

УДК 681.5

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ТЕНЗОРЕЗИСТОРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ

А. Д. Кучеркова, О. А. Донсков, И. А. Зайцева

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Рассмотрены характеристики тензорезисторного измерительного преобразователя (ТРИП). Так как изменение электрического сопротивления ТРИП под действием приложенной деформации невелико, а увеличить силу тока, протекающего через ТРИП, нельзя, предусматривают использование тензометрического усилителя. Опыт проводился на измерительной установке с наклеенными тензорезисторами и тензометрическим усилителем ТА-5. По результатам измерений определен расчетный ток, протекающий через измерительные диагонали моста, а также относительную деформацию при различных значениях нагрузки.

Ключевые слова: тензорезисторные измерительные преобразователи, тензометрический усилитель, деформация, электрическое сопротивление.

STUDY OF THE PROPERTIES OF STRAIN-RESISTANT MEASURING TRANSDUCERS USING A STRAIN GAUGE AMPLIFIER

A. D. Kucherкова, O. A. Donskov, I.A. Zaytseva

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The characteristics of a tensor-resistor measuring converter (TRIP) are considered. Since the change in the electrical resistance of the TRIP under the action of the applied deformation is small, and it is impossible to increase the current flowing through the TRIP, they provide for the use of a strain gauge amplifier. The experiment was carried out on a measuring unit with glued strain gauges and a TA-5 strain gauge amplifier. Based on the measurement results, the calculated current flowing through the measuring diagonals of the bridge and the relative deformation at different load values were determined.

Keywords: strain-resistant measuring transducers, strain gauge amplifier, deformation, electrical resistance.

Введение. Принцип действия работы тензорезистора основывается на явлении тензоэффекта, заключающегося в изменении сопротивления проводников при механической деформации. Тензорезисторный преобразователь (тензорезистор) представляет собой проводник, изменяющий свое сопротивление при деформации сжатия — растяжения. Этим свойством обладают в большей или меньшей степени все проводники.

Основными видами тензорезисторных измерительных преобразователей являются проволоочные и фольговые, различающиеся типом чувствительного элемента, обычно изготовленного из медно-никелевого сплава — константана. Его особенностью является минимальное значение термического коэффициента электрического сопротивления, что позволяет уменьшить погрешность от влияния колебания температуры окружающей среды [1].

Основная часть. Постановка задачи. Авторами была поставлена задача — провести исследование на изучение характеристик ТРИП. Для этого три раза фиксировались показания микроамперметра при 5 разных нагрузках, при нагружении и разгрузке. Показания микроамперметра измерялись в течение 30 мин. Были рассчитаны относительная деформация ε , теоретическое значение сопротивления R_T , теоретическая чувствительность линейной функции K_T , эксперимен-

тальные значения приращения электрического сопротивления ТРИП ΔR , экспериментальные значения сопротивления R_3 , значения коэффициента тензочувствительности S_3 , экспериментальная чувствительность K_3 , абсолютная мультипликативная погрешность $\Delta R'$ и относительная мультипликативная погрешность $\Delta R''$ [2, 3].

Проведение исследования, получение сведений. Для опыта потребовались измерительная установка и тензометрический усилитель ТА-5. В состав измерительной установки входит упругая балка с наклеенными тензорезисторами, микроамперметр, набор грузов и соединительные провода. Все используемые измерительные приборы были откалиброваны и поверены.

В течение 30 минут операторы нагружали балку грузами от 0,05 до 0,25 кг и фиксировали показания микроамперметра. Исследование состояло из 3 опытов в каждой точке нагрузки. Расчетный ток определяется по формуле $I_{pi} = I_{cpi}/500$.

Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные

	Нагрузка P, кг				
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Показания микроамперметра, мкА	90	170	250	350	450
	100	170	240	360	450
	100	160	255	350	445
	80	180	240	360	445
	100	170	240	360	460
	90	160	240	350	460
I_{cpi}	93,33	168,33	244,17	355	451,67
I_{pi}	0,19	0,34	0,49	0,71	0,90

В табл. 2 представлены значения относительной деформации при различных значениях нагрузки, а также характеристики самого тензорезисторного измерительного преобразователя с помощью значений электрического тока, протекающие через измерительную диагональ моста.

Таблица 2

Показания относительной деформации и характеристики ТРИП

P	ϵ	R_T	K_T	I_{pi}	ΔR	R_3	S_3	K_3	$\Delta R'$	$\Delta R''$
0,05	$0,06 \cdot 10^{-4}$	200,0024	0,0468	0,19	0,0025	200,0025	2,08	0,0476	$4 \cdot 10^{-5}$	0,017
0,1	$0,12 \cdot 10^{-4}$	200,0048		0,34	0,0045	200,0045	1,875		$8 \cdot 10^{-5}$	
0,15	$0,18 \cdot 10^{-4}$	200,0072		0,49	0,0065	200,0065	1,81		$12 \cdot 10^{-5}$	
0,2	$0,23 \cdot 10^{-4}$	200,0092		0,71	0,0094	200,0094	2,04		$16 \cdot 10^{-5}$	
0,25	$0,29 \cdot 10^{-4}$	200,016		0,90	0,012	200,012	2,07		$20 \cdot 10^{-5}$	

Анализ полученных данных. Из полученных экспериментальных сведений авторы продемонстрировали характеристики ТРИП с помощью электрического тока в виде графиков. На рис. 1 представлена зависимость теоретических и экспериментальных значений сопротивления R_T и R_3 от нагрузки, на рис. 2 — значения коэффициента тензочувствительности S_3 от нагрузки. На графиках наглядно видно динамику изменения характеристик относительно нагрузки.

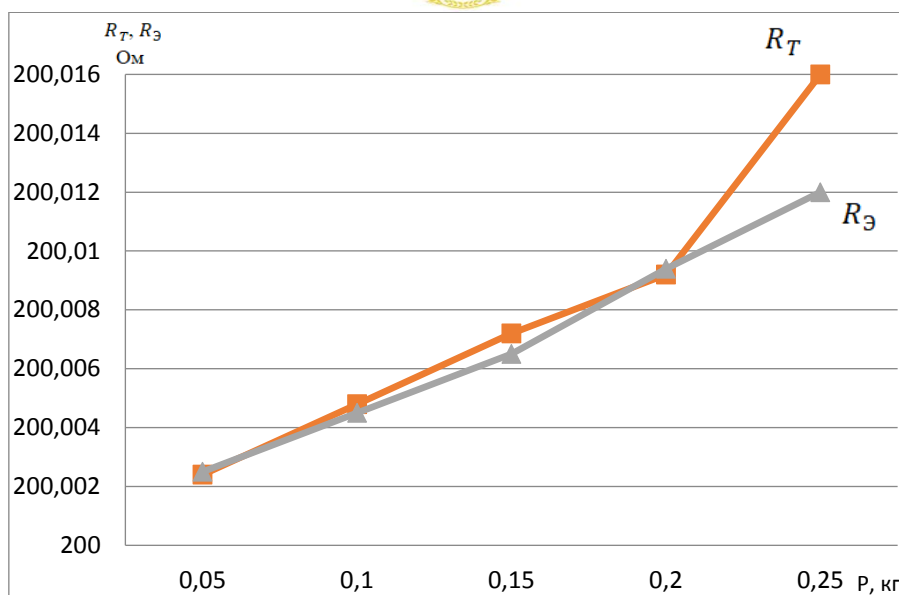


Рис. 1. Зависимость теоретических и экспериментальных значений сопротивления от нагрузки

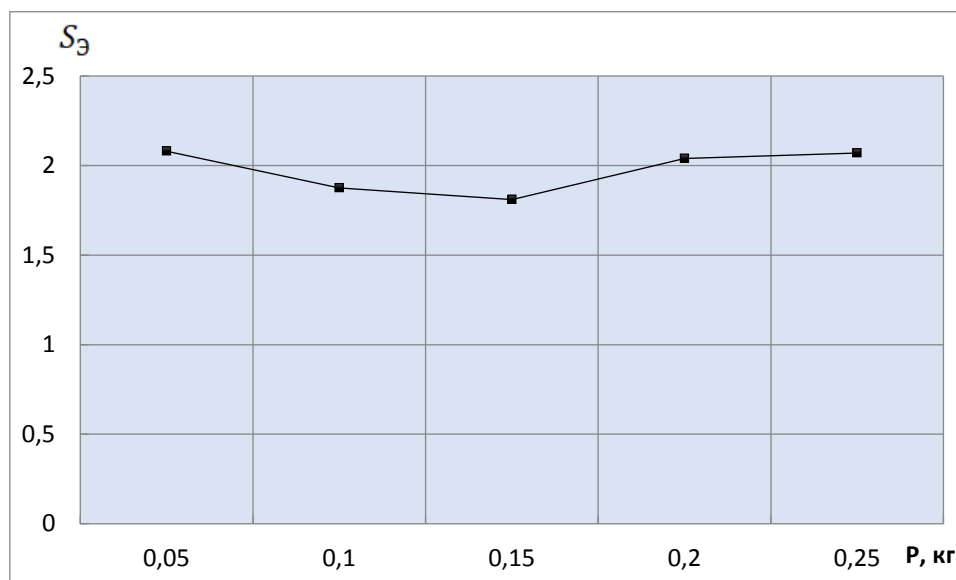


Рис. 2. Зависимость коэффициента тензочувствительности от нагрузки

Заключение (выводы). На основе полученных экспериментальных данных и их наглядного графического представления можно сделать вывод, что при повышении нагрузки теоретические и экспериментальные значения сопротивления увеличиваются, а коэффициент тензочувствительности варьируется на уровне $S_Э = 2$.

Библиографический список

1. Тензорезисторы — конструкция, принцип действия / Tenzorez : [сайт]. — URL: <http://tenzorez.ru/support/2399-2/> (дата обращения : 11.04.2022).
2. Степанов, М. С. Теория и расчет измерительных преобразователей : Учебное пособие / М. С. Степанов, А. Ф. Хлебунов. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2013. — 94 с. — ISBN 978-5-7890-0856-0.
3. Тензорезистивные преобразователи. Лекция 11 / sfedu.ru : [сайт]. — URL : https://inep.sfedu.ru/wp-content/uploads/ehamt/learn/ip_e/lek_11.pdf (дата обращения : 11.04.2022).



Об авторах:

Кучеркова Анастасия Дмитриевна, студентка кафедры «Управление качеством» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1) ku4erkova@mail.ru.

Донсков Олег Аркадиевич, студент кафедры «Автоматизированные системы получения и обработки измерительной информации» Донского Государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), администратор ЦИТР «Промышленный коворкинг «Гараж» Донского государственного технического университета olegdonskov2524@gmail.com.

Зайцева Ирина Александровна, старший преподаватель кафедры «Управление качеством» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ia_zaytseva@mail.ru.

About the Authors:

Kucherkova, Anastasiya D., Student, Department of Quality Management, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ku4erkova@mail.ru.

Donskov, Oleg A., Student, Department of Automated Systems for Obtaining and Processing Measurement Information, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), administrator of the Center for Industrial Coworking "Garage", Don State Technical University, olegdonskov2524@gmail.com.

Zaytseva Irina A., Senior Lecturer, Department of Quality Management, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ia_zaytseva@mail.ru.