

ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ, РАДІОЛОКАЦІЇ, РАДІОНАВІГАЦІЇ

УДК 681.586

ПЕРЕТВОРЮВАЧ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН НА ПОВЕРХНЕВИХ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЯХ

Піддубний В.О., Піддубний В.В.

Проведено розрахунок параметрів перетворювача механічних величин в частотний вихідний сигнал. Розглянуті деформаційна та температурна чутливість. Наведено опис перетворювача та результати досліджень.

Вступ. Постановка задачі

В сучасній електроніці широко використовуються прилади основані на збудженні ультразвукових хвиль в пружному середовищі. До таких приладів відносяться і генератори на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ) [1,2], високі показники якості яких зумовлюють їх поширення. Розроблений перетворювач механічних впливів (ПМВ) призначений для вимірювання тиску в діапазоні від 0 до 100 кПа. Він може використовуватися зі спеціальним зондом для вимірювання лінійного переміщення чи зусилля. Завдяки своїм перевагам (малі габарити та маса, висока швидкодія, низька нелінійність характеристики, технологічність) цей ПМВ дозволяє покращити метрологічні характеристики приладів.

Теоретичні викладки

ПМВ можна представити як функціональний перетворювач [5], що складається з первинного (ПП) та вторинного (ВП) перетворювачів. ПП – це пружний чутливий елемент (ЧЕ) відповідного конструктивного виконання, напружено-деформований стан якого залежить від значення вимірюваної величини. ВП – це ЛЗ на ПАХ, виготовлена на поверхні ЧЕ та електронна схема, що дозволяє перетворити деформацію в електричний сигнал. ПМВ, побудовані за диференційною схемою, дозволяють в 1,5...2 рази збільшити його чутливість в порівнянні з ПМВ з одною ПАХ структурою та забезпечити температурну компенсацію.

ПМВ складається із ПП (мембрани), на деформованій поверхні якого виготовлені дві лінії затримки на ПАХ (ЛЗ1 та ЛЗ2). Вони розміщені в місцях ЧЕ з протилежним знаком деформації. В склад ВП входять лінії затримки, два високочастотних підсилювача (ВЧП1 та ВЧП2), змішувач, фільтр нижніх частот та вихідний підсилювач.

Лінії затримки ЛЗ1 та ЛЗ2 відповідно з підсилювачами ВЧП1 та ВЧП2 створюють два ПАХ генератори (Г1 та Г2). Частоти генераторів вибираються розстроєними на величину вихідного сигналу при відсутності деформації. Умовами генерації ω_{01} , ω_{02} є баланс фаз: $\varphi_{ЛЗ}(X_i) + \varphi_e(X_i) = 2\pi n$ та баланс амплітуд: $K_{ЛЗ}(\omega_0) \cdot K_{ВЧП}(\omega_0) \geq 1$, де $\varphi_{ЛЗ}(X_i)$ та $\varphi_e(X_i)$ – фазові набіги відповідно в ЛЗ та електричних колах підсилювача; $K_{ЛЗ}$ та $K_{ВЧП}$ – втрати в ЛЗ та коефіцієнт підсилення ВЧП на частоті акустичного синхронізму ω_0 . Набіг фази в ЛЗ пов'язаний з частотою акустичного синхронізму та часом затримки сигналу в звукопроводі $\varphi_{ЛЗ}(X_i) = \tau(X_i)\omega_0(X_i)$, де $\omega_0(X_i)$ – частота акустич-

ного синхронізму, частота мінімальних втрат в ЛЗ, $\tau(X_i)$ – час затримки в ЛЗ, який визначається акустичною довжиною ЛЗ та швидкістю розповсюдження ПАХ $\tau(X_i)=L(X_i)/V(X_i)$. Відносна зміна частоти генератора залежить від зміни швидкості розповсюдження ПАХ $\Delta V(X_i)/V_0$, акустичної довжини ЛЗ $\Delta L(X_i)/L_0$ в деформованому та недеформованому стані ЧЕ та величини фазового набігу $\Delta\varphi_e/\varphi_e$ в колах підсилювача $\omega(X_i)/\omega_0=V(X_i)/V_0 - L(X_i)/L_0 - (1/2\pi n)\Delta\varphi_e/\varphi_e$. Вихідний сигнал утворюється на змішувачі, де виділяється різнісна частота 50 кГц при частотах генерації (78,85...78,9 МГц). Напруга різнісної частоти подається на ФНЧ, де подавляються паразитні комбінаційні частоти, що проходять на вихід змішувача. Вихідний підсилювач забезпечує нормування сигналу по амплітуді та необхідні значення вихідного опору ПМВ. Функція перетворення ПМВ має вигляд [5]

$$\omega(X_i)=\omega_0+S_X\epsilon(X_i)(\omega_{01}-\omega_{02})+S_T\alpha_T(\omega_{01}-\omega_{02})+\omega_0\Delta\varphi_e/\varphi_e \quad (1)$$

де S_X та S_T – деформаційна та температурна чутливості перетворювача, $\epsilon(X_i)$ – відносна деформація ЧЕ під дією параметру X_i , α_T – коефіцієнт температурного розширення матеріалу чутливого елемента.

Таблиця 1

Параметр	Формула	Од. виміру	Величина
Номінальне значення вихідної частоти	$f_0=f_{01}-f_{02}$	кГц	50±1
Девіація вихідної частоти	$\Delta f_{0max}-S_X\epsilon(X_{imax})(f_{01}-f_{02}), S_X=0,94$	кГц	25,0
Масштабний коефіцієнт	$K_X=(S_X\epsilon_{max}(X_{imax})f_0)/\Delta X_{imax}$	Гц/кПа	250
Похибка вимірювання приведена до верхньої межі вимірюв. X_{imax}		%	±0,25
Порогова чутливість,	$B=10K_X/f_0\delta_K$	Гц	10,0
		Па	40,0
Динамічний діапазон	$D=X_{imax}/X_{imin}=S_X\epsilon_{max}(X_{imax})/((1...10)\delta_K)$	Од.	2500

Функція перетворення визначає основні метрологічні характеристики ПМВ, представлені в табл.1, де X_{imax} – верхня межа вимірюваного параметру, $\epsilon_{max}(X_{imax})$ – гранично допустима деформація матеріалу ЧЕ, ΔX_{imax} – максимальний діапазон зміни механічного параметру (тиску), Q, M – добротність та акустична довжина ЛЗ на ПАХ, τ – час затримки акустичної хвилі в ЛЗ, δ_K – короткочасова стабільність ПМВ, φ_e – флукутація фази в ВЧП $\delta_K=\Delta\omega/\omega_0=\Delta f/f_0=\Delta\varphi_e/(2Q), Q=\pi M=0,5\tau\omega_0, M=f_0\tau=f_0L/V$.

Для отримання високих метрологічних характеристик необхідно забезпечити високу добротність ЛЗ на ПАХ та малі флукутації фазового набігу в електричних колах ВЧП. З (1) видно, що в диференційній схемі не можна досягти повної температурної компенсації. Тому в конструкцію ПМВ введено теплочутливий елемент (мідний термометр типу ТМ221), який використовується для додаткової температурної компенсації.

Чутливий елемент ПМВ – мембрана з п'єзоелектричного кварцу ST-зрізу. Для забезпечення лінійності функції перетворення мембрана вибрана тонкою ($R/h \geq 25; W_0/h \geq 0,5$, де R – радіус мембрани, h – товщина мембрани, W_0 – прогин центру мембрани) та жорстко закріплена по периметру. Її діаметр – $D=2R=18,2$ мм, товщина – $h=0,41$ мм; товщина основи, з якої виго-

товлено мембрану – 5 мм. Напружено-деформований стан такої мембрани однозначно визначається радіальними та тангенціальними деформаціями:
 $\epsilon_r(P) = \pm(3P(1-\nu^2)(R^2-3r^2)/(8h^2E)) + \alpha_T T$, $\epsilon_t(P) = \pm(3P(1-\nu^2)(R^2-r^2)/(8h^2E)) + \alpha_T T$,
 де P – вимірюваний тиск, $P = X_i$, ν та E – коефіцієнт Пуассона та модуль Юнга матеріалу ЧЕ, r – поточний радіус (точка, в якій визначаємо відносну деформацію). За умов стабільності температури та розміщення центру однієї з ЛЗ в центрі мембрани ($r=R$), тобто там де відсутня тангенціальна складова деформації, можна знайти $\epsilon_r(P_{max})$, а згідно (1) і максимальну девіацію вихідної частоти $\Delta f_{max} = f_0 S_N 3P_{max}(1-\nu^2)R^2/(8h^2E)$. Для перетворення напружено-деформованого стану мембрани в електричний сигнал на її поверхні сформовані дві ЛЗ. Одна з них розміщена в зоні максимальної радіальної деформації, а друга в зоні відсутності деформацій або деформації зворотного знаку. ЛЗ однакові по конструкції і складаються з трьох зустрічно-штирових перетворювачів (ЗШП): вузькосмугового, широкосмугового та акустичної розв'язки. Параметри ліній затримки наведені в табл.2. Топологія ЛЗ вибрана з умови існування одномодового режиму генерації - рівності довжини одного із ЗШП (вузькосмугового) акустичній довжині ЛЗ: $L = (2\pi NV)/\omega_0 = N\lambda_0$, де N_p – кількість пар електродів в вузькосмуговому ЗШП, λ_0 – довжина хвилі ПАХ на частоті генерації. При цьому генерується лише одна частота ω_0 а всі інші можливі частоти генерації знаходяться в областях нульового коефіцієнту передачі лінії затримки. Для них не виконується умова балансу амплітуд. Коефіцієнт підсилення ВЧП в діапазоні частот 70...90 МГц $K_0 = 7.5$ або $K_0(\text{дБ}) = 17,5 > 14,3$ дБ (втрати в ЛЗ). Цього достатньо для виникнення генерації на частотах, що лежать в межах пропускання ЛЗ1 та ЛЗ2 мають різні фазові набіги, які відрізняються один від одного на $\Delta\phi = 2\pi(f_{01}-f_{02})\tau = 2\pi(f_{01}-f_{02})(L/V)$. Це досягається незначною різницею в акустичній довжині ліній ЛЗ1 та ЛЗ2 $\Delta L = ((-\pi + \Delta\phi)V)/2\pi f_{01}$. Частоти генерації 78,85 МГц та 78,90 МГц.

Таблиця 2

Параметр	Од. виміру	Значення
Частота акустичного синхронізму	МГц	78,85
Смуга пропускання по рівню 0 дБ	кГц	493
Внесені втрати	дБ	14,3
Форма АЧХ ЗШП	$\sin(x)/x$, $x = \pi N(f-f_0)/f_0$	
Подавлення бокових пелюсток АЧХ ЛЗ	дБ	13...18
Тип ЗШП	Неаподізований, еквідистантний	
Кількість електродів вузькосмугового ЗШП	пар електродів	160
Кількість електродів ЗШП широкосмугового, акустичної розв'язки	пар електродів	80
Довжина ПАХ	мкм	40
Відстань електрод/проміжок	мкм	10
Апертура	мкм	2500
Відстань між центрами ЗШП для ЛЗ1	мкм	6413
Відстань між центрами ЗШП для ЛЗ2	мкм	6415

Принцип побудови ПАХ датчика та результати експерименту

ПАХ датчик побудований по диференційній схемі і виготовлений як моноблок, в корпусі якого знаходиться мембрана з кварцу *ST*-зрізу та електронна схема з гібридних інтегральних схем, розроблених КБ "Ритм" [3].

Таблиця 3

Вузол	Параметр	Од. виміру	Значення
A1,A2	Смуга частот	МГц	60...100
	Коефіцієнт підсилення	Рази, дБ	7,5 (17,5)
ZL	Фазовий набіг	Грд.	115
	Частота акустичного синхронізму	МГц	78,85
	Смуга пропускання по рівню 0 дБ	кГц	493
	Втрати	дБ	14,3
A3	Фазовий набіг	Грд.	245
	Вхідна частота 1	МГц	78,85
	Вхідна частота 2	МГц	78,90
	Вихідна частота	кГц	50
	Коефіцієнт передачі	рази	1,2
	Гранична частота ФНЧ	кГц	100
A4	Вихідна частота (номінальна)	кГц	50
	Вихідна частота при $P = P_{max}$	кГц	75
	Вихідна напруга	В	1,0
	Глибина АРП	Рази, дБ	3,1 (10)

Параметри зрахованих вузлів наведені в табл.3. Контроль тиску здійснювався зразковим манометром класу 0,15. Температурна нестабільність визначалася в діапазоні від мінус 30 до плюс 60⁰С. Результати досліджень ПІВМ наведені на ПАХ в табл.4.

Таблиця 4

№	Параметр	Од.виміру	Значення
1	Діапазон вимірюваного тиску	кПа	0...100
2	Вихідна частота	кГц	50
3	Максимальна девіація вихідної частоти	кГц	25
4	Масштабний коефіцієнт	Гц/кПа	250
4	Вихідна частота генератора Г1	кГц	78830
5	Вихідна частота генератора Г2	кГц	78880
6	Нелінійність характеристики	%	0,2
7	Температурна нестабільність приведена до верхньої межі вимірювання	%	1,5

Висновки

Отримано математичні вирази, які дозволяють визначити основні метрологічні характеристики, розроблена схема та конструкція ПІВМ на ПАХ мембранного типу, що має основну похибку вимірювання $\pm 0,25\%$. Температурна нестабільність, приведена до верхньої межі вимірювання складає $\pm 1,5\%$, що вимагає температурної компенсації перетворювача. Розроблений ПІВМ при використанні системи термокомпенсації та перетворювача частота-струм, який використовується для узгодження з лініями зв'язку

систем керування технологічними процесами, зможе замінити існуючі датчики застарілих типів, наприклад датчики тиску МИДА-ДИ-01П.

Література

1. Дворников А.А., Огурцов В.И., Уткин Г.М. Стабильные генераторы на поверхностных акустических волнах. -М.: Радио и связь,1983.-136 с.
2. Речицкий В.И. Акустоэлектронные радиокомпоненты.М.:Радио и связь,1987. 192 с.
3. Піддубний В.О. Вимірювальні перетворювачі тиску рідини та газу // Інформатизація та нові технології. – 1995.- №2. – с.14-16.
4. Башкатов Р.С. и др. Разработка и исследование датчиков давления на ПАВ // Материалы конф. «Акустоэлектронные устройства обработки информации». – Черкассы, 1990.-с. 238-239.
5. Функціональний перетворювач на ПАХ/ Ван Цзячжен, В.В.Піддубний, В.О.Піддубний// Материали 3-ей Междунар. молодежной научно-технической конф. „Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций” (РТ-2007).- Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. –с.142.

Ключові слова: поверхнево-акустичні перетворювачі, перетворювачі механічних величин, датчики на поверхнево-акустичних хвилях	
Поддубный В.А., Поддубный В.В. Преобразователь механических величин на поверхностных акустических волнах	Poddubny V.A., Poddubny V.V. Mechanical Values Transformer on the Surface Acoustic Waves
Проведен расчет параметров преобразователя механических величин в частотный выходной сигнал. Рассмотрены вопросы деформационной и температурной чувствительности. Приведено результаты исследований.	Calculation of parameters of the membrane-type mechanical values transformer into the frequency electric signal is rewired. The article deals with the issues of deformational and heat sensitivity. Results of research are shown.

УДК 621.391.26

ОПТИМАЛЬНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ ПРИ НАЛИЧИИ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ

Партала М.О, Жук С.Я.

С использованием метода калмановской фильтрации синтезирован оптимальный алгоритм фильтрации речевых сигналов при наличии коррелированных помех. Получена структурная схема оптимального фильтра. Анализ алгоритма проведен на тестовом речевом сигнале путем моделирования работы фильтра на ЭВМ.

Вступление. Постановка задачи

Задача фильтрации сигналов на фоне белого гауссовского шума получила широкое распространение [1]. В тоже время интерес представляет фильтрация речевых сигналов при наличии коррелированных помех. Например, окрашенными помехами можно считать шум двигателя, шумы радиоэфира, пр. Поэтому представляет интерес решение задачи оптимальной фильтрации речевых сигналов на фоне таких помех. Кроме того, точностные характеристики оптимального фильтра позволяют оценить потенциально достижимые характеристики синтезированного в [2] адаптивного фильтра речевых сигналов при наличии коррелированных помех со случайной сменой их вероятностных характеристик для различных ситуаций.

Теоретическое обоснование

Для описания речевого сигнала $x(k)$ также как и в [2] используется марковская гауссовская модель в виде:

БІБЛІОТЕКА
МОСІЙЧУКА ВІТАЛІЯ