

РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАНАЛЬНОГО ВИМІРЮВАЧА ПОТОКУ ПОВІТРЯ ТА ТЕМПЕРАТУРИ

Дерев'янюк Є.А., Кривовський Р.С

Науковий керівник – проф., к.т.н., Коритцев Ігорь Васильович
Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 7021-587)
e-mail: yevhen.derevianko@nure.ua, факс (057) 702-11-13

In this study, an ultrasonic airflow measuring device has been developed. Airflow within rooms, important for environmental control in high-performing buildings and in labs, hospitals, and data centers, is currently almost never monitored because of the expense, power draw, directional sensitivity, and fragility of existing airspeed sensors. The result is that existing building control systems cannot predict energy flows accurately.

В докладі розглядається теоретичне обґрунтування розробленого ультразвукового пристрою та принципи його роботи. Так, для вимірювання температури пропонується застосування імпульсного локаційного методу, а для вимірювання швидкості повітря – неперервного локаційного методу з використанням інформації о швидкості ультразвуку (УЗ) у каналі, отриманої імпульсним методом при визначенні температури [1].

Оскільки шлях УЗ в основному пролягає у внутрішньому повітрі каналу, де він отримує сильне ослаблення, що пропорційне квадрату частоти УЗ випромінювання, то бажано використовувати нижні частоти 20...40 кГц. На цих частотах діаграми спрямованості електроакустичних перетворювачів значно розширені, тому для вимірювань слід використовувати неенергетичні параметри сигналів, а для організації бістатичного прийому не має потреби випромінювати УЗ під кутом к каналу.

Вимірювання температури здійснюється на базі імпульсного локаційного методу, коли ультразвуковий випромінювач/приймач (УЗВ/П_р) випромінює імпульс з УЗ наповненням, частотою f_0 , поперек каналу та приймає відбитий сигнал від протилежної стінки каналу. Вимірюється час затримки відбитого сигналу t відносно началу випромінювання імпульсу і розраховується швидкість ультразвуку у каналі $C_{кТ}$, що обумовлена температурою

$$C_{кТ} = 2D/t$$

де D – відстань до протилежної стінки каналу.

Температура визначається за даними введеної метрологічної таблиці, що зберігається у пам'яті пристрою, наприклад, швидкості $C_{кТ} = 343.216$ м/с відповідає $T = 20^0$ С, або розраховується за наближеною формулою.

Для вимірювання швидкості повітря в каналі використовується

бістатичний прийом, коли передавач переводиться в режим неперервного випромінювання з частотою f_0 , частина якого відбивається від стінки каналу та поступає на ультразвуковий приймач (УЗП_р), який знаходиться на відстані B від УЗВ/П_р. Обумовлена температурою швидкість УЗ $C_{кТ}$, яка була визначена при імпульсному зондуванні каналу, змінюється із-за впливу радіального компонента швидкості повітря V_r , і вираз для швидкості УЗ в каналі після відбиття стінкою каналу (C_k) приймає вид

$$C_k = C_{кТ} \pm 2V \cos(\phi),$$

де V – швидкість повітря в каналі; (+) – відповідає випромінюванню УЗ за течією повітря в каналі, а (–) – супротив течії; ϕ – кут відхилення УЗ променя від поверхні каналу

$$\phi = \arctg(2D/B).$$

Після ділення рівняння на рівняння довжини УЗ хвилі λ_k в каналі

$$\lambda_k = C_{кТ}/f_0,$$

отримуємо вираз для розрахунку швидкості повітря в каналі

$$V = \pm \frac{(f_{\text{ПР}} - f_0)C_{кТ}}{2 \cos(\phi)},$$

де $(f_{\text{ПР}} - f_0)$ – доплерівський зсув частоти $f_{\text{ПР}}$ сигналу, що приймається УЗП_р та перетворюється в електричний сигнал.

Частота $f_{\text{ПР}}$ оцінюється по спектру сигналу на виході приймача методом швидкого перетворення Фур'є у мікропроцесорному блоці.

Структурна схема пристрою містить такі основні блоки, як потужний генератор УЗ частоти навантажений на УЗВ/П_р, з двома режимами роботи – імпульсним та неперервним, приймач тракту вимірювання температури [2], приймач тракту вимірювання швидкості повітря з пристроєм компенсації паразитних коливань від передавача на вході, мікропроцесорний блок з цифровою індикацією, блок живлення.

Конструктивно вимірювач може бути виконаним у вигляді моноблока або двох блоків з кабельним з'єднанням. Вони мають активну сторону, яка містить УЗ перетворювачі. Вимірювач може бути стаціонарним чи переносним, від цього залежить спосіб щільного притиснення активної сторони вимірювача до зовнішньої стінки каналу. У разі використання ультразвукових перетворювачів з вузькими ДС треба застосувати окремий випромінювач/приймач для імпульсного каналу.

Перелік посилань

1. Ультразвук. Малая энциклопедия/ Под ред. И.П.Гальямина. – М.: СЭ, 1979. – 400 с.
2. Хмелев В.Н. и др. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности. – Бийск: АГТУ, 2010. – 203 с