

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА РАДІОВИМІРЮВАНЬ

УДК 681.88

МОНІТОРИНГ РУХУ ОБ'ЄКТІВ

Боднарчук С.В., Бичковський В.О., Курішко Є.С.

Розглядається та аналізується метод видобування інформації про швидкість та напрям руху об'єктів. Дається методика моніторингу руху об'єктів, проводиться аналіз статистичних і ентропійних характеристик вимірювального пристрою та результатів його випробувань.

Вступ

Контроль за швидкістю переміщення об'єкту та моніторинг його руху ведеться за допомогою як механічних, так і електронних вимірювачів[1]. Найбільш поширеним у транспорті є механічний спосіб вимірювання швидкості, який має недоліки: неможливість визначення швидкості при заблокованій колісній парі, пробуксовці, неможливість визначення напрямку руху (вперед чи назад), низька надійність. Використання датчиків комбінованого типу (з перетворенням повідомлення в електричний сигнал) дає можливість визначити напрям руху. Але проблема виміру швидкості при пробуксовці чи юзі не вирішується. Найбільш зручним засобом для безконтактного вимірювання швидкості є прилади на основі ефекту Доплера (радіолокаційні та оптоелектронні). Радіолокаційні пристрої є досить складними. В оптоелектронних пристроях використовуються досить складні способи обробки інформації, на результати вимірювань впливають атмосферні опади, використання лазера та дифракційних ґрат не є економічно доцільним. Наведені методи моніторингу руху об'єктів не відповідають сучасним вимогам, не забезпечують завадостійкості і ефективності

Постановка задачі

Для вирішення існуючих проблем, на наш погляд, доцільно використання ультразвукових вимірювачів, які забезпечують визначення швидкості та напрямку руху об'єкта безконтактним способом, мають високу механічну міцність та просту конструкцію [2, 3].

Теоретичні викладки

Для моніторингу руху об'єктів доцільно використовувати ефект Доплера, при цьому не поперечний, а кутовий [2, 3]. Якщо ω - частота первинної хвилі, c - швидкість звуку, $\tilde{\theta}$ - кут між вектором швидкості об'єкта та напрямом на приймач, ω' – отримана частота, $\Delta\omega = \omega - \omega'$ – різниця частот, то при розташуванні джерела випромінювання перпендикулярно до розсіюючої поверхні швидкість руху

$$v_p = \frac{c\Delta\omega}{\omega \cos \tilde{\theta}}. \quad (1)$$

В вимірювачі використовується два приймачі, розташовані під кутом

$\varphi=180^\circ - \tilde{\theta}$ відносно вектора швидкості, що дає можливість зробити висновок про напрям руху. Якщо одна з прийнятих частот більша за іншу, то напрям вектора швидкості один, і навпаки. Значення $\Delta\omega$ обчислюється як

$$\Delta\omega = \frac{|\omega'' - \omega'|}{2}, \quad (2)$$

де ω' , ω'' – частоти, прийняті відповідно з першого та другого приймача.

Значення $\cos \tilde{\theta}$ обчислюється математично при встановленні вимірювача на об'єкт (за вимірюваннями відстані h від джерела до відбиваючої поверхні і відстані l від джерела до приймача) як

$$\cos \tilde{\theta} = \frac{l}{\sqrt{h^2 + l^2}}. \quad (3)$$

За формулою (1) проводиться вирахування мікропроцесором швидкості руху об'єкту. Вимірювач є функціональним перетворювачем відносної частоти $\xi = \Delta\omega/\omega$ та кута $\tilde{\theta}$ в швидкість v_p :

$$v_p = \frac{c\xi}{\cos \tilde{\theta}}. \quad (4)$$

Кут $\tilde{\theta}$ є випадковою величиною оскільки визначається при встановленні вимірювача на об'єкт на підставі визначення відстаней l та h . Якщо $W_1(\tilde{\theta})$ – щільність імовірності кута $\tilde{\theta}$, то можна визначити щільність імовірності швидкості $W_{1v}(v_p)$ [4], а саме

$$W_1(\tilde{\theta})d\tilde{\theta} = W_{1v}(v_p)dv_p, \quad (5)$$

звідки

$$W_{1v}(v_p) = W_1(\tilde{\theta}) \left| \frac{dv_p}{d\tilde{\theta}} \right|^{-1}. \quad (6)$$

З формули (4) визначаємо:

$$\tilde{\theta} = \arccos \frac{c\xi}{v_p}. \quad (7)$$

Для щільності кутів приймається рівномірний закон [4]. Таким чином

$$W_1(\tilde{\theta}) = \frac{1}{\tilde{\theta}_2 - \tilde{\theta}_1}, \quad (8)$$

де $\tilde{\theta}_2$ та $\tilde{\theta}_1$ - найбільше та найменше значення установочних кутів.

На підставі формули (7) визначаємо:

$$\tilde{\theta}_2 = \arccos \frac{c\xi}{v_{p2}}, \quad (9)$$

$$\tilde{\theta}_1 = \arccos \frac{c\xi}{v_{p1}}. \quad (10)$$

Виконуючи процедури, передбачені співвідношеннями (6)-(10), визначаємо щільність імовірності швидкості:

$$W_{1v}(v_p) = c\xi [v_p^2 \sqrt{1 - \frac{c^2 \xi^2}{v_p^2}} \left(\arccos \frac{c\xi}{v_{p2}} - \arccos \frac{c\xi}{v_{p1}} \right)]^{-1}. \quad (11)$$

В вимірювачі, як у функціональному перетворювачі, спостерігається певний ентропійний баланс [5]. Якщо $H_0(\tilde{\theta})$ – апіорна ентропія кута $\tilde{\theta}$, $H_0(v_p)$ – апіорна ентропія швидкості v_p , то умова ентропійного балансу

$$H_0(v_p) = H_0(\tilde{\theta}) + \Delta H, \quad (12)$$

де ΔH - втрата ентропії, що визнається як

$$\Delta H = - \int_{\tilde{\theta}_1}^{\tilde{\theta}_2} W_1(\tilde{\theta}) \ln \left| \frac{dv_p}{d\tilde{\theta}} \right|^{-1} d\tilde{\theta}. \quad (13)$$

На підставі формули (4) визначаємо:

$$\left| \frac{dv_p}{d\tilde{\theta}} \right|^{-1} = \frac{1}{c\xi} \cdot \left| \frac{\cos^2 \tilde{\theta}}{\sqrt{1 - \cos^2 \tilde{\theta}}} \right|. \quad (14)$$

Коефіцієнт ентропійної потужності вимірювача

$$K_{en} = \exp(2\Delta H). \quad (15)$$

Підсилення ентропійної потужності у вимірювачі (в децибелах):

$$K_{nen} = 8,68 \Delta H. \quad (16)$$

Для оцінки статистичних та ентропійних характеристик вимірювача виконувались розрахунки відповідно до формул (11), (16). Аналіз співвідношення (11) показує, що при збільшенні параметра $D = v_{p2}/v_{p1}$ збільшується математичне очікування швидкості руху, яка буде вимірюватися. Таким чином, вимоги до якості робіт при встановленні вимірювача визначаються на підставі вимог до точності вимірювання швидкості. При збільшенні установочного кута $\tilde{\theta}_1$ збільшується параметр v_{p1} , що супроводжується більшим математичним очікуванням вимірюваної швидкості руху.

Підсилення ентропійної потужності у вимірювачі згідно формул (13), (14), (16) буде залежати як від точності установочних робіт, так і від параметра $\xi = \Delta\omega/\omega$. При збільшенні ξ , підсилення ентропійної потужності стає меншею від'ємною величиною, і навпаки. Таким чином вибором частоти ω можна досягнути певного значення K_{nen} та контролювати апіорну ентропію швидкості руху, яка вимірюється.

Результати експерименту

На підставі теоретичних досліджень побудований вимірювач за принципом визначення зсуву частоти переданого сигналу відносно прийнятого [6]. Встановлено, що висота розміщення датчиків-приймачів може змінюватися в широких межах. Найоптимальнішим є діапазон від 0,5м до 1м. На роботу вимірювача суттєво не впливають кліматичні умови; він працює

при суцільному сніговому покриві на відбиваючій поверхні та при коливаннях напруги. Вимірювач є стійким до високочастотного випромінювання та захищеним від ураження електричним струмом. Робоча температура від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Відносна вологість повітря 98% при температурі 25°C .

Висновки

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження підтверджують доцільність моніторингу руху об'єктів з використанням ультразвукових вимірювачів. При цьому з'являється можливість визначення напряму руху (вперед чи назад), визначення швидкості при заблокованій колісній парі та при пробуксовці. Використання в вимірювачі мікропроцесора дає можливість за проміжок часу 1с робити 100 циклів вимірювання та обчислення з узагальненням отриманих результатів (усередненням отриманих значень швидкості за один цикл). Сучасні засоби реалізації вимірювача роблять процедуру моніторингу руху об'єктів інформативною та надійною.

Література

1. Справочник по радиоэлектронным системам/Ред. Кривицкого Б.Х. Т.2. – М.: Сов. радио, 1972.-368 с.
2. Голямина И.П. Маленькая энциклопедия. Ультразвук. – М.: Сов. энциклопедия, 1979. – 300 с.
3. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1990. – 630 с.
4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Сов. радио, 1969 – 752 с.
5. Голдман С. Теория информации. – М.: ИИЛ, 1957. – 446 с.
6. Тузов Г.И. Выделение и обработка информации в доплеровских системах. – М.: Сов. радио, 1967. – 256 с.

| | |
|---|---|
| <p>Боднарчук С.В., Бычковский В.А., Куришко Е.С. Мониторинг движения объектов Рассматривается и анализируется метод извлечения информации о скорости и направлении движения объектов. Дается методика мониторинга движения объектов, проводится анализ статистических и энтропийных характеристик измерительного устройства и результатов его испытаний.</p> | <p>Bodnarchuk S.V., Bychkovsky V.A., Kurishko E.S. The objects movement monitoring The method of extraction of information about the direction of the object movement and its speed is viewed, investigated and analyzed. The methodic of the objects movement monitoring is given in the research, the analysis of statistical and entropic characteristics of measuring apparatus and result of its testing.</p> |
|---|---|