

УДК 681. 335 (088.8)

DEVICE FOR LINEARIZATION OF CHARACTERISTICS OF PRIMARY MEASURING CONVERTERS

O. Rishan, O. Vorontsov

National University of Food Technologies

Key words:

*Output signal linearization
Computer-integrated
regulation systems (CIRS)
Primary measuring
transformers (PMT)
Transformation
characteristics (TC)
RC-generator*

Article history:

Received 14.04.2016

Received in revised form

02.05.2016

Accepted 21.05.2016

Corresponding author:

O. Rishan

E-mail:

npnuft@ukr.net

ABSTRACT

This article examines the output signal linearization method of primary measuring transformers with harmonic transformation characteristic in 0 to $\pi/2$ radian diapason and the device for the realization of the given method, which is based on transistor RC-generator. The linearization method and the device for its realization increase the general sensitivity and provide higher accuracy of analog signal transformation into digital code for primary measuring transformers.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

О.Й. Рішан, О.О. Воронцов

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто спосіб лінеаризації вихідних сигналів первинних вимірювальних перетворювачів з гармонічною характеристикою перетворення в діапазоні від 0 до $\pi/2$ радіан і пристрій для його реалізації на основі транзисторного RC-генератора. Використання розглянутого способу лінеаризації та пристрою для його реалізації дозволяє підвищити загальну чутливість і точність перетворення аналогової інформації у цифровий код для первинних вимірювальних перетворювачів.

Ключові слова: лінеаризація вихідного сигналу, комп'ютерно-інтегровані системи управління (КІСУ), первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП), характеристика перетворення (ХП), RC-генератор.

Постановка проблеми. В склад нижнього рівня сучасних комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ) входять первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП), метрологічні характеристики яких передусім забезпечують ефек-

тивність її функціонування. Обробка всієї інформації в КІСУ здійснюється у цифровій формі, а перетворення аналогових сигналів ПВП здійснює аналого-цифровий перетворювач (АЦП) мікропроцесорного контролера (МПК). У переважній більшості випадків характеристика перетворення (ХП) ПВП по діапазону вимірювання є нелінійною, при чому ХП може бути як із зростаючою чутливістю до кінця діапазону вимірювання, так і з чутливістю, що зменшується по діапазону. Наприклад, ХП ультразвукового інтерференційного фазового рівнеміра на стоячій хвилі, у якого залежно від вихідного налаштування ХП може бути синусоїдальною, при якій чутливість зменшується по діапазону вимірювання, або косинусоїдальною, при якій чутливість зростає по діапазону вимірювання [4].

Оскільки АЦП МПК здійснює пропорційне перетворення аналогового сигналу у цифровий код, то ХП ПВП у цифровому коді є теж нелінійною. Нелінійність ХП збільшує основну похибку ПВП і для її зменшення необхідно або звужувати діапазон вимірювання ПВП, що не бажано, або ХП ПВП необхідно лінеаризувати [1, 2, 3, 4, 5, 6].

У більшості сучасних засобів вимірювання (ЗВ) лінеаризацію ХП ПВП здійснюють у цифровому коді в МПК, що знаходиться в ЗВ без зміни її чутливості, а отриману лінійну ХП ПВП знову перетворюють в аналоговий сигнал в цифро-аналогових перетворювачах (ЦАП) ЗВ для його передачі по лінії зв'язку в МПК КІСУ [6].

Для усунення додаткових перетворень сигналів і додаткового збільшення чутливості ЗВ доцільно проводити лінеаризацію ХП ПВП безпосередньо при її перетворенні у частотний сигнал [2, 3] і його передачу по лінії зв'язку у МПК КІСУ. Незважаючи на широке використання в сучасних перетворювачах, які здійснюють перетворення аналогових сигналів первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) у цифровий код, інтегральних мікросхем, в деяких випадках доцільно для цієї мети використовувати конденсаторний перетворювач напруги в частоту, що побудований за схемою транзисторного *RC*-генератора [3]. Такий генератор забезпечує перетворення аналогового вихідного сигналу ПВП по напрузі у частоту його релаксації по трьом незалежним каналам: пропорційне — по зміні швидкості заряду ємностей *RC*-генератора за рахунок зміни їх струму заряду по емітерним і базовим ланцюгам стабілізаторів струму та обернено пропорційне по регулюванню рівня заряду ємностей по напрузі [3]. В той же час генератор забезпечує глибоке регулювання частоти його релаксації по зазначеним каналам аналоговими вихідними сигналами від операційних підсилювачів, які обробляють сигнали ПВП до їх перетворення в частоту, тому що живлення самого *RC*-генератора здійснюється повною напругою живлення (+*U_ж* та -*U_ж*) ОП.

У випадку одночасного використання каналів регулювання частоти *RC*-генератора по каналу зміни струму *I* заряду та по рівню заряду ємностей основне рівняння перетворення схеми [2] має вигляд:

$$F = \frac{I}{C \cdot U}, \quad (1)$$

де *F* — частота імпульсів на виході генератора; *C* — ємність конденсаторів; *U* — напруга рівня заряду конденсаторів.

У випадку одночасного використання каналів регулювання частоти RC -генератора за рахунок зміни струму заряду його ємностей по емітерним і базовим ланцюгам стабілізаторів струму можна здійснювати алгебраїчне додавання двох сигналів по цим входам за основним рівнянням його перетворення у вигляді:

$$F(h) = F_0 + a \cdot [\pm f(h) \mp \phi(h)], \quad (2)$$

де $F(h)$ — частота імпульсів на виході генератора; F_0 — початкова частота релаксації RC -генератора; a — коефіцієнт перетворення RC -генератора; $f(h)$ — сигнал ПВП, який підлягає перетворенню у частоту імпульсів; $\phi(h)$ — сигнал коригування характеристики перетворення ПВП для зменшення її нелінійності; h — фізичний параметр, який перетворюється у частотний сигнал.

Залежність (2) надає можливість реалізувати спосіб лінеаризації і побудувати на основі RC -генератора пристрій для лінеаризації аналогового сигналу ПВП з гармонічною характеристикою перетворення (ХП), не використовуючи при цьому додаткові операційні підсилювачі (ОП).

Мета статті. Розробка способу та пристрою для лінеаризації, який здатний лінеаризувати нелінійні аналогові сигнали ПВП з гармонічною ХП різних знаків зміни чутливості в діапазоні вимірювання від 0 до $\pi/2$ радіан у частоту імпульсів на його виході з одночасним зростанням загальної чутливості і з урахуванням точності перетворення.

Викладення основних результатів дослідження. Основні графічні залежності етапів розробленого способу лінеаризації вихідних сигналів ПВП з гармонічною ХП приведені на рис. 1 і рис. 2.

Суть способу ґрунтується, по-перше, на прямо пропорційному перетворенні гармонічного вхідного аналогового сигналу ПВП виду $f(h)$ (синусоїдального — рис. 1 або косинусоїдального — рис. 2) у частоту релаксації RC -генератора по каналу зміни швидкості заряду ємностей за рахунок зміни їх струму заряду по емітерним ланцюгам стабілізаторів струму й одночасному виробленні по діапазону вимірювання сигналу коригування виду $\phi(h) = \sqrt{1 - f^2(h)}$, який подається у канал керування базовими ланцюгами стабілізаторів струму заряду ємностей.

Але при цьому отриманий коригувальний сигнал $\phi(h)$ спочатку зміщують у координатах частотного перетворення на -1 , яка по модулю дорівнює сумі квадратів гармонічного сигналу, що лінеаризується, та сигналу коригування $\phi(h)$ для того, щоб коригувальний сигнал у точці початку діапазону, як і вхідний $f(h)$, теж дорівнював нулю, тобто отримати залежність $-1 + \phi(h)$. Для подальшого здійснення алгебраїчного додавання вхідного сигналу $f(h)$ з отриманою зміщеною характеристикою $-1 + \phi(h)$ останню інвертують і отримують залежність $1 - \phi(h)$. Результатом алгебраїчного додавання вхідного сигналу $f(h)$ та сигналу $1 - \phi(h)$ є початково лінеаризовані S -подібні ХП ПВП по залежності $1 + f(h) - \phi(h)$ (гілки 1а та 1б на рис. 1 для синусоїдального вхідного сигналу) виду:

$$1 + \sin(h) - \cos(h) \quad (3)$$

та (гілки 7a і 7б на рис.2) для вхідного сигналу у вигляді косинусоїди виду:

$$1 + \cos(h) - \sin(h). \quad (4)$$

Похибка нелінійності таких S-подібних ХП ПВП складає 2,1 % в діапазоні вимірювання фази h в межах від 0 до $\pi/2$ [1].

По-друге, для зменшення наведеної похибки нелінійності розроблений спосіб лінеаризації, при якому для лінеаризації синусоїдального вхідного сигналу від ПВП виробляються додаткові сигнали коригування $\sin(h + \pi/4) - \cos(h + \pi/4)$ на ділянці ХП в межах $0 \leq h \leq \pi/4$ та $2 + \sin(h - \pi/4) - \cos(h - \pi/4)$ в межах $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, які алгебраїчно додаються до сигналу $1 + \sinh - \cosh$.

Оскільки знаки зміни чутливості S-подібної ХП $1 + \sinh - \cosh$ (гілки 1a та 1б на рис. 1) різні в діапазонах $0 \leq h \leq \pi/4$ та $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, то нелінійність із зростаючою чутливістю в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ (гілка 1a на рис. 1) компенсується додатковим зміщенням залежності $1 + \sin(h) - \cos(h)$ (крива 1б на рис. 1), яка характеризується чутливістю, що зменшується по діапазону $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, на $\pi/4$ (залежність 4 на рис. 1) по осі параметра h , що перетворюється, та на (-1) по осі ординат U з подальшим їх додаванням (результуюча залежність 3 на рис. 1).

Таким чином, без урахування початкової частоти F_0 релаксації RC-генератора по залежності (2) (остання може бути скомпенсована) при лінеаризації синусоїдальної ХП в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ частота на виході RC-генератора визначається залежністю:

$$F(h) = 1 + \sin(h) - \cos(h) + \sin(h + \pi/4) - \cos(h + \pi/3). \quad (5)$$

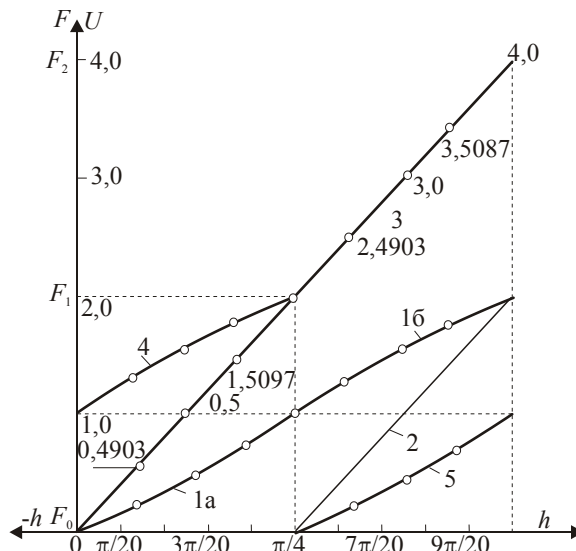


Рис. 1. Перетворення гармонічного вхідного аналогового сигналу ПВП синусоїдального виду $f(h)$

Лінеаризація цієї ж ХП в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ (гілка 1б на рис. 1) здійснюється зсувом залежності $1 + \sin(h) - \cos(h)$ (гілка 1a на рис. 1), яка

характеризується чутливістю, що зростає по діапазону $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, на $-\pi/4$ по осі параметра h , що перетворюється, (гілка 1а зміщена в бік упередження на $-\pi/4$ (залежність 5 на рис. 1) з подальшим їх додаванням її до гілки 1б та отриманням результуючої залежності 2 на рис. 1, і зміщенням останньої на дворазовий сигнал (+1) по осі ординат U (залежність 3 на рис. 1).

У цьому випадку в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ частота на виході RC-генератора визначається залежністю:

$$F(h) = 3 + \sin(h) - \cos(h) + \sin(h - \pi/4) - \cos(h - \pi/4). \quad (6)$$

Після перетворення залежностей (5) і (6) отримуємо:

$$F(h) = 1 + 2,4142 \sin(h) - \cos(h) \quad (7)$$

для $0 \leq h \leq \pi/4$;

$$F(h) = 3 + \sin(h) - 2,4142 \cos(h) \quad (8)$$

для $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$.

Лінеаризація вхідних косинусоїдальних аналогових сигналів здійснюється за аналогією. Для зменшення похибки нелінійності виробляються додаткові коригуючі сигнали $\cos(h - \pi/4) - \sin(h - \pi/4)$ на ділянці ХП в межах $0 \leq h \leq \pi/4$ та $\cos(h + \pi/4) - \sin(h + \pi/4)$ в межах $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$, які алгебраїчно додаються до сигналу $1 + \cos(h) - \sin(h)$.

Нелінійність залежності $1 + \cos(h) - \sin(h)$ із чутливістю, що зменшується в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ (гілка 7б на рис. 2), компенсується додатковим зміщенням цієї ж залежності в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ (гілка 7а на рис. 2), яка характеризується чутливістю, що збільшується по діапазону, на $\pi/4$ (залежність 9 на рис. 2) по осі параметра h з подальшим її додаванням до гілки 7б та отриманням результуючої залежності 6 і її зміщенням на дворазовий сигнал (+2) по осі ординат U (результуюча залежність 8 на рис. 2).

Частота на виході RC-генератора в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ в цьому випадку визначається залежністю:

$$F(h) = 3 + \cos(h) - \sin(h) + \cos(h - \pi/4) - \sin(h - \pi/4). \quad (9)$$

Нелінійність залежності $1 + \cosh - \sinh$ із чутливістю, що зростає в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ (гілка 7а на рис. 2) компенсується додатковим зміщенням цієї ж залежності в діапазоні $0 \leq h \leq \pi/4$ (крива 7б на рис. 2), яка характеризується чутливістю, що зменшується по діапазону, на $\pi/4$ (залежність 10 на рис. 2) по осі параметра h , що перетворюється, та на (-1) по осі ординат U з подальшим їх додаванням (результуюча залежність 8 на рис. 2).

Частота на виході RC-генератора при лінеаризації ХП у вигляді косинусоїди в діапазоні $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$ визначається залежністю:

$$F(h) = 1 + \cos(h) - \sin(h) + \cos(h + \pi/4) - \sin(h + \pi/4). \quad (10)$$

Після перетворення залежностей (9) та (10) вони мають вигляд:

$$F(h) = 3 + \cos(h) - 2,4142 \sin(h) \quad (11)$$

для $0 \leq h \leq \pi/4$;

$$F(h) = 1 + 2,4142 \cos(h) - \sin(h) \tag{12}$$

для $\pi/4 \leq h \leq \pi/2$.

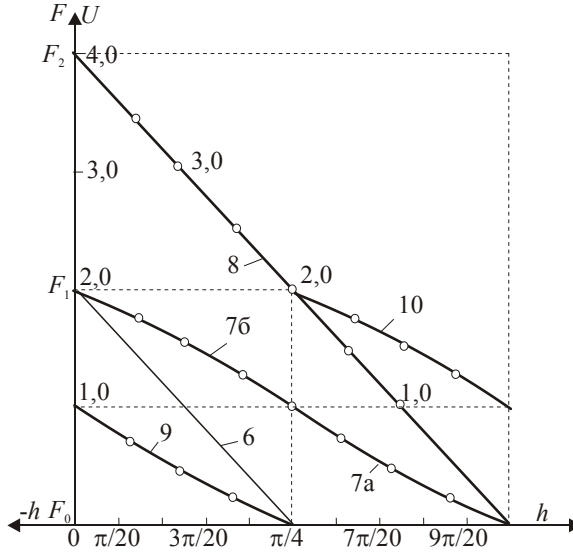


Рис. 2. Перетворення гармонічного вхідного аналогового сигналу ПВП косинусоїдального виду $f(h)$

Розрахунок вихідних лінеаризованих ХП ПВП і значень похибок нелінійності при лінеаризації синусоїди по залежностям (7) і (8) та лінеаризації косинусоїди по залежностям (11) і (12) для діапазону від 0 до $\pi/2$ радіан приведений у табл. 1.

Таблиця 1. Розрахунок вихідних лінеаризованих ХП ПВП і значень похибок нелінійності

| Параметр | Основні залежності | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| | 0 | $\frac{\pi}{20}$ | $\frac{\pi}{10}$ | $\frac{3\pi}{20}$ | $\frac{\pi}{5}$ | $\frac{\pi}{4}$ | $\frac{3\pi}{10}$ | $\frac{7\pi}{20}$ | $\frac{2\pi}{5}$ | $\frac{9\pi}{20}$ | $\frac{\pi}{2}$ |
| Лінеаризація сигналу ПВП синусоїдального виду | | | | | | | | | | | |
| $f(h) = \sin(h)$ | 0 | 0,1564 | 0,3090 | 0,4540 | 0,5878 | 0,7071 | 0,8090 | 0,8910 | 0,9511 | 0,9877 | 1,0 |
| $1 + f(h) - \varphi(h)$ | 0 | 0,1687 | 0,3579 | 0,5630 | 0,7788 | 1,0 | 1,2212 | 1,4370 | 1,6421 | 1,8313 | 2,0 |
| $1 + 2,4142 \sin(h) - \cos(h)$ | 0 | 0,3899 | 0,7949 | 1,2050 | 1,6100 | 2,0 | - | - | - | - | - |
| $3 + \sin h - 2,4142 \cos h$ | - | - | - | - | - | 2,0 | 2,3899 | 2,7949 | 3,2050 | 3,6100 | 4,0 |
| Ідеальна ХП | 0 | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 3,6 | 4,0 |
| Нелінійність, % | 0 | -0,250 | -0,127 | +0,125 | +0,250 | 0 | -0,250 | -0,125 | +0,127 | +0,250 | 0 |
| Лінеаризація сигналу ПВП косинусоїдального виду | | | | | | | | | | | |
| $\varphi(h) = \cos(h)$ | 1,0 | 0,9877 | 0,9511 | 0,8910 | 0,8090 | 0,7071 | 0,5878 | 0,4540 | 0,3090 | 0,1564 | 0 |
| $1 + f(h) - \varphi(h)$ | 2,0 | 1,8313 | 1,6421 | 1,4370 | 1,2212 | 1,0 | 0,7788 | 0,5630 | 0,3579 | 0,1687 | 0 |
| $3 + \cos(h) - 2,4142 \sin(h)$ | 4,0 | 3,6100 | 3,2050 | 2,7949 | 2,3899 | 2,0 | - | - | - | - | - |
| $1 + 2,4142 \cos(h) - \sin(h)$ | - | - | - | - | - | 2,0 | 1,6100 | 1,2050 | 0,7949 | 0,3899 | 0 |
| Ідеальна ХП | 4,0 | 3,6 | 3,2 | 2,8 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 0 |
| Нелінійність, % | 0 | +0,250 | +0,127 | -0,125 | -0,250 | 0 | +0,250 | +0,125 | -0,127 | -0,250 | 0 |

Принципова блок-схема розробленого і дослідженого пристрою, що реалізує розглянутий спосіб лінеаризації, приведена на рис. 3.

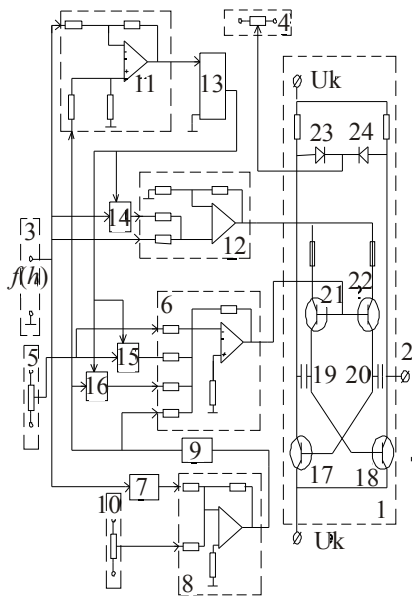


Рис. 3. Принципова блок-схема пристрою для лінеаризації

На рис. 3 позначені: RC -генератора 1, частотний вихід 2 якого є виходом пристрою; підсилювальні елементи 17 і 18 генератора, що інвертують його фазу; накопичувальні конденсатори 19 і 20; елементи 21 та 22, що задають струм заряду конденсаторів; фіксуючі діоди 23 та 24; вхід пристрою 3; регульовані джерела 4, 5 та 10 опорної напруги; блок 7 піднесення сигналу в квадратичний степінь; блок 9 добування квадратного кореня; операційні підсилювачі 6, 8, 11 та 12 алгебраїчного додавання аналогових сигналів, компаратор 13 та ключові елементи 14, 15 і 16.

Пристрій працює таким чином: задають початкове значення напруги на фіксуючі діоди 23 та 24 від регульованого джерела 4 опорної напруги, від значення якої залежить початкова частота F_0 релаксації RC -генератора 1 по залежності (1), яка відповідає значенню параметра $h = 0$. Під дією аналогового сигналу $f(h)$ від ПВП, що надходить на вхід 3 і поступає через операційний підсилювач 12 на емітерні ланцюги стабілізаторів 21 та 22 струму, частота на виході 2 генератора 1 змінюється на величину, що пропорційна вхідному сигналу відносно частоти F_0 . Ланцюг коригування, що складається із блоків 7—10, випрацьовує сигнал $\phi(h) = \sqrt{1 - f^2(h)}$, який надходить через операційний підсилювач 6 у канал регулювання частоти релаксації генератора по базовим ланцюгам стабілізаторів 21 та 22 струму, що спричиняє додаткове зростання частоти на виході генератора 1. При цьому блоками 7—10 випра-

цьовуються перші сигнали коригування $-1 + \phi(h) : \cos(h) - 1$ при лінеаризації синусоїди та $\sin(h) - 1$ при лінеаризації косинусоїди.

Сумісна дія вхідного сигналу й сигналу коригування формує частотну характеристику генератора 1 стосовно частоти F_0 виду (3) (гілки 1а та 1б на рис. 1) при лінеаризації синусоїди та виду (4) (гілки 7а та 7б на рис. 2) при лінеаризації косинусоїди.

Одночасно вхідний сигнал і сигнал коригування від блоку 9 через операційний підсилювач 11 надходять на компаратор 13, який керує ключовими елементами 14, 15 і 16.

У діапазоні $0 \leq h \leq \pi / 4$ складова сигналу коригування (косинусоїда) більша за синусоїду і на виході підсилювача 11 встановлюється напруга із знаком мінус, тобто нижча за напругу нуля загальної шини. Відповідно, на виході компаратора 13 устанавлюється логічний нуль, чому відповідає нормально закритий стан ключа 14 і нормально відкритий стан ключів 15 та 16. У цьому випадку до базових ланцюгів-стабілізаторів 21 та 22 струму генератора 1 через підсилювач 6 підключаються одиночний сигнал від джерела 5 опорної напруги, а через підсилювач 12 підключаються додаткова частина вхідного сигналу $1,4142\sin(h)$, а їх одночасна дія приводить до залежності вихідної частоти генератора 1 по залежності (7), що еквівалентно виразу (5).

У діапазоні вимірювання $\pi / 4 \leq h \leq \pi / 2$, навпаки, вхідна складова сигналу виду синусоїда більша за складову сигналу коригування (косинусоїди), напруга на виході підсилювача 11 встановлюється із знаком плюс, на виході компаратора 13 устанавлюється логічна одиниця, яка змінює стан ключів 14, 15 і 16 на протилежний. При цьому на вхід емітерних ланцюгів стабілізаторів 21 та 22 струму генератора 1 через підсилювача 12 підключаються тільки вхідний синусоїдальний сигнал, а через підсилювач 6 підключаються додатково сигнал $1,4142\cos(h)$ і двократний одиночний сигнал, що дорівнює сумі квадратів вхідного сигналу та сигналу блока 9. Частота виході генератора 1 в цьому діапазоні змінюється по залежності (8), що еквівалентно виразу (7).

При $h = \pi / 4$ сигнал на виході компаратора постійно переходить із стану нуля в одиницю і навпаки, але частота на виході генератора 1 дорівнює F_1 .

При лінеаризації вхідного сигналу у вигляді косинусоїди з блоку 9 знімають синусоїдальний. Для забезпечення режиму лінеаризації по залежностям (11) та (12) вхідні сигнали підсилювача 11 міняють місцями, чим досягається спрацьовування компаратора 13 у діапазоні $0 \leq h \leq \pi / 4$ і його повернення в нульовий стан при $\pi / 4 \leq h \leq \pi / 2$.

Лінеаризація по залежностям (7), (8) і (11), (12) суттєво спрощується (зникає необхідність використання блоку піднесення сигналу в квадратичний степінь та блоку добування квадратного кореня), якщо в ПВП, вихідний сигнал якого лінеаризується, є можливість одночасно з вхідним сигналом $f(h)$ отримати сигнал коригування $\phi(h)$, наприклад, розміщенням у ПВП ультразвукового інтерференційного рівнеміра додаткового ультразвукового перетворювача, який зміщений у просторі стосовно вимірювального перетворювача на $\pi / 2$ радіан [4].

Висновки

Експериментальні розрахунки, наведені в табл. 1, та дослідження пристрою в складі ультразвукового рівнеміра, ПВП якого реалізує інтерференційний фазовий метод вимірювання на стоячій хвилі, показали, що розглянутий пристрій дозволяє знизити похибку нелінійності ХП ПВП до 0,25 % в діапазоні вимірювання від 0 до $\pi/2$ радіан.

Література

1. *Пристрій для лінеаризації нелінійних характеристик* / О.Й. Ришан, В.С. Денисенко // Науково-технічна інформація. — 2016. — № 3 (67). — С. 45—48.
2. *Первинні вимірювальні перетворювачі з частотною лінеаризацією характеристик перетворення* / О.Й. Ришан // Materiály X mezinárodní vědecko-praktická conference «Vědecký průmysl evropského kontinentu»; Praha: 2014. — С. 102—104.
3. *Універсальний функціональний перетворювач для лінеаризації характеристик перетворення первинних вимірювальних перетворювачів* / О.Й. Ришан, О.О. Пономаренко, Ю.Д. Захарчук // Науково-технічна інформація. — 2014. — № 3. — С. 54—56.
4. *Дослідження основних параметрів ультразвукових інтерференційних рівнемірів на стоячій хвилі* / О.Й.Ришан, Ю.М. Бородкіна // Науково-технічна інформація. — 2012. — № 1. — С. 56—59.
5. *Способи зниження методичної похибки нелінійності ультразвукових інтерференційних методів контролю рівня рідин* / О.Й. Ришан, В.О. Христенко // Науково-технічна інформація. — 2011. — №4. — С. 54—56.
6. *Контрольно-измерительные приборы* : Каталог FI 01 / Siemens AG. — 2013. — 1025 с.

ПРИБОР ДЛЯ ЛИНЕАРИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А.И. Ришан, А.А. Воронцов

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматривается способ линейаризации выходных сигналов первичных измерительных преобразователей с гармоничной характеристикой преобразования в диапазоне от 0 до $\pi/2$ радиан и прибор для его реализации на основе транзисторного RC-генератора. Использование рассмотренного способа линейаризации и прибора для его реализации позволяет повысить общую чувствительность и точность преобразования аналоговой информации в цифровой код для первичных измерительных преобразователей.

Ключевые слова: *линеаризация выходного сигнала, компьютерно-интегрированные системы управления (КИСУ), первичные измерительные преобразователи (ПИП), характеристика преобразования (ХП), RC-генератор.*