

УДК 621.317

АКТИВНИЙ ІМІТАТОР ЗРАЗКОВОГО ОПОРУ З ЧАСО-ІМПУЛЬСНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ В ГІБРИДНО - ПЛІВКОВОМУ ВИКОНАННІ

© Оксана Бойко, Олександра Готра*, Влодзімеж Каліта**, 2001

Національний університет "Львівська політехніка", кафедра "Метрологія, стандартизація та сертифікація",

*кафедра "Інформаційно-вимірювальна техніка", вул. С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

**Ряшівська політехніка, кафедра "Електронні пристрої", вул.В.Поля, 2, 39959, Ряшів, Польща

*Описана структурна схема активного імітатора зразкового опору, принципові схеми аналогової частини.**Розглянуті технологічні питання виготовлення аналогової частини в гібридно-плівковому виконанні і стабілізації параметрів плівкових резисторів. Показані шляхи підвищення точності імітації зразкового опору.**Описаны структурная схема активного имитатора образцового сопротивления, принципиальные схемы аналоговой части. Рассмотрены технологические вопросы изготовления аналоговой части в гибридно-плёночном исполнении и стабилизации параметров плёночных резисторов. Показаны пути повышения точности имитации образцового сопротивления.**The structure of active imitator of reference resistance, the schemes of analogue part are described. The technology of making of analog part in hybrid-film form and stabilization of film resistor parameters is considered. The ways of increase of accuracy of reference resistance imitation are shown.*

Сучасна напівпровідникова технологія, незважаючи на її високі досягнення, не забезпечує створення ряду аналогових пристроїв з високими метрологічними характеристиками [1]. Досягнення високих метрологічних характеристик при побудові аналогових пристроїв, зокрема зразкових мір опору можливе при застосуванні гібридно-плівкової технології. Особливо високі метрологічні характеристики тонкоплівкова технологія забезпечує резисторам і резистивним подільникам.

Для імітування сигналів терморезистивних сенсорів при перевірці вимірювальних каналів в різних галузях промисловості необхідні зразкові міри опору. Як відомо, активні імітатори зразкових опорів мають ряд переваг над класичними мірами опору [2].

На рис. 1 наведена структурна схема активного імітатора опору, яка складається з аналогової та цифрової частин.

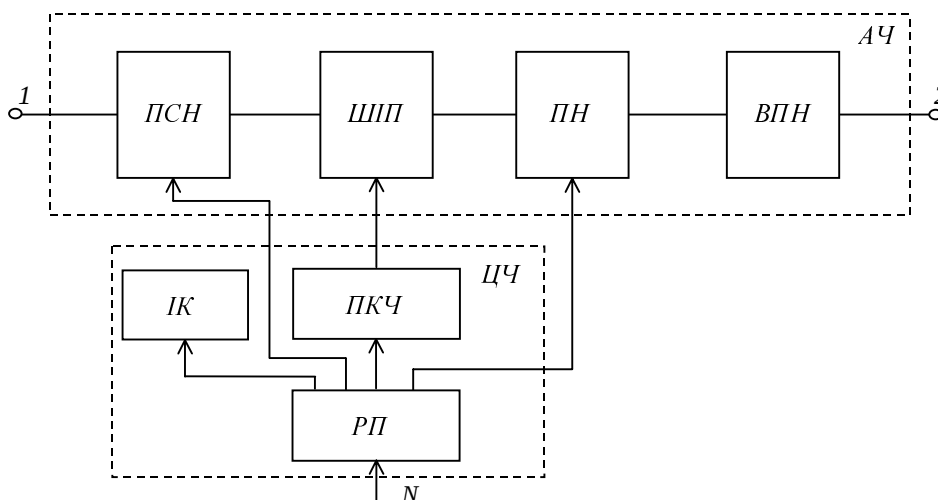


Рис. 1. Структурна схема активного імітатора опору

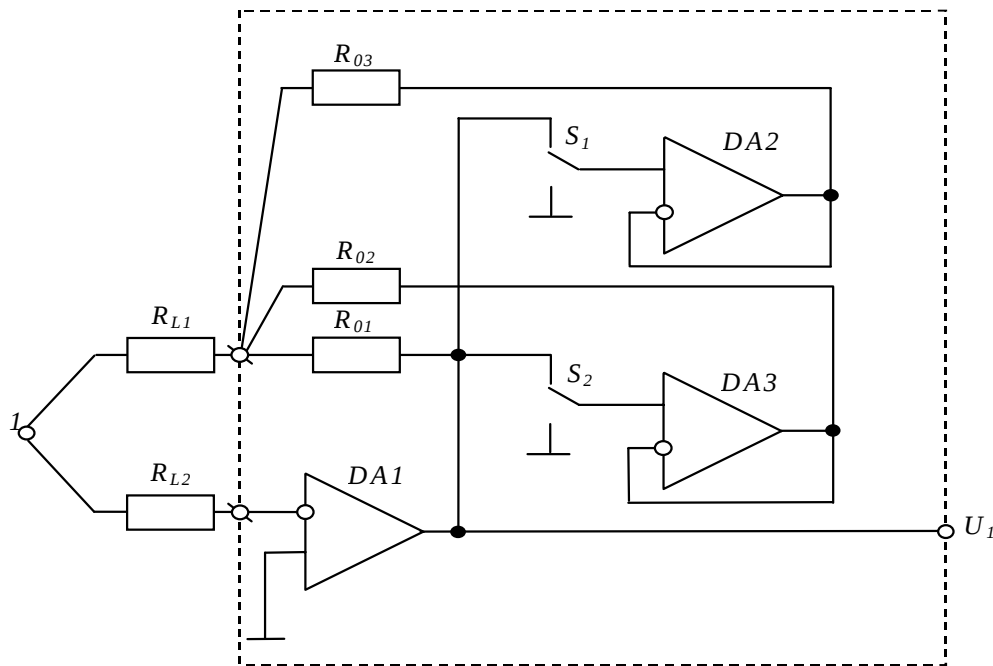


Рис. 2. Принципова схема вхідного перетворювача струм-напруга

Аналогова частина АЧ виконана за гібридно-плівковою технологією і містить перетворювач струму в напругу ПСН, широтно-імпульсний подільник напруги ШІП, резистивний подільник напруги ПН, вихідний повторювач напруги ВПН.

Цифрова частина ЦЧ активного імітатора опору містить регістр пам'яті РП, індикатор коду регістра пам'яті ІК і перетворювач код-час ПКЧ. РП і ПКЧ побудовані на серійних цифрових мікросхемах. Індикатор стану регістра побудований на світлодіодних індикаторах. ПКЧ побудований на двох лічильниках імпульсів, один з яких формує період T , а другий – інтервал часу τ , пропорційний до вхідного коду N .

Принципова схема вхідного перетворювача струм-напруга ПСН наведена на рис. 2 і побудована на операційному підсилювачі DA1 зі зразковим резистором R_{01} в колі зворотного зв'язку. Резистори R_{02} і R_{03} призначені для вибору різних діапазонів імітації опору. Комутація резисторів R_{02} і R_{03} здійснюється за допомогою ключів S_1 і S_2 . Для усунення впливу залишкових опорів ключів застосовано додаткові операційні підсилювачі DA2 і DA3.

Для зменшення впливу опорів ліній зв'язку (R_{L1} , R_{L2}) застосована двопровідна схема під'єднання.

Вихідна напруга операційного підсилювача DA1 визначається за виразом

$$U_1 = I_{\text{вх}} (R_{L1} + R_{01}), \quad (1)$$

де $I_{\text{вх}}$ – вхідний струм; R_{L1} – значення опору лінії зв'язку; R_{01} – значення опору зразкового резистора на відповідному діапазоні.

Вихідна напруга операційного підсилювача DA1 надходить на вхід широтно-імпульсного подільника напруги, принципова схема якого разом з додатковим резистивним подільником і вихідним повторювачем наведена на рис. 3.

На вхід керування ключа S_1 надходять вихідні сигнали перетворювача код-час. Вихідна напруга ключа S_1 є функцією вхідної напруги та часу t і описується таким виразом

$$U_{S_1} = \begin{cases} I_{\text{вх}} (R_{L1} + R_{01}), & \text{якщо } 0 \leq t \leq \tau, \\ 0, & \text{якщо } \tau \leq t \leq T, \end{cases} \quad (2)$$

де τ – тривалість вихідного імпульсу ПКЧ; T – період повторення імпульсів τ .

Вихідна напруга ключа S_1 усереднюється RC-фільтром і на його виході отримуємо напругу, значення якої визначається виразом

$$U_{\phi} = U_1 \frac{\tau}{T} = I_{\text{вх}} (R_{L1} + R_{01}) \frac{\tau}{T}. \quad (3)$$

Як видно з виразу (2), коефіцієнт передачі μ широтно-імпульсного подільника дорівнює $\mu = \frac{\tau}{T}$.

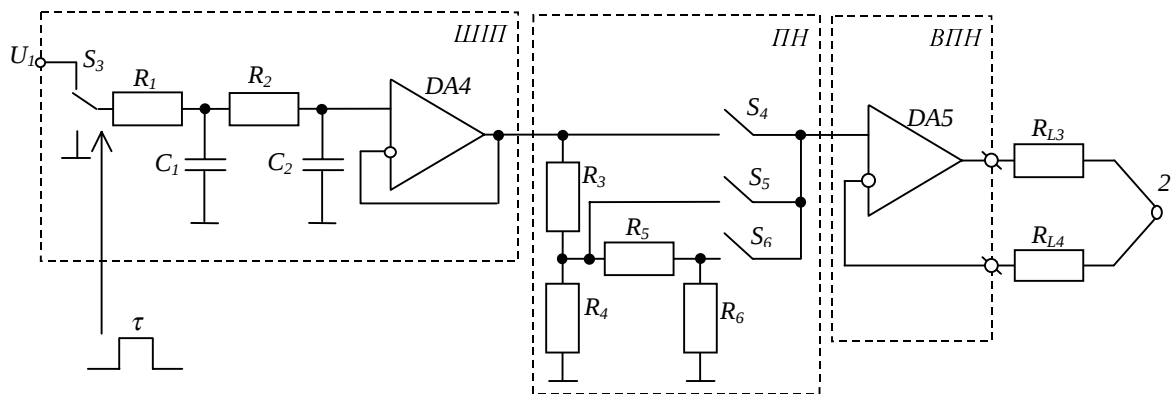


Рис. 3. Принципова схема широтно-імпульсного подільника напруги з додатковим подільником і вихідним повторювачем

Якщо $\tau = N$ і $T = N_{\max}$, де N – вхідний код, $N_{\max}$ – максимальне значення вхідного коду, отримаємо

$$\mu = \frac{N}{N_{\max}} = \sum_{i=1}^n a \cdot 2^{-i}, \quad (4)$$

де n – кількість розрядів двійкового вхідного коду N ; i – номер розряду вхідного коду; a – коефіцієнт, який дорівнює “0” або “1”.

Тоді вихідна напруга фільтра визначається з виразу

$$U_{\phi} = I_{\text{вх}} (R_{L1} + R_{0i}) \sum_{i=1}^n a \cdot 2^{-i}. \quad (5)$$

Умовою лінійності вихідної напруги фільтра є рівність сталих часу зарядження τ_3 і розрядження τ_p , тобто

$$(r_{S31} + R_{\phi}) C_{\phi} = (r_{S32} + R_{\phi}) C_{\phi}, \quad (6)$$

де r_{S31} , r_{S32} – значення залишкових опорів ключа в замкнених станах.

Якщо $R_{\phi} \gg r_{S31} \approx r_{S32}$ широтно-імпульсний подільник забезпечує високу лінійність вихідної напруги

і, відповідно, високі метрологічні характеристики активному імітаторові опору. Час встановлення вихідної напруги широтно-імпульсного перетворювача визначається сталою часу фільтра $R_{\phi} C_{\phi}$.

Вихідна напруга RC-фільтра широтно-імпульсного подільника через повторювач на операційному підсилювачі DA1 надходить на вхід вихідного повторювача DA2. Вихідна напруга DA2 визначається з виразу

$$U_{\text{вих}} = \mu_2 I_{\text{вх}} (R_{L1} + R_{0i}) \sum_{i=1}^n a \cdot 2^{-i}, \quad (7)$$

де μ_2 – коефіцієнт передачі резистивного подільника.

Значення імітованого опору дорівнює

$$R_{\text{ім}} = \mu_2 (R_{L1} + R_{0i}) \sum_{i=1}^n a \cdot 2^{-i}. \quad (8)$$

З виразу (8) видно, що для зменшення впливу опору лінії R_{L1} необхідно вибирати $R_{0i} \gg R_{L1}$. Вплив опорів ліній R_{L1} , R_{L2} і R_{L4} компенсується повністю.

Основні технічні характеристики активних імітаторів опору

№ з/п	Діапазон імітації опору, кОм	Номинальне значення вхідного струму, мА	Чутливість, Ом	Абсолютна похибка, Ом
1	5...10	1	1	2
2	2,5...5	2	0,5	1
3	1...2,5	4	0,25	0,5
4	0,5...1	1	0,1	0,2
5	0,25...0,5	2	0,05	0,1
6	0,1...0,25	4	0,025	0,05
7	0,05...0,1	1	0,01	0,03
8	0,025...0,05	2	0,005	0,015
9	0...0,025	4	0,0025	0,01

Конструктивно аналогова частина активного імітатора опору виконана у вигляді тонкоплівкової гібридної мікросхеми на ізоляційній підкладці, яка встановлена в металоскляний корпус типу K157.29-1. Для напilenня тонкоплівкових резисторів використано нітрид титану з типовим поверхневим опором 1кОм/квадрат. Попередня стабілізація параметрів резисторів проводилась відпаленням на повітрі при температурі 300°C протягом години. Після попередньої підгонки опорів резисторів з точністю до 0,1% виконувалось термотренування резисторів при зміні температури від мінус 10°C до 80°C з 4-годинними циклами протягом 48 годин. Для підвищення стабільності

зразкові резистори мають однакову геометричну конфігурацію, а резистивний подільник виконаний двоступеневим. Резистори фільтра на метрологічні характеристики імітатора не впливають.

Експериментальні дослідження показали, що схемні рішення і тонкоплівкова гібридна технологія забезпечили високі метрологічні характеристики. Основні технічні характеристики наведені в таблиці.

1. Готра З.Ю., Матвиш В.И., Хромяк И.Я. АЦП с коррекцией динамической погрешности в гибридно-пленочном исполнении // Приборы и системы управления. – 1986. – №11. – С. 25-26 . 2. Бойко О.В., Столярчук П.Г., Яцук В.О. Переносна багатозначна міра опору // Вимірювальна техніка та метрологія. – 1999. – №54. – С. 39-42.