

Жоспар

2.1 Электр тізбегінің идеалдалған элементтері

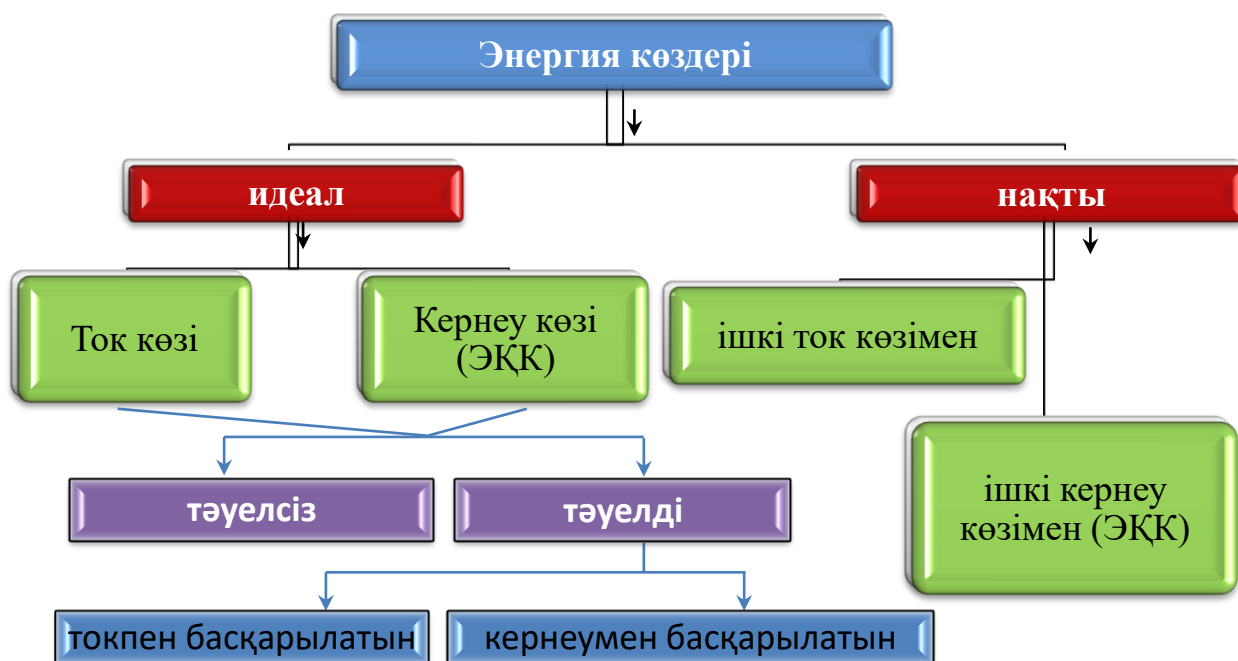
2.2 Электр тізбегінің нақты элементтері

2.1 Электр тізбегінің идеалдалған элементтері

Электр тізбектерінің барлық элементтерін идеал (идеалдалған) элементтер ретінде ұсынуға болады. *Идеал (идеалдалған) элементтер нақты электр тізбегінде өтетін құбылыстарды ескереді.*

2.1.1 Электр энергиясының көздері

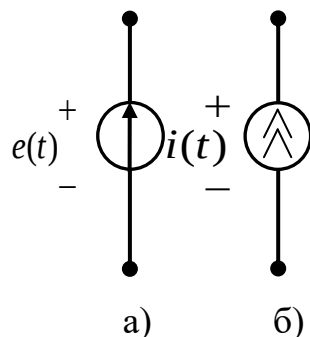
Электр энергиясының идеал көздері екі түрлі болады: *кернеудің идеал көзі (ЭҚК)* және *тоқтың идеал көзі* (2.1- сурет).



2.1- сурет. Энергия көздерінің айырмашылығы

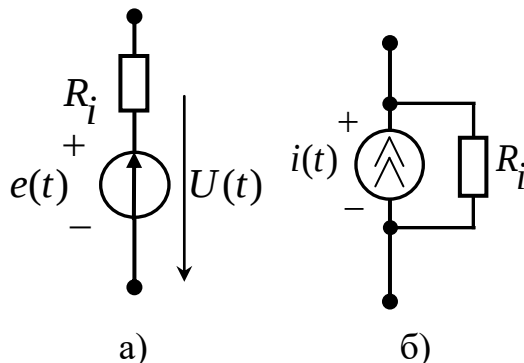
Егер энергия көзі екіполюсті элемент болса және сол арқылы өтетін электр тоғына оның ұштарындағы кернеу тәуелсіз болса, оны **кернеудің идеал көзі (КК)** деп атайды (2.2, а-сурет). Идеал КК-нің ішкі кедергісі шексіз кіші шамасына ие, сондықтан оның ұштарындағы кернеу жүктеме өзгерген сәтте өзгермейді, тек тоғы ғана өзгереді.

Егер энергия көзі екіполюсті элемент болса және оның тоғы ұштарындағы кернеуге тәуелсіз болса, оны **токтың идеал көзі (ТК)** деп атайды (2.2, б-сурет). Идеал ТК-нің ішкі кедергісі шексіз үлкен шамаға ие, сондықтан жүктеме өзгерген кезінде - ТК тоғы өзгермейді, оның ұштарындағы кернеу ғана өзгереді.



2.2- сурет. Идеалдалған көздерінің ШГБ

Ішкі кедергінің шамалары олардың ШГБ ескерілген: кернеудің идеал көзінің шеңберінде - қысқатұйықтауыш және токтың идеал көзінде үзілумен көрсетілген. Идеал құрылғылар болмайды. Көзінің әрқайсысы кедергілерінің шеткі мәндеріне ие, кернеу көзі үшін оның маңыздылығы шамалы, ток көзі үшін – жоғары болады (2.3-сурет).



2.3-сурет. Идеалдалған көздерінің ШГБ

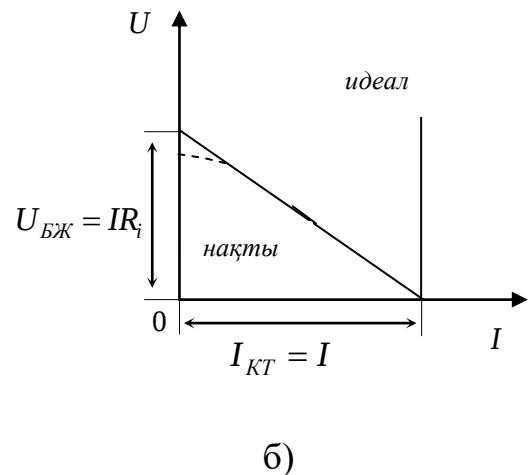
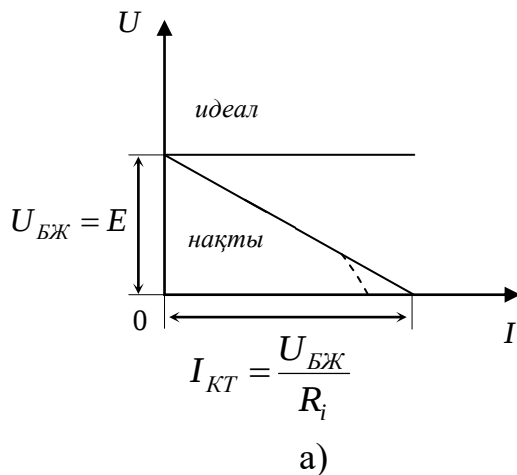
Идеал және нақты кернеу мен ток көздерінің вольт-амперлік сипаттамалары 2.4-суретте көрсетілген.

2.4, а-суретте кернеу көзінің ішкі кедергісі R_i неғұрлым аз болса, қысқа тұйықталу тоғы және кернеу көзінің қуаты (ЭҚК көзінің) соғұрлым жоғары болатындығы көрсетілген.

2.4, б-суретте тізбектің кедергісі ұлғайған кезінде токтың идеал көзінің ұштарындағы кернеу және жетілдіретін қуат та шексіз жоғарылайды. Демек, неғұрлым көзінің кедергісі R_i көп болса, соғұрлым ажыратылған ұштарында кернеу мен ток көзінің қуаты жоғары болады.

Нақты көздердің ВАС екі координаттық ості қиып өтеді және бұл қиылысу нүктелері көзі арқылы өтетін нөлдік токқа және кернеу түсуінің

нөлдік мәніне сәйкес келеді. *Нөлдік ток пен кернеу түсуінің нөлдік жағдайы бос жүріс режимі, ал шығыстағы кернеу түсуінің нөлдік мәні және нөлдік емес ток кезеңі – қысқа тұйықталу режимі деп аталады.*



2.4-сурет. Көздердің ВАС

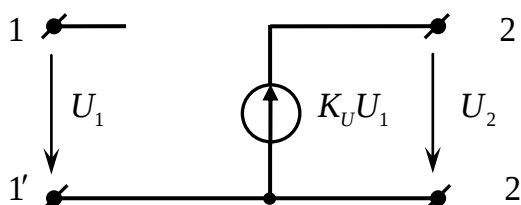
Егер энергия көздерінің ұштарындағы кернеу және басқаратын ток көздерінің тек ішкі қасиеттерімен анықталса және сыртқы әсерлерге тәуелсіз болса, онда көздер **тәуелсіз** деп аталады.

Тәуелді КК немесе ТК - қос жұпты ұштары бар төртполюсті элемент: екі кірісі (1 – 1') және екі шығысы (2 – 2') болады. Бұл кезде басқарушы шамалары ретінде I_1 кіріс ток пен U_1 кіріс кернеу болады.

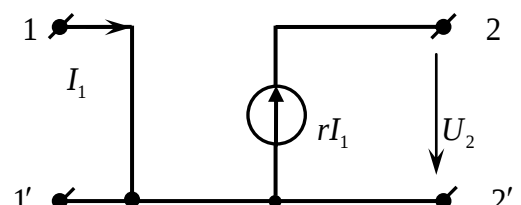
Тәуелді энергия көздері төрт түрге жіктеледі: **кернеумен басқарылатын кернеу көзі (КБКК); токпен басқарылатын кернеу көзі (ТБКК); кернеумен басқарылатын ток көзі (КБТК); токпен басқарылатын ток көзі (ТБТК).**

2.5-суретте КБКК схемасы ұсынылған, оның кіріс кедергісі шексіз жоғары, ал кіріс тоғы $I_1 = 0$. Шығыс кернеуі кіріс кернеумен келесі теңдеуімен байланысты $U_2 = K_U U_1$, мұнда K_U – кернеу бойынша жеткізу коэффициенті. Аталған схема кернеудің идеал күшейткішін білдіреді.

2.6-суретте ТБКК схемасы ұсынылған, оның I_1 кіріс тоғы U_2 шығыс кернеуді басқарады, кіріс өткізгіштігі шексіз жоғары болады: $U_1 = 0$, $U_2 = r I_1$, мұнда r – кедергінің өлшемімен берілген пропорционалдық коэффициенті.



2.5-сурет. КБКК схемасы

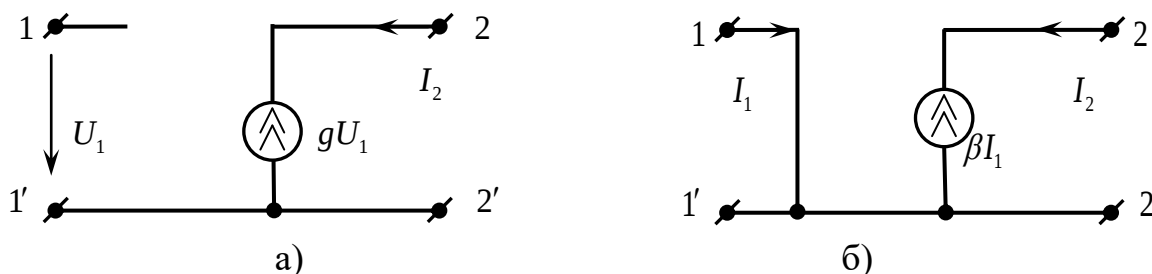


2.6-сурет. ТБКК схемасы

2.7, а-суретте, КБТК схемасы ұсынылған, оның I_2 шығыс тоғы U_1 кіріс кернеумен басқарылады, бұл ретте $I_1 = 0$ және I_2 тоғы U_1 кернеумен келесі

теңдеуімен байланысты $I_2 = gU_1$, мұнда g – өткізгіштіктің өлшемімен берілген коэффициент.

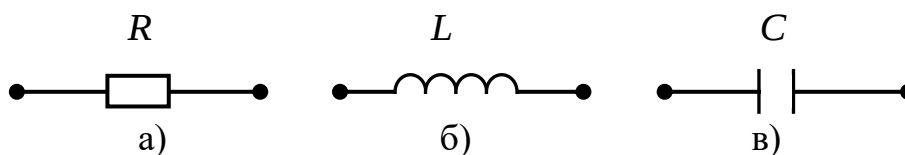
2.7, б-суретте ТБТК схемасы ұсынылған, мұнда I_1 кіріс тоғы басқарушы, ал I_2 шығыс тоғы басқарылатын болып табылады, $U_1 = 0$, $I_2 = \beta I_1$, мұнда β – өлшемі жоқ ток бойынша жеткізу коэффициенті. Аталаған схема токтың идеал күшейткіші болады.



2.7-сурет. Схемалар: КБТК (а), ТБТК (б)

2.1.2 Электр энергиясының қабылдағыштары

ЭТ үш идеалдалған қабылдағыш элементі болады: **резистивті элемент**, **индуктивті элемент** және **сыйымдылықты элемент** (2.8-сурет).



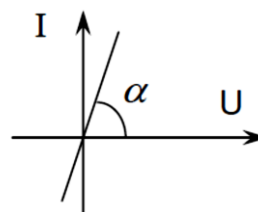
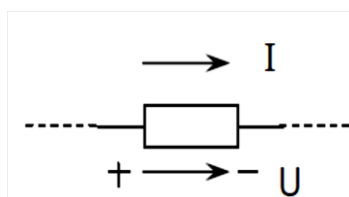
2.8-сурет. ЭТ идеалдалған пассивті элементтерінің ШГБ

Резистивті элемент – электромагниттік энергияны кез келген энергияның түріне түрлендіруді сипаттайтын, яғни энергияның қайтарымсыз шашырау қасиеті бар, ЭТ идеалдалған екіполюсті элементі (2.8, а-сурет).

Элементтің ерекшеліктері:

1) Элемент арқылы өтетін ток жоғары потенциалдан бастап төменгіге бағытталған.

2) Ток өту нәтижесінде кернеудің түсуі байқалады (потенциал төмендейді). Кернеуді жоғары потенциалдан төменгі потенциалға бағыттау кезінде кернеу түсудің шамасы оң болады.



2.9-сурет

2.10-сурет. Сызықтық
резистивті элементінің ВАС

3) R *кедергісіне* ие, осы заттың ρ меншікті кедергісімен, өткізгіштің l ұзындығымен және S қимасымен анықталады:

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (2.1)$$

Кедергі **Оммен (Ом)** өлшенеді және $kОм$ ($10^3 Ом$), $МОм$ ($10^6 Ом$) мәндері болуы мүмкін. Кедергі графикалық түрінде ВАС бойынша (2.10-сурет) кернеу өзгерген сәтте ток қисығының тіктігімен анықталады:

$$tg\alpha = \frac{I}{U} = \frac{1}{R}. \quad (2.2)$$

Кедергіге қарама қарсы шама *өткізгіштік* деп аталады:

$$G = \frac{1}{R} \quad (2.3)$$

және **Сименспен (См)** өлшенеді.

4) Резистивті элемент инерциялы емес элемент болып табылады, себебі элементте токтың және кернеудің өзгеруі кешіктірілмей орын алады.

Резистивті элемент белсенді құрылғыларды жүктеме ретінде, фильтрлеу схемаларында, қосымша уақыт беретін элемент ретінде (уақыт тұрақтысын беру), схемада потенциал деңгейін қайта бөлу үшін және т.б. қолданылады.

Нақты резистивті элемент **резистор** деп аталады.

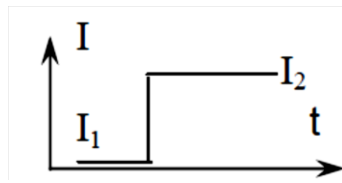
Индуктивті элемент – магниттік өрістің энергиясын тізбекте жинақтауды сипаттайтын, ЭТ идеалдалған екіполюсті элемент (2.8, б-сурет).

Элементтің ерекшелігі:

1) Элемент физикалық табиғаты бойынша динамикалық болып табылады. Ол арқылы өтетін ток өзгерген сәтте ғана мұндағы кернеудің түсуі туындайды: $\frac{di}{dt} \neq 0 \Rightarrow u_L \neq 0$. Статикалық режимінде тұрақты ток берген кезінде элементте кернеу болмайды.

2) Элемент – инерциялы, себебі кернеу берген кезде сол арқылы өтетін ток секірмелі өзгере алмайды:

$$\frac{di}{dt} \rightarrow \infty \Rightarrow u_L \rightarrow \infty.$$



2.11-сурет

3) Элементті сипаттайтын сандық көрсеткіш – **индуктивтілік**, токтың өтуімен құрылатын магниттік ағынның шамасын анықтайды:

$$L = \frac{\Phi}{i}, \quad (2.4)$$

мұндағы $\Phi = \int_S \bar{B} d\bar{s}$ - магниттік ағын, *вебермен* (Вб), $\bar{B}$ - магниттік индукция - *тесламен* (Тл) өлшенеді, $\bar{s}$ - аудан. Индуктивтілік **генримен** (Гн) өлшенеді және мГн (10^{-3} Гн), мкГн (10^{-6} Гн) мәндері болуы мүмкін.

3) Магниттік ағынның өзгеру жылдамдығы индуктивтіліктегі кернеу шамасын анықтайды:

$$u_L = \frac{d\Phi}{dt}, \quad u_L = L \frac{di}{dt}. \quad (2.5)$$

Демек, *индуктивтілік* - элемент арқылы өтетін токтың өзгеруіне байланысты осы элементтің инерттілік шамасы болып табылады.

Индуктивті элементтердің қолдануы шектеулі және сүзгіш элементтерінде, сондай-ақ жоғары жиілікті элементтердің «шешімі» ретінде қолданылады.

Нақты индуктивті элемент – **индуктивтілік катушка**.

Сыйымдылықты элемент – электр өрісінің энергиясын тізбекте жинақтауды сипаттайтын, ЭТ идеалдалған екіполюсті элемент (2.8, в-сурет).

Элементтің ерекшелігі:

1) Элемент электр энергиясының жинақтаушысы болып табылады. Екі электродқа $U = \varphi_2 - \varphi_1$ потенциалдар айырмасын қосқан кезінде оларда шамасы бойынша тең, бірақ таңбасы бойынша қарама-қарсы зарядтар $\pm q$ жинақталады. Кеңістікте таратылған зарядтар арасында электр өрісі туындайды. S тұйықталған қабат арқылы өтетін D электр индукциясының Φ_E ағынның шамасы аталған қабатпен шектелген, көлем ішінде қамтылған зарядпен анықталады: $\Phi_E = \oint D ds = q$.

2) Элементті сипаттайтын сандық көрсеткіш – **электрлік сыйымдылық**, бұл аталған потенциалдардың айырмасымен құрылатын электр индукциясының ағынының шамасын анықтайды:

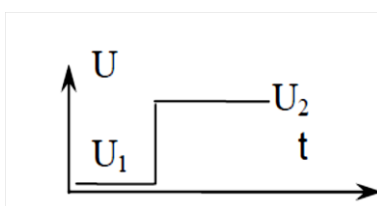
$$C = \frac{\Phi_E}{U} = \frac{q}{U}. \quad (2.6)$$

Сыйымдылық **фараден (Ф)** өлшенеді және мФ (10^{-3} Ф), мкФ (10^{-6} Ф), нФ (10^{-9} Ф), пФ (10^{-12} Ф) мәндері болуы мүмкін.

3) Физикалық табиғаты бойынша сыйымдылықты элемент динамикалық болып табылады, себебі қосымша кернеудің өзгеруіне орай әрекет етеді. Сыйымдылықты элементте электр зарядының өзгеру нәтижесінде ток пайда болады:

$$i_C = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}. \quad (2.7)$$

Элемент арқылы ток тек берілген кернеудің өзгеруі кезінде туындайды $\frac{du}{dt} \neq 0 \Rightarrow i_C \neq 0$. Статикалық режимінде тұрақты кернеу кезінде ток болмайды.



2.12-сурет

4) Элемент — инерциялық, себебі мұндағы кернеу секірмелі өзгере алмайды:

$$\frac{du}{dt} \rightarrow \infty \Rightarrow i_C \rightarrow \infty.$$

Нақты сыйымдылықты элемент **конденсатор** деп аталады.

2.2 Электр тізбектерінің нақты элементтері

ЭТ нақты пассивті элементтерін қарастырамыз.

Шын мәнінде **резистор**, өзінің негізгі көрсеткіші - кедергімен қоса паразиттік сипаттамалары — *сыйымдылық пен индуктивтілігі* бар. *Сыйымдылық* - кедергі және оның жанында орналасқан схеманың басқа элементтер бөліктері арасында туындайды, ал *индуктивтілік* — бұл резистордың магниттік өрістің энергиясын, мысалы ұштарында, жинақтау қабілеті. 2.13-суретте резисторлардың классификациясы келтірілген.

Резисторлардың негізгі көрсеткіштері:

1) **Номиналды кедергісі** - кедергілердің стандартты қатарларымен сәйкес

көрсетіледі - E_n : E6, E12, E24, E48, E96, E192. E қатарлары $q_n = \sqrt[n]{10}$ бөлгішімен геометриялық прогрессиясына сәйкес келеді. Кедергінің

номиналды мәні қатар шамасын реттік шамаға 10^m көбейтуді көрсетеді, мұнда $m = 0, 1, 2, \dots$

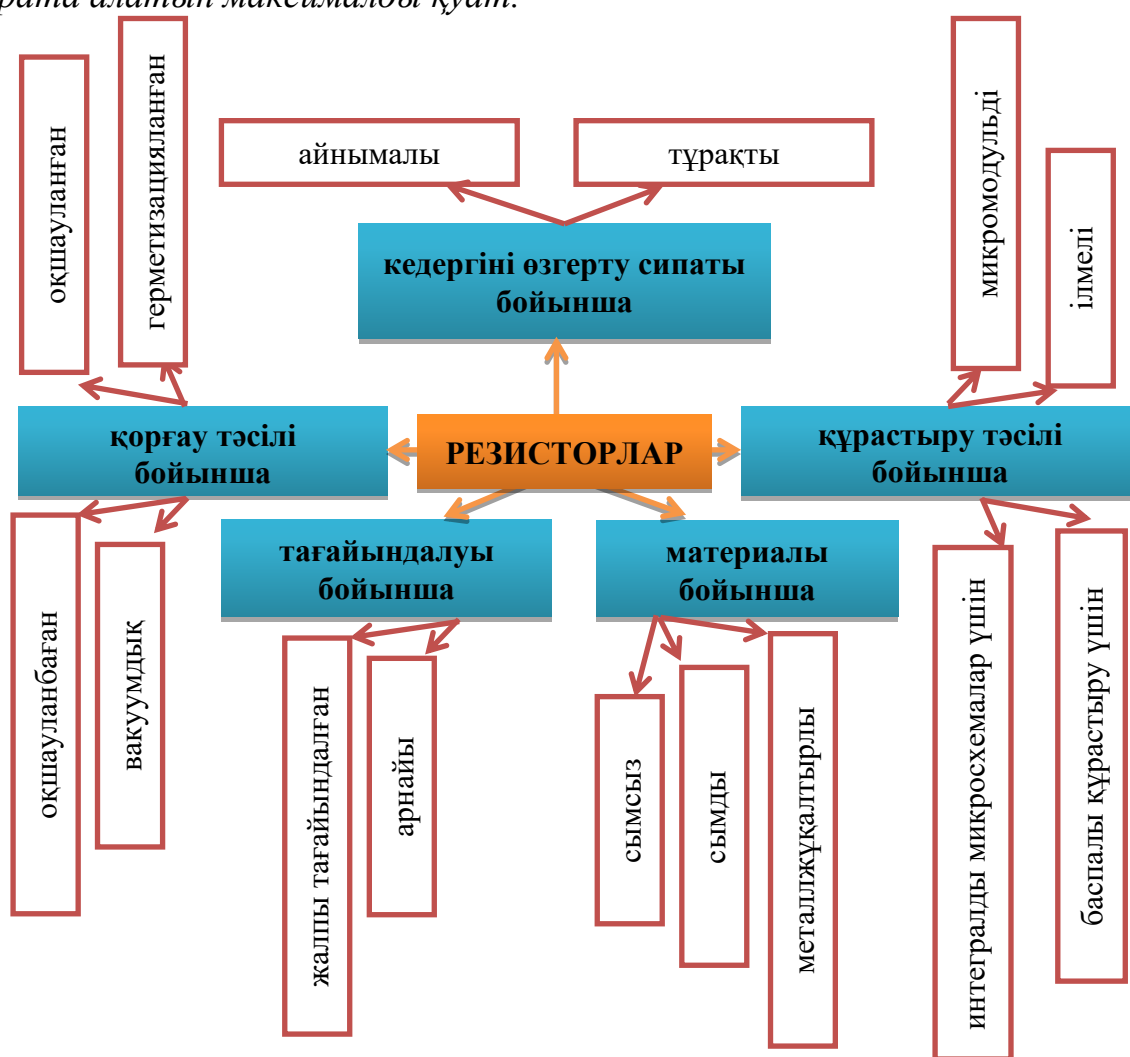
$E6 \rightarrow q_6 = \sqrt[6]{10} = 1,47$ $E6 \rightarrow$ жағдайында, қатар келесі шамалардан тұрады: 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8 және т.б..

2) Номиналды мәнінен *резистордың жіберілетін ауытқу кедергісі* немесе қателік шамасы:

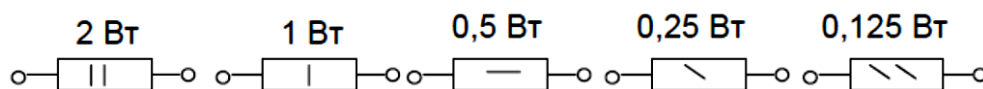
$$\pm \frac{\Delta R}{R} \%$$

Мүмкін болу қателіктер: 2%, 5%, 10%, 20%.

3) *Таратылудың номиналды қуаты*, кедергінің өлшемдерін анықтайтын параметр - бұл резистор өзінің параметрлерін өзгертусіз тарата алатын максималды қуат.



2.13-сурет. Резисторлардың классификациясы

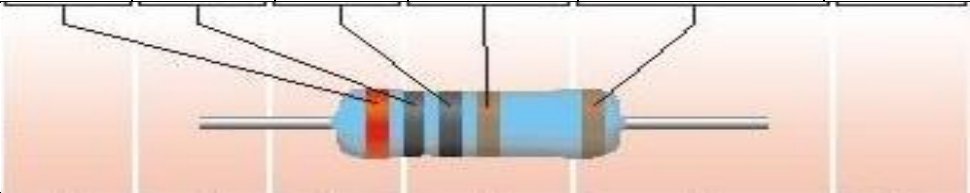
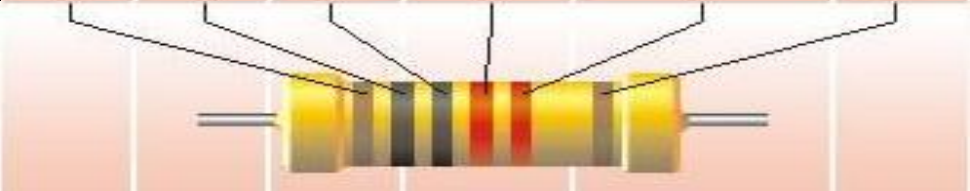


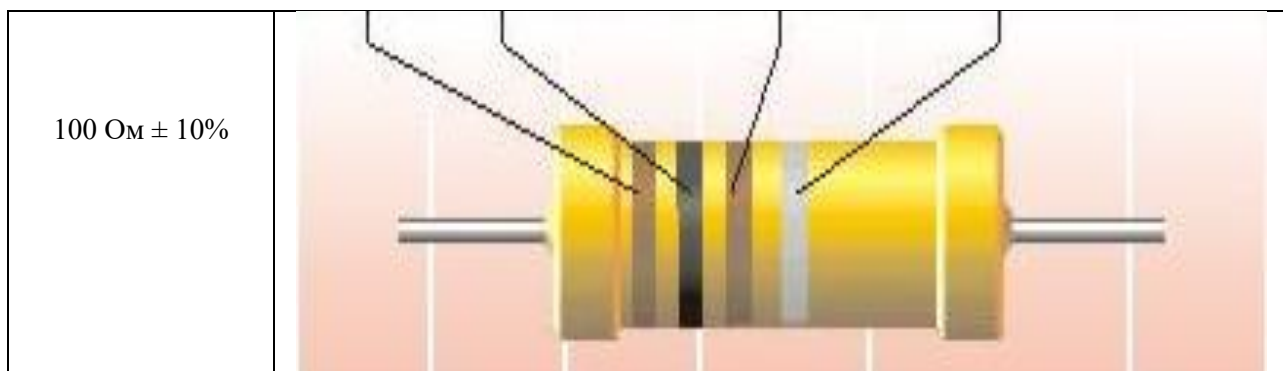
2.14-сурет

4) *Кедергінің температуралық коэффициенті*, температураны 1 градусқа өзгерткен кезде резистор кедергісінің өзгеруін анықтайды, осыған тең болады:

$$КТК = \frac{\Delta R}{R_0 \Delta t} \cdot 100 \frac{\%}{град} . \quad (2.8)$$

Техникалық құжаттамаларда резисторлардың номиналды мәндері берілген кезінде міндетті түрде оның негізгі параметрлері келтіріледі, мысалы, $0,25 \text{ Вт} - 100 \text{ кОм} \pm 2\%$. Әдетте, резистордың корпусында *кодталған таңбалар немесе түсті таңбалар* қолданылады. Түсті таңба бірнеше түсті жолақ түрінде шағын резисторларға қондырылады (2.15-сурет).

Резисторлар. Түсті белгіленуі						
Жолақтарының Түсі	1-ші элемент	2-ші элемент	3-ші элемент	Көбейткіш	Жіберілетін ауытқу, қатар	КТК, $\frac{\%}{^\circ\text{C}}$
Алтын				0,01Ω	5%, E24	
Күміс				0,1Ω	10%, E12	
Қара		0	0	1Ω	20%, E6	
Қоңыр	1	1	1	10Ω	1%, E96	100
Қызыл	2	2	2	100Ω	2%, E48	50
Қызғылт сары	3	3	3	1kΩ		15
Сары	4	4	4	10kΩ		25
Жасыл	5	5	5	100kΩ	0,5%, E192	
Көгілдір	6	6	6	1MΩ	0,25%	10
Күлгін	7	7	7	10MΩ	0,1%	5
Сұр	8	8	8	100MΩ	0,05%	
Ақ	9	9	9			1
Белгілену мысалы						
2 кОм ± 1%						
10 кОм ± 2% 100%/°C						
2 кОм ± 5%						



2.15-сурет. Резисторлардың түспен таңбалануы

Кедергінің номиналды мәнін кодпен таңбалауы *сандар* мен *әріпті* қамтиды. Әріп ондық көбейткішке сәйкес келеді, ол санды таңбаға көбейтіледі (2.1-кесте). Номиналдан соң әріп орналасқан, ол % көрсетілген ауытқуды белгілейді (2.2-кесте).

2.1-кесте

Әріп	<i>R</i>	<i>K</i>	<i>M</i>	<i>G</i>	<i>T</i>
Көбейткіш	1	10 ³	10 ⁶	10 ⁹	10 ¹²

2.2-кесте

Ауытқу	± 0,001	± 0,002	± 0,005	± 0,01	± 0,02	± 0,05			
Әріп	E	L	R	P	U	X			
Ауытқу	± 0,1	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20	± 30
Әріп	B	C	D	F	G	I	K	M	N

Конденсатор – бұл нақты сыйымдылықты элемент, олда паразиттік шамаларды қамтиды: индуктивтілікті және кедергіні. Конденсаторларды классификациялау 2.16-суретте көрсетілген.

Конденсаторлардың негізгі параметрлері:

1) **Конденсатордың номиналды сыйымдылығы**, резисторға ұқсас стандартты мәні болады.

2) Номиналдық мәнінен *жіберілетін ауытқулары*:

$$\frac{C - C_0}{C_0} \cdot 100\%.$$

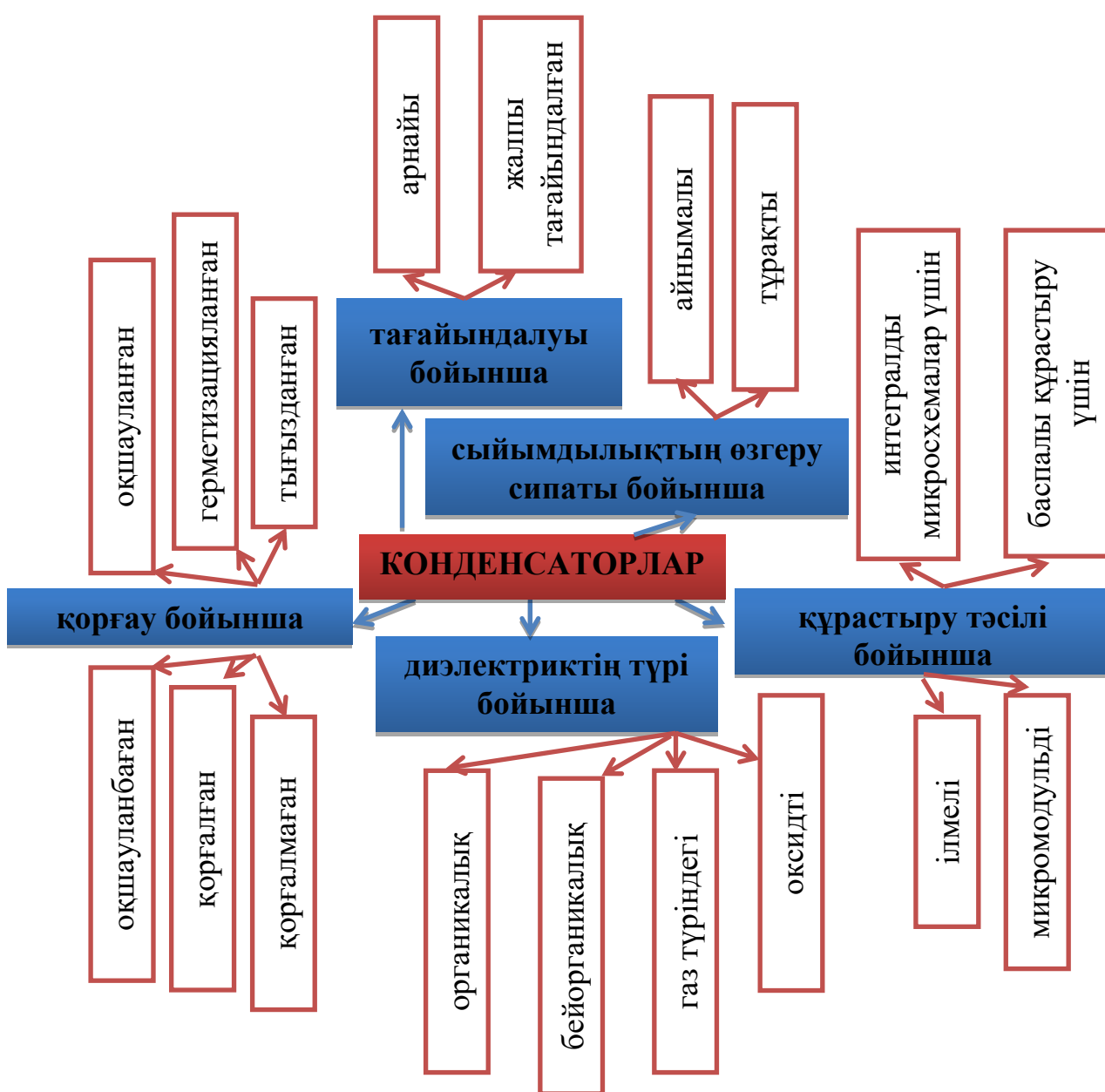
3) **Сыйымдылықтың температуралық коэффициенті**

$$СТК = \frac{\Delta C}{C_0 \Delta t} \cdot 100 \frac{\%}{град}. \quad (2.9)$$

4) **Номиналды жұмыс кернеуі** – максималды кернеудің мәні, бұл ретте конденсатор атқарылған жұмыс көлемінде берілген уақыт бойы параметрлерді сақтайды.

Тағы да қосымша параметрлер орын алады: *оқшаулаудың (изоляция) кедергісі және шығындар бұрышының тангенсі*. Оқшаулаудың кедергісі – бұл тұрақты ток бойынша конденсатордың кедергісі. *Диэлектрлік шығынның бұрышы немесе шашырау коэффициенті (төзімділік)* - бұл конденсатор арқылы айнымалы ток өткен кезінде ток пен кернеу арасындағы фаза ығысу бұрышын толықтыратын бұрыш.

Номиналды сыйымдылық сандармен және әріппен таңбаланады, оны ондық көбейткіш анықтайды (2.3-кесте). Конденсатор сыйымдылығының номиналды мәні берілген кезде міндетті түрде сыйымдылық, жіберілетін ауытқу және СТК көрсетіледі, мысалы $100n\Phi \pm 10\%M$.



2.16-сурет. Конденсаторларды классификациялау

2.3-кесте

Өлшемділік	Фарад, Ф	Мили- фарад, мФ	Микро- фарад, мкФ	Нано- фарад, нФ	Пико- фарад, пФ
Әріп	F	M	μ	N	p
Көбейткіш	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻¹²

2.4-кестеде номиналды кернеу және олардың кодталған таңбалары көрсетілген.

2.4-кесте

Номиналды кернеу, В	Код	Номиналды кернеу, В	Код	Номиналды кернеу, В	Код
1,0	I	20	F	160	Q
1,6	P	32	H	200	Z
2,5	M	40	S	250	W
3,2	A	50	J	315	X
4,0	C	63	K	350	T
6,3	B	80	L	400	Y
10	D	100	N	450	U
16	E	125	P	500	V

Техникалық құжаттамада конденсаторлардың номиналды мәндері берілген сәтте міндетті түрде оның негізгі параметрлері келтіріледі, корпуста кодталған таңбалар немесе түсті таңба қолданылады (2.17-сурет).

Конденсаторлардың әріптерден және сандардан тұратын шартты белгілері қысқартылған немесе толық болуы мүмкін.

Бірінші элемент – конденсатордың топ тармағын белгілейтін әріп немесе әріптердің үйлесімі: *K* – тұрақты сыйымдылық, *KT* – өзгертпелі, *KП* – айнымалы сыйымдылық.

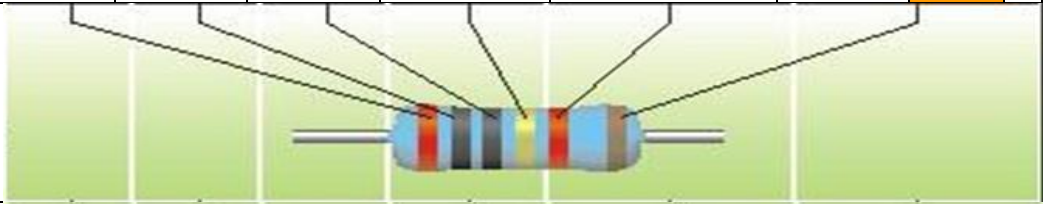
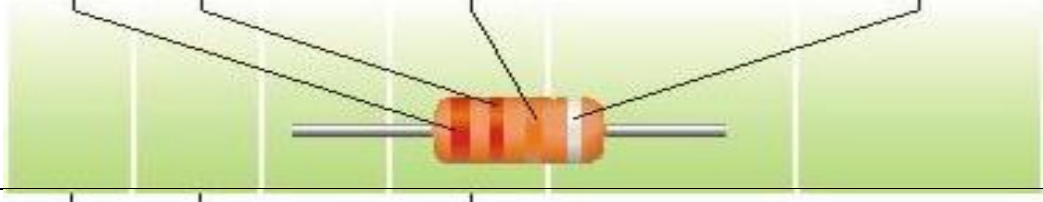
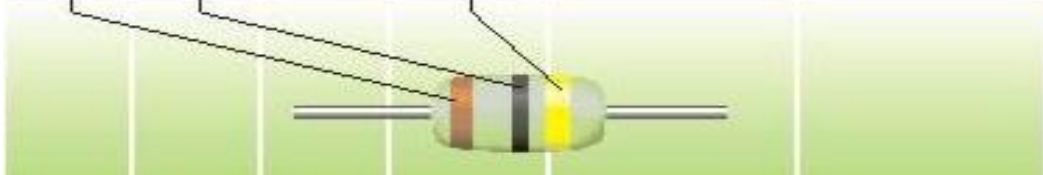
Екінші элемент – диэлектриктің затына байланысты конденсатор тобын таңбалау.

Үшінші элемент – дефис арқылы жазылады және конденсатордың нақты түрінің тіркеу нөмірі белгіленеді (құрамында әріптік белгілену болуы мүмкін: КД – дискілі конденсаторлар, КМ – керамикалы біртұтас (моноклитті), КЛС – керамикалы құймалы секциондық және т.б.).

Толық шартты белгілерге кіретін *параметрлер және сипаттамалар* келесі кезектілікпен көрсетіледі:

1. Конструктивтік орындаудың белгісі;
2. Номиналды кернеу;
3. Номиналды сыйымдылық;
4. Сыйымдылықтың жіберілетін ауытқуы;

5. Сыйымдылықтың температуралық тұрақтылығына сәйкес топ және класс;
6. Номиналды реактивті қуат;
7. Басқа да қажетті қосымша сипаттамалар.

Конденсаторлар. Түсті белгіленуі							
Жолақтарының Түсі	1-ші элемент	2-ші элемент	3-ші элемент	Көбейт- кіш	Жіберілетін ауытқу, қатар	СТК	
Алтын				0,01pF	5%, E24		Қызғылт сары корпус
Күміс				0,1 pF	10%, E12		
Қара	0	0	0	1 pF	20%, E6	ММО	Н10
Қоңыр	1	1	1	10 pF	1%, E96	M33	
Қызыл	2	2	2	100 pF	2%, E48	M75	Н20
Қызғылт сары	3	3	3	1 nF		M150	
Сары	4	4	4	10 nF		M220	
Жасыл	5	5	5	100 nF	0,5%, E192	M330	Н30
Көгілдір	6	6	6	1 μF	0,25%	M470	Н50
Күлгін	7	7	7	10 μF	0,1%	M750	Н70
Сұр	8	8	8	0.01 mF	0,05%		
Ақ	9	9	9	0.1 mF			Н90
Белгілену мысалы 2 пФ ± 2%, М33							
18 пФ ± 5%, МПО							
22 нФ, Н90							
0,1 мкФ							

2.17-сурет. Конденсаторлардың түспен таңбалануы

Бақылау сұрақтары

1. Электр тізбегінде энергияның идеалдалған көздерінің негізгі сипаттамаларын баяндап беріңіз.
2. Электр тізбегінің идеалдалған және нақты пассивті элементтерінің негізгі сипаттамаларын баяндап беріңіз.

