

УДК 621.314:621.391

В.Г. Шульга, О.О. Федоза

Інститут електродинаміки НАН України

**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА
ВІБРОДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ
З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРВИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА
НА ПОВЕРХНЕВИХ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЯХ**

© Шульга В.Г., Федоза О.О., 2001

Розроблено конструкцію первинного перетворювача вібрацій (ППВ) на основі поверхневих акустичних хвиль (ПАХ), проведений розрахунок основних його параметрів. Запропоновано структурну схему системи діагностики з передачею даних по радіоканалу і по провідній лінії зв'язку з використанням ППВ на ПАХ. Запропонований ППВ безпосередньо виконує функції модулятора і генератора несучої частоти, що дає можливість створити передавач невеликих розмірів.

The construction of the primary transformer of vibrations on a basis of surface acoustic waves is designed. The calculation of its basic parameters is carried out. The structure of diagnostic system with data transmission by radio channel and by wire link with use this transformer is offered. Proposed transformer directly executes functions of the modulator and generator of a carrier frequency, that allows to create the transmitter of small size.

Віброакустичний метод один з найефективніших методів не руйнівної діагностики таких об'єктів електротехнічного устаткування, як шихтовані магнітопроводи, підшипникові вузли і вузли автономних дизель-електричних генераторів, лопатки вітроагрегатів [1]. Метод ґрунтується на аналізі акустичних коливань, параметри і характеристики яких змінюються при поширенні в об'єкті діагностики (ОД) залежно від його фізичного стану і структури. Реалізується метод за допомогою інформаційно-виміральної системи (ІВС) вібродіагностики (ВД), та програмного забезпечення ЕОМ, яке дозволяє обробити експериментальні дані, та прийняти діагностичне рішення про наявність або відсутність дефектів певного типу.

При проведенні функціональної діагностики часто необхідно досліджувати вібрації вузлів, які знаходяться у важкодоступних місцях (вишки вітроелектростанцій), чи вузлів, які обертаються (лопатки вітроагрегату, вал автономного дизель-електричного генератора тощо). У таких випадках для передачі даних з первинного перетворювача вібрацій (ППВ) доцільно використати радіоканал [3]. Теоретичні питання необхідні для побудови ІВС даного типу розглянуті в працях [1–3]. У них проведено обґрунтування теорії діагностики електротехнічного обладнання, по дев'яти вузлів, які обертаються. Враховуючи це, в даній роботі розглянемо тільки особливості побудови вимірального каналу (ВК) ІВС ВД з ППВ на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ) у комплексі з радіовимірвальним каналом. Особливістю запропонованого ППВ генераторного типу є те, що на його виході формується частотно-модульований сигнал з несучою частотою в кілька десятків МГц. Девіація частоти при цьому пропорційна значенню віброзміщення. Отже, відпадає необхідність у використанні при передачі модулятора, що здійснював би частотну модуляцію сигналу несучої

частоти корисним сигналом. Це дає змогу, створити перетворювач із передавальним пристроєм, які будуть мати невеликі розміри і масу, а ці характеристики важливі, тому що такий ППВ не буде значно впливати на нормальну роботу вузла, який діагностується.

Крім радіовимірювального каналу (РВК), у роботі розглянутий вимірювальний канал з провідною лінією зв'язку (ПрЛЗ). Такий підхід до побудови ВК є кращим, ніж РВК у випадку, якщо необхідно передавати дані в умовах впливу промислових радіоперешкод. Перевагою ВК із ПрЛЗ, порівняно з РВК, є також більш просте схемне рішення і більш висока чутливість ППВ (за рахунок спеціальної конструкції). Потрібно додати, що розглянуті перетворювачі є також і порівняно простими у виготовленні (для сучасного рівня технологій), завадозахищеними (тому що вихідним параметром є не амплітуда, а частота сигналу). Чутливі елементи таких перетворювачів мають велику повторюваність при виготовленні (що дозволяє, забезпечити високі метрологічні характеристики ППВ).

Розглянемо детальніше структуру і принцип дії перетворювача. Стабілізуючим елементом генератора (ППВ) використовується лінія затримки (ЛЗ) (рис. 1, де 1 – зустрічно-штирьовий перетворювач (вхідний); 2 – підкладка; 3 – зустрічно-штирьовий перетворювач (вихідний); 4 – багатосмуговий відгалужувач (БСВ)), до складу якої входять вхідний 1 і вихідний 3 перетворювачі, які розташовані в паралельних акустичних потоках на відстані L . Лінія затримки розміщена на п'єзоелектричному кристалі, що виконує функції як підкладки (по якій поширюється ПАХ), так і електричного перетворювача [4, 5]. Причому сам зустрічно-штирьовий перетворювач (ЗШП) представляє собою найпростішу систему металевих електродів 3, 1, що жорстко зв'язані з підкладкою 2. При роботі з перетворювача 1 хвиля надходить з одного акустичного каналу, у паралельний через багатосмуговий відгалужувач (БСВ) 4. Використання двох каналів дає можливість уникнути впливу небажаних об'ємних акустичних хвиль.

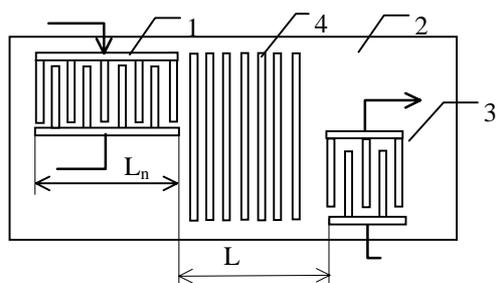


Рис. 1. Схеми розташування електродів у двофазному перетворювачі ПАХ

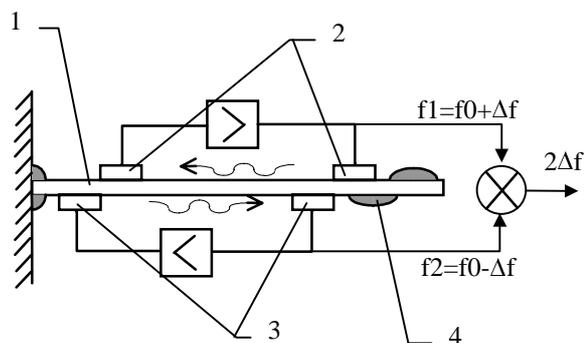


Рис. 2. Конструкція ППВ

Коливальний режим роботи ППВ (рис. 2) підтримується за рахунок кола додатного зворотного зв'язку, у яку включений підсилювач 1. Підсилювач компенсує втрати енергії ПАХ в ЛЗ.

Збудження такого генератора відбувається на резонансній частоті перетворювача, яка визначається з умови акустоелектричного синхронізму, тобто при рівності довжини ПАХ λ двом періодам решітки. У деяких випадках необхідно враховувати електричний зсув фази в перетворювачах φ_n і підсилювачі φ_y . Це можна записати у вигляді співвідношення:

$2\pi n = \omega L/v_a + \varphi_n + \varphi_y$ у якому ω – частота генерації, L – робоча довжина ЛЗ (відстань між перетворювачами). Але при досить великому значенні L цими фазовими зсувами можна знехтувати, і тоді з виразу $\omega = (2\pi v_a/L)n$ отримаємо

$$f_0 = \frac{v_a}{2d}, \quad (1)$$

де f_0 – резонансна частота перетворювача; d – період решітки перетворювача; v_a – швидкість поширення ПАХ в підкладці.

Зміна частоти Δf і значення чутливості δ можна визначити з виразу (1) (при $d \gg \Delta d$) $f_0 - \Delta f = \frac{v_a}{2} \cdot \frac{1}{d + \Delta d} \cong \frac{v_a}{2 \cdot d} \cdot \left(1 - \frac{\Delta d}{d}\right)$ тобто

$$\Delta f = \frac{f_0}{d} \cdot \Delta d = \frac{f_0}{d} \cdot \xi. \quad (2)$$

де ξ – значення віброзміщення; Δf – зміна частоти.

Чутливість давача можна визначити з виразу $\delta = \frac{\Delta f}{\xi}$ чи, з огляду на (2), з

$$\delta = \frac{f_0}{d}. \quad (3)$$

Важливою особливістю ППВ є можливість збудження коливань на одній частоті ω_0 (одномодового збудження) для цього необхідно забезпечити рівність довжини одного з перетворювачів (смугозадаючого) відстані між перетворювачами $L_n = L = n\lambda_a$ (рис. 1).

Як видно з рис. 2 пластина жорстко закріплена з одного боку. На протилежних гранях пластини 1 розташовані дві лінії затримки 2, 3. Акустичний поглинач 4 виключає поширення хвилі за межі підкладки, яка є площини генераторів. За відсутності впливу вібрації на підкладку, частоти f_1 і f_2 генераторів, однакові і різниця частот Δf , на виході змішувача, дорівнює нулю. При прогинанні підкладки, при впливі вібраційної хвилі, частоти обох генераторів змінюються (якщо f_1 збільшується, то f_2 зменшується). Різниця частот Δf , на виході змішувача 5, пропорційна віброзміщенню. Розглянута конструкція дозволяє виключити залежність параметрів ППВ Δf від температури навколишнього середовища, внаслідок одночасного відхилення частот генераторів f_1 і f_2 при зміні температури. Ускладнення конструкції ППВ, через використання двох генераторів, цілком виправдано виграшем у термостабільності.

Конструкція ППВ, який використовується разом з РВК, простіша. У цьому випадку встановлюється ЛЗ тільки з однієї сторони підкладки. За відсутності впливу вібрації на підкладку, на виході перетворювача формується сигнал з частотою f_0 . При впливі вібрації частота f_0 буде змінюватися на значення Δf .

Для прикладу розрахуємо параметри ППВ, зміну частоти Δf і чутливість δ , зважаючи на такі дані. Максимальне значення віброзміщення на лопатці вітроагрегату $\xi = 10$ мкм, на поверхні ротора (під навантаженням) $\xi = 25$ мкм. Тому що підкладка ЛЗ жорстко закріплена на поверхні лопатки чи ротора турбогенератора, то значення віброзміщення можна прийняти таким, що дорівнює зміні періоду решітки перетворювачів

ЛЗ $\xi = \Delta d$. Розрахунок параметрів проведемо для кварцу (ST-зрізу), для якого $v_a = 3.15 \cdot 10^3$ м/с. Значення резонансної частоти перетворювача прийемо таким $f_0 = 10$ Гц.

Результати розрахунків по формулах (1)–(3) наведені в таблиці.

Таблиця

Назва вузла	F_0 , МГц	d , мкм	Δf , кГц	Δd , мкм	δ , кГц/мкм
1. Лопатка вітроагрегату	10	157,5	635	10	63,5
2. Ротор турбогенератора	10	157,5	1587	25	63,5

Як уже було відмічено, особливістю конструкції радіоканалу є те, що на виході первинного перетворювача вібрацій формується радіосигнал частотою порядку декількох десятків МГц. Тобто функції модулятора і генератора несучої частоти виконує безпосередньо сам первинний перетворювач. Тому до складу передавача входить тільки кінцевий підсилювач потужності. Структурна схема системи діагностики (ІВС ВД) з використанням РВК показана на рис. 3, а.

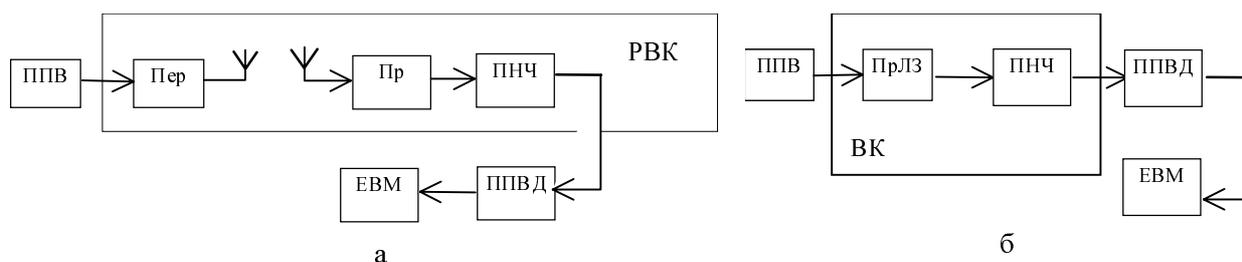


Рис. 3. Структурні схеми ІВС ВД:

а – з використанням радіоканалу, б – з використанням провідної лінії зв'язку.

Структурна схема ІВС ВД з РВК (рис. 3, а) складається з таких блоків: ППВ; РВК; пристрою перетворення і введення даних (ППВД); електронно-обчислювальної машини (ЕОМ). ППВ є збудником коливань, що передаються через радіовимірювальний канал на ППВД, що здійснює перетворення аналогового сигналу в цифровий і забезпечує введення такого сигналу в ЕОМ для подальшої обробки. Радіоканал складається з передавача (Пер); антени; приймача (Пр); підсилювача низьких частот (ПНЧ).

Структурна схема системи діагностики з використанням провідної лінії зв'язку представлена на рис.3, б. Відмінністю первинного перетворювача який використовується в цій схемі, від ППВ який використовується в радіоканалі в тому, що на виході ППВ формується низькочастотний сигнал з частотою Δf . Структурна схема складається з таких блоків: ППВ; вимірювального каналу (до складу якого входять провідна лінія зв'язку (ПрЛЗ), підсилювач низької частоти (ПНЧ)); пристрою перетворення і введення даних і ЕОМ. За допомогою спеціальних програм ЕОМ обробляє отриману інформацію і приймає рішення про технічний стан об'єкта, який діагностується.

Запропонована конструкція первинного перетворювача вібрацій на основі ПАХ, який має лінійну характеристику перетворення, високі метрологічні характеристики.

Запропонований підхід до побудови системи діагностики дозволяє створити радіовимірвальний канал з простою схемною конструкцією. Це дозволяє домогтися невеликих габаритів і маси ППВ і передавача.

1. Марченко Б.Г., Мыслович М.В. *Вибродиагностика подшипниковых узлов электрических машин.* – К., 1992. – 195 с. 2. Марченко Б.Г., Мыслович М.В. *Теория диагностики энергоагрегатов по девиации вращающихся узлов и её практическое применение для дизель-электрических генераторов.* Ч. 4. *Экспериментальная проверка методики диагностики цилиндро-поршневой группы дизель-электрического генератора // Техническая электродинамика.* – 1999. – № 4. – С. 40–45. 3. Зварыч В.Н., Мыслович М.В., Сысак Р.Н., Федоза А.А., Шульга В.Г. *Информационно-измерительна система диагностики ветро-электрических агрегатов с использованием первичных датчиков на поверхностных акустических волнах // Технічна електродинаміка.* – 1999. – Ч.1: Темат. вип. “Моделювання електронних, енергетичних та технологічних систем”. – С. 42–47. 4. Каринский С.С. *Устройства обработки сигналов на ультразвуковых поверхностных волнах.* – М., 1975. – 176 с. 5. Речицкий В.И. *Акустoeлектронные компоненты. Схемы, топология, конструкции.* – М., 1987. – 192 с.

ІНФОРМАЦІЯ

УДК 621.311.658.26

А.В. Гриценко*, А.В. Праховник**, В.І. Прокопець***

*ЕнКоГ,

**Інституту енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ “КПІ”,

***Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”

ОБЛІК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ – КОНЦЕПЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Гриценко А.В., Праховник А.В., Прокопець В.І.

У цій статті розглянуто основні положення концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку, а також технічні вимоги до автоматизованих систем обліку електроенергії і їх засобів.

In this article the main statements of the concept of automated electricity metering systems construction in the market conditions as well as technical requirements to automated electricity metering systems and their tools are reviewed.

У теперішній час одним із найбільш пріоритетних напрямків розвитку систем обліку електроенергії є впровадження автоматизованих систем контролю та обліку (АСКОЕ) на базі сучасних інформаційно – вимірювальних комплексів.

Тільки впровадження АСКОЕ дозволить вирішити всі проблеми, які зв'язані з обліком та контролем електричної енергії в умовах ринкових відносин.

Говорячи про проблеми обліку електричної енергії, можна виділити на теперішній час: **недостатню точність обліку** – проблема, яка зв'язана з використанням застарілого обладнання з низькими метрологічними характеристиками, а також з порушенням режимів експлуатації обладнання, що використовується;

можливість організації погодинного обліку – проблема, яка зв'язана зі зміною вартості електричної енергії протягом доби і особливо актуальна на підстанціях з перетоками енергії;

синхронізація (одночасність) проведення вимірювань – проблема, яка пов'язана з необхідністю оперативного контролю за генерацією і використанням енергії.

Оперативність надання інформації – проблема, яка зв'язана з тим, що для ефективною взаємодії структур, які появились внаслідок реформування енергетичної галузі необхідна висока оперативність надання інформації про кількість генеруючої і використаної електроенергії. Проблему можна вирішити тільки використанням автоматизованих систем збору та обробки інформації.

Крім повноцінного вирішення цих проблем АСКОЕ, які впроваджуються, повинні мати метрологічну та експлуатаційну надійність, яка відповідала б сучасному рівню розвитку засобів електронної техніки.