

Лекция № 2

Основни градивни елементи на електрическите схеми. Единици за измерване на величините им, начини на свързване и маркировка.

I. Основни понятия. Основни градивни елементи.

Градивните елементи от които се изработват електронните апаратури са: резистори, кондензатори, кварцови резонатори, бобини, трансформатори, дросели, диоди, транзистори, тиристори, интегрални схеми и др. Те се делят на пасивни и активни. Към пасивните градивни елементи се отнасят: резистори, кондензатори, кварцови резонатори, бобини и др. А към активните: транзистори, диоди, тиристори.

I. 1. Резистори – основни параметри и класификация.

Резисторите са едни от най-употребяваните елементи в радиоелектронните апаратури. Най-често те служат за понижаване на напрежението, за делители на напрежение, за изкуствен товар и т. н.

I.1.1. Закон на Ом

Съгласно закона на Ом големината на постоянен електрически ток в участък от електрическата верига (не съдържаща източник на напрежение) е право пропорционална на *електрическото напрежение* в този участък и обратно пропорционална на съпротивлението и.

Ако в участък 1-2 протича ток с големина I (A), тече в посока от точка 1 към точка 2, то по закона на Ом:

$$I = \frac{U_{12}}{R} ; \quad (1.2.1.)$$

където: U_{12} – е напрежението на разглеждания участък, V;
 R – постоянна величина, наречена активно съпротивление на участъка, Ω .

След кратко преобразуване можем да изразим зависимостта на съпротивлението от напрежението и тока (1.2.2.) и напрежението от тока и съпротивлението (1.2.3.):

$$R = \frac{U}{I} ; \quad (1.2.2.)$$

$$U = I.R \quad (1.2.3.)$$

Използвани мерни единици за съпротивление са: Ω , $k\Omega$, $M\Omega$. Основната мерна единица е Ом.

$$1 \, k\Omega = 1000 \, \Omega$$

$$1 \, M\Omega = 1000 \, k\Omega = 1000 \, 000 \, \Omega$$

От формула (1.2.2.) можем да изразим зависимостта с основните мерни единици, на използваните величини:

$$1\Omega = \frac{1V}{1A} \quad (1.2.4.)$$

I.1.2. Съпротивление на проводник:

Съпротивлението на проводник зависи от:

$$R = \rho \frac{l}{q} ; \quad (1.2.5.)$$

където: ρ – специфичното съпротивление на проводника (съпротивителния материал), ;

l – неговата дължина, А;

q – неговото напречно сечение, mm^2 ;

I.1.3. Резистори

Основни параметри: номинално съпротивление; толеранс (допустимо отклонение от номиналната стойност); номинална мощност (разсейвана мощност); собствен капацитет; собствена индуктивност; собствени шумове; температурен коефициент на съпротивлението; пробивно напрежение; стабилност на съпротивлението и др.

Условното графично означение на резистор, общо означение е дадено на фиг. 1.2.1.:



фиг. 1.2.1. Условно графично означение на резистор.

Номиналното съпротивление и толеранса трябва да бъдат обезателно обозначени върху резистора. При по-големите резистори се означава и тяхната номинална мощност.

а) Номинална стойност на съпротивлението R_n , Ω :

Номиналните стойности на съпротивлението на резистора са стандартизирани. Разликата между две последователни стандартни стойности е приблизително равно на удвоения толеранс. Номиналната стойност е маркирана върху съпротивлението.

Поради неизбежните случайни отклонения в качеството на използваните материали и в технологичните режими постигането на точното номинално съпротивление при всички резистори от една производствена серия е невъзможно.

б) Толеранс (допустимо отклонение на номиналната стойност-разликата между номиналното и действителното съпротивление), изразено в % по отношение на R_n , в %; (от $\pm 0.1\%$ до $\pm 30\%$).

в) Номинална разсейвана мощност P_n – максимално допустимата мощност, която резисторите могат да разсейват при определена температура на околната среда и при продължително натоварване с напрежение, не по-голямо от номиналното, във W ; (от $0.05\ W$ до $300\ W$ и от $0.01\ W$ до $500\ W$).

Мощността, която се отделя от резистора във вид на топлина, може да се изчисли по формулата :

$$P = U * I = I^2 * R = \frac{U^2}{R} ; \quad (1.2.6.)$$

където: R – съпротивление на резистора, Ω ;
 I – токът протичащ през него, А;
 U – напрежение в краищата му, V.

г) Пробивно напрежение (ел. якост), V.

Способността на резистора да устои на определено напрежение, без да настъпи пробив в изолацията му. Тя е отразена като максимално допустимото напрежение върху него. Напрежението върху резистора освен това не трябва да надвишава стойността, съответстваща на номиналната му мощност.

За да се увеличи допустимото работно напрежение се прилага последователното свързване на два или няколко резистора.

д) **Температурен коефициент на съпротивлението (TKR)** - изменение на съпротивлението при изменение при изменение на температурата с 1°C , отнесено към началната стойност на съпротивлението.

е) **Изоляционно съпротивление ($R_{\text{из}}$)** – съпротивлението, измерено между изводите ,свързани нахъсо , и корпуса на резистора при дадена стойност на измерителното напрежение.

ж) Собствен капацитет и собствена индуктивност

Това са паразитни параметри на резистора, които са нежелани, защото водят до възникване на резонансни явления, честотна зависимост на съпротивлението и др. За тяхното намаляване се вземат специални мерки.

При резисторите **МЛТ-0.25W** и **0.5W** например активната съставна на съпротивлението се намалява с около 10% на **10MHz** и около 3 пъти при **100MHz**.

з) Собствени шумове - дължат се на топлинното хаотично движение на електроните в резистора и на случайните изменения в контактното съпротивление между отделните зърна на резистивния материал. Те се проявяват като малко паразитно ел. напрежение в краищата на резистора, което постоянно се колебае и смущава полезния сигнал. Отношението между шумовото напрежение и полезното напрежение на сигнала в резистора се нарича ниво на собствен шум.

При слойните резистори в зависимост от конструкцията и състава им шумовото число е в границите от 1 до $5\mu V/V$. При потенциометрите то може да достигне до $10-15\mu V/V$.

и) Стабилност на съпротивлението

– Нестабилност от стареене – поради наличие на органични свързвани вещества.

– Нестабилност от климатични влияния (от температурни условия)

I.1.3.1. Класификация на резисторите.

а) **Постоянни резистори** – резистори, чиято номинална стойност на съпротивлението е постоянна и не се изменя.

б) **Променливи резистори** – резистори, чиято номинална стойност на съпротивлението се изменя.

в) **Донастройващи резистори** – променливи резистори, чиято конструкция позволява изменение на съпротивлението в сравнително тесни граници за да настройка на дадено съпротивление.

г) **Терморезистори** – резистори, чиято номинална стойност на съпротивлението зависи от температурата им.

д) **Варистори** – резистори, чиято номинална стойност е в зависимост от приложното напрежение.

е) **Фоторезистори** – резистори, чиято номинална стойност на съпротивление е зависима от интензитета на светлината и нейното спектрално разпределение.

Според типа на токопроводящия елемент резисторите се разделят на въглеродослойни, металослойни, жични и композиционни.

Въглеродослойните, металослойните и композиционните резистори имат малки размери и маса, ниска себестойност и сравнително лесна технология на изработка. Те се използват при честоти до няколко мегахерца.

Жичните резистори имат относително по-големи размери и маса и се използват при сравнително ниски честоти поради по-големия си собствен капацитет и индуктивност. За всички видове резистори е

важно да се знае граничната температура, при която могат да работят.

I.1.3.2. Електрически параметри

Номиналните стойности на разсейваната мощност на резисторите (измерва се във W) се избират от следния ред :

0.05 ; 0.125 ; 0.25 ; 0.5 ; 1 ; 2 ; 5 ; 10 ; 16 ; 25 ; 40 ; 50 ; 75 ; 100W.

Номиналните стойности на съпротивления и допустимите отклонения (измерва се във Ω) се избират съгласно табл. 1.2.1. – в редове: E6; E12; E24; E48; E96; E192.

Таблица 1.2.1.:
Номинални стойности на съпротивленията по класовете E6,
E12 и E24

Ред	E6	E12	E24				E48								
Доп уск	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$				$\pm 2\%$								
R _n	1.00	1.00	3.30	1.00	1.80	3.30	5.60	1.00	1.30	1.80	2.40	3.30	4.30	5.60	7.50
	1.50	1.20	3.90	1.10	2.00	3.60	6.20	1.05	1.40	1.90	2.55	3.45	4.50	5.90	7.85
	2.20	1.50	4.70	1.20	2.20	3.90	6.80	1.10	1.50	2.00	2.70	3.60	4.70	6.20	8.20
	3.30	1.80	5.60	1.30	2.40	4.30	7.50	1.15	1.55	2.10	2.85	3.75	4.90	6.50	8.60
	4.70	2.20	6.80	1.50	2.70	4.70	8.20	1.20	1.60	2.20	3.00	3.90	5.10	6.80	9.10
	6.80	2.70	8.20	1.60	3.00	5.10	9.10	1.25	1.70	2.30	3.15	4.10	5.35	7.15	9.55

Останалите електрически параметри са посочени в съответните стандартизационни документи.

I.1.3.3. Маркировка

Маркировката на резисторите се извършва по следните правила.

Маркировката на постоянните резистори, ако не е посочена друга в стандартите за отделните типове, се състои от наименованието или знака на производителя; номиналната мощност; кодираното означение на номинално съпротивление и допуска му; означението на групата по шумово напрежение (само за група **A**); месеца и година на производство.

На малобабитни ($L \leq 10\text{mm}$ и $D \leq 5\text{mm}$) резистори се маркира само R_n и допускат им.

За означаване на съпротивлението се използва буквен или цветен код.

Буквеният код се състои от три или четири знака, съдържащи две цифри и една буква или три цифри и една буква. Кодът, съответстващ на една стойност, която съдържа две значещи цифри, се състои от три знака (напр. кодът, съответстващ на 1500 Ω , ще бъде 1K5), с изключение на кода, съответстващ на декадата от 100 до 999 за всеки даден коефициент на умножение. Буквите от кода заместват десетичната запетая, както показват примерите в табл. 3.2. С R – се кодират стойности от Ом, с K – кило Ом, с M – мега Ом.

Таблица 1.2.2.

Примери на маркировка на резистори в буквено-цифров код, за номиналната стойност на съпротивлението и допустимите отклонения

Стойности на съпротивлението, Ω	Код на означение	Стойности на съпротивлението, Ω	Код на означение
0.1	R10	3.32k	3K32
0.15	R15	33.2k	33K2
1.0	1R0	59.0k	59K
100	100R	1M	1M0
1k	1K0	1.5M	1M5
10k	10K	10M	10M
150k	150K	100G	100G

Таблица 1.2.3.

Кодове за маркиране на допустимите отклонения

допуска, %	кодова буква
± 0.1	B
± 0.25	C
± 0.5	D
± 1	F
± 2	G
± 5	I
± 10	K
± 20	M
± 30	N

Буквеният код на стойностите на допуска (се изписват с букви на латиница, главни) е даден в табл. 3. Тези букви се поставят след

стойностите на съпротивленията. Всяка допълнителна буква или цифра от кода трябва да фигурира след буквата, означава допуска, за да не се получи смесване с кода, означаващ стойностите и допуска.

Цветният код се използва за означаване на стойностите от редовете **E6**, **E12** и **E24**. Кодът се състои от цветни ленти (или точки), нанесени върху тялото на резистора. Първата лента е тази, която е разположена по-близо до единия край на резистора. Лентите трябва да бъдат разположени по такъв начин, че да не се получат грешки при тълкуване на означенията. Стойностите, означени с цветове са показани в табл.1.2.4.

Таблица 1.2.4.

Цветен код за маркиране на резистори, R_n и допуска.

Цвят	Първа лента	Втора лента	Трета лента	Четвърта лента
	Първа цифра	втора цифра	коеф. на умножение	допуска,%
Сребърен	-	-	10^{-2}	± 10
Златен	-	-	10^{-1}	± 5
Черен	-	0	10^0	-
Кафяв	1	1	10^1	± 1
Червен	2	2	10^2	± 2
Оранжев	3	3	10^3	-
Жълт	4	4	10^4	-
Зелен	5	5	10^5	-
Син	6	6	10^6	-
Виолетов	7	7	10^7	-
Сив	8	8	10^8	-
Бял	9	9	10^9	-
Отсъства	-	-	-	± 20

Нека да разгледаме един пример:

Резистор с първа лента с червен цвят, втора – с виолетов, трета – с оранжев, четвъртата – със златен има номинално съпротивление 27000 Ω и допуска – $\pm 5 \%$. По пръстени: 2, 7, по $10^3 \pm 5 \%$. Или $27 \Omega \times 10^3 \pm 5 \%$.

Маркировката на променливи и донастройващи резистори се състои от наименованието или знака на производителя, номиналната

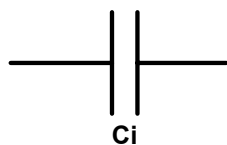
мощност, кодираното означение на номиналното съпротивление, месеца и годината на производство.

Маркировката на сдвоените променливи резистори е върху втория резистор (смятано от страна на оста), а на първия резистор е маркирано кодирано означение на номиналното съпротивление и на типа на кривата.

II. КОНДЕНЗАТОРИ

Кондензаторите се използват за осъществяване на различни схеми на трептящи кръгове за ниски и високи честоти, за честотни и фазови коректори, като блокиращи и разделителни елементи, като постоянни и променливи капацитивни делители на напрежение, като пускови кондензатори при монофазни двигатели.

Условното графично означение на кондензаторите е показано на фиг. 1.2.2.



фиг. 1.2.2. Условно графично означение на кондензатор.

Кондензаторите се характеризират със следните основни данни: стойност на номиналния капацитет, допустими отклонения, изолационно съпротивление, диелектрична якост; температурен коефициент на капацитета, гранична работна температура, минимално допустимо атмосферно налягане при определено работно напрежение, допустима реактивна мощност, собствена индуктивност, механична якост и др. Върху основните свойства на кондензаторите и експлоатационната им сигурност главно влияние оказва качеството на диелектрика, поставен между електродите.

В зависимост от предназначението си, вида на диелектрика, режима на работа и т. н. кондензаторите могат да се класифицират по различен начин.

Основна класификация е тази в зависимост от това, дали се изменя или не капацитетът им и съгласно нея те се делят на постоянни, променливи, полупроменливи.

Кондензаторите във всяка от тези групи се класифицират в зависимост от вида на диелектрика им:

2.2.1. Кондензатори с ограничен твърд диелектрик:

- а) хартиени;
- б) със синтетичен ограничен диелектрик (стирофлексни, полиетилентерефталатови и поликарбонатни) ;
- в) с течни диелектрици;

2.2.2. Кондензатори с неограничен твърд диелектрик:

- а) слюдени;
- б) керамични;
- в) електролитни;
- г) стъклени, стиклоемайлн и стъклокерамични;

2.2.3. Кондензатори с оксиден диелектрик(електролитни).

2.2.4. Кондензатори с газообразен диелектрик:

- а) въздушни;
- б) газонапълнени;
- в) вакуумни;

2.2.5. Специални видове.

Хартиените кондензатори са евтини, но имат сравнително голямо **tg δ**, поради, което се употребяват в нискочестотни вериги. При използване на метализирана хартия имат достатъчно малки размери, но капацитетът им не е достатъчно стабилен във времето (сравнително бързо "стареят").

Стирофлексните кондензатори имат нисък **tg δ** и затова се използват във високо честотни вериги. Имат сравнително големи размери на единица капацитет.

Полиетилентерефталатовите (хостафановите, лавсановите) кондензатори имат малки размери, високи номинални напрежения, но малко по-висок **tg δ** от стирофлексните.

Керамичните кондензатори са едни от най-перспективните. Това се дължи на отличните качества, голямото разнообразие и достъпност на керамиката.

Повечето от тях имат отрицателен температурен коефициент на коефициента, което ги прави удобни за температурна компенсация в радиоелектронните схеми.

Електролитните кондензатори имат най-голям капацитет на единица обем, обаче имат висок **tg δ** и голям отечен ток. Освен това те са чувствителни към високи и ниски температури и към пулсациите на приложеното към тях постоянно напрежение, които не бива да превишават определен процент от последното. Включването им към

постоянно напрежение с обратен поляритет ("минус" на анода) довежда до разрушаване на диелектричния слой и до излизането им от строя. Те се използват като блокиращи и разделителни в нискоомни вериги с малък обем.

От *газовите* кондензатори най-голямо разпространение са получили въздушните променливи и донастройващи кондензатори поради простотата на регулиране на техния капацитет. Главният им недостатък е големият обем, тъй като диелектричната проникваемост на въздуха е ниска.

Мерни единици за капацитета на кондензаторите са:

Основна единица е - **F**;

Производни единици:

$$\text{mF} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ F};$$

$$\mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F};$$

$$\text{nF} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ F};$$

$$\text{pF} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ F};$$

При описанието са използвани термини и определения, както следва:

– Кондензаторен елемент – основна конструктивна единица за кондензатори. Състои се от електропровеждащи плочи, разделени с диелектрик.

– Кондензаторна секция – състои се от най-малко два кондензаторни елемента, свързани по между си паралелно или последователно.

– Кондензатор – кондензаторен елемент или една или повече кондензаторни секции, свързани паралелно, последователно или смесено и поместени в общ корпус с подходящо оформени изводи за включване.

– Кондензаторна батерия – състои се от кондензатори, свързани паралелно, последователно или смесено.

– Кондензатори безиндуктивни – кондензатори, при които чрез подходяща конструкция се намалява индуктивността и с тава резонансната честота се измества към по-високи честоти.

– Променлив кондензатор – кондензатор, съставен от неподвижен електрод (статор) и въртящ се електрод (ротор), като чрез движение на ротора капацитета се изменя плавно в целия обхват на кондензатора.

– Полупроменлив кондензатор – кондензатор, съставен от неподвижен електрод (статор) и въртящ се електрод (ротор), като чрез

движение на ротора се настройва и необходимият капацитет, след което роторът се фиксира.

– Номинално напрежение **Un** – постоянното работно напрежение или ефективна стойност на променливото напрежение с номинална честота, което може да бъде приложено непрекъснато към изводите на кондензатора, при която и да е температура от температурния обхват на съответната климатична категория, измерва се във волтове - V.

– Номинален капацитет **Cn** – капацитетът, който заедно с номиналното напрежение и номиналната честота определя номиналната мощност. Той се отнася за температура 20 °C, като под капацитет на кондензатор се разбира капацитетът му при последователната му заместваща схема, измерва се във F (фарад).

– Максимален капацитет на променлив кондензатор - капацитетът, при който пластините на ротора и статора се покриват във възможно най-голяма степен.

– Минимален капацитет на променлив кондензатор – капацитетът, при който роторът е завъртян на максимален ъгъл спрямо положението, съответстващо на максимален капацитет.

– Номинален капацитет на променлив кондензатор - разликата между максималния и минималния му капацитет.

– Допуск на капацитета – максимално допустимо отклонение на действителната стойност на капацитета от номиналния капацитет, изразено в % от номиналния капацитет.

Основни параметри на кондензаторите.

Кондензаторите се характеризират със следните основни параметри: номинален капацитет, номинално напрежение, ъгъл на загубите, изолационно съпротивление, пробно напрежение, температурен коефициент на капацитета и др.

Номиналните стойности на капацитета на кондензаторите са стандартизирани. Капацитета на един плосък кондензатор се определя по формулата (1.2.5.):

$$C = \frac{\varepsilon_0 * \varepsilon * S}{d} \quad (1.2.5.)$$

където: $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ F / m, е диелектрична проницаемост на вакуума;

ε – относителната диелектрична проникваемост на диелектрика между плочите, F/m;
 S - площта на плочата, m².;
 d - дебелината на диелектрика (разстоянието между плочите) .

Капацитета на един плосък кондензатор с n плочи може да се изчисли по формулата (1.2.6.):

$$C = \frac{\varepsilon_0 * \varepsilon * S}{d * (n - 1)} ; \quad (1.2.6.)$$

Голяма част от кондензаторите (хартиени, стирофлексни и др.) се намотават от ленти, т.е. имат спираловидна форма. Капацитетът на такива кондензатори се изчислява като капацитета на плосък кондензатор от същата лента в плосък (не намотан) вид, но се удвоява:

$$C = \frac{2 * \varepsilon_0 * \varepsilon * b * l}{d} ; \quad (1.2.7.)$$

където: b – широчината на лентата;
 l – нейната дължина.

Номинално напрежение U_n – постоянно работно напрежение или ефективната стойност на променливото напрежение с номинална честота, което може да бъде приложено към изводите на кондензатора при която и да е температура от температурния обхват на съответната климатична категория.

Ъгълът на диелектричните загуби δ е ъгълът, допълващ до 90° ъгъла между тока и напрежението в една кондензаторна верига. Тангенсът от този ъгъл е мярка за загубите на енергия в кондензатора по време на неговата работа при променлив ток. Най-качествени са кондензаторите с най-малък $\tan \delta$.

Температурния коефициент на капацитета се изразява, както температурния коефициент на съпротивлението при резисторите (1.2.8.):

$$TKC = \frac{\Delta C}{d} \Delta \theta ; \quad (1.2.8.)$$

където: ΔC е изменението на капацитета при изменение на температурата с $\Delta \theta$.

Върху кондензаторите са означени техният номинален капацитет, толерансът и номиналното напрежение, а понякога и тяхното пробивно напрежение, **ТСК** и други данни.

Номиналните стойности на капацитетите и допустимите отклонения (допуска) се избират съгласно таблица 1.2.5.

Таблица 1.2.5.

Номинални стойности на капацитета и допустимите отклонения

E6 ± 20%	E12 ±10 %		E24 ± 5 %				E48 ±2 %							
1.0	1.0	3.3	1.0	1.8	3.3	5.6	1.00	1.40	1.87	1.49	3.32	4.42	5.90	7.87
1.5	1.2	3.9	1.1	2.0	3.6	6.2	1.05	1.47	1.96	2.61	3.48	4.64	6.19	8.25
2.2	1.5	4.7	1.2	2.2	3.9	6.8	1.15	1.54	2.05	2.74	3.65	4.87	6.49	8.66
3.3	1.8	5.6	1.3	2.4	4.3	7.5	1.21	1.62	2.15	2.87	3.83	5.11	6.81	9.09
4.7	2.2	6.8	1.5	2.7	4.7	8.2	1.27	1.69	2.26	3.01	4.02	5.36	7.15	9.53
6.8	2.7	8.2	1.6	3.0	5.1	9.1	1.33	1.78	2.37	3.16	4.22	5.62	7.50	-

Номиналните стойности на напреженията отговарят на следните стойности:

а) постоянно напрежение – 3; 6; 9; 15; 25; 40; 50; 63; 100; 160; 250; 400; 500; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300 V ;

б) ефективна стойност на променливото напрежение – 42; 127 ; 220; 380 ; 660 ; 1000 ; 300 ; 6300 ; 10 000 V.

Маркировка

Маркировката на кондензаторите се извършва по следните правила: допустимо е използването на цифров код за означаване стойностите на капацитетите (таблица 1.2.6.) и буквен код за означаване толерансите (допуска) на капацитетите (таблицата от резисторите).

Таблица 1.2.6.

Примери на маркиране на кондензатори с буквено-цифров код

Стойност	Код	Стойност	Код
0.1 pF	p10	100nF	100n
0.15pF	p15	150nF	150n
0.332pF	p332	332nF	332n
1.5pF	1p5	1.5μF	1μ5
1 pF	1p0	1μF	1μ0
100pF	100p	100μF	100μ
15nF	15n	150 nF	15n

Означенията на номиналните напрежения на кондензаторите са показани в Таблица 1.2.7.

Таблица 1.2.7.

Кодова маркировка на номиналните работни напрежения на кондензаторите

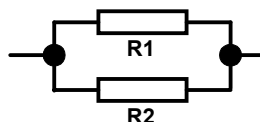
Un , V	Означение
25	1E
40	1G
50	1H
63	1J
100	2A
160	2C
250	2E
400	2G
500	2H
630	2J

Върху корпуса на всеки кондензатор трябва да бъдат ясно и трайно нанесени по механичен начин или напечатани най-малко следните означения, ако в съответните стандартизационни документи не е посочено друго: наименование или знак на завода-производител, тип на кондензатора, **Сн**, допуск на **Сн**, **Un**, климатична категория, месец и година на производство.

III. Схеми на свързвания

3.1. Успоредно свързване

3.1.1. Успоредно свързване на резистори.



фиг. 1.2.3. Успоредно свързване на резистори.

Еквивалентното съпротивление на n на брой успоредно (паралелно) свързани резистори се намира по формулата:

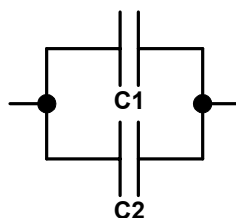
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots \frac{1}{R_n} \quad (1.2.9.)$$

За два резистора формулата може да се преобразува и се получава:

$$R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.2.10.)$$

При това свързване се повишава общата разсейваща мощност на успоредно свързаните резистори. Но намалява R_e , то е по-малко от най-малкото съпротивление в веригата.

3.1.2. Успоредно свързване на кондензатори.



фиг. 1.2.4. Успоредно свързване на кондензатори.

Еквивалентното капацитет на n на брой успоредно (паралелно) свързани кондензатори се намира по формулата:

$$C_e = C_1 + C_2 \dots C_n \quad (1.2.11.)$$

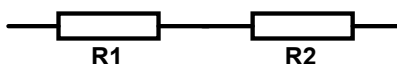
За два кондензатора формулата може да се преобразува и се получава:

$$C_e = C_1 + C_2 \quad (1.2.12.)$$

От формули (1.2.11.) и (1.2.12.), че капацитета на C_e се увеличава.

3.2. Последователно свързване

3.2.1. Последователно свързване на резистори.



фиг. 1.2.5. Последователно свързване на резистори.

Еквивалентното съпротивление на n на брой последователно свързани резистори се намира по формулата:

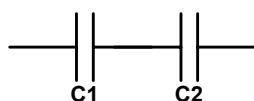
$$R_e = R_1 + R_2 \dots R_n \quad (1.2.13.)$$

За два резистора формулата може да се преобразува и се получава:

$$R_e = R_1 + R_2 \quad (1.2.14.)$$

При това свързване се повишава общото съпротивление на веригата. Използува се при направата на резисторни делители на напрежение. Големината на тока през всички резистори е равен.

3.2.2. Последователно свързване на кондензатори.



фиг. 1.2.5. Последователно свързване на кондензатори.

Еквивалентното капацитет на n на брой последователно свързани кондензатори се намира по формулата:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \dots \frac{1}{C_n} \quad (1.2.15.)$$

За два кондензатора формулата може да се преобразува и се получава:

$$C_e = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (1.2.16.)$$

От формули (1.2.15.) и (1.2.16.), че капацитета C_e се намалява. Схемата намира приложение за капацитивни делители на напрежение.

IV. Контролни въпроси:

- 4.1. Какво изразява закона на Ом?
- 4.2. Как се маркират резисторите и кондензаторите с буквено-цифрови означения?
- 4.3. Основни мерни единици за съпротивление и капацитет?
- 4.4. Как се маркират резисторите с цветен код?