

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Тензорезисторы фольговые ФКПВ

Назначение средства измерений

Тензорезисторы фольговые ФКПВ (далее - тензорезисторы) предназначены для измерения деформаций в деталях машин и конструкций при статических и динамических нагрузках.

Описание средства измерений

Конструктивно тензорезисторы состоят из чувствительного элемента, изготовленного из тонкой фольги, закрепленной с помощью связующего на подложке. От воздействия внешних факторов окружающей среды чувствительный элемент тензорезисторов сверху защищен пленочным слоем непроводящего материала (протекторная защита). Тензорезисторы предназначены для разовой наклейки и являются невосстанавливаемыми изделиями. Общий вид тензорезисторов фольговых ФКПВ представлен на рисунке 1.

Принцип действия тензорезисторов основан на тензорезистивном эффекте, то есть на свойстве проводников изменять свое сопротивление при деформации.

Конструктивные конфигурации тензорезисторов:

- одиночные тензорезисторы с параллельным расположением нитей чувствительного элемента относительно продольной оси тензорезисторов и способностью измерять деформации растяжения или сжатия при одноосном напряженном состоянии;

- тензорезисторные розетки с расположением двух, трех или четырех чувствительных элементов на одной подложке под определенным углом (45°, 90°, 120°, 180°) и способностью измерять деформации сдвига или деформации в двух или трех направлениях, совпадающих с главными осями тензорезисторов;

- тензорезисторная мембрана для измерений радиальных и тангенциальных деформаций;

- тензорезисторные цепочки, предназначенные для измерений распределения деформаций по длине в одном направлении.

Условное обозначение тензорезисторов имеет вид следующий вид:

[I]Ф[II][III][IV]-[V]-[VI]-[VII]-[VIII].

Группа знаков [I] - количество тензорезисторов на подложке (для цепочек перед цифрой, обозначающей количество тензорезисторов, ставится буква «Ц», для мембран - «М»).

Знак «Ф» - обозначение типа чувствительного элемента (фольга).

Группа знаков [II] - толщина фольги, мкм.

Группа знаков [III] - обозначение материала фольги: «К» - константан, «НМ» - никель-молибден, «НХ» - нихром, «ЖХ» - железо-хром-алюминий).

Группа знаков [IV] - обозначение связующего: «ВЛ» - лак ВЛ-931, «ОС» - органосиликаты, «ПИ» - полиимидные лаки, «ПА» - полиамидоимидные лаки.

Группа знаков [V] - длина чувствительного элемента (номинальная база), мм.

Группа знаков [VI] - номинальное электрическое сопротивление, Ом

Группа знаков [VII] - обозначение модификации тензорезистора (два или три знака).

Первый знак - цифра, обозначает наличие или отсутствие общих выводов у группы тензорезисторов на одной подложке:

а) для тензорезисторов, не имеющих общих выводов, а также, для одиночных тензорезисторов первая цифра модификации «0»;

б) для розеток и цепочек тензорезисторов, имеющих один общий вывод, - «1»;

в) для тензорезисторов, собранных в полумост, - «2»;

г) для замкнутого моста - «4»;

д) для разомкнутого моста - «5».

Второй знак - цифра, обозначает взаимное расположение и ориентацию отдельных элементов тензорезистора и отдельных тензорезисторов в розетках, мостах, полумостах и цепоч-

ках. Для обозначения тензорезисторов одной модификации, с одинаковыми базой и сопротивлением, но имеющих незначительные отличия в топологии (ширина нити, форма и размеры контактных площадок, габаритные размеры и т.п.), используется индекс, например, «01₁».

Третий знак - буква «Р», ставится при наличии регулятора.

Группа знаков [VIII] - температурный коэффициент линейного расширения материала без множителя 10^{-6} , при установке на который тензорезистор является термокомпенсированным, $^{\circ}\text{C}^{-1}$

Пример условного обозначения розетки из трех тензорезисторов с базой 5 мм, номинальным сопротивлением 200 Ом, модификации 01 с регулятором, изготовленных из константовой фольги толщиной 3 мкм, термокомпенсированных для материала с температурным коэффициентом линейного расширения $25 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$: 3ФЗКВЛ-5-200-01Р-25.

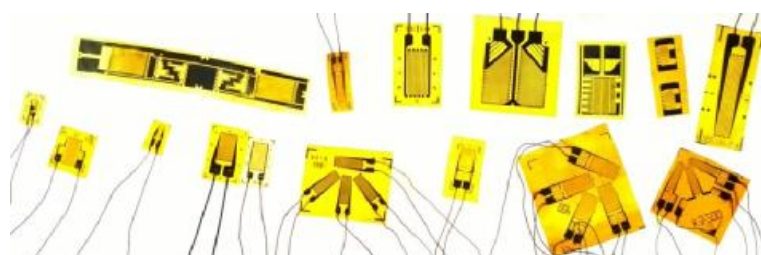


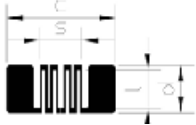
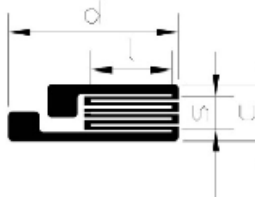
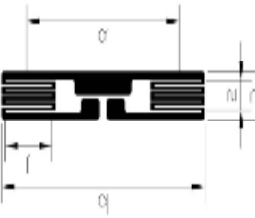
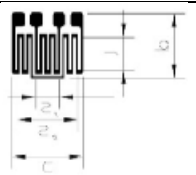
Рисунок 1 - Общий вид тензорезисторов фольговых ФКПВ

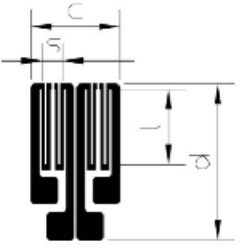
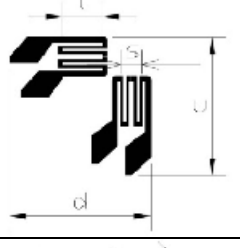

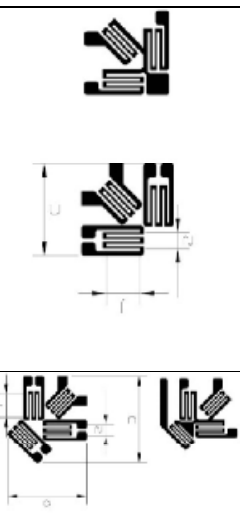
Метрологические и технические характеристики

Типоразмеры, номинальная база, номинальное электрическое сопротивление, габаритные размеры (без толщины) тензорезисторов ФКПВ приведены в таблице 1, метрологические характеристики - в таблице 2.

Таблица 1

Обозначение (группы знаков [V]-[VI]-[VII])	Количество нитей	Номинальная база, мм	Ширина чувствительного элемента, S, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры	Внешний вид
-1-100-01-	30	1	3,0	100	3,5x3,8	
-1-200-01Р-	8	1	0,5	200	2,7x1,1	
-1-400-01Р	26	1	1,0	400	3,1x1,8	
-2-100-01Р-	6	2	0,5	100	3,8x1,2	
-2-200-01 ₁ -	14	2	0,9	200	3,0x1,2	
-2-200-01 ₂ -	26	2	2,1	200	4,5x2,8	
-2-200-01Р-	10	2	0,7	200	3,8x1,3	
-2-400-01-	20	2	1,1	400	3,0x1,4	
-2-400-01 ₁ Р-	14	2	0,8	400	4,7x1,5	
-2-400-01 ₂ Р-	20	2	1,5	400	4,6x2,0	
-3-100-01-	8	3	1,1	100	7,1x2,6	
-3-100-01Р-	6	3	0,6	100	5,4x1,5	
-3-200-01Р-	8	3	0,7	200	5,7x1,4	
-3-400-01 ₁ -	20	3	1,6	400	4,5x2,1	
-3-400-01 ₂ -	24	3	1,7	400	4,5x2,1	
-3-400-01 ₃ -	34	3	2,5	400	5,3x3,1	
-3-400-01 ₁ Р-	12	3	1,1	400	5,7x1,8	
-3-400-01 ₂ Р-	14	3	1,3	400	5,7x2,0	
-3-400-01 ₃ Р-	16	3	1,4	400	5,5x2,0	
-3-400-01 ₄ Р-	16	3	1,5	400	5,5x2,2	
-3-700-01Р-	24	3	1,8	700	5,7x2,3	

Обозначение (группы знаков [V]-[VI]-[VII])	Количество нитей	Номинальная база, мм	Ширина чувствительного элемента, S, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры	Внешний вид	
-5-100-01 ₁ -	4	5	0,6	100	7,0x1,6		
-5-100-01 ₂ -	10	5	2,2	100	7,4x3,0		
-5-100-01 ₃ -	10	5	2,2	100	9,9x4,0		
-5-100-01 ₁ P-	4	5	0,5	100	7,4x1,3		
-5-100-01 ₂ P-	8	5	1,5	100	7,0x1,5		
-5-200-01 ₁ -	6	5	0,7	200	6,5x1,6		
-5-200-01 ₂ -	14	5	2,1	200	8,6x3,2		
-5-200-01 ₃ -	16	5	2,5	200	7,3x3,0		
-5-200-01 ₄ -	22	5	4,4	200	10,5x7,8		
-5-200-01 ₁ P-	8	5	1,3	200	7,5x2,2		
-5-200-01 ₂ P-	10	5	1,2	200	7,7x2,3		
-5-200-01 ₃ P-	12	5	2,0	200	7,5x2,9		
-5-400-01 ₁ -	14	5	1,7	400	6,8x2,0		
-5-400-01 ₂ -	22	5	2,6	400	7,3x3,2		
-5-400-01P-	14	5	1,6	400	7,7x2,4		
-5-700-01P-	24	5	2,0	700	7,8x3,6		
-10-050-01-	8	10	6,8	50	14,5x6,8		
-10-100-01-	10	10	3,7	100	12,5x5,1		
-10-200-01-	6	10	1,3	200	12,2x3,1		
-20-200-01-	6	20	2,5	200	25,5x6,2		
-0,5-100-02-	8	0,5	0,25	100	0,8x15		
-0,5-400-02-	28	0,5	0,85	400	0,6x2,1		
-2-400-02 ₁ P-	18	2	2,5	400	2,6x5,1		
-2-400-02 ₂ P-	20	2	1,5	400	2,2x3,5		
-3-050-02-	2	3	0,25	50	4,6x1,2		
-3-200-02P-	8	3	0,7	200	3,3x2,8		
-3-400-02P-	16	3	1,4	400	3,2x3,5		
-5-200-02P-	4	5	0,4	200	5,2x2,5		
-5-400-02-	14	5	1,7	400	5,9x5,2		
-5-400-02P-	12	5	1,4	400	5,7x5,5		
-0,5-050-03-	16	0,5	0,7	50	1,0x2,2		
-0,5-100-03-	8	0,5	0,25	100	2,0x0,5		
-0,5-200-03-	16	0,5	0,55	200	2,0x0,8		
-1-200-03-	16	1	0,6	200	2,5x0,9		
-4-400-21P-	20	4	2,6	400	27x3,8 (межосевое расстояние 17 мм)		
-5-200/700-02-	6/24	5	0,7/3,6	200 700	8,0x4,5 (межосевое расстояние 0 мм)		
-4-400-21P-	20	4	2,6	400	27x3,8 (межосевое расстояние 17 мм)		
-5-200/700-02-	6/24	5	0,7/3,6	200 700	8,0x4,5 (межосевое расстояние 0 мм)		

Обозначение (группы знаков [V]-[VI]-[VII])	Количество нитей	Номинальная база, мм	Ширина чувствительного элемента, S, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры	Внешний вид
-2-400-03P-	18	2	0,8	400	5,2x2,0 (межосевое расстояние 1,0 мм)	
-2-200-04-	14	2	1,1	200	4,3x5,5	
-5-200-04-	16	5	2,5	200	8,5x13,3	
-2-100-05-	15	2	1,8	100	6,6x3,5 (межосевое расстояние 1,8 мм)	
-2-200-01-	16	2	1,3	200	6,5x7	
-3-100-01-	10	3	1,5	100	8x9	
-3-200-01-	8	3	0,7	200	8x8	
-3-400-11-	15	3	1,2	400	8x8	
-5-200-01-	16	5	2,5	200	12,5x12,5	
-3-200-01-	8	3	1,0	200	9,5x7	
-3-400-01P-	18	3	1,6	400	11,5x10	
-3-400-11P-	17	3	1,5	400	10x10	

Обозначение (группы знаков [V]-[VI]-[VII])	Количество нитей	Номинальная база, мм	Ширина чувствительного элемента, S, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры	Внешний вид
Ц (10+1)..-0,5-100-01-	15		1,0	100	9x2,5 (межосевое расстояние 1,0 мм)	
Ц (до 78)..-1-050-13-	6		0,3	50	62x2,5 (межосевое расстояние 0,3 мм)	
Ц (до 80)..-1-050-13-	6		0,3	50	65,5x2,5 (межосевое расстояние 0,3 мм)	
-2-200-43-	8	2	0,3	200	4x5,2 (межосевое расстояние 0,8/1,7 мм)	
-3-400-44P-	18	3	1,8	400	29,5x8 (межосевое расстояние 17/3,8 мм)	
-5-200/700-22P-	6/24	5	0,7/3,6	200 700	11x9,5	
-5-400-42P-	23	5	3,0	400	63x6 (межосевое расстояние 16,0 мм)	
M4Ф3КХХ-10-700-50-		10		700		
M4Ф3КХХ-10-400-50-		10		400		
M4Ф3КХХ-14-200-50-		14		200		
M4Ф3КХХ-20-400-50-		20		400		
M4Ф3КХХ-20-400-50-		20		400		
M4Ф3КХХ-20-400-50P-		20		400		
M4Ф3КХХ-40-400-50-		40		400		

Таблица 2

Параметр	Значение параметра
Диапазон измеряемых деформаций, млн ⁻¹	+3000
Номинальная база, мм*	0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0
Допустимое отклонение от номинальной базы, %	+10
Номинальное сопротивление, Ом	50, 100, 200, 400, 700

Параметр	Значение параметра
Предельное относительное отклонение сопротивления в партии от номинального для групп качества А, Б, В соответственно, % не более	±1; ±2; ±5
Среднее значение чувствительности при нормальных условиях	От 1,90 до 2,30
Среднее квадратическое отклонение (СКО) чувствительности при нормальных условиях для групп качества А, Б, В, соответственно, не более	0,02; 0,03; 0,05
Нелинейность функции преобразования при нормальных условиях для групп качества А, Б, В соответственно, %, не более	1; 2; 3
Среднее значение часовой ползучести при нормальных условиях для групп качества А, Б, В соответственно, %, не более	±0,5; ±2,0; ±10,0
СКО часовой ползучести при нормальных условиях для групп качества А, Б, В соответственно, %, не более	0,2; 0,5; 1,0
Среднее значение часовой ползучести при максимальной температуре (плюс 80 °С) для групп качества А, Б, В соответственно, %, не более	±1; ±2; ±5
СКО часовой ползучести при максимальной температуре для групп качества А, Б, В, соответственно, % не более	0,5; 1,0; 2,0
СКО погрешности аппроксимации функции влияния температуры на чувствительность для групп качества А, Б, В, соответственно, не более	0,02; 0,05; 0,10
Температурная характеристика сопротивления (ТХС)	Полином вида $\hat{x}(t) = C_0 + C_1 t + C_2 t^2 + C_3 t^3$
СКО погрешности аппроксимации, мкОм/Ом, не более	10; 40 и 100 мкОм/Ом
Максимальное значение ТХС в рабочей области значений температуры, для групп качества А, Б, В, соответственно, мкОм/Ом	±15; ±20; ±25
Среднее значение воспроизводимости начального сопротивления для групп качества А, Б, В соответственно, мкОм/Ом, не более	20; 40; 80
СКО воспроизводимости начального сопротивления для групп качества А, Б, В соответственно, мкОм/Ом, не более	30; 50; 75
Среднее значение часового дрейфа при максимальной температуре для групп качества А, Б, В соответственно, мкОм/Ом, не более	±20; ±100; ±500
СКО часового дрейфа при максимальной температуре для групп качества А, Б, В соответственно, мкОм/Ом, не более	5; 20; 60
Минимальное значение сопротивления изоляции в рабочей области значений температуры для групп качества А, Б, В соответственно, МОм	200; 50; 10
*- В отдельных случаях тензорезисторы со сложной топологией, по необходимости, могут иметь базу, не указанную выше, например, 4,00	

Максимальный рабочий ток питания, мА	20
Масса, г, не более	20
Нормальные условия эксплуатации:	
– температура воздуха, °С	от 18 до 25;
– относительная влажность, %	от 30 до 60.
Рабочая область значений температуры, °С:	от минус 50 до плюс 80.

Вероятность безотказной работы тензорезисторов при знакопеременной деформации $\pm 1000 \cdot 10^{-6}$ не менее 0,90 за $1 \cdot 10^7$; $2 \cdot 10^6$; $5 \cdot 10^5$ циклов нагружения для групп качества А, Б, В соответственно.

Знак утверждения типа

наносится на титульные листы эксплуатационной документации типографским способом.

Комплектность средства измерений

Таблица 3

Обозначение	Наименование	Количество, шт.
НПОЛ.У25-5669	Тензорезисторы фольговые ФКПВ (модификация в соответствии с заказом)	в соответствии с заказом
НПОЛ.У25-5669 ПС	Тензорезисторы фольговые ФКПВ. Паспорт	1 (на партию)
НПОЛ.У25-5669 ИМ	Тензорезисторы фольговые ФКПВ. Техническое описание и инструкция по наклейке	1 (на партию)
МП 3.28.001-2015	Тензорезисторы фольговые ФКПВ. Методика поверки	По заявке
-	Упаковка	1 (на партию)

По согласованию с потребителем комплектность может изменяться.

Поверка

осуществляется по документу МП 3.28.001-2015 «Тензорезисторы фольговые ФКПВ. Методика поверки», утвержденному руководителем ГЦИ СИ ФГУП «ЦАГИ» 25 декабря 2015 г.

При проведении поверки используются следующие основные средства поверки:

- установка воспроизведения и измерения деформации УГТ-1 с погрешностью измерений $\pm 0,45$ % на диапазоне измерений ± 3000 млн⁻¹ (Регистрационный номер 3.1.АОЛ.0010.2015);
- система измерительная тензометрическая для номинальных сопротивлений тензорезисторов от 50 до 700 Ом с приведенной погрешностью измерений $\pm 0,2$ % от верхней границы диапазона измерений (Регистрационный номер 28492-04, 21760-01, 19298-04).

Знак поверки наносится в свидетельство о поверке и в паспорт на партию тензорезисторов.

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в документе НПОЛ.У25-5669 ИМ «Тензорезисторы фольговые ФКПВ. Техническое описание и инструкция по наклейке»

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к тензорезисторам фольговым ФКПВ

- 1 ГОСТ 21616-91 Тензорезисторы. Общие технические условия
- 2 ГОСТ 8.543-86 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений деформации
- 3 У25-5669ТУ Тензорезистор фольговый. Технические условия

Изготовитель

Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина»)
Адрес: 141400, Московская область, г. Химки, Ленинградская ул., д. 24
Телефон/факс: +7 495 573 56 75, +7 495 573 35 95
E-mail: npo1@laspace.ru
ИНН 5047003253

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ»)
Адрес: 140180, Московская область, г. Жуковский, Жуковского ул., д.1
Телефон: +7 495 5564205; факс: +7 495 7776332, +7 495 5564337
E-mail: mera@tsagi.ru
Номер аттестата аккредитации: РОСС.СОБ.1.00164.2014 от 31 января 2014 г.

Заместитель
Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п. « ____ » _____ 2016 г.