



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



FAN: ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA ASOSLARI

MAVZU №1 «Elektrotexnika va elektronika asoslari» fani to'g'risida umumiy tushuncha. Chiziqli o'zgarmas tok zanjirlari.



DJALILOV
ANVAR
UROLOVICH



Elektrotexnika va
mexatronika kafedrası
dotsenti



DARS REJASI

1.1. KIRISH. FANNING TARIXI VA RIVOJLANISHI.

*1.2. ELEKTR ZANJIRI VA UNING ELEMENTLARI.
ENERGIYA MANBALARI.*

1.3. OM VA KIRXGOF QONUNLARI.

1.4. ELEKTR ZANJIRLARINI HISOBLASH USULLARI.

*1.5. MURAKKAB TOK ZANJIRLARI VA ULARNI
HISOBLASH USULLARI.*

FANNING MAQSADI:

**Fanning
asosiy
maqsadi**

Elektrotexnika - fan va texnikaning energiyani o‘zgartirish, materiallar ishlab chiqarish hamda ularga ishlov berish, axborotlarni uzatish va boshqalar masalalarni amalga oshirishda elektr va magnit hodisalardan foydalanish bilan shug‘ullanuvchi sohasi hisoblanadi.

Bo'lajak mutaxassislarni elektrotexnika va elektronikadan nazariy va amaliy jihatdan puxta tayyorlab, ishlab chiqarishdagi elektrotexnik jihozlarni oqilona ishlatish, ulardagi avtomatlashtirilgan qurilmalarni malakali ishlata olishga o'rgatishdir. Bu maqsadda elektr zanjirlarni, ulardagi jarayonlarni, zanjirlarni hisoblash usullarini, zanjirlarni yig'ib ishlata bilish, asosiy va yordamchi elektrotexnik qurilmalarning tuzilishi va ishlashini o'rgatishdan iborat.

Kirish. Fanning tarixi va rivojlanishi

Elektrotexnika fani deb – elektr energiyasi hosil qilib, uni amaliy maqsadlar uchun foydalanish yoʻnalishlarini oʻrganadigan fanga aytiladi. Hozirgi paytda elektr energiyasi maʼlum boʻlgan barcha energiyalardan farqli oʻlaroq sanoatda, transportda, qishloq xoʻjaligida, maishiy xizmatda va xalq xoʻjaligini barcha sohalarida alohida tengi yoʻq oʻrin egallaydi. Bu energiyani ustunlik tolmonlari shundaki:

a) uni xohlagan energiya turiga aylantirish mumkin, yoki xohlagan energiyani elektr energiyasiga aylantirish mumkin;

b) eng sodda va arzon moslamalar yrdamida elektr energiyasini juda katta tezlik bilan istalgancha miqdorda va xohlagancha uzoq masofalarga uzatish mumkin;

Kirish. Fanning tarixi va rivojlanishi

v) ekologik jihatdan toza, atrof muhitni ifloslantirmaydi, xidi yo'q, rangi yo'q, o'zidan chiqindi chiqarmaydi.

Elektrotexnika fanining rivojlantirishga rus olimlari va muhandislari katta hissa qo'shdilar.

1785

Sh.Kulon tomonidan elektr zaryadlarining o'zaro ta'siri qonunini yaratildi

1799

A.Volta kuchlanishning birinchi elektro kimyoviy manbaasini o'rgandi

1802

V.Petrov elektr yoyini hosil qildi

Kirish. Fanning tarixi va rivojlanishi

1820

A. Amper toklarining o‘zaro mexanik ta’siri (Amper qonuni)ni kashf qilgan

1826

G.Om elektr zanjirlariga oid **Om** qonunini kashf etgan

1831

M. Faradey elektromagnit induksiya qonunini tajriba yo‘li bilan kashf etgan va elektrokimyó qonunlarini birinchi bor o‘rgangan

1834

E.X.Lents elektromagnit induksiya hoidisasiga asos soldi

1845

R.Kirxgof tarmoqlangan zanjirlar bo‘ylab oquvchi elektr tokining taqsimlanish qonuniyatlari (Kirxgof qoidalari)ni yaratgan

Kirish. Fanning tarixi va rivojlanishi

1873

A.N.Lodigin lampochkani ixtiro qildi

1876

P.N.Yablochkov elektr tarmog'ining muhim apparati hisoblangan transformatorni yaratdi

1877

Tomas Edison magnit tasmağa ovoz yozish mumkinligini isbotladi

1891

M.O. Dolivo-Dobrovolskiy uch fazali o'zgaruvchan tok hosil qilishni va uning asosiy iste'molchisi bo'lgan uch fazali asinxron motorlarni kashf qildi

Kirish. Fanning tarixi va rivojlanishi

Hozirgi vaqtda sanoatda, transportda va xalq xo'jaligini barcha tarmoqlarida boshqa energiyalar bilan bir qatorda elektr energiyasidan keng ko'lamda foydalanilmoqda.

Insoniyat bir necha yuz yillar mobaynida har-xil hodisalarni o'rgana borib, bizni atrofimizni o'rab turgan bizdan tashqari muhitdan shunday xulosalarni o'zilariga oldilarki, bizni o'rab turgan bizdan tashqari barcha narsalar ko'rinishi, tuzulishi qanday bo'lishligidan qat'iy nazar ular eng sodda elementlardan – atomlardan tuzilgan bo'ladi. Bir necha atomlar birlashib esa molekulalarni tashkil qiladi. Bir necha molekulalar birlashib esa o'z navbatida siz va bizga ko'rinib – ko'rinmay turgan qattiq, suyuq va gaz holatidagi jismlarni tashkil qiladi. Xo'p shunday ekan, bizdan tashqi muhitdagi narsalar hammasi atomlardan, ya'ni proton va neytronlardan, bitta musbat va bitta manfiy zarrachalardan iborat ekan. Bir necha protonlar birlashib atomni yadrosini, bir necha neytronlar birlashib moddalarni elektronlarini tashkil qiladi. Yadro va elektron bu bir butun atom demakdir.

1.2. Elektr zanjiri va uning elementlari. energiya manbalari.

Har qanday elektr qurilmaning tarkibiy qismini **Elektr zanjirlar** tashkil qiladi.

Elektr zanjiri - deb elektr manbai, elektr iste'molchilari va ularni o'zaro tutashtirib elektr toki uchun yo'l hosil qiluvchi simlar majmuasiga aytiladi.

Elektr zanjir tushunchasi elektrotexnika fanining tayanch tushunchasidir.

Elektr energiya manbai, iste'molchi va ularni o'zaro birlashtiruvchi o'tkazgichlar elektr zanjirning **asosiy** elementlari, o'lchash asboblari, ulab-uzgichlar va himoyalash qurilmalari esa uning **yordamchi** elementlari hisoblanadi. Demak, elektr zanjir elementi bu elektr zanjir tarkibiga kiruvchi alohida qurilma bo'lib, u zanjirda aniq funksiyani bajaradi.

Elektr manbalari 2 turga bo'linadi:

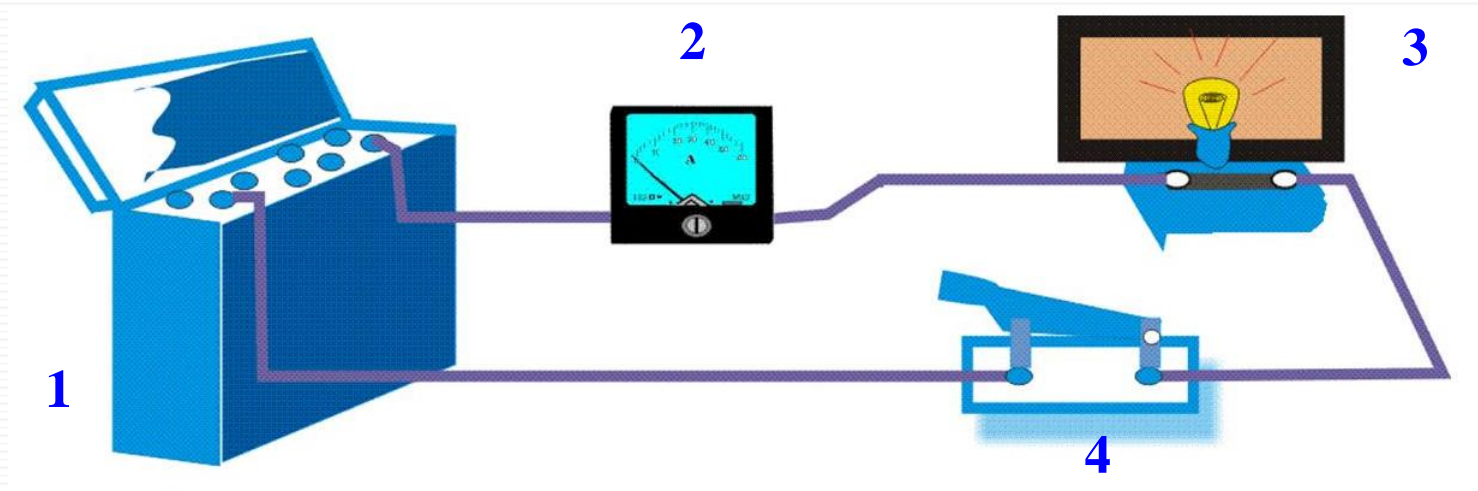
- EYUK manbai;
- Tok manbai.

1.2. Elektr zanjiri va uning elementlari. energiya manbalari.

EYUK manbai – iste’molchi toki o’zgarishi bilan **EYUK** yoki uning qismlari orasidagi kuchlanish o’zgarmaydigan manbadir.

$$R_{\text{ichki}} = 0$$

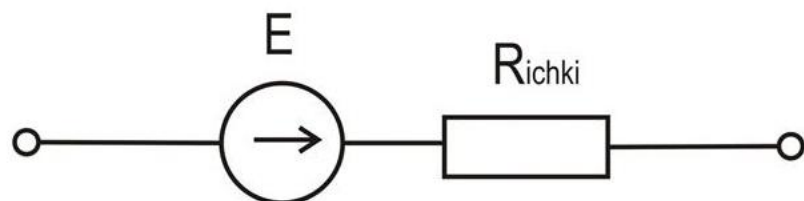
Elektr zanjiri



1 - **EYUK** manbai; **2** - ampermetr; **3** - iste’molchi; **4** - ulab-uzgich (kalit).

1.2. Elektr zanjiri va uning elementlari. energiya manbalari.

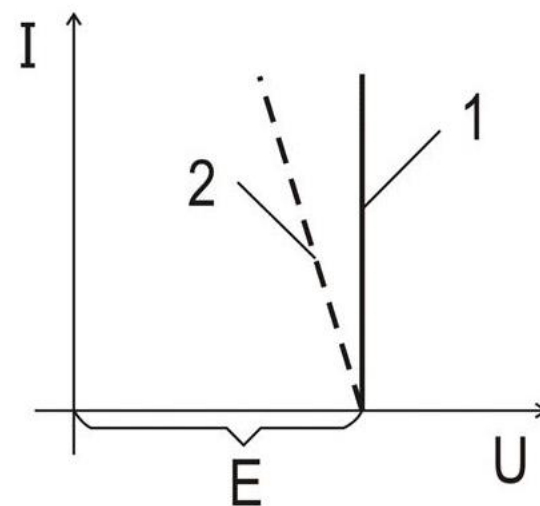
EYUK manbai :



1. $R_{\text{ichki}} = 0$ **1-rasm.**

2-rasm.

2. $R_{\text{ichki}} \neq 0$ **real manbalarda.**

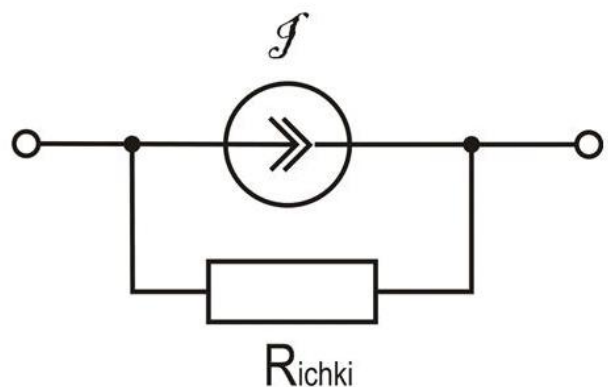


Tok manbai: Iste'molchi qarshiligi o'zgarishi bilan undan o'tayotgan tok qiymati o'zgarmas bo'ladigan manba tok manbai deyiladi.

Tok manbaining ichki qarshiligi $R_{\text{ichki}} = \infty$

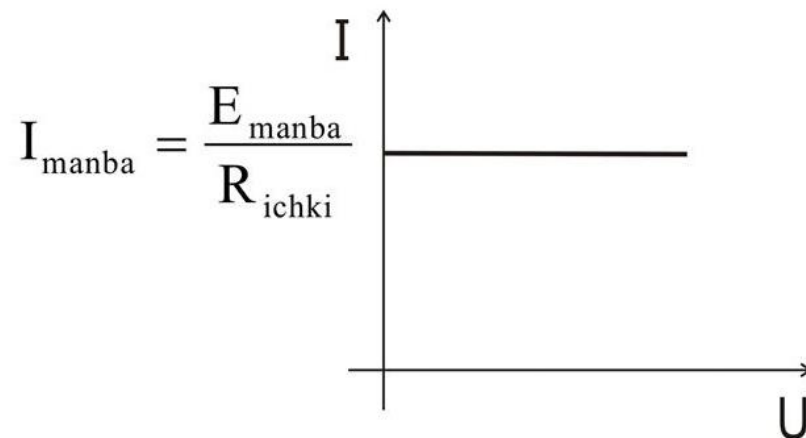
1.2. Elektr zanjiri va uning elementlari. energiya manbalari.

Tok manbai :



$$R_{ichki} = \infty$$

3-rasm.

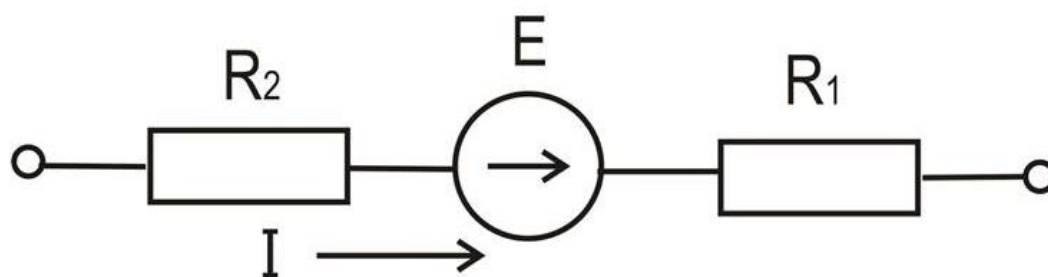


4-rasm.

1.2. Elektr zanjiri va uning elementlari. energiya manbalari.

Elektr zanjiri va uning elementlari: Elektr zanjirlarini hisoblashda uning ba’zi – bir elementlarini bilish va ularni bir – biridan farqlash zarur.

Tarmoq – bu elektr zanjirlarining bitta yoki bir nechta elementlari ulangan qismi bo’lib ulardan faqat bittayu bitta tok o’tadi.

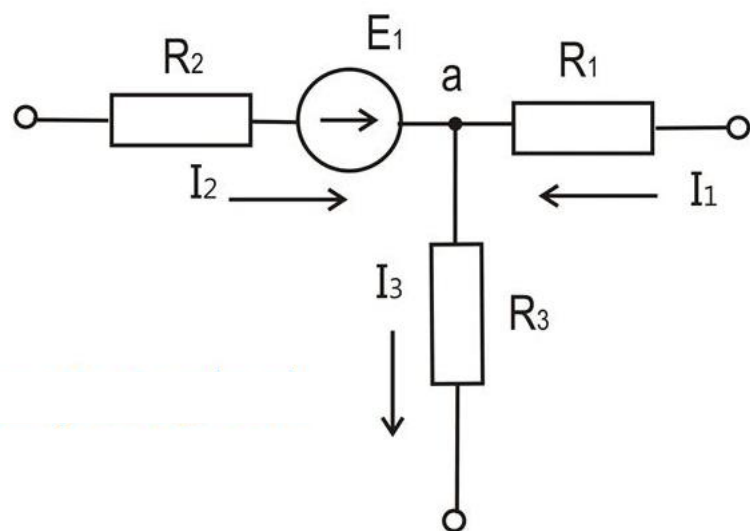


5-rasm.

Tugun – bu elektr zanjirlarining uchta yoki undan ortiq tarmoqlari ulangan qismi hisoblanadi.

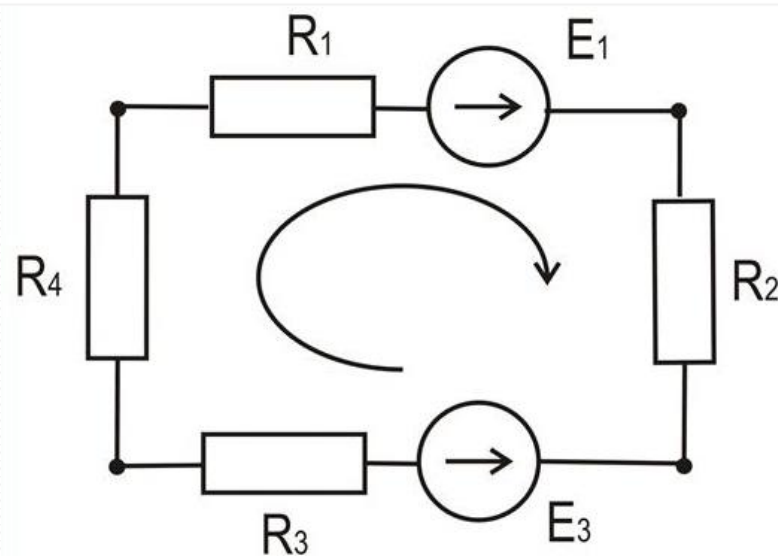
1.2. Elektr zanjiri va uning elementlari. energiya manbalari.

Tugun: - bir nechta tarmoqlarning birlashgan qismi.



6-rasm.

Kontur - elektr zanjirning tarmoqlaridan hosil bo'lgan berk yo'l.



7-rasm.

1.3. Om va Kirxgof qonunlari.

Elektr zanjirlarini hisoblashda ko'p hollarda zanjir qismlaridagi qarshiliklar va EYUK beriladi va tarmoqlardagi toklarni, zanjirning alohida qismlaridagi kuchlanishlarni hamda quvvatni topish talab etiladi.

Elektr zanjirlarini hisoblash esa Elektrotexnikaning asosiy qonunlari Om va Kirxgof qonunlariga asoslanadi.

Om qonuni: Berk elektr zanjiridan o'tayotgan elektr toki EYUK ga to'g'ri va zanjirning qarshiligiga teskari proporsionaldir.

$$I = \frac{E}{R + r_{\text{н}}} \quad (2.1)$$

Bu erda: **I** – tok kuchi (A), **E** – **EYUK** (V), **R** – zanjirning qarshiligi (Om), **r_н** – manbaning ichki qarshiligi (Om).

1.3. Om va Kirxgof qonunlari.

Om qonuni: Ushbu qonunning fizik mohiyati shundan iboratki, EYUK qancha katta bo’lsa zaryad tashuvchilar energiyasi shuncha ko’p va zaryadlarning tartibli harakat tezligi shuncha katta hamda zanjirdagi tok kuchi shuncha katta demakdir.

Agar elektr zanjirining qarshiligi orttirilsa zaryad tashuvchilarning harakatiga qarshi harakat ortadi va tok qiymati kamayadi.

Om qonunining asosiy ifodasidan quyidagilar kelib chiqadi:

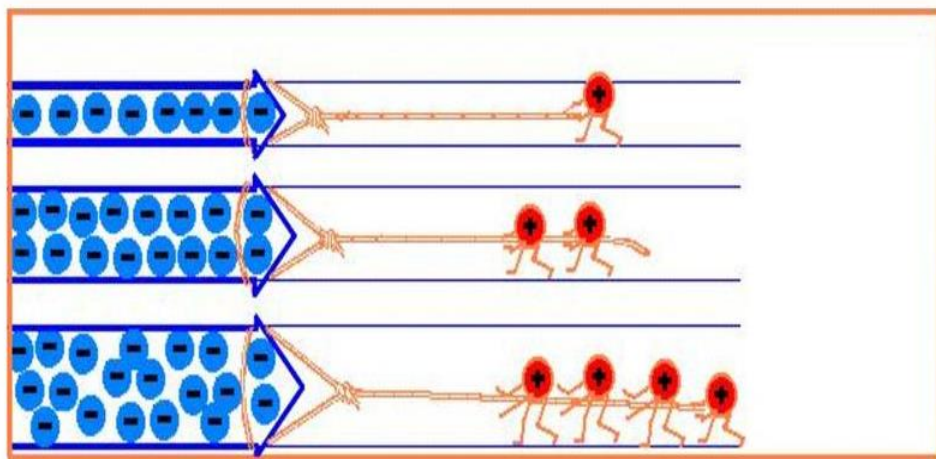
1. EYUK tok kuchi va qarshilikning ko’paytmasiga teng:

$$E = I(R + r_{\text{н}}) \quad (2.2)$$

2. Zanjirning barcha qarshiligi EYUK va tok kuchining nisbatiga teng:

$$R + r_{\text{н}} = \frac{E}{I} \quad (2.3)$$

1.3. Om va Kirxgof qonunlari.



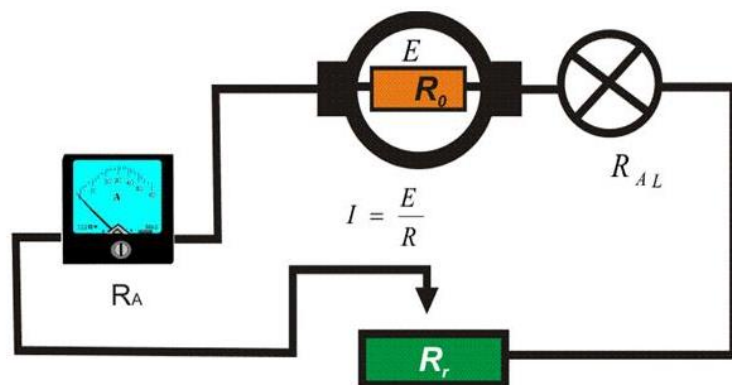
8-rasm.



9-rasm.

Agarda uchburchakdagi zanjir qismidagi **U** kuchlanish o'rniga EYUK (**E**) qo'ysak, unda qarshilikni zanjirning to'la qarshiligi **R** deb tushunish kerak.

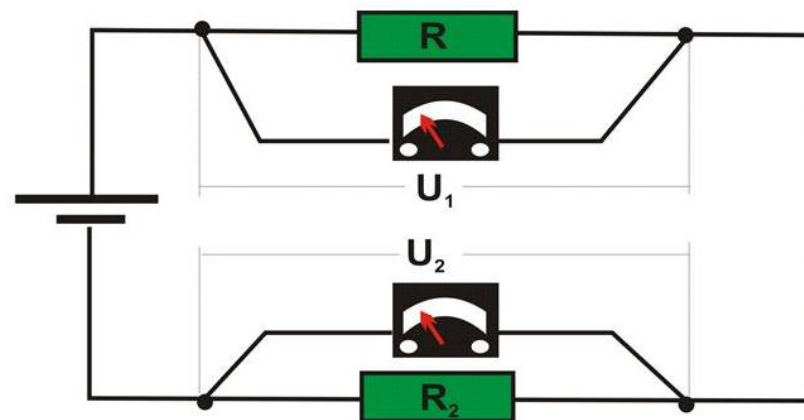
1.3. Om va Kirxgof qonunlari.



10-rasm.

Butun zanjir uchun Om qonuni

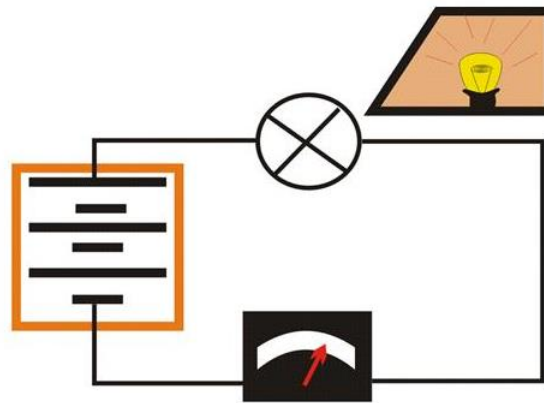
Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni



11-rasm.

Kirxgof qonunlari:

Gustav Robert Kirxgof (1824-1887) Germaniyalik nemis olimi. U oddiy elektr zanjirida elektr zaryadlar harakatini, ya’ni manbadan elektr lampagacha va elektr lampadan manbagacha bo’lgan masofada zaryadlar harakatini kuzatdi.



12-rasm.

Kirxgofning 1- qonuni (Toklar qonuni):

Kirxgofning 1-qonuni tugunga kelayotgan va tugundan chiqib ketayotgan toklarning munosabatlarini belgilaydi.

Shunga asosan Kirxgofning 1-qonunining ikkita ta’rifi mavjud. Bu ta’riflar bilan keyingi slaydda tanishamiz.

Kirxgofning 1-qonuni:

1-ta’rif: Tugunga kelayotgan toklar yig’indisi tugundan chiqib ketayotgan toklar yig’indisiga teng:

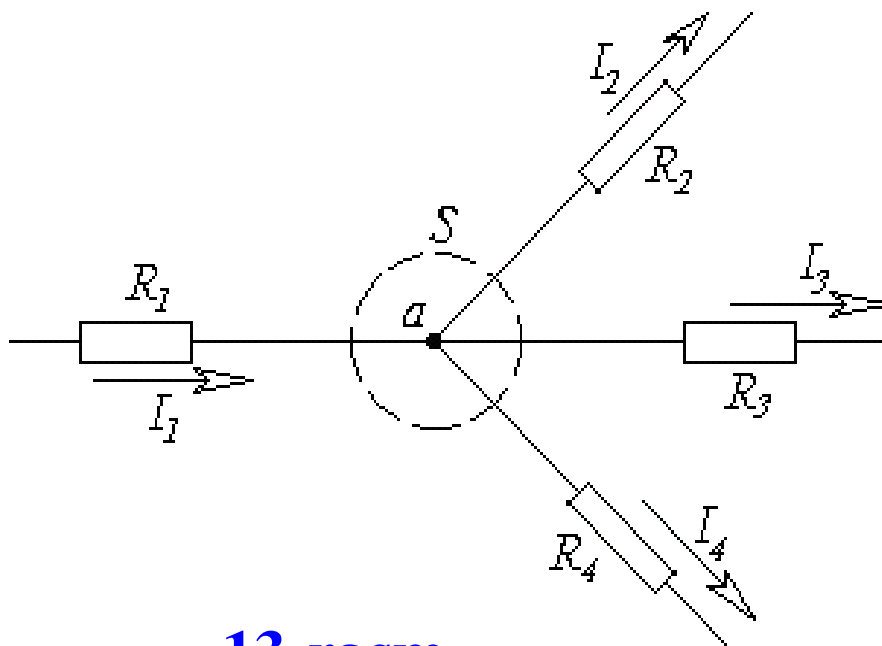
$$\sum_{i=1}^m I_i = \sum_{j=1}^q I_j. \quad (2.4)$$

2-ta’rif: Tugundagi toklarning algebraik yig’indisi nolga teng:

$$\sum_{k=1}^m I_k = 0 \quad (2.5)$$

Misol:

Quyidagi rasmda elektr zanjirning *a* tuguni ko'rsatilgan. Agar *a* tugunga kiruvchi toklar musbat ishora bilan olinsa, tugundan chiquvchi toklar ishorasi manfiy olinadi (yoki aksincha).



13-rasm

1-ta'rifga asosan:

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

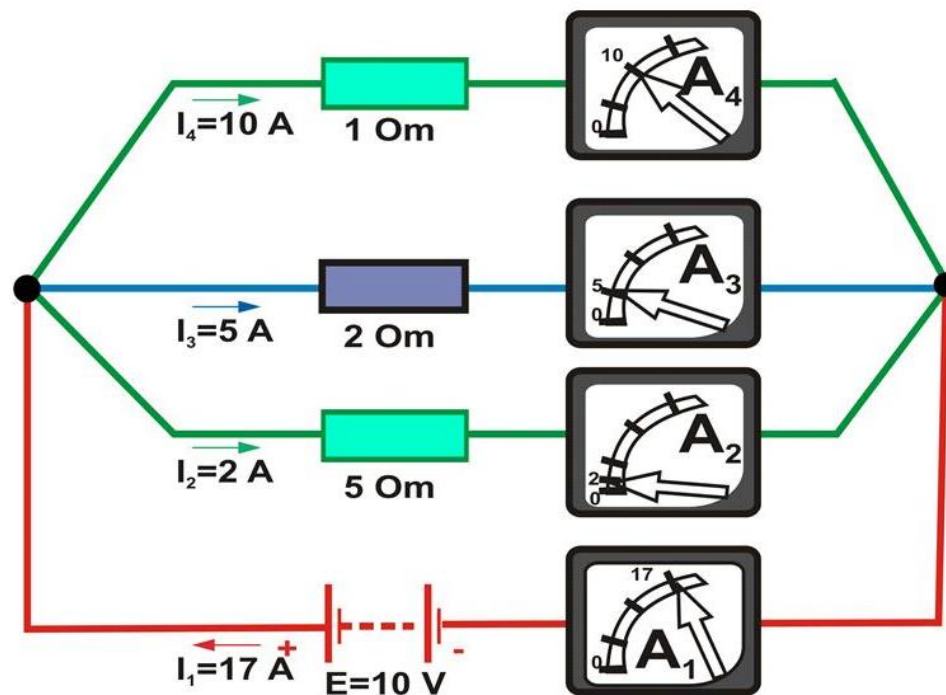
2-ta'rifga asosan:

$$I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

Izoh: Kirxgof 1-qonunining fizik ma'nosi shundan iboratki elektr zanjirining tugunida zaryadlarning harakati uzluksizdir va unda zaryadlar to'planib qolmaydi.

Kirxgof qoninlari

Kirxgoffning 1 - qonuni:



15-rasm.

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

Kirxgofning 2-qonuni (Kuchlanishlar qonuni):

Kirxgofning 2-qonuni EYUK va zanjirning barcha qarshiliklarida kuchlanishlar tushuvi o'rtasida bog'liqlikni belgilaydi.

Ta'rif: Zanjirdagi barcha EYUK larning algebraik yig'indisi shu konturdagi qarshiliklarda kuchlanishlar tushuvining algebraik yig'indisiga teng.

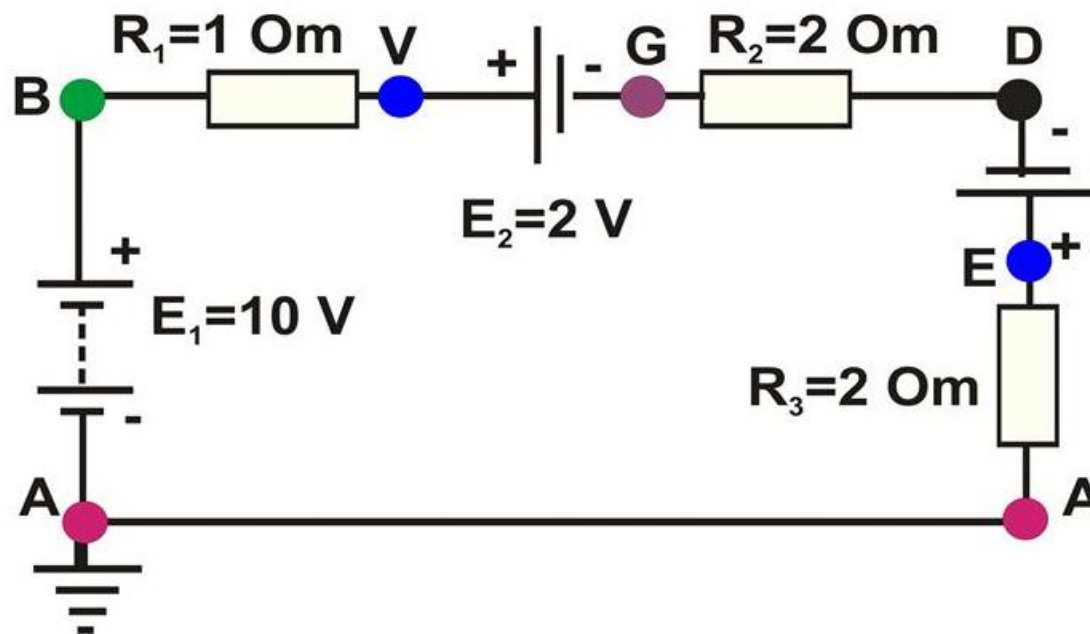
$$\sum_{i=1}^m E_i = \sum_{k=1}^n R_k I_k \quad (2.6)$$

Agar konturni aylanib chiqish yo'nalishi bilan tok yoki **EYUK** yo'nalishi bir xil bo'lsa, u holda yig'indiga tegishli tashkil etuvchilar "**musbat**" ishora bilan, aks holda esa "**manfiy**" ishora bilan kiradi.

Kirxgofning 2-qonunini boshqa ko'rinishda yozish ham mumkin: zanjirning ixtiyoriy konturida kuchlanishlarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$\sum_{k=1}^n U_k = 0. \quad (2.7)$$

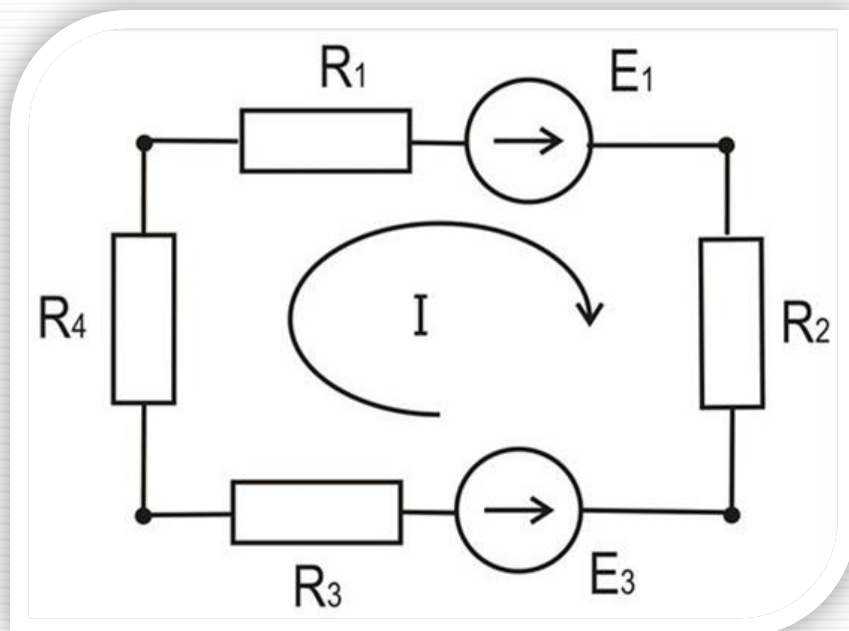
Misol:



16-rasm

$$E_1 - E_2 + E_3 = I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_1 R_3$$

Misol: Quyidagi berilgan zanjir uchun tokni hisoblash ifodasini yozing.



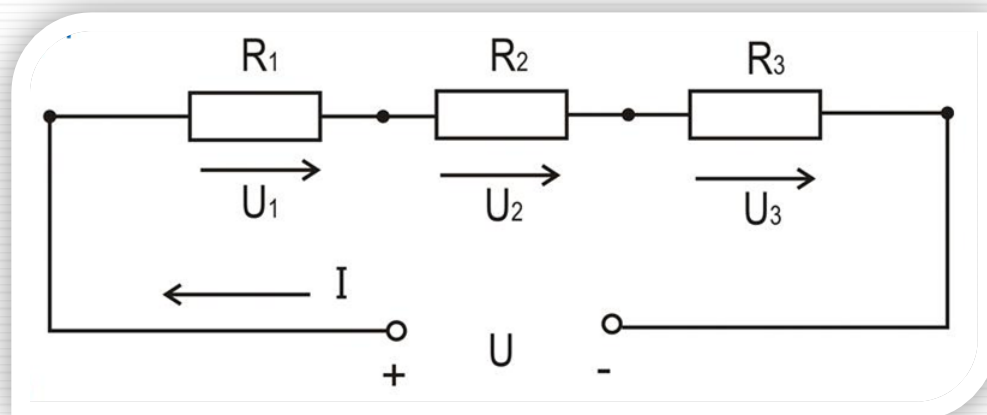
$$I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 + I \cdot R_4 = E_1 - E_3$$

$$I = \frac{E_1 - E_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

1.4. Elektr zanjirlarini hisoblash usullari.

1.4.1. Qarshiliklari ketma-ket ulangan zanjir.

Agar hamma elementlardan bir xil tok (bir xil qiymatga ega) o'tsa bunday zanjirlar ketma-ket ulangan deyiladi (17-rasm).



17-rasm

Kirxgofning 2-qonuniga binoan:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$IR_{ekv} = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

Ushbu ifodaning chap va o'ng tomonlarini I ga qisqartirsak ketma – ket ulangan elektr zanjirining ekvivalent (umumiy) qarshiligini topish mumkin.

$$R_{ekv} = R_1 + R_2 + R_3$$

1.4. Elektr zanjirlarini hisoblash usullari.

Om qonuniga asosan elektr zanjiridan o'tayotgan tok:

$$I = \frac{E}{(R_1 + R_2 + R_3)} \quad (2.8)$$

Yuqorida keltirilgan (2.8) ifodaning chap va o'ng tomonlarini **I** ga ko'paytirsak quyidagiga ega bo'lamiz:

$$IU = IU_1 + IU_2 + IU_3 \quad (2.9)$$

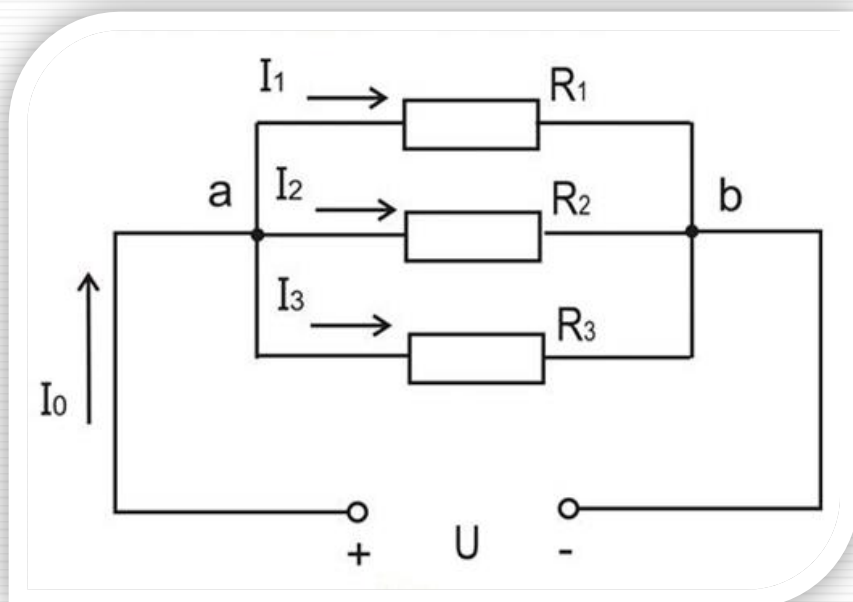
yoki

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

(2.9) ifoda zanjirning **umumiy quvvatini** hisoblash ifodasidir hamda bu ifoda **energiyaning saqlanish qonunini** ifoda etadi.

1.4.2. Qarshiliklari parallel ulangan zanjir.

Agar barcha elementlarining qismlarida bir xil kuchlanish bo'lsa bunday ulangan zanjir parallel ulangan zanjir deyiladi:



18-rasm

18-rasmda parallel ulangan zanjir keltirilgan.

Kirxgofning 1-qonuniga binoan:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2.10)$$

yoki **Om** qonuniga asosan:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Umumiy tokni esa quyidagi ko'rinishda yozish mumkin: $I_0 = \frac{U}{R_{ekv}}$

$$\frac{U}{R_{ekv}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \quad \text{yoki} \quad \frac{1}{R_{ekv}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2.11)$$

Yoki qarshilikka teskari bo'lgan kattalik o'tkazuvchanlik deyiladi va quyidagicha yoziladi:

$$G_{ekv} = G_1 + G_2 + G_3 \quad (2.12)$$

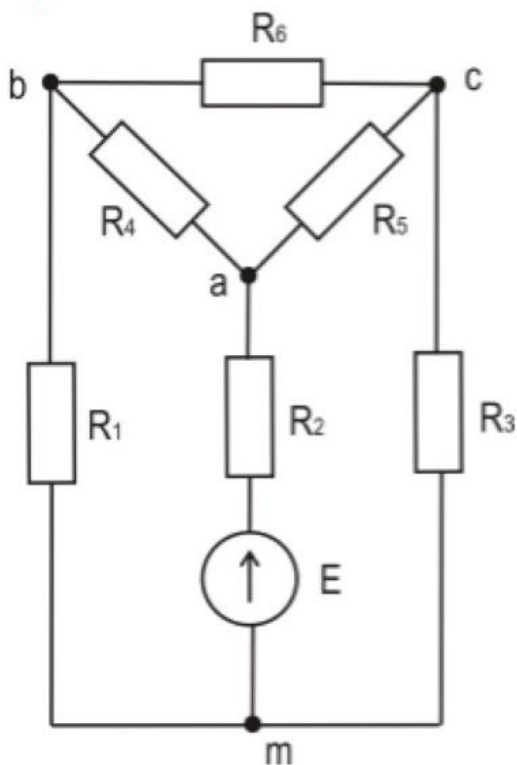
1.4.3. Qarshiliklari aralash ulangan zanjir.

Agar elektr zanjir ketma-ket va parallel ulangan qismlardan iborat bo'lsa bunday zanjirlar **aralash** ulangan deyiladi:

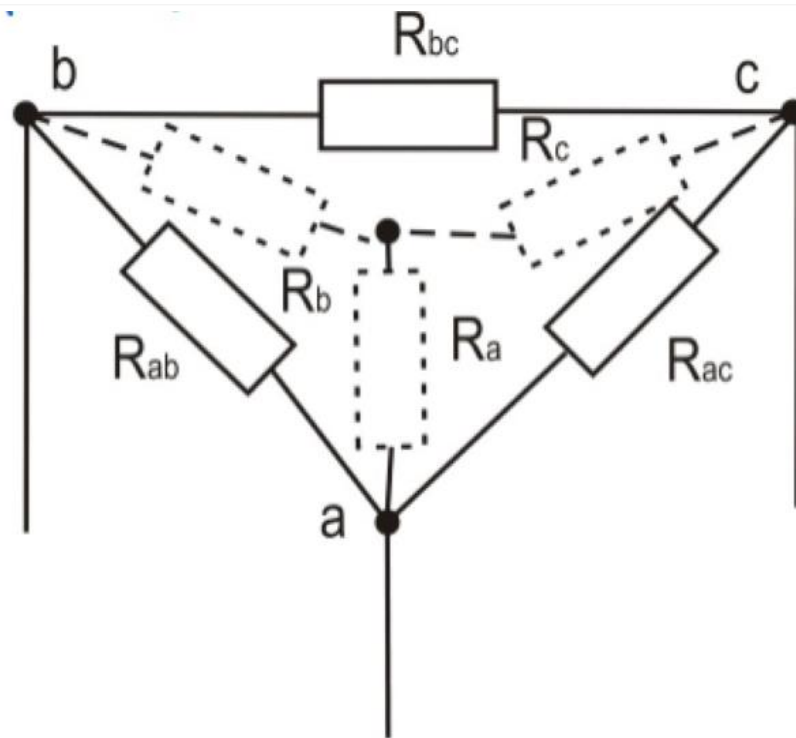
Elektr zanjirida bunday kombinatsiyalar juda ko'p uchraydi. Shuning uchun ekvivalent qarshilikni topishning umumiy shakli yo'q. Bunday zanjirlarni hisoblashda elektr zanjiri **ketma-ket va parallel** qismlarga ajratiladi hamda oldingi bo'limlardagi formulalardan foydalaniladi.

Agar elektr zanjirida bitta energiya manbai bo'lsa bunday zanjir oddiy elektr zanjiri deb ataladi. Bunday zanjirlarda iste'molchilar ketma-ket yoki parallel ulangan hamda bir nechta bo'lishi mumkin. Agar generatorning **EYUK** ichki qarshiligi r_i va iste'molchilar qarshiliklari ma'lum bo'lsa zanjirning barcha qismlaridagi toklarni **elektr zanjirini o'zgartirish** yoki yoki **proporsional kattaliklar** usullari yordamida hisoblash mumkin.

Elektr zanjirini o'zgartirish usuli: Bu usulning mohiyati shundan iboratki ketma-ket yoki parallel ulangan qarshiliklar ekvivalent qarshiliklarga R_{ekv} almashtiriladi.



19-rasm.



20-rasm.

1.4.3. Qarshiliklari aralash ulangan zanjirlar (davomi):

19-rasmda R_4 , R_5 , R_6 qarshiliklar o'zaro uchburchak (Δ) sxemada ulangan yoki R_2 , R_4 va R_5 lar esa yulduz (Y) sxemasida ulangan. Agar ushbu sxemada Δ dan Y sxemasig o'zgartirilsa sxema juda soddalashadi.

Uchburchakni (Δ) yulduzga (Y) o'zgartirish formulalari:

$$R_a = \frac{R_{ab} \cdot R_{ac}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$

$$R_b = \frac{R_{ab} \cdot R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$

$$R_c = \frac{R_{ac} \cdot R_{cb}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$

(2.13)

1.4.3. Qarshiliklari aralash ulangan zanjirlar (davomi):

Yulduzdan (**Y**) uchburchakka (**Δ**) o'zgartirish formulalari:

$$R_{ab} = R_a + R_b + \frac{R_a \cdot R_b}{R_c}$$

$$R_{bc} = R_c + R_b + \frac{R_c \cdot R_b}{R_a}$$

(2.14)

$$R_{ca} = R_a + R_c + \frac{R_a \cdot R_c}{R_b}$$

Proporsional kattaliklar usuli:

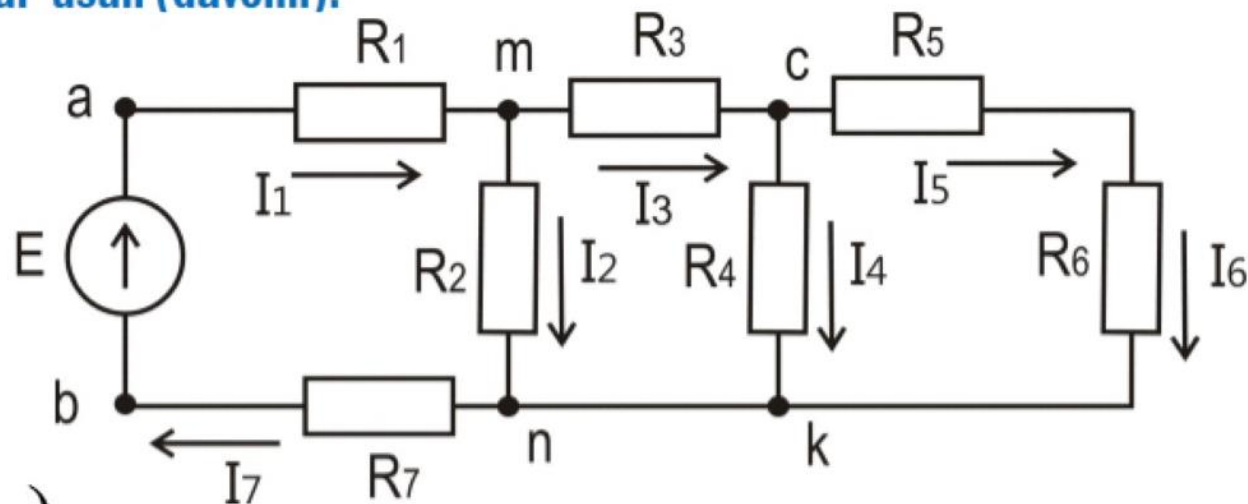
Bu uslning mohiyati shundan iboratki, EYUK manbaidan eng uzoqda joylashgan tarmoqlardan biridagi tok ixtiyoriy ravishda tanlanadi. Keyin esa barcha tarmoqdagi toklar topiladi va shu toklar asosida EYUK ning qiymati **E'** hisoblanadi. EYUK ning haqiqiy qiymati **E** va hisoblangan qiymati asosida proporsionallik koeffisienti hisoblanadi.

Misol:

Quyidagi elektr zanjiri proporsional kattaliklar usulidan foydalanib hisoblang.

Proporsional kattaliklar usuli (davomi):

21-rasm.



$$I_5 = I_6 = 1A$$

$$U_{ck} = I_5(R_5 + R_6)$$

$$I_4 = U_{ck}/R_4$$

$$I_3 = I_4 + I_5$$

$$U_{mc} = I_3 \cdot R_3$$

$$U_{mn} = U_{mc} + U_{ck}$$

$$I_2 = U_{mn}/R_2$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 = I_7$$

$$E' = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 + I_7 \cdot R_7$$

$$k = E/E'$$

$$I_{1\text{haqiqiy}} = k \cdot I_1$$

1.5. Murakkab tok zanjirlari va ularni hisoblash usullari

Murakkab elektr zanjiri deb ikkita yoki undan ortiq elektr manбайдan iborat tarmoqlangan elektr zanjiriga aytiladi.

Kirxgof qonunlari yordamida har qanday murakkab zanjirlarni hisoblash mumkin. Buning uchun esa quyidagi tartibga rioya qilish zarur:

1. Berilgan zanjirda tarmoq, tugun va konturlar sonini aniqlash zarur.
2. Barcha tarmoqlardagi toklarga ixtiyoriy yo'nalish beriladi hamda konturlar aylanish yo'nalishi ham tanlanadi (soat mili yo'nalishida yoki unga teskari).
3. Kirxgofning 1-qonuni bo'yicha **$n-1$** ta tenglamalar tuziladi. Bu erda **n** tugunlar soni. Har qanday tugunga tenglama tuzish mumkin. Ammo shunga e'tibor berish zarurki Kirxgofning 1-qonuni bo'yicha tuzilgan tenglamalar soni tugunlar sonidan 1 ta kam bo'lishi kerak. Haqiqatan har bir tarmoq 2 ta tugunni bog'laydi. Shuning uchun tokning qiymati bitta tugunga **+** ishora bilan kirsa ikkinchi tugunga **-** ishora bilan kiradi.

1.5. Murakkab tok zanjirlari va ularni hisoblash usullari

4. Zanjirdagi konturlar soni aniqlanadi. Keyin esa **Kirxgofning 2-qonuni** asosida shu konturlarga tenglamalar tuziladi. **Kirxgofning 2-qonuni** asosida tuzilgan tenglamalar soni konturlar soniga teng bo'lishi kerak.

5. Hosil qilingan zanjirning muvozanat tenglamalar sistemasiga son qiymatlar kiritiladi va noma'lumlar har qanday qulay usul bilan topiladi.

6. Musbat ishora bilan topilgan toklar toklarning haqiqiy yo'nalishini belgilaydi. Manfiy ishora bilan topilgan toklar esa ularning haqiqiy yo'nalishiga teskaridir. Bu toklarning haqiqiy yo'nalishi sxemaga kiritilishi lozim.

7. Topilgan natijalar tekshiriladi. Bunda **Kirxgofning 1 va 2-qonunlari** hamda zanjirning **quvvatlar balansi** tenglamasi tekshiriladi.

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan manba quvvatining algebraik yig'indisi iste'molchilardagi quvvatlarning algebraik yig'indisiga teng.

Quvvatlar balansı tenglaması:

$$\sum_{i=1}^n E_i I_i = \sum_{j=1}^m I_j^2 R_j \quad (2.15)$$

Bu ifodada **EYUK** yoʻnalishi va tok yoʻnalishi mos kelsa tenglamadagi quvvat “**musbat**” ishora bilan (generator rejimi – zanjirga energiya beradi), aks holda esa “**manfiy**” ishora bilan (energiya isteʼmol qiladi) olinadi.

Agarda elektr zanjirida tarmoqlar soni **3** tadan ortsa tugun va konturlarga tuzilgan tenglamalar sistemasini yechish qiyinlashadi. Bunda elektr zanjirini soddalashtirish asosan 2 ta usulda amalga oshiriladi. Bular **ustma-ustlash (superpozitsiya)** va **yordamchi nomaʼlumlar kiritish** usullaridir.

Ustma-ustlash (superpozitsiya) usulida murakkab elektr zanjiri sodda zanjirga oʻzgartiriladi.

Yordamchi nomaʼlumlar kiritish bu **kontur toklar** va **tugun potentsiallar** usulidir. Bu usullarda tarmoqlar sonidan kam boʻlgan nomaʼlumlar kiritiladi.



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



E'TIBORINGIZ UCHUN RAHMAT!



DJALILOV
ANVAR
UROLOVICH



+ 998 71 237 19 65



aduuz@mail.ru



“Elektrotexnika va
mexatronika” kafedrası
dotsenti



@AnvarDjalilov