

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра ЭПУ

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №1
по дисциплине «Компоненты электронной техники»
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТОЯННЫХ РЕЗИСТОРОВ

Салтыков А. П,
Студенты гр. 1201 _____ Кизяков В. Г.
Преподаватель _____ Петров А.В

Санкт-Петербург

2023

Цель работы – ознакомление с системой маркировки, типами, классами точности и температурными зависимостями сопротивления линейных постоянных резисторов.

Основные сведения о постоянных резисторах

Резистором называют элемент электронной аппаратуры, обладающий свойством активного электрического сопротивления.

Мощные проволочные резисторы (от 5 до 1000 Вт) имеют трубчатое керамическое основание, на котором намотана спираль из нихрома (Ni 80 % + Cr 20 %) или других сплавов, содержащих никель и хром. У самых мощных резисторов спираль оголена, а у резисторов мощностью до 250 Вт покрыта защитным слоем стеклоэмали.

Композитные (объемные) резисторы (обычно мощностью от 0,125 до 2 Вт) представляют собой спеченную или полимеризованную многокомпонентную смесь, содержащую материал-связку (керамика, эпоксидная смола и др.) и проводящий компонент (обычно на основе углерода).

Пленочные резисторы (обычно от 0,075 до 2 Вт) состоят из резистивного материала в виде пленки, нанесенной на диэлектрическое основание цилиндрической формы (объемные пленочные резисторы для навесного монтажа) или на плоское основание (резисторы для поверхностного монтажа или SMD-резисторы), а по типу пленки подразделяются на углеродистые, металлопленочные, металлооксидные и металлодиэлектрические.

Основными параметрами постоянных резисторов являются номинальное сопротивление, допустимое отклонение, номинальная рассеиваемая мощность и температурный коэффициент сопротивления.

Значение сопротивления резистора обычно указывается на его корпусе. Маркировка резисторов выполняется различными способами, но наиболее часто используется запись трех- или четырехзначным числовым кодом. В этом случае первые две (для трехзначного кода) или три (для четырехзначного кода) цифры задают значащую часть номинала сопротивления, а последняя (соответственно третья или четвертая) выражает степень десятки. То есть маркировка 123 обозначает $R = 12 \cdot 10^3 = 12 \text{ кОм}$, а маркировка 5432 – $R = 543 \cdot 10^2 = 54,3 \text{ кОм}$.

Другой широко распространенной системой маркировки резисторов является цветовое кодирование. На резистор в этом случае наносят цветные кольца, которыми в случае четырех колец шифруют номинальное значение и допуск, а менее распространенная кодировка шестью кольцами кодирует также значение температурного коэффициента сопротивления (ТКС или α_R) (рис. 1). Сведения о соответствии цветов цифрам представлены в табл. 1.

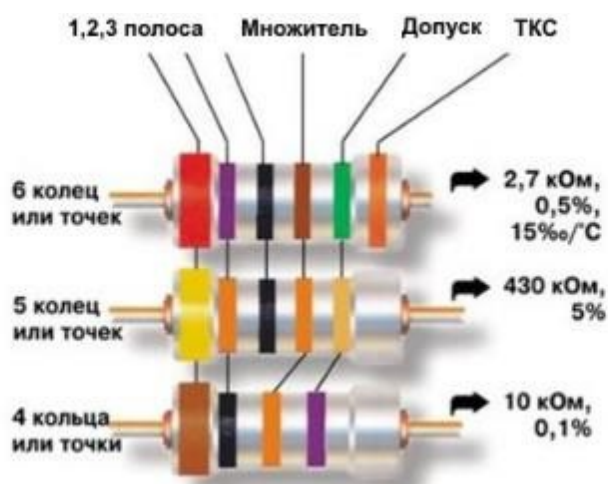


Рисунок 1 – Маркировка цветовым кодом

Таблица 1 – Сведения о соответствии цветов цифрам маркировки резисторов

Цвет кольца	Номинальное сопротивление, Ом				Допуск , %	ТКС, ppm/°C
	Первая цифра	Вторая цифра	Третья цифра	Множи- тель		
Серебристый	–	–	–	10^{-2}	±10	–
Золотистый	–	–	–	10^{-1}	±5	–
Черный	–	0	–	1	–	200
Коричневый	1	1	1	10	±1	100
Красный	2	2	2	10^2	±2	50
Оранжевый	3	3	3	10^3	–	15
Желтый	4	4	4	10^4	–	25
Зеленый	5	5	5	10^5	±0,5	–
Голубой	6	6	6	10^6	±0,25	10
Фиолетовый	7	7	7	10^7	±0,1	5
Серый	8	8	8	10^8	±0,05	1
Белый	9	9	9	10^9	–	–

Допустимое отклонение – значение, на которое реальное сопротивление резистора может отличаться от указываемого на корпусе, а в резисторах, используемых в лабораторных работах, может составлять до 10 %.

Температурный коэффициент сопротивления характеризует чувствительность сопротивления резистора к изменениям температуры. Температурный коэффициент сопротивления выражают в относительных

единицах. Так как температурные изменения сопротивления резисторов очень малы, в справочниках αR указывают в единицах миллионных долей относительного изменения сопротивления на градус Цельсия ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). В настоящее время во многих справочниках вместо 10^{-6} принято обозначение ppm (*parts per million* – «частей на миллион»). ТКС записывают в этом случае в ppm/ $^{\circ}\text{C}$. Значение αR резистора [ppm/ $^{\circ}\text{C}$] определяется по формуле

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta T} \cdot 10^6 \quad (1)$$

где R – сопротивление резистора при некоторой заданной температуре;
 ΔR – изменение сопротивления при изменении температуры на ΔT .

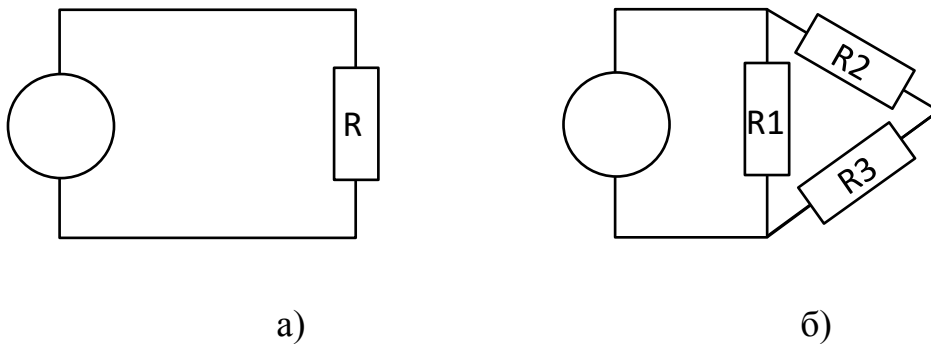


Рисунок 2 – схемы измерений, используемые в работе

Обработка результатов эксперимента.

Таблица 2– результаты наблюдения и расчёты

№	Тип резистора	Сопротивление, R , _Ом				α_R , ppm	
		По мар- кировке	при +23°С (комн.)	при +50°С	при +80°С	Диапазон «23°С – 50°С»	Диапазон «60°С – 80°С»
1	Композит- ный	24	25,6	26,4	26	1157,4	-505
2	Углеро- дистый	14000	13800	13950	13950	402,6	0
3	Металло- пленочный	51	52,5	61	53,2	5996,5	-426
4	Металло- оксидный	220000	221000	219000	217000	-335,2	-304

1)Расчет α_R , диапазон «23°С – 50°С»

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta T} \cdot 10^6$$

$$\alpha_{R1} = \frac{1}{25,6} \cdot \frac{26,4 - 25,6}{50 - 23} \cdot 10^6 = 1157,4 \text{ ppm}$$

$$\alpha_{R2} = \frac{1}{13800} \cdot \frac{13950 - 13800}{50 - 23} \cdot 10^6 = 402,6 \text{ ppm}$$

$$\alpha_{R3} = \frac{1}{52,5} \cdot \frac{61 - 52,5}{50 - 23} \cdot 10^6 = 5996,5 \text{ ppm}$$

$$\alpha_{R4} = \frac{1}{221000} \cdot \frac{219000 - 221000}{50 - 23} \cdot 10^6 = -335,2 \text{ ppm}$$

1) Расчет α_R , диапазон «60°C – 80°C»

$$\alpha_{R1} = \frac{1}{26,4} \cdot \frac{26 - 26,4}{80 - 50} \cdot 10^6 = -505,1 \text{ ppm}$$

$$\alpha_{R2} = \frac{1}{13950} \cdot \frac{13950 - 13950}{30} \cdot 10^6 = 0 \text{ ppm}$$

$$\alpha_{R3} = \frac{1}{61} \cdot \frac{53,2 - 61}{30} \cdot 10^6 = -4262,3 \text{ ppm}$$

$$\alpha_{R4} = \frac{1}{219000} \cdot \frac{217000 - 219000}{30} \cdot 10^6 = -304,4 \text{ ppm}$$

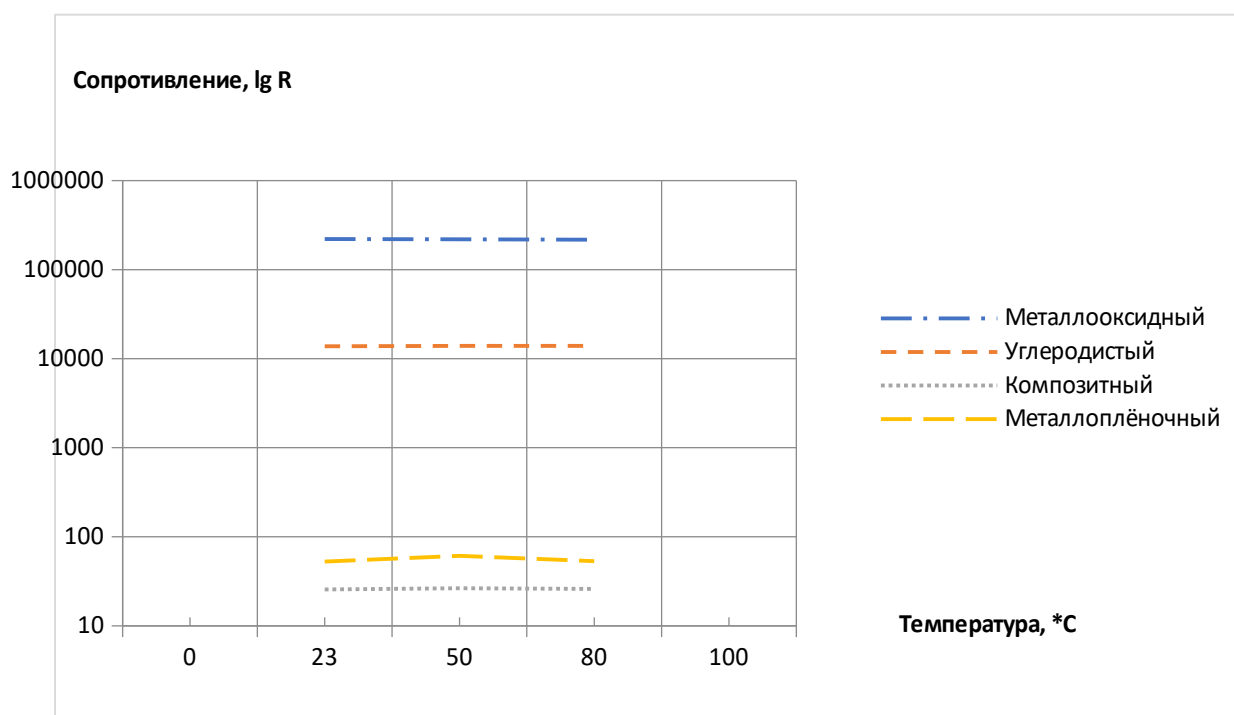


Рисунок 3– Графики зависимости сопротивления от температуры для всех исследованных резисторов

Расчет сопротивлений резисторов в блоке «треугольник»

$$R1*(R2+R3)/(R1+R2+R3)=3,52 \text{ кОм}$$

$$R2*(R1+R3)/(R1+R2+R3)=3,23 \text{ кОм}$$

$$R3*(R2+R1)/(R1+R2+R3)=1,67 \text{ кОм}$$

$$R1*(R2+R3)=3,52*(R1+R2+R3)$$

$$R2*(R1+R3)=3,23*(R1+R2+R3)$$

$$R3*(R2+R1)=1,67*(R1+R2+R3)$$

$$R1R2+R1R3=3,52(R1+R2+R3)$$

$$R2R1+R2R3=3,23(R1+R2+R3)$$

$$R3R2+R3R1=1,67(R1+R2+R3)$$

$$R1R2=3,52 (R1+R2+R3)-R1R3$$

$$3,52 (R1+R2+R3)-R1R3+R2R3=3,23(R1+R2+R3)$$

$$R3R2+R3R1=1,67 (R1+R2+R3)$$

$$R1R2=3,52 (R1+R2+R3)-R1R3$$

$$R2R3=R1R3-0,29 (R1+R2+R3)$$

$$R1R3-0,29 (R1+R2+R3)+R3R1=1,67(R1+R2+R3)$$

$$R1R2=3,52 (R1+R2+R3)-0,98(R1+R2+R3)$$

$$R2R3=0,98 (R1+R2+R3)-0,29(R1+R2+R3)$$

$$R1R3=0,98 (R1+R2+R3)$$

$$R_1R_2=2,54 (R_1+R_2+R_3)$$

$$R_2R_3=0,69 (R_1+R_2+R_3)$$

$$R_1R_3=0,98 (R_1+R_2+R_3)$$

$$R_1=2,54(R_1+R_2+R_3)/R_2$$

$$R_2R_3=0,69(R_1+R_2+R_3)$$

$$R_3=0,98 (R_1+R_2+R_3)/R_1$$

$$R_1=2,54(R_1+R_2+R_3)/R_2$$

$$R_2R_3=0,69(R_1+R_2+R_3)$$

$$R_3=0,98(R_1+R_2+R_3)R_2/(2,54(R_1+R_2+R_3))$$

$$R_1R_3=0,9799(R_1+R_2+R_3)$$

$$R_2R_3=0,69(R_1+R_2+R_3)$$

$$R_2=R_3/ 0,3858$$

$$R_1(R_3-0,9799)=0,9799R_2+0,9799R_3$$

$$R_2R_3=0,69(R_1+R_3/ 0,3858+R_3)$$

$$R_2=R_3/ 0,3858$$

$$R_1(R_3-0,9799)=0,9799R_2+0,9799R_3$$

$$R_2R_3=0,69R_1+2,4785R_3$$

$$R_2=R_3/0,3858$$

$$R_1(R_3 - 0,9799) = 0,9799R_2 + 0,9799R_3$$

$$R_1 = (R_2R_3 - 2,4785R_3) / 0,69$$

$$R_2 = R_3 / 0,3858$$

$$\begin{aligned} & ((R_3^2 - 0,9562R_3) / 0,2662) * (R_3 - \\ & 0,9799) = 0,9799 * (R_3 / 0,3858) + 0,9799 * R_3 \end{aligned}$$

$$R_1 = (R_3^2 - 0,9562 * R_3) / 0,2662$$

$$R_2 = R_3 / 0,3858$$

$$(R_3^3 - 1,9361 * R_3^2 + 0,9369 * R_3) / 0,2662 = 3,5198 * R_3$$

$$R_3^2 - 1,9361 * R_3 + 0,9369 = 0,9369$$

$$R_3^2 - 1,9361 * R_3 = 0$$

$$R_3 = 1,94 \text{ кОм}$$

$$R_1 = 7,17 \text{ кОм}$$

$$R_2 = 5,03 \text{ кОм}$$

Сопротивления по номинальному ряду E192 равны:

$$R_1 = 7,15 \text{ кОм}; R_2 = 5,05 \text{ кОм}; R_3 = 1,93 \text{ кОм}.$$

Вывод: