

ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОТЕНЗОМЕТРІЇ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННЯХ МІЦНОСТІ ВИРОБІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

В роботі визначалось максимальне значення струму живлення тензорезисторів, виконано доопрацювання тензометричних підсилювачів, а з числа наявних підібрано такі клеї для препарування деталей радіоелектронних виробів, які забезпечили стабільність метрологічних характеристик тензорезисторів, наклеєних на неметалеві матеріали з урахуванням властивостей клеїв.

Ключові слова: тензорезистор, сила струму живлення тензостанцій, клей.

L.O. KOVTUN, V.P. ROIZMAN, O.K. JANOVITSKY

Khmelnytsky National University

ELEKTROTENZOMETRIC IMPROVEMENT METHOD FOR USE IN STUDIES OF STRENGTH ELECTRONIC PRODUCT

Abstract –purpose of the paper is to establish the maximum amount of supply current strain gauges that are made of non-metallic materials, to tenzometric electronics products.

The work was defined by the maximum supply current of strain gauges, strain gauge amplifiers revision done, and the number of available adhesives are selected for preparation of parts of electronic products to ensure the stability of metrological characteristics of strain gauges pasted on non-metallic materials including adhesive properties.

It was completed tenzostation, thus reducing the power supply current without changing the sensitivity of the device.

Keywords: tenzoresistor, power supply current tenzostation, glue

Вступ

Існуючі у загальному та спеціальному машинобудуванні методики проведення досліджень напруженого стану, як правило, не можуть застосовуватися для виробів радіоелектроніки в силу ряду причин.

Перш за все, в конструкціях радіоелектронних виробів широке застосування знайшли неметалеві матеріали, такі як кераміка, скло, полімерні матеріали, які володіють рядом специфічних особливостей [1-5]. Такі матеріали мають досить низькі значення модуля поздовжньої пружності при високих значеннях коефіцієнта Пуассона, а також малу теплопровідність. З одного боку, мала теплопровідність неметалевих матеріалів погіршує відведення тепла від наклеєних тензорезисторів і викликає перегрів їх струмом живлення, що призводить до значних температурних похибок, а з іншого - забезпечує порівняну незмінність температури досліджуваних виробів при локальних впливах. Крім того, клеї, що застосовуються, вимагають або високих для радіоелектронних виробів температур термообробки, або не володіють достатньою клейовою здатністю до матеріалів, які застосовуються при виготовленні виробів радіоелектроніки. Істотним у застосуванні тензорезисторів в радіоелектроніці є також і те, що всі метрологічні характеристики існуючих тензорезисторів даються стосовно до металевих об'єктів дослідження.

Основна частина

Для тензометрування виробів радіоелектроніки, що виготовленні з таких неметалевих матеріалів, необхідно встановити максимальну величину струму живлення тензорезисторів і, по можливості, підтримувати її в серійних тензостанціях, виконати доопрацювання тензометричних підсилювачів, а з числа наявних підібрати такі клеї для препарування деталей радіоелектронних виробів, які забезпечили б стабільність метрологічних характеристик тензорезисторів, наклеєних на неметалеві матеріали з урахуванням властивостей клеїв.

Як показали проведені дослідження жоден з вживаних в даний час клеїв, не відповідає повністю всім вимогам монтажу тензорезисторів [6]. У цьому зв'язку, у кожному конкретному випадку підбирають клеї з такими характеристиками, які найбільше відповідають умовам проведених досліджень.

З метою підбору клею, придатного для препарування тензорезисторами виробів електронної техніки (ВЕТ) нами були визначені метрологічні характеристики тензорезисторів (коефіцієнт тензочутливості, зміна коефіцієнта тензочутливості від температури, "повзучість", гістерезис) наклеєних на тарировочні балочки, виготовлені з найбільш поширених у практиці конструювання ВЕТ матеріалів.

Визначені таким чином характеристики тензорезисторів, наклеєних деякими з 35 досліджених традиційних запропонованих клеїв на вироби, виготовлені з полімерів склопластиків, скла наведено в табл. 1. Як впливає з матеріалів досліджень, для тензометрування ВЕТ найбільш придатними є клей К-400-для керамічних матеріалів, клей КТ-30 - для скла, клеї ПУ-2, Т-111 - для склопластиків, клей Д-86 - для епоксидних матеріалів.

Граничне значення струму в тензорезисторі обумовлене допустимою температурою нагріву решітки, величина якої визначається кількістю тепла, що виділяється струмом, умовами охолодження.

Наведені в [7] формули для визначення струму живлення дають або його наближене значення, так як не враховують багатьох факторів, таких як характеристики підкладки, охолоджуючого впливу виводів та ін., або

вимагають знання ряду геометричних механічних і теплофізичних констант, які не наводяться в довідковій літературі.

Таблиця 1

Залежність характеристик тензорезисторів від марки клею та температури

Характеристики тензорезисторів	Тензочутливість				Розкид тензочутливості, %				Повзучість, %				
	18	50	80	-60	18	50	80	-60	18	50	80	-60	
Температура вимірювання, °С													
Клей													
Ацетатно-целюлоїдний	1,88	1,77	1,45	1,89	2,3	3,2	19,3	5,1	2,3	24	48	2,1	
БФ-2	1,94	1,93	1,70	1,95	1,55	1,8	3,9	2,3	0,6	6,6	15,8	0,61	
БФ-4	1,85	1,80			4,3	5,3		3,9	3,5	33		3	
ПУ-2	2,01	2,02	1,91	1,99	1,4	2,1	1,9	1,2	0,0	3,7	54,0	0,1	
ВК-5	1,99	1,98	1,91	1,98	1,3	2,2	3,5	1,7	0,3	4,9	8,1	0,6	
Т-111	1,99	1,99	2,0	1,98	1,2	1,6	1,6	1,2	0,1	1,21	1,3	0,3	
К-300-61	2,0	2,0	2,01	2,0	1,4	1,3	1,4	1,4	0,7	0,75	1,8	0,7	
К-400	1,97	1,97	1,96	1,97	1,3	1,2	1,2	1,3	0,0	0,1	0,1	0,1	
ВК-20М	1,97	1,98	1,96	1,97	1,7	1,75	1,6	1,3	0,3	0,3	0,37	0,3	
КТ-30	1,98	1,98	1,99	1,97	2,3	2,3	3,2	2,4	0,2	0,2	0,2	0,2	

Для визначення допустимої величини струму живлення нами була зібрана установка, схема якої наведена на рис.1. За допомогою перемикача /П/ в активне плече приладу включався магазин опорів МСР - 58 /М-1/ або один з досліджуваних тензорезисторів / $D_1 - D_n$ /. Значення опорів на магазинах, підбиралися приблизно рівними опору тензорезисторів. Автотрансформатором /А/ встановлювалась певна напруга живлення мостової схеми ЭИД-3М. Струм живлення тензорезисторів визначався мілівольтметром ВЗ-2а, що вимірював падіння напруги на опорі $R = 1$ Ом, включеним послідовно з досліджуваним тензорезистором. Нульовий показ ЭИД-3М відраховували протягом 3 ... 5 сек після включення тензорезистора. Наступні відліки по ЭИД-3М фіксували через 1, 3, 5, 10, 12 хв. За отриманими даними будували графіки залежності зміни опору тензорезисторів в часі при даному струмі живлення. На рис. 2 представлений приклад залежності зміни відносної деформації тензорезисторів, наклеєних на керамічний зразок і закритих 15-міліметровим шаром епоксидного компаунда, а на рис. 3 та ж залежність, але за відсутності компаунда на зразку.

Допустиму величину струму живлення тензорезисторів встановлювали виходячи з роздільної здатності тензоапаратури і величини мінімальних передбачуваних деформацій. На підставі цієї вимоги припустиму зміну опору тензорезистора за рахунок нагріву струмом живлення прийнято $\varepsilon=1 \cdot 10^{-5}$.

Аналіз тензометричної апаратури показав, що до теперішнього часу не існує вітчизняних тензостанцій для статичних і динамічних вимірювань, що забезпечують можливість живлення тензорезисторів струмом нижче 30 мА, крім тензостанцій УТС-12 і 4УТ в яких, однак, при зміні живлення мостів істотно змінюється коефіцієнт підсилення.

Для роботи з малобазними тензорезисторами, а також забезпечення нормального функціонування петльових дротяних датчиків, наклеєних на елементи з пластмас, скла та кераміки нами доопрацьовані такі прилади: ЭИД-3М, 8АНЧ-21, ТУП-4, 8АНЧ-7М.

Тензопідсилювач 8АНЧ-7м призначений для вимірювання статодинамічної деформацій у восьми точках. Доопрацювання цього підсилювача здійснене в двох варіантах. У першому варіанті для зниження струму живлення введений додатковий блок, в якому змонтовані перемикач П і трансформатор Тр.

Обмотки цього трансформатора, що утворюють два плеча моста, секціоновані таким чином, що за допомогою перемикача П здійснюється ступенева зміна напруги живлення моста (0,1, 2, 4, 7В). У другому варіанті зниження напруги живлення мостів досягається шляхом включення замість трансформатора Тр2 автотрансформатора А1, що дозволяє плавно змінювати вихідну напругу задаючого генератора, зібраного на тріоді Л4. Для збільшення чутливості приладу та забезпечення високого рівня вихідного сигналу при роботі з малобазними тензорезисторами в схему введені додатковий резистивний каскад підсилення.

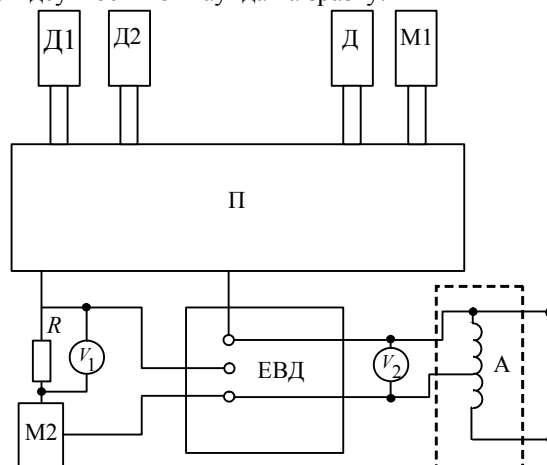


Рис. 1. Блок-схема установки для визначення допустимого струму живлення тензорезисторів: D_1, D_2, \dots, D_n – тензорезистори; M_1, M_2 – магазини опорів МСР-58; П – перемикач П10; ЭИД – електронний вимірювач деформацій ЭИД-3м; V_1 – ламповий вольтметр ВЗ-24; V_2 – вольтметр; R – еталонний опір; А – автотрансформатор

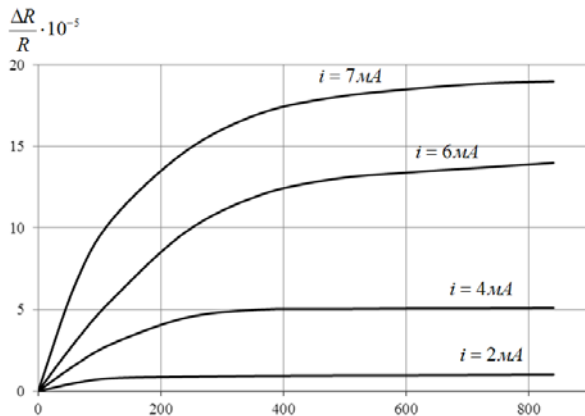


Рис. 2. Залежність змін відносного опору тензорезисторів з базою $(0,5 \dots 3) \cdot 10^3$ м, що виготовлені з мікродроту діаметром 4 мкм, від величини струму живлення та часу вимірювання, якщо тензорезистор на поверхні зразка

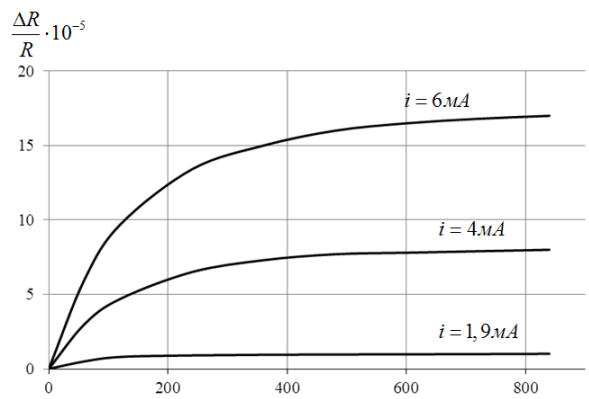


Рис. 3. Залежність змін відносного опору тензорезисторів з базою $(0,5 \dots 3) \cdot 10^3$ м, що виготовлені з мікродроту діаметром 4 мкм, від величини струму живлення та часу вимірювання, якщо тензорезистор під зразком

При роботі декількох розташованих поруч підсилювачів через недостатнє екранування високочастотних ланцюгів і внаслідок близькості частот генераторів несучої частоти, на виході кожного з підсилювачів з'являється змінна складова, частота якої дорівнює різниці частот генераторів. Для виключення цього явища нами передбачена можливість підключення зовнішнього джерела несучої частоти, що забезпечує нормальну роботу декількох підсилювачів.

Прилад А100-3М призначений для вимірювання статичних деформацій у ста точках з почерговим опитуванням кожного з тензорезисторів, реєстрацією показань на діаграмній стрічці і відліком по шкалі покажчика.

Доопрацювання тензостанції А100-3М полягало в зниженні струму живлення моста без зменшення чутливості приладу. Спроба знизити струм живлення тензорезисторів шляхом зменшення напруги на обмотці W трансформатора Тр.1 призвела до значного зниження роздільної здатності приладу. Виключити вказаний недолік вдалося шляхом введення в схему додаткового трансформатора Тр.4. Його живлення здійснюється напругою 110 В, що подається від силового трансформатора Тр.3. Вихідні напруги трансформатора Тр.4 $U=1,3$ В і $U=0,12$ В використовуються для живлення моста і реохорда і перемикаються за допомогою реле Р1. При даних величинах напруг зазначеного трансформатора досягнуто досить гарне узгодження моста і реохорда при проходженні через тензорезистор струму, що не перевищує 2мА чи 25мА, незмінній ціні поділки приладу, що дорівнює $2 \cdot 10^{-5}$ ОВД, і коефіцієнті тензочутливості давачів, що дорівнює 2.

Висновки

Доопрацьований таким чином прилад дозволяє здійснювати роботу як з петлевими дротяними і фольгованими тензорезисторами, так і з тензорезисторами з одиночною ниткою з литого мікродроту типу МПБ і МПТ.

Для досліджень за допомогою електронного вимірювача деформацій (ЕВД-3М, ЕВД-8) від клем "А", "О", "К", відключали штатне живлення моста і підключали живлення від автотрансформатора А1, вихідну напругу якого контролювали вольтметром, що дозволило встановлювати необхідну напругу живлення тензорезисторів і, відповідно, задавати необхідний струм. Роботи з реконструкції підсилювача 8АНЧ-21 склалися в зміні параметрів виносних трансформаторів Тр., що дозволили знизити напругу на давачах, і введення додаткового узгоджувального пристрою, що використовується для здійснення реєстрації показань тензорезисторів на стрічку осцилографа з низькоомними гальванометрами.

Література

1. Карина Т.Л., Голубенке М.А. Эпоксидно-полиэфирные заливочные компаунды. – Электронная техника. Сер. 14 Материалы, 1968, вып. 4, с. 125 – 133.
2. Электроизоляционные компаунды. – М.: 1969. – 15с.
3. Гуль В.Е., Кулезяев В.Н., Структура и механические свойства полимеров. – М.: Высшая школа, 1966. – 321с.
4. Современные композиционные материалы. Под ред. Л. Браутмана и Р. Крока. Пер. с англ. – М.: Мир, 1970. – 672с.
5. Нестер Н.А., Семенихин А.Г., Хавкин М.И. Цикл работ по исследованию прочности металлокерамических резисторов. Сборник трудов кафедр общетехнических дисциплин. Хмельницкий, 1975. – с. 78-88.
6. Токарев М.Ф., Талицкий Е.Н., Фролов В.А. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Радио и связь, 1984. – 224с.
7. Перри К., Лиснер Г. Основы тензометрирования. Пер. с англ. – М.: Мир, 1957. – 342с.

1. Karyna T.L., Holubenke M.A. Epoksydno-polyefyrnye zalyvochnye kompaundy. – Elektronnaia tekhnika. Ser. 14 Materyaly, 1968, vyp. 4, s. 125 – 133.
2. Elektroyzoliatsyonnye kompaundy. – M.: 1969. – 15s.
3. Hul V.E., Kuleziaev V.N., Struktura y mekhanycheskye svoistva polymerov. – M.: Vysshaia shkola, 1966. – 321s.
4. Sovremennye kompozitsyonnye materyaly. Pod red. L. Brautmana y R. Kroka. Per. s anhl. – M.: Myr, 1970. – 672s.
5. Nester N.A., Semenykhyn A.H., Khavkyn M.Y. Tsykl rabot po yssledovaniyu prochnosty metallokeramicheskikh rezistorov. Sbornyk trudov kafedr obshchetekhnicheskikh dystsyplin. Khmelnytskyi, 1975. – s. 78-88.
6. Tokarev M.F., Talytskyi E.N., Frolov V.A. Mekhanycheskye vozdeistviya y zashchita radyoelektronnoi apparatury. – M.: Radyo y sviaz, 1984. – 224s.
7. Perry K., Lysner H. Osnovy tenzometryrovaniya. Per. s anhl. – M.: Myr, 1957. – 342s.

Рецензія/Peer review : 25.7.2013 р.

Надрукована/Printed :14.10.2013 р.

УДК 621.396.6

Н.А. ФИЛИНЮК, Л.Б. ЛИЩИНСКАЯ, Р.Ю. ЧЕХМЕСТРУК

Винницький національний технічний університет

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ИММИТАНСНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В статье проведен анализ метрологического обеспечения разработки и применения иммитансных логических элементов (ИЛЭ). Определены основные параметры ОЛЭ и методы их измерения, а также пути совершенствования метрологического обеспечения.

Работа представляет интерес для ученых-метрологов, специалистов, магистров и аспирантов.

Ключевые слова: иммитанс, логический элемент, обобщенный преобразователь иммитанса.

N.A. FILINYUK, L.B. LISCHINSKAYA, R. Y. CHEHMESTRUCK

Vinnitsa National Technical University

METROLOGICAL SUPPORT ANALYSIS, DEVELOPMENT AND APPLICATION OF IMPEDANCE LOGIC ELEMENTS

In the article the main settings of the ILE (impedance logic elements) were analyzed and revealed that most of them coincide with the settings of the video-impacted elements but differ by their physical substance. For the ILE one can pick out a number of setting: the FAN-in_{об}, which points out the number of inputs of the logic elements; the FAN-out_{из}, which points out the number of logic inputs that can be loaded to this particular output; the time of $t_{зд}$ propagation delay, which characterizes the processing speed of the element; the immunity U_n , which characterizes the ability of the logic element not change the state of the elements under the influence of interference signals, which may result from fluctuations of supply voltage, and also the result of parasitic capacitance and inductance, or external electromagnetic fields; the power supply voltage; power dissipation element; operating temperature range. There is no standard equipment of direct measurement for the above-enumerated settings. On this basis there are two ways to solve this problem: development of specialized measurement systems to determine each of the settings, the use of indirect methods of measurement including the measurement of the impedance matrixes and loads, noise coefficient, bandwidth, and the total time delay of the signal in the ILE, and then calculating the settings of the ILE. The main advantage of the second solution is its relative cheapness and simplicity of achievement. The main disadvantage is a great laboriousness of diverse measurements and possible increase of errors in the process of analytical calculations.

Keywords: impedance, logic element, generalized impedance convertor.

Введение

Иммитансные логические элементы (ИЛЭ) [1] относятся к радиочастотным логическим элементам [2, 3, 4], работающим в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ). В известных радиочастотных логических элементах в качестве информационного параметра используется параметры гармонического сигнала (частота, амплитуда, фазовая задержка) или параметры радиочастотных импульсов (амплитуда, длительность, частота следования, кодоимпульсная последовательность). Иммитансные логические элементы в качестве информационного параметра используют характер иммитансного параметра – дифференциальное положительное или отрицательное активное сопротивление ($R^{(+)}$, $R^{(-)}$), емкость ($C^{(+)}$, $C^{(-)}$), или индуктивность ($L^{(+)}$, $L^{(-)}$). Соответствующий логический уровень задается не количественной величиной иммитансного параметра, а только его характером или знаком, что повышает помехоустойчивость ИЛЭ. Не являясь конкурентом видеоимпульсных логических элементов, ИЛЭ в области СВЧ кроме высокой помехоустойчивости обладают также высоким быстродействием, т.к. их работа, в отличие от большинства логических элементов, не основана на использовании изменения рабочей точки полупроводникового прибора. Учитывая, что разработка и применение ИЛЭ находится на начальном этапе, возникает необходимость их метрологического обеспечения.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является анализ метрологического обеспечения разработки и применения ИЛЭ. Для достижения этой цели в работе решаются следующие задачи: определение основных параметров ИЛЭ; анализ методов и средств измерения основных параметров ИЛЭ; формулировка путей обеспечения и совершенствования метрологического обеспечения разработки и применения ИЛЭ.