

Электротехниканың физика- математикалық негіздері

**Дәріс 4-5 – Тізбектегі тұрақты ток.
Ом заңы. Кирхгоф ережелері.**



Электр тізбегі және оның элементтері

Электр тізбегі деп электр тогы жүретін жол құрайтын электр энергиясының көздері (ЭЭК) мен электр энергиясын тұтынушылардың (ЭЭТ), түрлендіру мен тасымалдау қондырғыларының, басқару мен бақылау-қорғау аспаптарының жиынтығын айтады.

Электр тізбегінің элементі деп оның құрамына кіретін және белгілі бір қызмет атқаратын әрбір қондырғыны, құрылғыны немесе аспапты айтады. Электр тізбегінің *негізгі элементтері* қатарына электр энергиясының көздері, түрлендіру және тасымалдау қондырғылары мен электр энергиясын тұтынушылар жатады.

Электр энергиясының көздері (қысқаша қорек көзі деп те аталады) энергияның басқа түрлерін (механикалық, жылу, жарық, химиялық және т.б.) электр энергиясына түрлендіреді. Оларды екі топқа бөледі: *машиналық* (тұрақты ток және айнымалы ток генераторлары) және *электростатикалық* (аккумуляторлар, күн батереялары және т.б.)



Электр тізбегі және оның элементтері

Электр энергиясын тұтынушылар (электрлік қабылдағыштар немесе электрлік жүктемелер деп те аталады), керісінше, электр энергиясын энергияның басқа түрлеріне түрлендіреді. Оларға әртүрлі электрқозғалтқыштар, қыздыру және жарықтандыру қондырғылары, электрохимиялық құрылғылар, радиотехникалық аспаптар және т.б. жатады.

Электр энергиясын тасымалдаушы (жеткізуші) элементтер ретінде электр желілері мен байланыс желілері саналады.

Электр энергиясын түрлендіру қызметін кернеу мен токтың мәнін өзгертетін трансформаторлар, жиіліктік түрлендіргіштер, күшейткіштер, тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіретін инвертор, айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіретін түзеткіштер және т.б. жатады.

Электр тізбегінің құрамына негізгі элементтермен қатар *қосымша элементтер* ретінде саналатын басқару құрылғылары, бақылау-өлшеу мен қорғау аспаптары кіреді.



Электр тізбегін сипаттайтын шамалар

Электр тізбегінде жүріп жатқан электромагниттік құбылыстарды сипаттау үшін қолданылатын *электрлік шамалар* қатарына ток, потенциал, кернеу, электр қозғаушы күш және электрлік қуат кіреді.

Электр тізбегімен ток жүруі электр өрісінің зарядталған бөлшектерге күштік әсер ететін қасиетіне негізделеді. Металл өткізгіштерде еркін электрондар, ал электролиттерде оң және теріс иондар заряды бар бөлшектер ретінде саналады. Электр өрісі жоқ кезде заряды бар бөлшектер ретсіз, бағытсыз қозғалыста болады. Ал электр өрісі әсер еткен кезде оң заряды бар бөлшектер электр өрісінің бағыты бойынша, ал теріс бар бөлшектер қарама-қарсы бағытта қозғалады, яғни өткізгіш бойымен электр тогы жүреді.

Заттарда немесе вакуумде заряды бар еркін бөлшектердің электр өрісінің әсерінен бағытталған қозғалысқа түсу құбылысын *электрлік өткізгіштік ток (қысқаша электр тогы)* деп атайды.

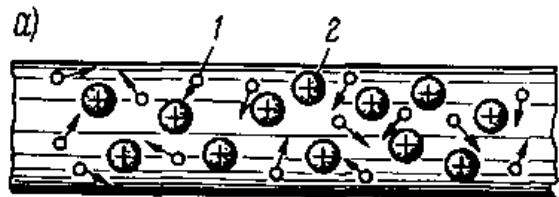


Электр тоғының пайда болу және бар болуы шарттары

Электр тоғы деп зарядталған бөлшектердің өрістің күш сызықтары бойымен реттелген, бағытталған қозғалысын айтады.

Электр тоғының пайда болу және бар болуы шарттары

Еркін (байланыспаған) зарядтардың (электрондар, иондар) болуы

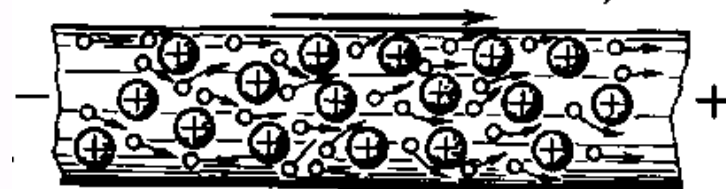


Электр тоғының бағыты ретінде шартты түрде оң зарядталған бөлшектердің қозғалу бағыты алынады.

Белгілі бағытта еркін зарядтарға күшпен әсер ету

Осы күштердің пайда болуы – электр өрісінің болуы

б) Направление движения электронов



Принятое направление тока



Электр тоғы

Электр тоғының сандық мәні ретінде I ток күші деп t уақыт бірлігінде q зарядтың S беті (немесе өткізгіштің көлденең қимасы) арқылы орын ауыстырғанын айтады.

$$I = \frac{dq}{dt}$$

СИ жүйесінде ток күшінің өлшем бірлігі [А] Ампер, ал өлшемділігі

$$1\text{А} = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{с}}$$



Потенциал

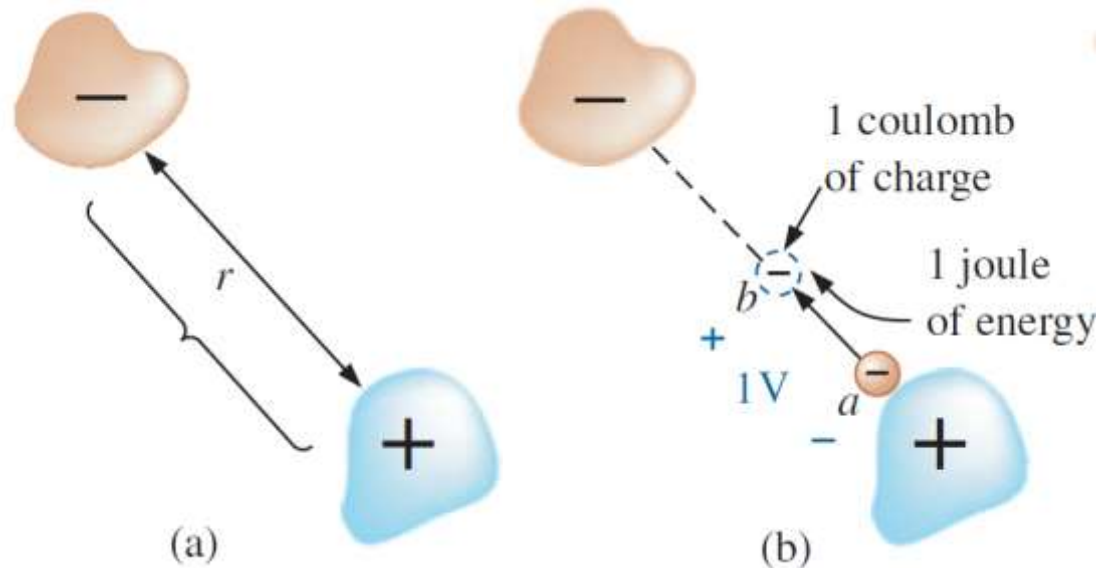
Электр өрісінің әсер ету аймағында орналасқан заряды бар бөлшектің потенциалдық энергиясы болады. Өрістің белгілі бір нүктесіне орналасқан бөлшектің потенциалдық энергиясының зарядқа қатынасын *электрлік потенциал* (φ) деп атайды, ол электр өрісінің әрбір нүктесінің энергетикалық сипаттамасы болып табылады.

Заряды (q) бар бөлшек электрлік күштің әсерінен өткізгіштің a нүктесінен b нүктесіне жылжыған кезде A_{ab} жұмыс жасалады және оның потенциалы φ_a -дан φ_b -ға дейін өзгереді.



Кернеу

Бір-бірінен r қашықтықта орналасқан бос электрондар және оң иондар шоғырларын қарастырайық (*a*-суреті).



a-нүктесіндегі 1 Кл теріс зарядты *b*-нүктесіне қозғалту үшін 1 Дж энергия жұмсасақ, онда осы екі нүкте арасында 1 В айырмашылық пайда болады.

$$V = \frac{W}{Q}$$

1 Кл = $6,242 \cdot 10^{18}$ электрон



Кернеу

Электрлік кернеу электр өрісінің кернеулілігінің сызықтық интервалына тең скалярлық шама. Зарядқа әсер ететін электрлік күш электр өрісінің кернеулілігіне және зарядтың таңбасы мен мөлшеріне байланысты анықталады.

Айнмалы кернеудің лездік мәні $u(t)$ таңбасымен, ал тұрақты кернеу латындық U әрпімен белгіленеді.

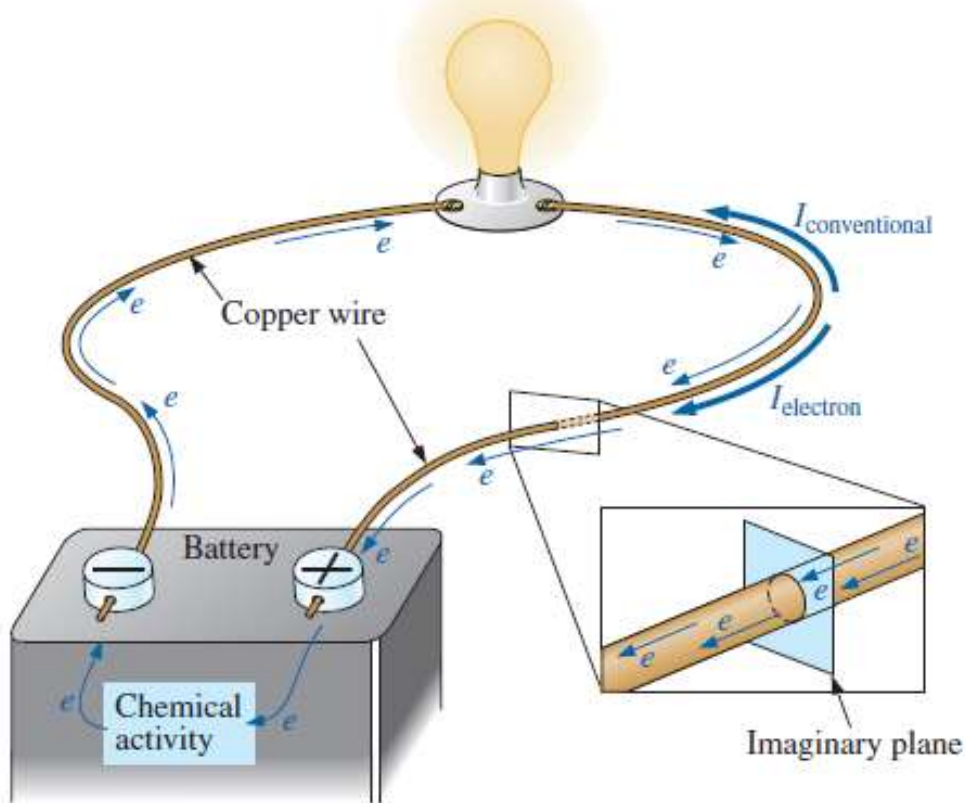
Тұрақты ток тізбегінің бөлігіндегі *тұрақты кернеу*:

$$U = \int_a^b \vec{E} dl = \varphi_a - \varphi_b = \frac{A_{ab}}{q} \quad (2)$$

Сонымен, өткізгіштің екі нүктесінің арасындағы кернеу деп, осы нүктелердің потенциалдарының айырымын айтады немесе заряд бар бөлшектің бір нүктеден екінші нүктеге жылжыған кезде жасалған жұмыстың зарядқа қатынасын айтады.



Қарапайым электр тізбегі



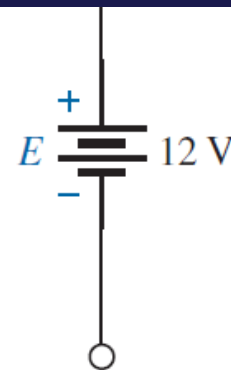
Жорамал жазықтан **1 с**
уақытта **$6,242 \cdot 10^{18}$**
электрон (**1 Кл**) заряд
ағыны немесе ток **1 А**
деп саналады.

$$I = \frac{Q}{t}$$



КЕРНЕУ КӨЗДЕРІ

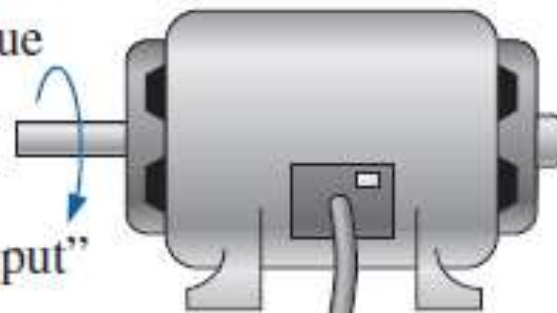
Тұрақты ток кернеу көзінің стандартты белігіленуі



D cell	C cell	AA cell	9 V	AAA cell
1.5 V	1.5 V	1.5 V	625 mAh	1.5 V
18 Ah	8350 mAh	2850 mAh		1250 mAh

Applied torque

“Input”



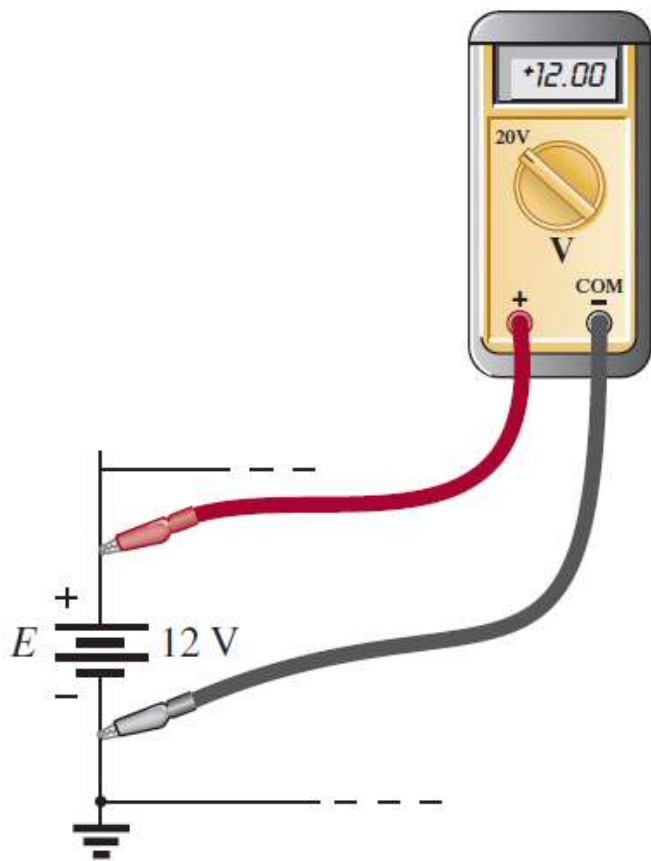
120 V “Output”
voltage

Батареялар

Генератор

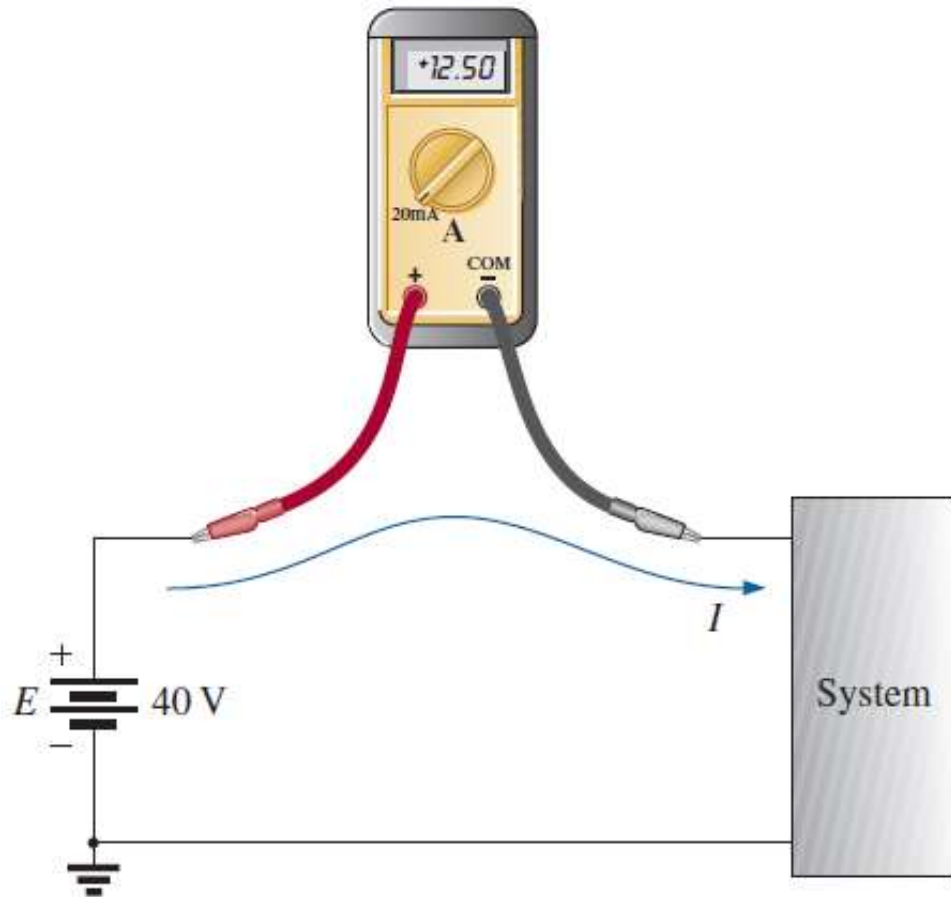


Кернеу мен тоқты өлшеу



**Вольтметр
жалғануы**

әрдайым параллель



**Амперметр
жалғануы**

әрдайым тізбектей

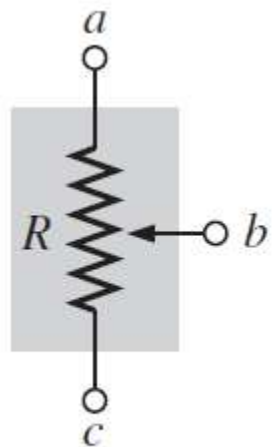
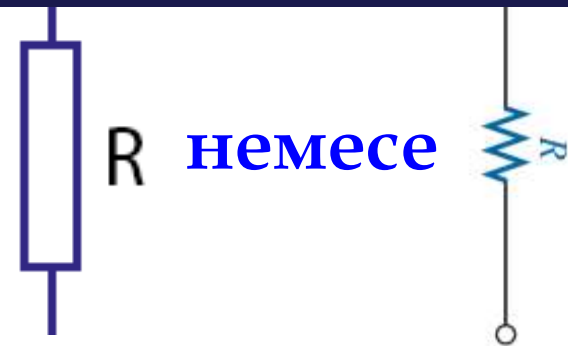


КЕДЕРГІ және оның түрлері

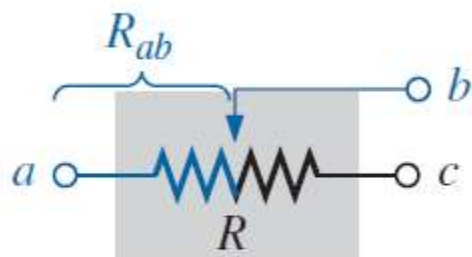
Кедергінің стандартты белгіленуі
Өлшем бірлігі Ом.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

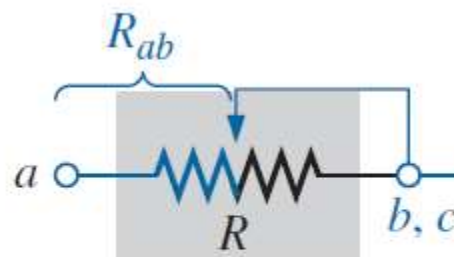
a – потенциометр белгіленуі;
b,c – реостат;
d – реостат белгіленуі



(a)



(b)



(c)



(d)



Тұрақты ток тізбегі

Анықтама: уақыт бірлігінде шамасы өзгермейтін ток түрі тұрақты ток болып табылады.

Резисторлардың тізбектей жалғануы және жалпы кедергі мәні:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_N$$

Резисторлардың параллель жалғануы және жалпы кедергі мәні:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}$$



Электр қозғаушы күш (э.қ.к.)

Қорек көзінде бөгде күштердің электр тогын тудыру қабілетінің мөлшерін сипаттайтын шаманы *электр қозғаушы күш* E (э.қ.к) атайды.

Қорек көзінде э.қ.к. тізбекте ток болмаған кезде де, яғни тізбек тұйықталмаған кезде де болады. Бұл жағдайда қорек көзінің қысқыштарының потенциалдарының айырымына тең болады, яғни $E=U$. Халықаралық

$$\varepsilon = \frac{A}{q}; \quad \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \right] = [V]$$

Бөгде күштердің оң бірлік зарядты тізбек бойында орын ауыстыруға кеткен жұмысқа тең шама.

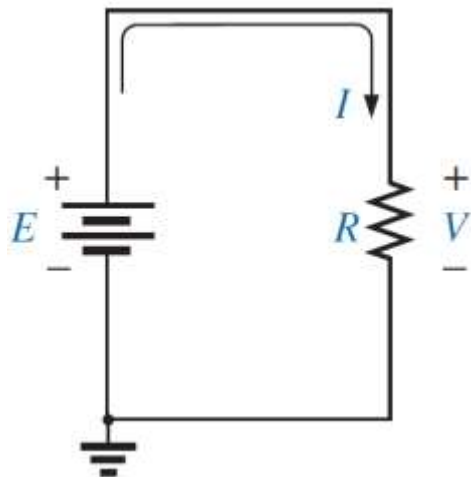


Ом заңы

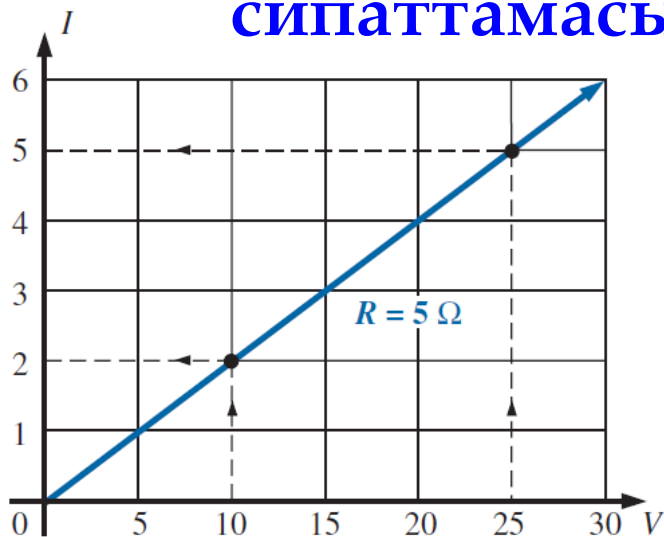
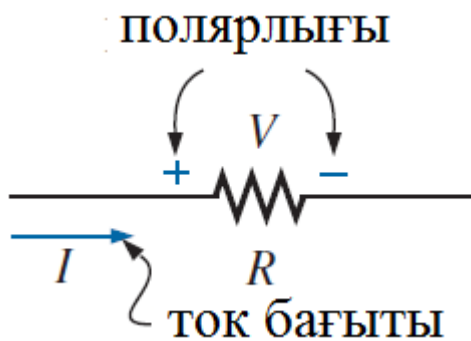


George Simon Ohm.

$$I = \frac{E}{R}$$



Резистордың вольт-амперлік сипаттамасы:





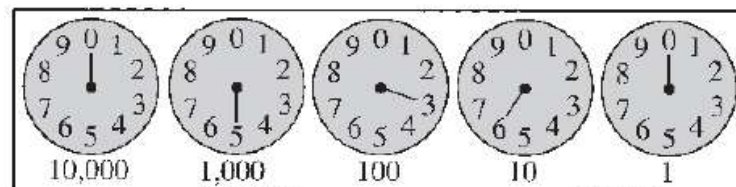
Қуат және энергия

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = VI$$

– 1 с уақытта жасалатын 1 Дж жұмыс.

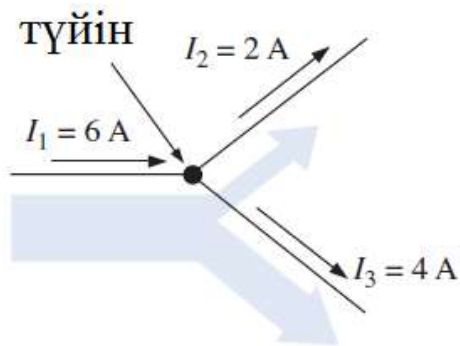
мұндағы W – жүйенің
уақыт бірлігінде жұмсаған
энергиясы. [Вт*с] немесе
кВт*сағ





Кирхгофтың бірінші заңы

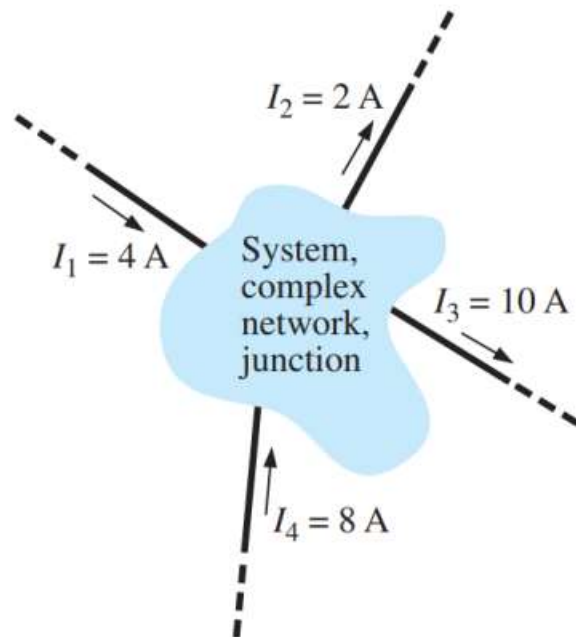
Бір түйіндегі келетін не одан шығатын токтардың алгебралық қосындысы 0-ге тең немесе бір түйінгі келетін және одан шығатын токтардың шамасы тең.





Кирхгофтың бірінші заңы (Кирхгофтың ток туралы ережесі)

Басқа сөзбен айтқанда, түйінге келетін токтар мен сол түйіннен шығатын токтардың шамаларының қосындысы бір-біріне тең болады.



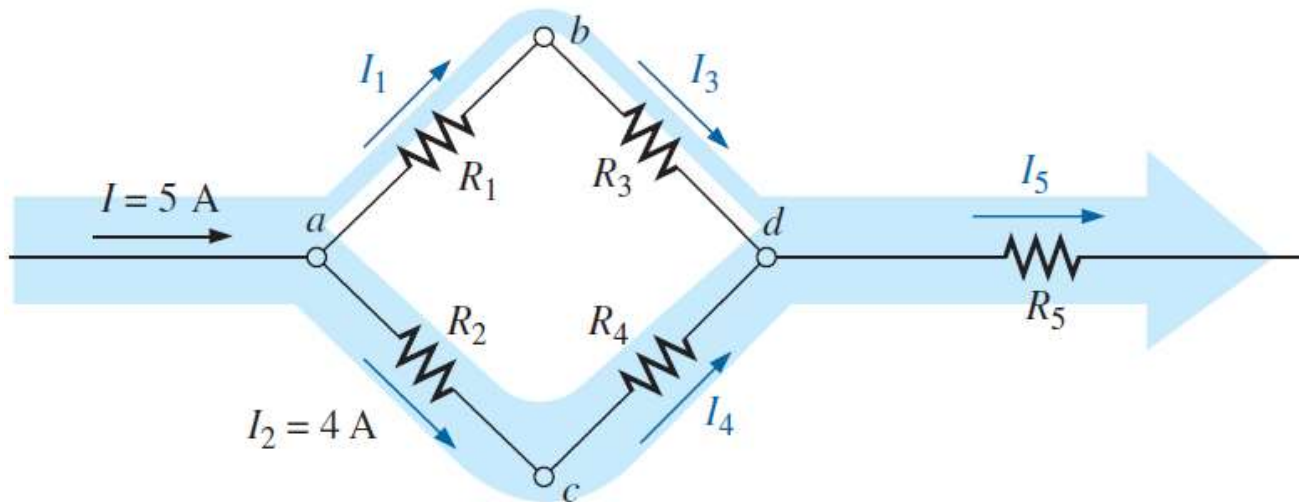
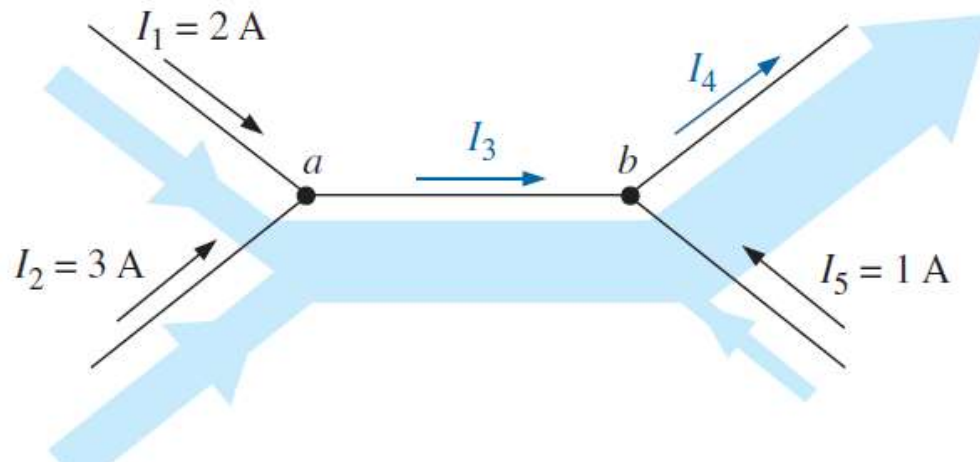
$$\begin{aligned}\Sigma I_i &= \Sigma I_o \\ I_1 + I_4 &= I_2 + I_3 \\ 4 \text{ A} + 8 \text{ A} &= 2 \text{ A} + 10 \text{ A} \\ \mathbf{12 \text{ A} = 12 \text{ A}}\end{aligned}$$

$$\Sigma I_{\text{K}} = \Sigma I_{\text{Ш}}$$



Мысалдар

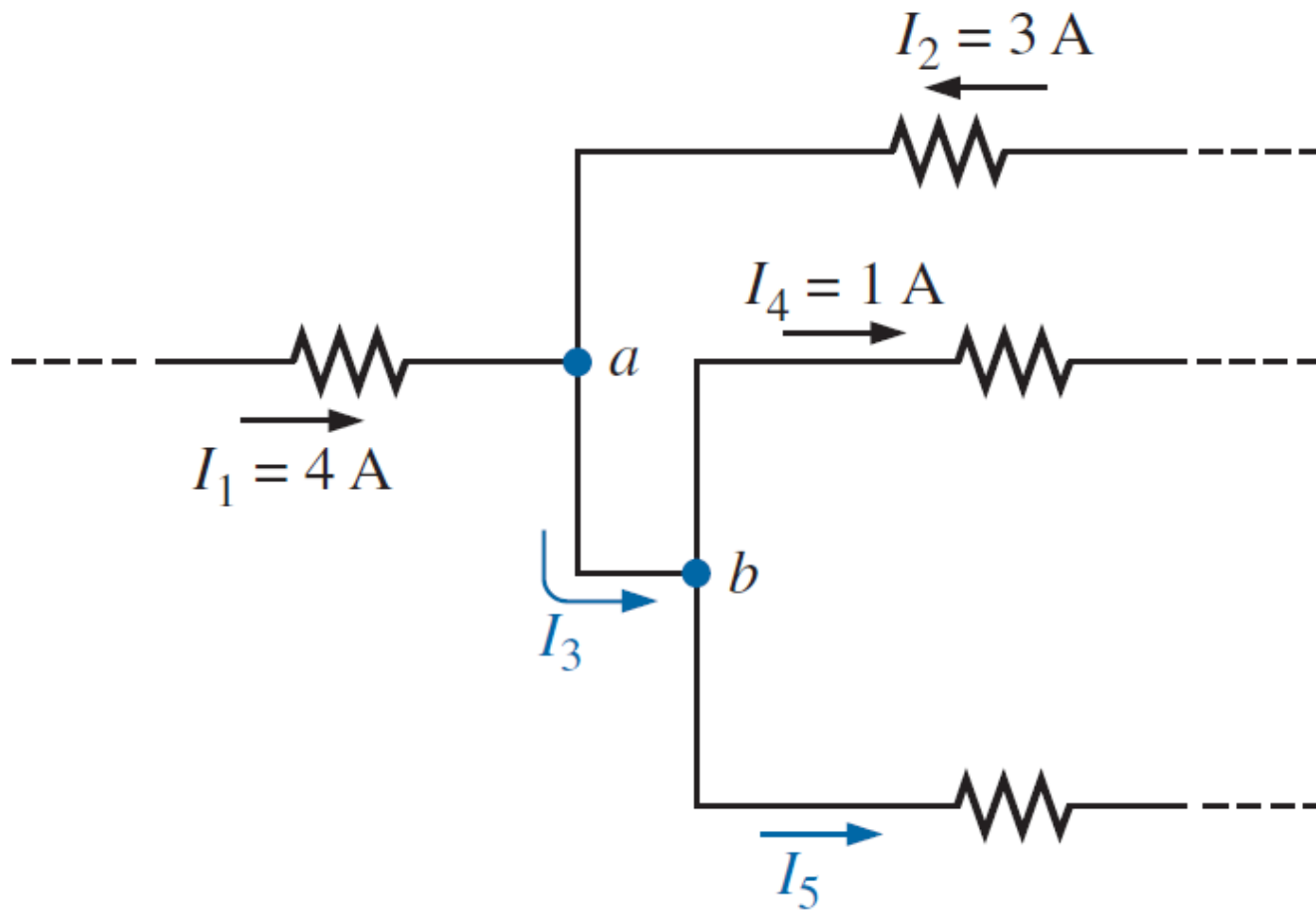
Белгісіз токтарды табыңыз:





Мысал

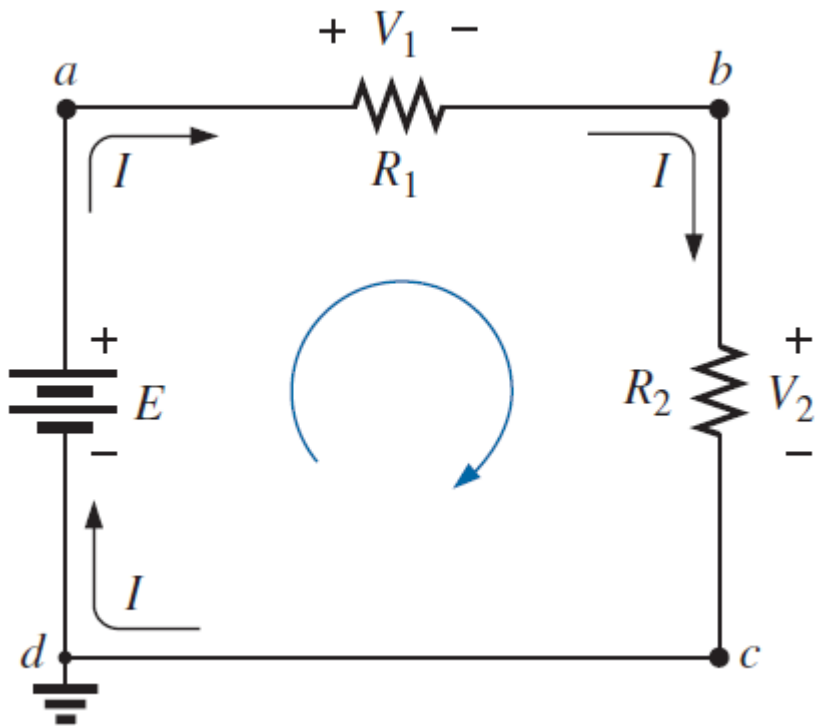
Белгісіз токтарды табыңыз:





Кирхгофтың екінші заңы

Қандай да болған тұйықталған контурда осы контурға кіретін кедергілердегі кернеулердің алгебралық қосындысы сол контурға кіретін ЕҚК-тердің алгебралық қосындысына тең

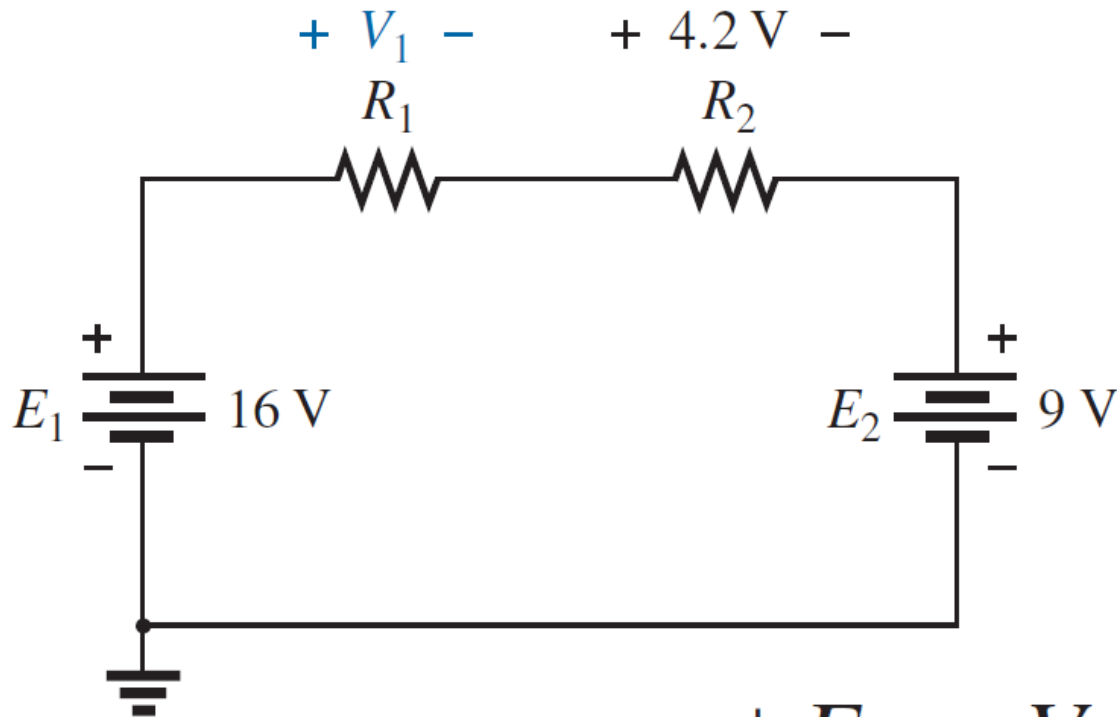


$$\sum RI = \sum E$$



Кирхгофтың екінші заңына мысал

R_1 кедергіге құлаған кернеуді есептеңіз.

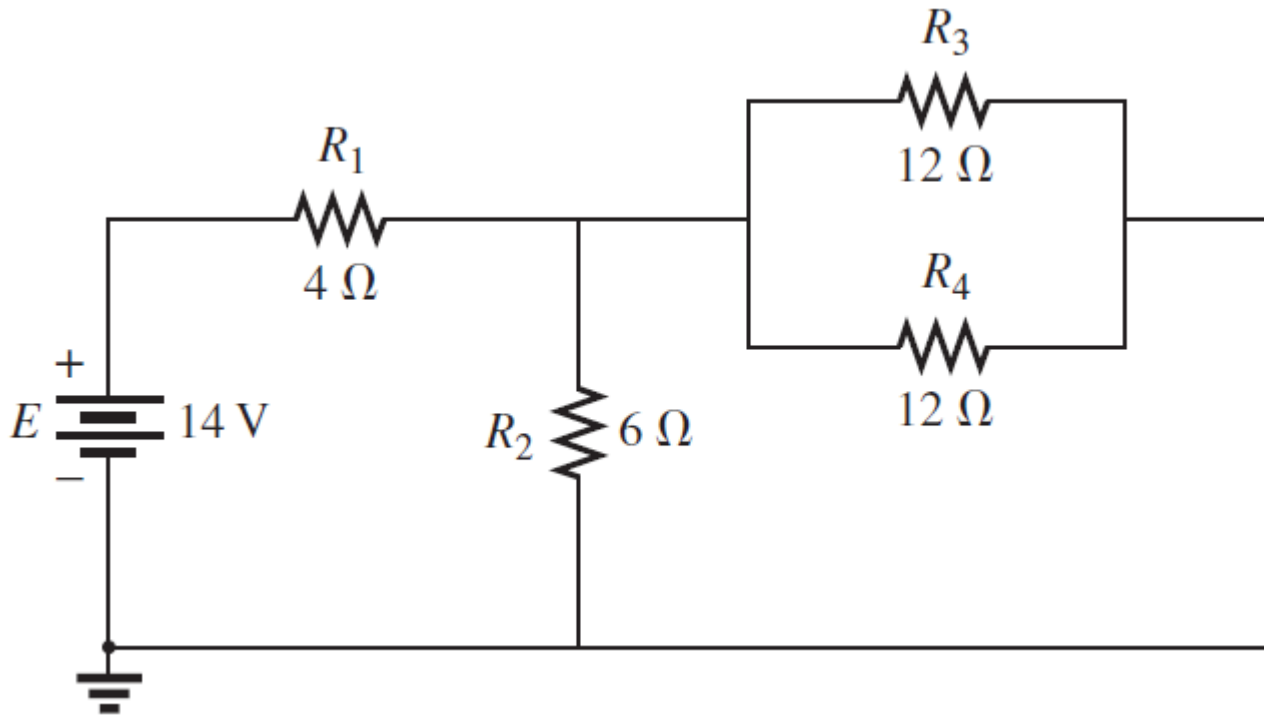


$$+E_1 - V_1 - V_2 - E_2 = 0$$
$$V_1 = E_1 - V_2 - E_2$$



Ом заңын қолданып токтарды табу

Әр тармақтағы токтарды анықтау

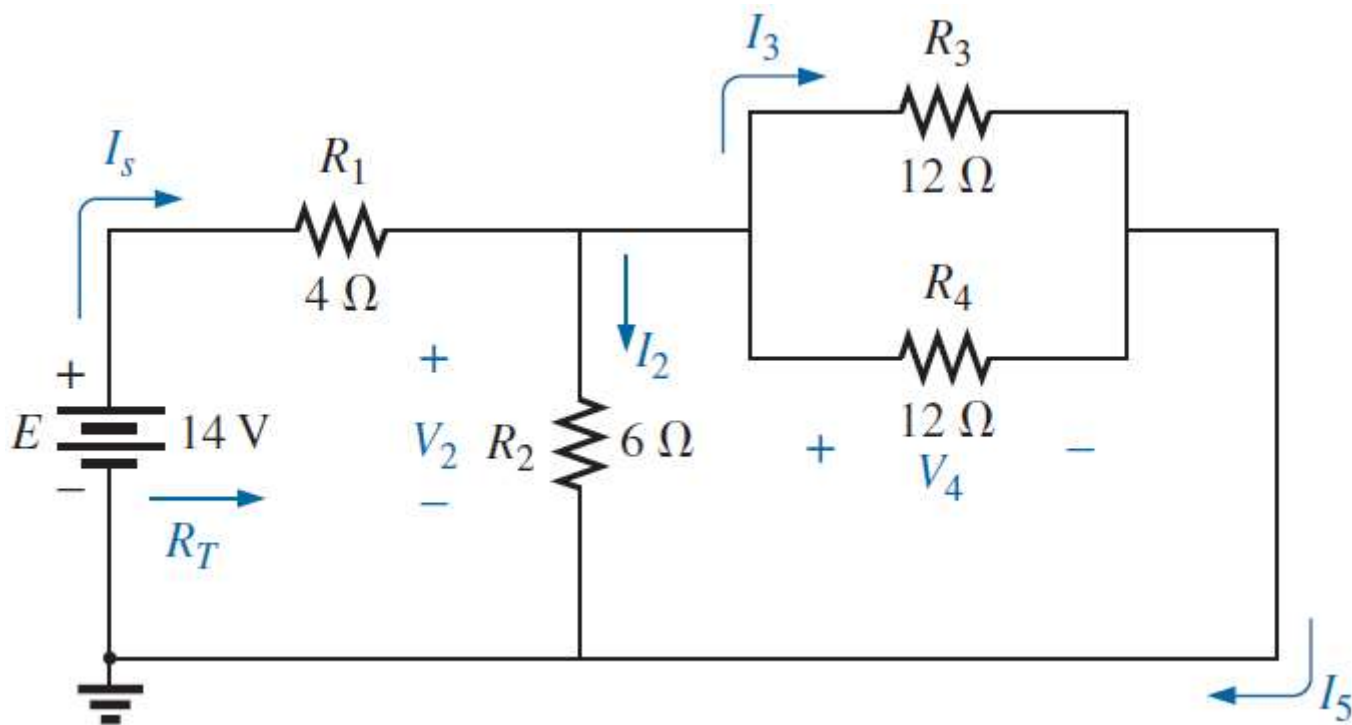




Ом заңын қолданып токтарды табу

Реті:

1) Әр тармақтағы токтардың бағытын береміз
(ТОК БАҒЫТЫ ӨЗ ҚАЛАУЫМЫЗША ТАҢДАЛЫНАДЫ)





Ом заңын қолданып токтарды табу

Реті:

- 2) Жалпы кедергі анықталып ЭҚК тудырған ток анықталады.
- 3) Әр кедергі немесе кедергілер жүйесіне түскен кернеу анықталады.
- 4) Анықталған кернеуді біліп сол кедергі бойымен немесе кедергілер жүйесі бойымен өткен ток мәні анықталады.
- 5) Анықталған токтардың мәнін Кирхгофтың бірінші заңымен тексеру.

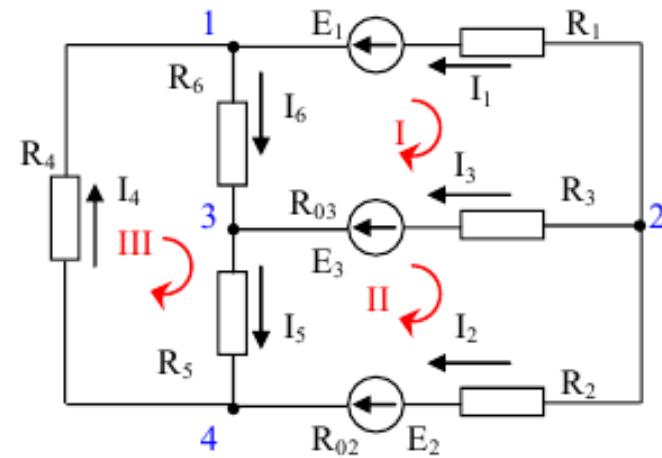
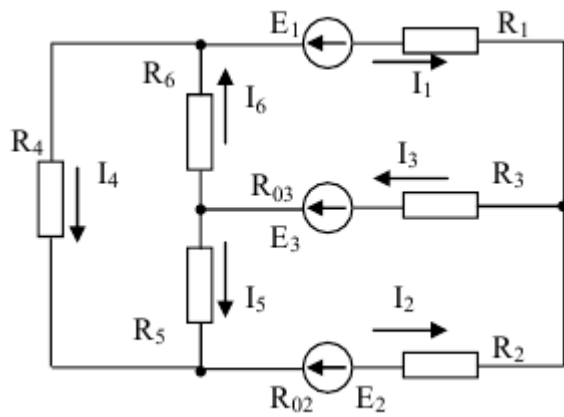


Кирхгоф заңдарын есептеуде қолдану

Реті:

- 1) Әр тармақтағы токтардың бағытын береміз
(ТОК БАҒЫТЫ ӨЗ ҚАЛАУЫМЫЗША ТАҢДАЛЫНАДЫ)
- 2) Кирхгофтың бірінші заңымен теңдеу жазамыз.
- 3) Кирхгофтың екінші заңымен теңдеу жазамыз.
- 4) Екі заңмен жазылған теңдеулер жүйесін шешеміз.

Мысалдар



$$P_{ucm} = P_{nom},$$

$$\sum_k \pm E_k \cdot I_k = \sum_k I_k^2 \cdot R_k,$$