

[Радиоматериалы и радиокомпоненты]

[210303.65 «Бытовая радиоэлектронная аппаратура»

210305.65 «Средства радиоэлектронной борьбы» ]

[ИИБС, кафедра Электроники]

[Преподаватель Останин Борис Павлович]

---

# Радиоматериалы и радиокомпоненты

---

Раздел 2  
Резисторы

Лекция 3

**Конструктивно-  
технологические  
разновидности  
резисторов**

# **Конструктивно- технологические разновидности резисторов**

## ***Непроволочные тонкослойные постоянные резисторы.***

Это резисторы широкого применения с допусками  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  или  $\pm 20\%$  и мощностью от 0,125 до 2 Вт. К этой же категории относятся резисторы типа МЛТ, МТ и ВС. ТКС МТ и МЛТ не превышает  $0,02\% / ^\circ\text{C}$ . Уровень шумов для группы А не более 1 мкВ /В, для группы Б – не более 10 мкВ /В.

1. Группа С1. У резисторов этой группы токопроводящий слой представляет собой плёнку пиролитического углерода осаждённую на керамическое основание.
2. Группа С2, у резисторов группы токопроводящий слой представляет собой очень тонкую (десятые доли мкм) плёнку сплава металла или оксида металла.

## Группа С1. Плюсы

1. С1 характеризуются высокой стабильностью сопротивления
2. Низким уровнем шумов
3. Небольшим отрицательным ТКС
4. Слабая зависимость сопротивления от частоты
5. Слабая зависимость от приложенного напряжения

Боруглеродистые резисторы БЛП по стабильности сопротивления могут не уступать проволочным резисторам

$$\text{ТКС} = - (0,012 \dots 0,025) \% / ^\circ\text{C}$$

## Группа С1. Минусы

1. Резисторы группы С1 имеют большие габариты, чем С2 при равной мощности.



### Группа С2. Плюсы

1. Имеют меньшие габариты, чем С1 при равной мощности, так как металл обладает большей теплостойкостью чем углерод.
2. Высокая стабильность параметров.
3. Слабая зависимость сопротивления от частоты.
4. Слабая зависимость сопротивления от напряжения.
5. Высокая надёжность.

### Группа С2. Минусы

1. Для некоторых – пониженная надёжность при повышенной номинальной мощности.
2. Небольшая стойкость к импульсной нагрузке.
3. Меньший частотный диапазон, чем у углеродистых резисторов. Это потому, что у металлоплёночных резисторов токопроводящий слой толще, чем у углеродистых, поэтому увеличивается паразитная ёмкость между витками резистивной спирали.

На основе С2 создаются прецизионные резисторы с допусками  $\pm 0,1\% \dots 1\%$ . Прецизионные резисторы имеют большие габариты, чем резисторы общего назначения.

## ***Композиционные резисторы. (группы С3 и С4)***

Резистивный элемент этих резисторов изготавливается на основе композиций, состоящих из смеси порошкообразного проводника (сажа, графит и др.) и органического или неорганического диэлектрика. В зависимости от состава композиционные материалы имеют очень широкий диапазон удельных сопротивлений. В резисторах группы С3 полученную композицию наносят на поверхность изоляционного основания, в резисторах группы С4 композицию спрессовывают в виде объёмного цилиндра или параллелепипеда. Резисторы С4 имеют прямоугольную форму и предназначены для установки на печатных платах. С4 обладают высокой теплостойкостью (до 350 °С) и имеют небольшие габариты.

Недостатком композиционных резисторов является высокий уровень токовых шумов, что объясняется их крупнозернистой структурой их материала.

## *Плёночные композиционные резисторы*

### **Группа С3. Плюсы**

1. **Очень высокая надёжность**

### **Группа С3. Минусы**

1. **Сильная зависимость сопротивления от напряжения**
2. **Низкая стабильность параметров**



## **Группа С4 с органическими связующими материалами.**

### **Плюсы**

1. Высокая стабильность параметров
2. Пониженный уровень собственных шумов

## **Группа С4 с органическими связующими материалами.**

### **Минусы**

1. Сравнительно низкая надёжность

## **Группа С4 с неорганическими связующими материалами. Плюсы**

1. Очень высокая надёжность
2. Сопротивление этих резисторов практически не зависит от напряжения.
3. Слабая зависимость от частоты до частоты 50 кГц.

## **Группа С4 с неорганическими связующими материалами. Минусы**

1. Низкая стабильность сопротивления.

## ***Проволочные резисторы (группа С5).***

Проволочные резисторы выполняют обычно на цилиндрическом изоляционном основании с одно или многослойной обмоткой из провода высокого сопротивления. Провод и контактные узлы защищают, как правило, эмалевыми покрытиями. Для уменьшения паразитных параметров (большая собственная индуктивность и большая собственная ёмкость) применяют обмотки специальных видов. Для уменьшения индуктивности применяют *бифилярную* обмотку, при которой обмотку резистора выполняют сдвоенным проводом, благодаря чему магнитные поля расположенных рядом витков направлены навстречу друг другу и вычитаются. Уменьшение индуктивности также достигается намоткой провода на плоский каркас. Недостатком бифилярной намотки является большая собственная ёмкость.

Для получения малых индуктивности и ёмкости применяют разбивку обмотки на секции, в каждой из которых поочерёдно меняется направление намотки. Проволочные резисторы значительно дороже тонкоплёночных, поэтому применяют их в тех случаях, когда характеристики тонкоплёночных резисторов не удовлетворяют предъявляемым требованиям.

### **Группа С5. Плюсы**

1. Высокая стабильность сопротивления.
2. Низкий уровень собственных шумов.
3. Большая номинальная мощность.
4. Высокая точность сопротивления.

### **Группа С5. Минусы**

1. Сравнительно большие паразитные реактивные параметры.
2. Применение на достаточно низких частотах.
3. Сравнительно высокая стоимость.

## ***Высокочастотные резисторы и резисторы СВЧ (группа С6 и другие)***

Эти резисторы имеют небольшие собственную ёмкость и индуктивность. Это обеспечивается отсутствием спиральной нарезки. Сопротивление при этом не превышает 200...300 Ом. В ряде случаев высокочастотные резисторы изготавливают без проволочных выводов и эмалевого покрытия, что уменьшает паразитную индуктивность и шунтирующее действие диэлектрика. Резисторы группы С6 способны работать на частотах до 10 ГГц. К категории высокочастотных относятся также резисторы типов: С2 – 11, С2 – 34, МЛН (металлооксидные незащищённые) и МОУ (металлооксидные ультравысокочастотные). На высоких частотах кроме того применяют микропроволочные малогабаритные резисторы С5 – 32 Т, имеющие длину 6 мм, диаметр 2,6 мм и паразитную индуктивность не более 0,1 мкГн. С5 – 32 Т имеют мощность 0,125 Вт, номинальное сопротивление от 0,24 до 300 Ом и точность 0,5 %; 1 %; 2 %; 5 %.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите плюсы и минусы непроволочных тонкослойных постоянных резисторов группы С1.
2. Укажите плюсы и минусы непроволочных тонкослойных постоянных резисторов группы С2.
3. Укажите плюсы и минусы композиционных резисторов группы С3.
4. Укажите плюсы и минусы композиционных резисторов группы С4.
5. Укажите плюсы и минусы проволочных резисторов группы С5.
6. Укажите особенности высокочастотных резисторов и резисторов СВЧ (группа С6 и другие).