

АКУСТИЧЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ДЮЗА-ПРЕГРАДА

Аспарух Николов ¹⁾, Румен Йорданов ²⁾

ТУ-София, бул. "Климент Охридски" 8,

e-mails: ¹⁾ asparuh@tu-sofia.bg ²⁾ rsi@tu-sofia.bg URL: www.tu-sofia.bg

Резюме: В работата е разгледана възможността за използването на електроакустичен преобразувател като преобразувател на малки премествания в електрически изходен сигнал. Описан е принципът на преобразуване. Дадена е принципната схема. Посочени са резултатите от проведено експериментално изследване на функцията на преобразуване както и някои основни метрологични показатели.

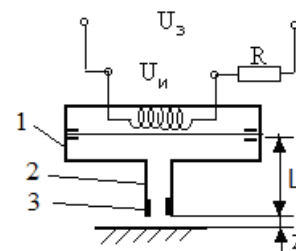
Ключови думи: контрол, измерване, автоматизация, сензори, преобразуватели

1. Въведение

В съвременната измервателна и автоматизираща техника се използват преобразуватели, основани на различни принципи на преобразуване. Задачата, която си поставят авторите е изследване на възможността за използването на електро-акустичен преобразувател (електромагнитен микрофон) в качеството на преобразувател на малки премествания. Простата конструкция, високата надеждност и твърде ниската себестойност на такъв преобразувател би позволил решаването на редица специфични задачи. Акустичните преобразуватели, работещи на принципа дюза-преграда имат същественото предимство спрямо сродните им пневматични преобразуватели, че не изискват захранване със сгъстен въздух и имат електрически изходен сигнал.

2. Принципна схема и принцип на действие

Акустичният преобразувател дюза-преграда се състои от канал (тръба) 2, в единият край на който е разположен източник на акустични трептения (електромеханичен преобразувател двигателен тип) 1, а в другият и край има дюза 3 (фиг.1). Към електромеханичния преобразувател 1, който може да бъде микрофон, работещ в двигателен режим, се подава променливо напрежение с постоянна честота по схема на делител чрез резистор. Трептенията на мембраната на микрофона възбуждат акустични вълни в канала 2 и променливо напрежение от индукция в бобината на използвания например електромагнитен микрофон, което е аналогично на допълнително съпротивление в електрическата веригата.



Фиг.1

Пълното комплексно съпротивление на веригата е $Z=R+Z_0+Z_I$, където Z_0 е комплексното съпротивление на бобината при неподвижна мембрана, а Z_I - комплексното съпротивление от електродвижещо напрежение на индукция. Отразената от контролирания обект (преграда, разположена пред дюзата) вълна въздейства върху мембраната и изменя амплитудата на нейните трептения. Това води до промяна на Z_I , т.е. на пада на напрежението в бобината и на изходното напрежение U_w , стойността на което се явява информативен параметър. При промяна на хлабината z между дюзата и преградата се променя пада на напрежението в бобината на електромеханичния преобразувател.

Принципът на действие на преобразувателя може да се обясни с промяната на коефициента на отражение на звукова вълна от преграда, при изменение на площта на проходното сечение между дюзата и преградата.

Основна величина, характеризиращи звуковото поле в канала е акустичното налягане p . Ако се разглежда канал (тръба) със сечение много по-малко от дължината на звуковата вълна, на единия край на който действа източник на принудени трептения, а на другия край е разположен отражател може да се определи акустичното налягане в точка x по дължината на тръбата:

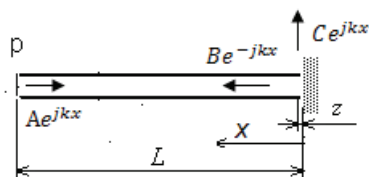
$$p_x = Ae^{jkx} + Be^{-jkx}, \quad (1)$$

където A и B са амплитудите на акустичните налягания на падащата и отразената звукови вълни,

$$k = \frac{2\pi f}{c} \text{ е вълновото число}$$

f – честота на трептене,

c – скорост на звука.



Фиг. 2

Коефициентът на отражение R се определя от съотношението на амплитудите на отразената и падащата вълни $R=B/A$,

или:

$$p_x = A(e^{jkx} + Re^{-jkx}). \quad (2)$$

Ако между отражателя (преграда) и канала има малка хлабина z , една част от падащата акустична вълна (Ae^{jkx}) се отразява (Be^{-jkx}), а друга част (Ce^{jkx}) преминава през сечението, образувано от хлабината, в атмосферата.

В този случай връзката между амплитудите на падащата (A), отразената (B) и преминалата (C) вълни ще бъде:

$$A + B = C$$

$$S_2 (A - B) = S_z C,$$

където $S_2 = \pi d^2/4$ – напречно сечение на дюзата с диаметър d ,

$S_z = \pi dz$ – проходното сечение, образувано между челото на дюзата и преградата.

От тези две уравнения може да се определи съотношението B/A , т.е. коефициента на отражение R :

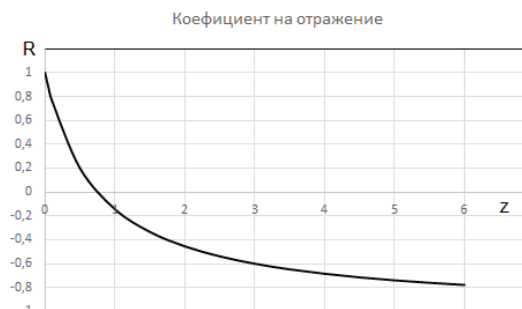
$$R = (S_2 - S_z) / (S_2 + S_z) \quad (3)$$

Тогава коефициентът на отражение може да се изрази като функция на z :

$$R = \frac{0,25d - z}{0,25d + z} \quad (4)$$

В два гранични случая - при $z=0$ (отражение от абсолютно твърда преграда) коефициентът на отражение ще е $R=+1$ и фазата на отразената вълна не се променя, а при $z=\infty$ (отражение от абсолютно мека преграда) $R=-1$ (вълната на налягане се отразява в противофаза).

На фиг.3 е показан характера на изменение на коефициента на отражение R в зависимост от z , определен по (4).



Фиг. 3

Изменението на акустичното налягане в тръбата, вследствие на изменение на коефициента на отражение, променя еластичността на мембраната на акустичния излъчвател, амплитудата на нейните трептения и на комплексното съпротивление от електродвижещо напрежение на индукция Z_I , което води да промяна на пада на напрежението в бобината.

3. Експериментални резултати

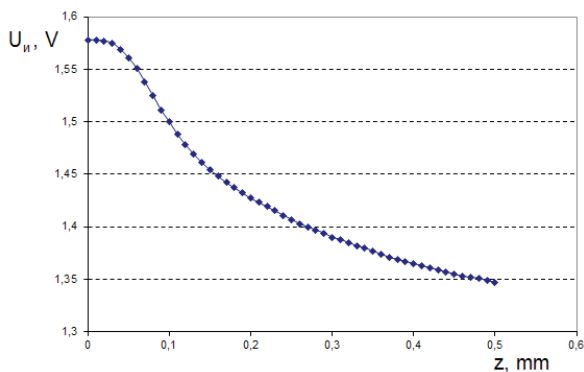
За експериментално изследване е разработен опитен образец (фиг.4) с $d=3\text{mm}$, $L=18\text{mm}$, като в качеството на акустичен излъчвател е използван серийно произвеждан диференциален електромагнитен микрофон КМ70, включен към източник на променливо напрежение 3V и честота 2 kHz по схема на делител чрез резистор 1,2kΩ.



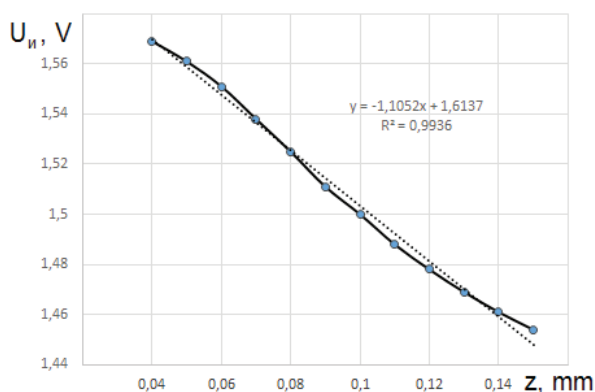
Фиг. 4

Предавателната характеристика на опитния образец е показана на фиг.5. Тя по характер не противоречи на зависимостта на коефициента на отражение от z (фиг.3), но има значителна не-

линейност, което налага разделянето на обхвата поне на две части: 0,04-0,15mm и 0,16-0,41mm.

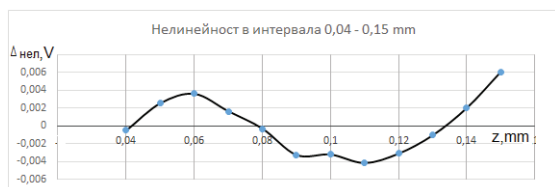


Фиг.5



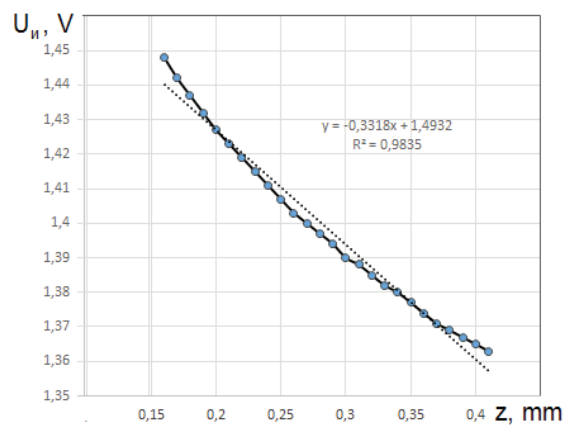
Фиг.6

В първия интервал 0,04-0,15mm (110 μm) чувствителността е 1,1 mV/ μm , средно-квадратичната повторяемост на изходния сигнал е $\sigma=0,001\text{V}$, а приведената нелинейност, определена като отношение на абсолютната нелинейност към номиналния интервал на изменение на изходния сигнал е 3%. Предавателната характеристика в този интервал е показана на фиг.6, а на фиг.7 е дадена нелинейността.



Фиг.7

Във втория интервал 0,16-0,41mm (250 μm) чувствителността е 0,33mV/ μm , средноквадратичната повторяемост на изходния сигнал е $\sigma=0,0005\text{V}$, а приведената нелинейност – 6%. Предавателната характеристика в този интервал е показана на фиг.8.



Фиг.8

4. Заключение

В резултат от проведеното изследване може да се направи заключението, че електроакустични преобразуватели могат да се използват и като преобразуватели на малко преместване. Въпреки нелинейната характеристика, поради ниската си себестойност и висока надеждност такива преобразуватели са подходящи за използване в автоматиката като дискретни индикатори за близост (детектори), както и в контролно-измервателната техника за безконтактен контрол на геометрични параметри.

5. Литература

- [1] М. Бриллиант, Высоочастотные устройства пневмоавтоматики. Машиностроение. Ленинград, 1985. 230 с
- [2] Паршаков А.Н., Физика линейных и нелинейных волновых процессов в избранных задачах. Электромагнитные и акустические волны, 2014
- [3] Р.Йорданов, Г.Дюкенджиев, В.Иванов, Преобразувател на налягане, Национален научен симпозиум "Метрология и метрологично осигуряване", Созопол, 2003.
- [4] Цонев Н., В.Иванов, Измерване на покрития, Сп. Българско списание за инженерно проектиране, г.П, брой 3, ноември 2009.
- [5] Р. Йорданов, Измервателни преобразуватели, www.ptu.mf.tu-sofia.bg

Получените резултати отразяват работата по проект 152ПД0034-06 с финансовата подкрепа на НИС при ТУ-София

Данни за авторите:

Аспарух Андонов Николов, Маг. инж. специалност „Машиностроене и уредостроене“ (1999 г.), катедра “Прецизна техника и уредостроене”, МФ, ТУ – София

Румен Стойнев Йорданов, машинен инженер,

специалност “Механично уредостроене”. Доктор (1997г.) Доцент (2000), катедра “Прецизна техника и уредостроене”, МФ, ТУ – София. Преобразуватели, измервателна техника, метрология и управление на качеството.

ACOUSTIC TRANSDUCER “NOZZLE-BAFFLE”

Asparuh Nikolov¹⁾, Rumen Yordanov²⁾

Technical University - Sofia, 8, Kl. Ohridski St

e-mails: ¹⁾ asparuh@tu-sofia.bg ²⁾ rsi@tu-sofia.bg URL: www.tu-sofia.bg

Abstract: In this article the use of electroacoustic transducer to convert small displacements into electrical output signal has been researched. The principle of conversion and the principal scheme are described. The results of an experimental study of the function of conversion as well as some basic metrological parameters are presented.

Key-Words: control, measurement, automation, sensors, converters

References

[1] **M. Brilliant**, Vaysokochastotnaye ustroystva pnevmoavtomatiki. Mashinostroenie. Leningrad, 1985

[2] **R. Yordanov**, Izmervatelni preobrazuvateli, www.ptu.mf.tu-sofia.bg

[3] **Parshakov A.N.**, Fizika lineynykh i nelineynykh volnovykh protsessov v izbrannykh

zadachakh. Elektromagnitnyye i akusticheskiye volny, 2014

[4] **R.Yordanov, G.Dyukendzhiev, V.Ivanov**, Preobrazovatel na nalyagane, Natsionalen nauchen simpozium "Metrologiya i metrolo-gichno osiguryavane", Sozopol, 2003

АКУСТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЮЗА-ПЕРЕГОРОДКА

Аспарух Николов¹⁾, Румен Йорданов²⁾

ТУ-София, бул. “Климент Охридски” 8

e-mails: ¹⁾ asparuh@tu-sofia.bg ²⁾ rsi@tu-sofia.bg URL: www.tu-sofia.bg

Резюме: В работе рассматривается возможность использования электроакустического преобразователя как преобразователь малых перемещений в электрический выходной сигнал. Описан принцип преобразования. Приводится принципиальная схема. Указаны результаты проведенного экспериментального исследования функции преобразования как и некоторые основные метрологические показатели.

Ключевые слова: контроль, измерение, автоматизация, сенсоры, преобразователи.