} - 1 = \text{const}(t)$.

Будують похідну функцію $\mu(t)$ як значення локальної фрактальної розмірності μ ряду спостережуваного сигналу, визначене на мінімальному, попередньому t , інтервалі.

Виявляють зміни в ряді $\mu(t)$ локальної фрактальної розмірності μ сигналу $I_S(t)$. Величина $\mu(t)$ визначає статистику флуктуацій ряду $I_S(t)$ сигналу, пов'язану зі зміною стану об'єкта. Для гаусових флуктуацій $\mu = 1/2$ корелятор $Q_J(t) = 0$ - сплески і падіння часового ряду $I_S(t)$ абсолютно випадкові. При $1/2 < \mu \leq 1$ корелятор $Q_J(t) < 0$ - сплеск ряду $I_S(t)$ в минулому, означає швидке падіння в майбутньому. Навпаки, при $0 \leq \mu < 1/2$ корелятор $Q_J(t) > 0$ - сплеск в минулому, означає зростання $I_S(t)$ в майбутньому.

Виділяють точку розлагодження у вхідному сигналі $I_S(t)$ з поведінки ряду $\mu(t)$ локальної фрактальної розмірності. З креслення (фіг. 1, 2) видно, що на інтервалі, де ряд поводить себе відносно стабільно - $\mu(t) > 0,5$. Далі, з розвитком процесу автоколивань, $\mu(t)$ різко падає нижче значення $\mu = 0,5$ і, нарешті, в інтервалі, де відбувається вихід з процесу автоколивань, $\mu(t)$ повертається до значення $\mu \approx 0,5$.

Визначають границі між реалізаціями різних режимів динаміки сигналу, яка сформувалася, за переходом поточного значення функції через критичну позначку $\mu = 0,5$, а саме: $\mu(t) > 0,5$ - стабільна динаміка сигналу, відсутні явні і приховані дефекти, розвиток яких може привести до руйнування об'єкта чи його складових частин - об'єкт не потребує керуючих втручань; $\mu \leq 0,5$ - нестационарна динаміка сигналу необхідні керуючі втручання.

Таким чином, реалізація запропонованого способу діагностування виробничих об'єктів здійснена при контролі буксування (нестационарний режим автоколивань) колісної пари залізничного тягового рухомого складу, а порівняння результатів виявлення моменту початку автоколивань штатною системою і способом діагностування виробничих об'єктів, що заявляється, виявляє збіг показників контролю при більшій точності діагностування та тій перевазі, що запропонований спосіб не потребує наявності акустичних або вібраційних паспортних даних об'єкта.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб діагностування виробничих об'єктів, що заснований на аналізі акустичних або вібраційних сигналів методами цифрової обробки сигналу, який **відрізняється** тим, що в акустичному або вібраційному сигналі отримують похідний від сигналу ряд локальної фрактальної розмірності, виявляють зміни в ряді локальної фрактальної розмірності сигналу, виділяють точку розладнання у сигналі з поведінки ряду локальної фрактальної розмірності, визначають границі між реалізаціями різних режимів динаміки сигналу, яка сформувалася, отримують діагноз, відповідно до якого виробляють керуючий вплив.

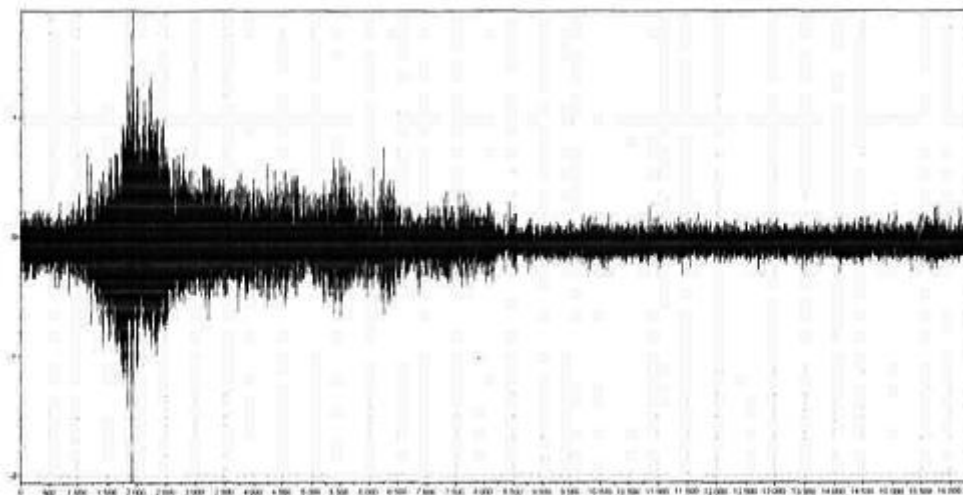


Fig. 1

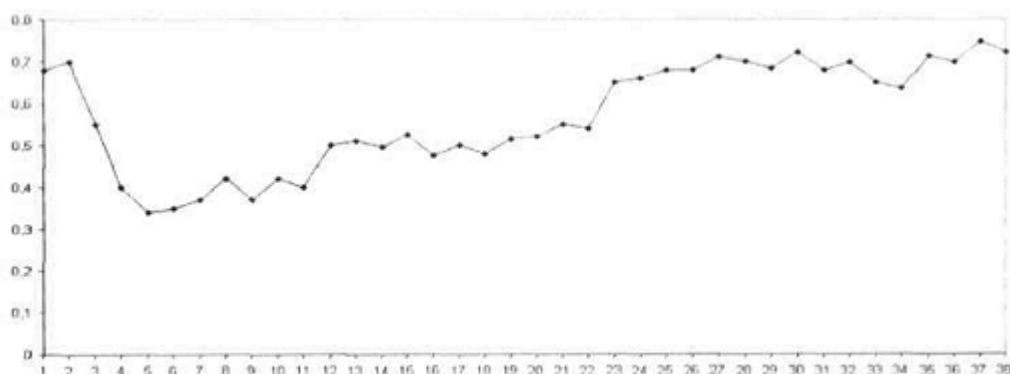


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601