

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА УРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
НАВОИЙ КОН МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТИ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ
ЭНЕРГО-МЕХАНИКА ФАКУЛТЕТИ**

"ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ" КАФЕДРАСИ

**«ЭЛЕКТРОТЕХНИКАНИНГ НАЗАРИЙ
АСОСЛАРИ »
фанидан**

**«Ўзгармас ток занжирларини ҳисоблаш Ом ва Кирхгоф
қонунлари. Контур тоқлар усули» мавзусида
амалий иш**



**5520200 “Электрэнергетика” ва
521800 “Автоматлаштириш ва бошқариш”
таълим йўналиши талабалари учун**

Навоий - 2010 йил.

Ушбу амалий ишланма 5520200 “Электроэнергетика”(тармоқлар бўйича) таълим йўналиши талабалари учун мўлжалланган бўлиб, ўқув режа ва дастурда белгиланган мавзуда тажриба машгулотлари бажаришлар келтирилган.

Ушбу амалий ишланма «Электротехниканинг назарий асослари» узбек тили лотин графикасида тайёрланган бўлиб, Янги адабиётлар дарслар жамланмаси асосида муҳим ва керакли маълумотлар мажмуаси ҳосил қилинган.

Мавзу-2: Ўзгармас ток занжирларини ҳисоблаш Ом ва Кирхгоф қонунлари. Контур тоқлар усули.

Ишнинг мақсади: Ўзгармас ток электр занжирларида буладиган яъни кетма-кет параллел ва арлаш улаганда содир бўладиган жараёнларни Ом ва Кирхгоф қонунлари ёрдамида ҳисоблаш.

Режа:

1. Электр занжирлари учун Ом қонуни
2. Кирхгоф қонунлари.
3. Контур тоқлар усули.

Мураккаб электрзанжирларини анализ қилиш учун бир неча хил ҳисоблаш усулари қулланилиши мумкин. 1. Классик усул; 2. Контур тоқлар усули; 3. Ушлаш (суперпозиция) усули; 4. Тугун потенциаллари усули; 5. Эквивалентлар (муқобил) генератор (манба) усули;

Оддий ҳолда электр занжири уч қисмдан иборат бўлади: энергия манбаи, сѐѐмолчи, уловчи симлар. Лекин умумий ҳолда электр занжири бир неча манбаига ва истеъмолчиларга эга бўлиши мумкин. Реал электр занжири эса юқоридаги элементлардан ташқари улаб-узувчи (вўкључатель) қурилмалари қонтроль-улчаш приборлари, химоя приборлари (продехранитель) дан иборат бўлади. Фақат қизикли элементлардан иборат занжир - қизикли электр занжири деб аталади.

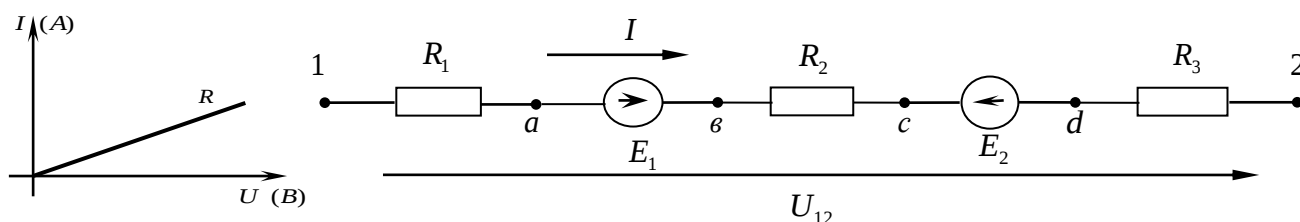
Ом қонунилари

Актив қаршилиги бўлган занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни

$$U_{ea} = U = RI \text{ (В)} \quad \text{ёки} \quad I = \frac{U}{R} \text{ (А)} \quad (1)$$

Бундан: $R = \frac{U}{I} \text{ (Ом)}; \quad g = \frac{1}{R} \left(\frac{1}{\text{Ом}} - \text{Сименс} \right) - \text{ўтказувчанлик} \quad (2)$

У ҳолда аршилиқ Вольт–Ампер ҳарактеристикаси $I = f(U)$ қизикли ўзгаради.



Электр тоқ занжирига манбага уланган ҳолда бутун занжир учун Ом қонуни қуйдагича тенглама билан ифодаланилади.

Потенциаллар тенгламасига асосан:

$$\varphi_d = \varphi_2 + R_3 I, \quad \varphi_c = \varphi_d + E_2, \quad \varphi_b = \varphi_c + R_2 I, \quad \varphi_a = \varphi_b - E_1, \quad \varphi_1 = \varphi_a + R_1 I$$

ёки

$$\varphi_1 = \varphi_2 + R_3 I + E_2 + R_2 I - E_1 + R_1 I, \quad \varphi_1 - \varphi_c = U_{12}$$

$$U_{12} = (R_1 + R_2 + R_3)I - E_1 + E_2$$

$$I = \frac{E_1 - E_2 + U_{12}}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Бундан:

Электр ток занжирлари учун Кирхгоф қонунлари.

Кирхгофнинг қонунлари электр ток занжирларини ҳисоблашда асосий қонунлардан бўлиб, барча ҳисоблаш усулларнинг ҳам негизи ҳисобланади.

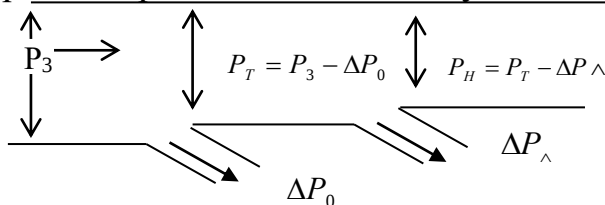
Кирхгоф қонунларига асосан ρ - тармоқ, q - тугундан ташкил топган электр ток занжирини ҳисоблаб тармоқ токлари учун $K = \rho - (q-1)$ тузилган тенгламани ечиш билан бажарилади.

Кирхгофнинг 1 – қонуни: $\sum I = 0$ - тармоқ тоқларининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

Кирхгофнинг 2 – қонуни: $\sum E = \sum RI$ - контур э.ю.к алгебраик йиғиндиси шу контурга кирувчи қаршилиқлардаги кучланишларнинг алгебраик йиғиндиси

Масала ечиш.

Масала-1 . Ички қаршилиқ 0,5 Ом, электр юритувчи кучи 150 В бўлган ўзгармас ток генераторининг қисмаларига икки симли узатиш линияси орқали қаршилиги 11,56 Ом бўлган юклама уланган (1– расм).



1 – расм

Узатиш линияси алюминий симлардан иборат бўлиб, унинг параметрлари қуйидагича: узунлиги $l=200$ м, кундаланг кесими $S=4$ мм²

солиштирма қаршилиги $\rho = 0,0294 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$. Берилган катталиқлар асосида қуйидагилар аниқлансин:

- 1) занжирдаги ток — I ; 2) генератор қисмаларидаги кучланиш — U ;
- 3) юклама қисмаларидаги кучланиш — U_H ; 4) генераторнинг электромагнит қуввати— P_3 ; 5) генераторнинг ичида сарфланаётган қувват исрофи — ΔP_0 ; 6) узатиш линиясидаги қувват исрофи— ΔP_L ; 7) юклама истеъмол қилаётган қувват— P_H ; 8) занжирнинг қувватлар мувозанати.

Ечиш. Узатиш линиясининг қаршилиги

$$R_L = \rho \frac{2l}{S} = 0,0294 \frac{2 \cdot 200}{4} = 2,94 \text{ Ом}$$

Занжирнинг умумий қаршилиги ва Ом қонунига биноан занжирдаги ток

$$R = r_0 + R_L + R_H = 0,5 + 2,94 + 11,56 = 15 \text{ Ом.} \quad I = \frac{E}{R} = \frac{150}{15} = 10 \text{ А}$$

Генератор ва юклама қисмаларидаги кучланиш

$$U_r = E - I \cdot r_0 = 150 - 10 \cdot 0,5 = 145 \text{ В.} \quad U_H = U_r - I \cdot R_L = 145 - 10 \cdot 2,94 = 115,6 \text{ В.}$$

Генераторнинг электромагнит қуввати ва ичида сарфланаётган қувват исрофи

$$P_3 = E \cdot I = 150 \cdot 10 = 1500 \text{ Вт} = 1,5 \text{ кВт.} \quad \Delta P_0 = I^2 \cdot r_0 = 10^2 \cdot 0,5 = 50 \text{ Вт.}$$

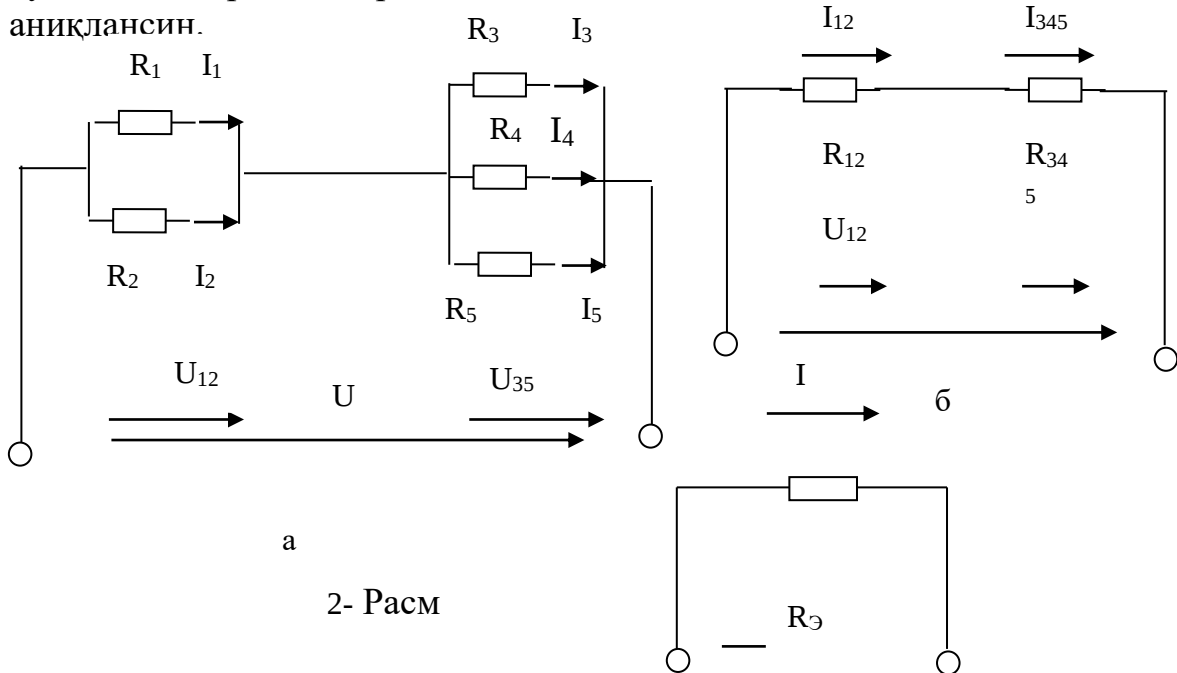
Узатиш линиясидаги қувват исрофи ва юклама истеъмол қилаётган қувват

$$\Delta P_{\text{Л}} = I^2 * R_{\text{Л}} = 10^2 * 2,94 = 294 \text{ Вт. } P_{\text{Н}} = U_{\text{Н}} * I = 115,6 * 10 = 1156 \text{ Вт} = 1,156 \text{ кВт.}$$

Занжирдаги қувватлар мувозанати

$$P_{\text{э}} = \Delta P_0 + \Delta P_{\text{Л}} + P_{\text{Н}} = 50 + 294 + 1156 = 1500 \text{ Вт} = 1,5 \text{ кВт.}$$

Масала-2. 2- расм, а да кўрсатилган мураккаб электр занжири учун қуйидагилар: $U=36 \text{ В}$, $R_1=8\text{Ом}$, $R_2=2\text{Ом}$, $R_3=R_4=5 \text{ Ом}$, $R_5 = 10 \text{ Ом}$ маълум бўлса, занжирнинг тармоқларидаги I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5 токларнинг қиймати аниқлансин.



2- Расм

Ечиш. Занжирдаги R_1 ва R_2 қаршиликлар ўз-ўзаро параллел улангани учун уларнинг эквивалент қаршилиги

$$R_{1,2} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 * 2}{8 + 2} = 1,6 \text{ Ом}$$

R_3, R_4, R_5 қаршиликлар ўзаро параллел улангани учун уларнинг эквивалент ўтказувчанлиги

$$G = \frac{1}{R_{3,4,5}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ Ом}$$

$$\text{Бундан } R_{3,4,5} = \frac{1}{G_{\text{э}}} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ Ом}$$

Қаршиликлар $R_{1,2}$ ва $R_{3,4,5}$ ўзаро кетма-кет улангани учун (2- расм, б) занжирнинг эквивалент қаршилиги (2- расм, в);

$$R_{\text{э}} = R_{1,2} + R_{3,4,5} = 1,6 + 2 = 3,6 \text{ Ом.}$$

$$I = \frac{U}{R_{\text{э}}} = \frac{36}{3,6} = 10 \text{ А}$$

У ҳолда занжирдаги ток

Занжирнинг қисмларидаги кучланишлар эса

$$U_{1,2} = I * R_{1,2} = 10 * 1,6 = 16 \text{ В; } U_{3,4,5} = I * R_{3,4,5} = 10 * 2 = 20 \text{ В}$$

У ҳолда тармоқлардаги тоқларнинг қиймати:

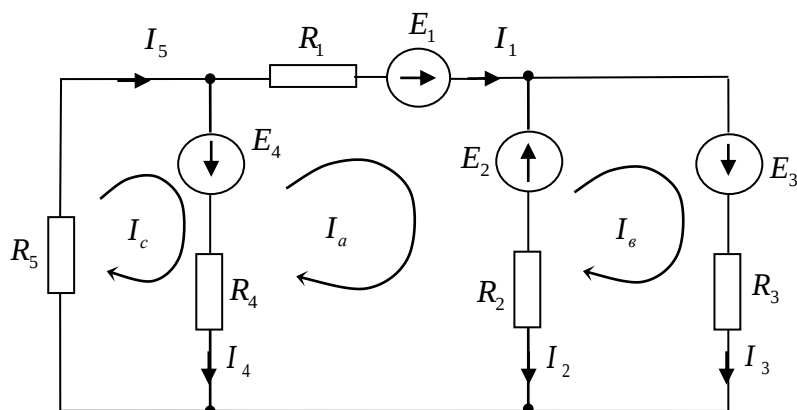
$$I_1 = \frac{U_{1,2}}{R_1} = \frac{16}{8} = 2 \text{ А} \quad I_1 = \frac{U_{1,2}}{R_2} = \frac{16}{8} = 8 \text{ А}$$

$$I_3 = I_4 = \frac{U_{3,4,5}}{R_3} = \frac{20}{5} = 4 \quad I_5 = \frac{U_{3,4,5}}{R_5} = \frac{20}{10} = 2 \text{ А}$$

Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5; \quad 2 + 8 = 4 + 4 + 2; \quad 10 \text{ А} = 10 \text{ А}.$$

Масала 3. Берилган схема параметрлари: $R_1=5 \text{ Ом}$, $R_2=R_3=10 \text{ Ом}$, $R_4=5 \text{ Ом}$, $R_5=3 \text{ Ом}$, э.ю.к лари $E_1 = 70 \text{ В}$, $E_2 = 5 \text{ В}$, $E_3 = 15 \text{ В}$, $E_4 = 10 \text{ В}$ тенг. Контурли тоқ усулига асосан тармоқ тоқлари аниқлансин.



Ечиш: Берилган электр тоқ схемаси 3 та контурдан ташкил топган бўлганлиги учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосан контур тоқлари йўналиш бўйинча учта тенглама тузамиз:

$$\left. \begin{aligned} R_{11}I_a - R_{12}I_b - R_{13}I_c &= E_a \\ -R_{21}I_a + R_{22}I_b + R_{23}I_c &= E_b \\ R_{31}I_a - R_{32}I_b - R_{33}I_c &= E_c \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Контур қаршиликларини топамиз:

$$R_{11} = R_1 + R_2 + R_4 = 20 \text{ } \hat{\Omega} \quad R_{22} = R_2 + R_3 = 20 \text{ } \hat{\Omega} \quad R_{33} = R_4 + R_5 = 8 \text{ } \hat{\Omega}$$

Контурлараро қаршиликларни топамиз:

$$R_{12} = R_{21} = R_2 = 10 \text{ } \hat{\Omega} \quad R_{23} = R_{32} = 0 \quad R_{13} = R_{31} = R_4 = 5 \text{ } \hat{\Omega}$$

Контурга кировчи э.ю.к ларни қийматини аниқлаймиз:

$$E_a = E_1 - E_4 - E_2 = 70 - 10 - 5 = 55 \text{ В} \quad E_b = E_2 + E_3 = 5 + 15 = 20 \text{ В} \quad E_c = E_4 = 10 \text{ В}$$

Параметр қийматларини (1) тенгламага асосан детерминант усулига асосан тенглама тузамиз:

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_{11} & -R_{12} & -R_{13} \\ -R_{12} & R_{22} & -R_{23} \\ -R_{13} & -R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 20 & -10 & -5 \\ -10 & 20 & 0 \\ -5 & -10 & 8 \end{vmatrix} = 1900 \text{ (Ом)}$$

$$\Delta_a = \begin{vmatrix} E_a & -R_{12} & -R_{13} \\ E_b & R_{22} & -R_{23} \\ E_c & -R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 55 & -10 & -5 \\ 20 & 20 & 0 \\ 10 & -10 & 8 \end{vmatrix} = 11400 \text{ (В)}$$

$$\Delta_e = \begin{vmatrix} R_{11} & E_a & -R_{13} \\ -R_{21} & E_e & -R_{23} \\ -R_{31} & E_c & +R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 20 & 55 & -5 \\ -10 & 20 & -0 \\ -5 & 10 & 8 \end{vmatrix} = 7600 \text{ (B)}$$

$$\Delta_c = \begin{vmatrix} R_{11} & -R_{12} & E_a \\ -R_{21} & +R_{22} & E_e \\ -R_{31} & -R_{32} & E_c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 20 & -10 & 55 \\ -10 & 20 & 20 \\ -5 & -0 & 10 \end{vmatrix} = 9500 \text{ (B)}$$

Контур тоқларини аниқлаймиз:

$$I_a = \frac{\Delta_a}{\Delta} = \frac{11400}{1900} = 6 \text{ A} \quad I_e = \frac{\Delta_e}{\Delta} = \frac{7600}{1900} = 4 \text{ A} \quad I_c = \frac{\Delta_c}{\Delta} = \frac{9500}{1900} = 5 \text{ A}$$

Контур тоқлари орқали тармоқ тоқларини топамиз:

$$I_1 = I_a = 6 \text{ A}; \quad I_2 = I_a - I_e = 6 - 4 = 2 \text{ A};$$

$$I_3 = I_2 = 4 \text{ A}; \quad I_4 = I_a - I_c = 1 \text{ A}; \quad I_5 = I_c = 5 \text{ A}$$

Масала-4. 3- расм, а да кўрсатилган электр занжири учун $E_1 = 100 \text{ В}$; $E_2 = 70 \text{ В}$; $E_3 = 92 \text{ В}$; $R_1 = 7 \text{ Ом}$; $R_2 = 9 \text{ Ом}$; $R_3 = 9,5 \text{ Ом}$; $R_4 = 2 \text{ Ом}$; $R_5 = 6 \text{ Ом}$; $R_6 = R_7 = 7 \text{ Ом}$; $R_8 = 8 \text{ Ом}$ эканлиги маълум бўлса, Кирхгоф қонунларини бевосита қўллаш усули ёрдамида занжирдаги тоқларнинг тақсимланиши аниқлансин.

Ечиш. Аввал R_4 , R_5 , R_6 ва R_7 , R_8 қаршилиқларнинг эквивалент қаршилигини аниқлаб, берилган схемани соддароқ, кўринишга (3- расм, б) келтирамиз:

$$R_{11} = 7 + 7 + 8 = 22 \text{ Ом} \quad R_{33} = 7 + 9,5 + 2 + 6 = 18 \text{ Ом}.$$

ЭЮК лар (E_1 , E_2 , E_3) ва тармоқлардаги тоқлар (I_1 , I_2 , I_3) нинг ихтиёрий мусбат йўналишларини 3- расм, б да курсатилгандек қабул қиламиз. Сунгра ЭЮК ва қаршилиқларнинг маълум қийматларини тенгламалар системасига кўямиз:

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 &= I_3 \\ 30 &= 22I_1 - 9I_2 \\ 162 &= 9I_2 + 18I_3 \end{aligned}$$

Мазкур тенгламалар системасини ечиб, $I_1 = 3 \text{ А}$, $I_2 = 4 \text{ А}$ ва $I_3 = 7 \text{ А}$ эканлигини топамиз.

Демак, аниқланган барча тоқларнинг ишораси мусбат бўлиб чиқди, чунки тармоқлардаги тоқларнинг ҳақиқий йўналиши уларнинг 3б-расмда кўрсатилган йўналишларига мос келди. I_3 токи ўзаро параллел бўлган R_4 ва R_5 тармоқларда тақсимланиб, уларнинг қаршилигига тескари пропорционал равишда ўзгаради, яъни:

$$I_4 = I_3 \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} = 7 \cdot \frac{6}{8} = \frac{21}{4} = 5,25 \text{ А} \quad I_5 = I_3 \cdot \frac{R_4}{R_4 + R_5} = 7 \cdot \frac{2}{8} = \frac{7}{4} = 1,75 \text{ А}$$

Масала 5. Икки контурли электр ток занжири манба кучланишлари: $E_1 = 8 \text{ В}$, $E_2 = 6 \text{ В}$, $E_3 = 36 \text{ В}$ қаршилиқлари: $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 1 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$, $R_{01} = 1,3 \text{ Ом}$, $R_{03} = 1,2 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$, $R_5 = 8 \text{ Ом}$ тенг. Контурли ток ва тугунлараро кучланишлар усулига асосан тармоқ тоқлари, вольтметр кучланиши ва қувватлар баланси аниқлансин.

Ечиш: Мустақил контурлардаги контур токлари I_a, I_e йўналишларини белгилаймиз.

Кирхгофнинг 2- қонунига асосан, контур тоқлар тенгламаси қуйидагича ифодаланади:

$$\left. \begin{aligned} R_{11} \cdot I_a - R_{12} \cdot I_e &= E_{11} \\ -R_{21} \cdot I_a + R_{22} \cdot I_e &= E_{22} \end{aligned} \right\}$$

Бу ерда: R_{11}, R_{22} – контурларнинг хусусий қаршиликлари.

$$R_{11} = R_1 + R_{01} + R_2 + R_4 \quad R_{22} = R_1 + R_{01} + R_3 + R_{03} + R_5$$

$R_{12} = R_{21}$ – контурлараро қаршилик: $R_{12} = R_{21} = R_1 + R_{01}$

E_{11} ва E_{22} – мос контурга алақодор бўлган манбаларнинг ЭЮК ларнинг алгебрик йиғиндиси.

Бу ҳолда, агар манбаи э.ю.к йўналиши билан контур токи йўналиш мос бўлса, унинг ишораси мусбат олинади ва аксинча манфий ишорали олинади.

Шунга асосан:

$$E_{11} = E_2 - E_1 \quad E_{22} = E_1 - E_3$$

Тенгламаларга сон қийматларини қўйсак :

$$\left. \begin{aligned} (3+1,3+6+2) \cdot I_a - (3+1,3) \cdot I_e &= 6-8 \\ -(3+1,3) \cdot I_a + (3+1,3+1+1,2) \cdot I_e &= 8-36 \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} 12,3 \cdot I_a - 4,3 \cdot I_e &= -2 \\ -4,3 \cdot I_a + 14,5 \cdot I_e &= -28 \end{aligned} \quad \text{ёки:}$$

Тенгламалар системасини Крамер усулида ечамиз:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 12,3 & -4,3 \\ -4,3 & 14,5 \end{vmatrix} = 178,35 - 18,49 = 159,86$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -2 & -4,3 \\ -2,8 & 14,5 \end{vmatrix} = -29 - 120,4 = -149,4 \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 12,3 & -2 \\ -4,3 & -28 \end{vmatrix} = -344,4 - 8,6 = -353,0$$

$$I_a = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-149,4}{159,86} = -0,93 \text{ A} \quad I_e = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-353,0}{159,86} = -2,21 \text{ A}$$

Бундан:

Энди шахобчалардаги тоқларни аниқлаймиз:

$$I_1 = I_e - I_a = -2,21 - (-0,93) = -1,28 \text{ A}; \quad I_2 = I_a = -0,93 \text{ A}; \quad I_3 = -I_e = 2,21 \text{ A};$$

I_1 ва I_2 тоқларнинг минус ишорали бўлиши, уларнинг занжирдаги ҳақиқий йўналиши, биз қабул қилганга нисбатан тескари эканлигини ифодалайди.

Масала-6. Расмда кўрсатилган электр занжири учун қуйидагилар: $E_1=20$ В, $E_2=25$ В, $E_3=E_4=15$ В, $R_1=12$ Ом, $R_2=11$ Ом, $R_3=10$ Ом, $R_4=10$ Ом, $R_5=R_6=5$ Ом маълум бўлса, занжир тармоқларидаги тоқларнинг тақсимланиши контур токлари усули ёрдамида аниқлансин.

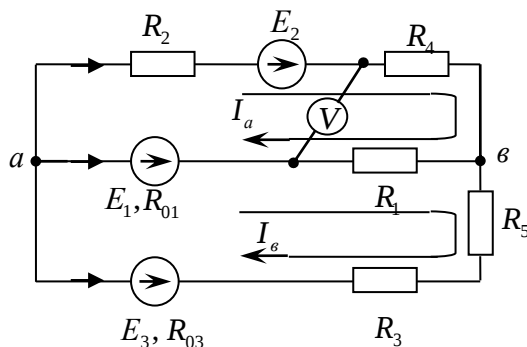
Ечиш. ЭЮК ларнинг, тармоқлардаги тоқларнинг, шунингдек контур тоқларининг йўналишини расмда кўрсатилгандек қабул қиламиз. Ҳар бир контур ЭЮК ларининг алгебраик йиғиндилари:

$$E_1=E_1=20 \text{ В}; \quad E_{11}=E_3=25-15=10 \text{ В} \quad E_{11}=E_3+E_4=15+15=30 \text{ В}.$$

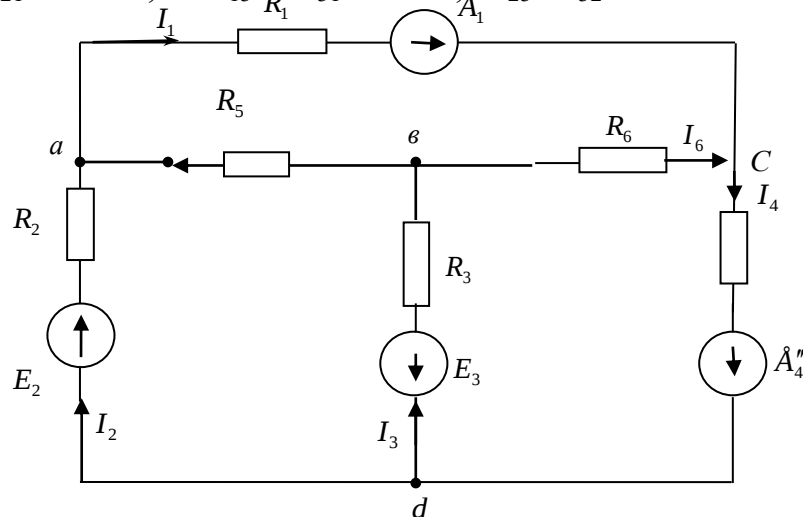
Ҳар бир контур қаршиликларининг йиғиндилари:

$$R_{11}=12+5+5=22 \text{ Ом} \quad R_{22}=11+10+5=26 \text{ Ом}; \quad R_{33}=10+10+5=25 \text{ Ом}.$$

Ёндош тармоқларнинг қаршиликлари:



$$R_{12} = R_{21} = -5 \text{ Ом}; \quad R_{13} = R_{31} = -5 \text{ Ом}; \quad R_{23} = R_{32} = -10 \text{ Ом}$$



Олинган ЭЮК ва қаршиликларнинг қийматларини (1.24) тенгламалар системасига қўямиз:

$$\begin{aligned} 22 \cdot I_1 - 5 \cdot I_{11} - 5 \cdot I_{111} &= 20 \\ -5 \cdot I_1 + 26 \cdot I_{11} - 10 \cdot I_{111} &= 10 \\ -5 \cdot I_1 - 10 \cdot I_{11} + 25 \cdot I_{111} &= 30 \end{aligned}$$

Мазкур тенгламалар системасининг бош аниқловчиси Δ ни топамиз.

$$\Delta = \begin{vmatrix} 22 & -5 & -5 \\ -5 & 26 & -10 \\ -5 & -10 & 25 \end{vmatrix} = 22 \cdot \begin{vmatrix} 26 & -10 \\ -10 & 25 \end{vmatrix} - 5 \cdot \begin{vmatrix} -5 & -10 \\ -5 & 25 \end{vmatrix} - 5 \cdot \begin{vmatrix} -5 & 26 \\ -5 & -10 \end{vmatrix} = 14300 - 2200 - 625 - 250 - 250 - 650 = 10325$$

Контур тоқларини аниқлаш учун бош аниқловчининг алгебраик тўлдирувчиларини топамиз.

$$\begin{aligned} \Delta_{11} &= \begin{vmatrix} 26 & -10 \\ 10 & 25 \end{vmatrix} = 650 - 100 = 550; & \Delta_{12} = \Delta_{21} &= - \begin{vmatrix} -5 & -10 \\ -5 & 25 \end{vmatrix} = -(-125 - 50) = 175; \\ \Delta_{22} &= \begin{vmatrix} 22 & -5 \\ -5 & 25 \end{vmatrix} = 550 - 25 = 525; & \Delta_{13} = \Delta_{31} &= \begin{vmatrix} -5 & 26 \\ -5 & -10 \end{vmatrix} = 50 + 130 = 180; \\ \Delta_{33} &= \begin{vmatrix} 22 & -5 \\ -5 & 26 \end{vmatrix} = 572 - 25 = 547; & \Delta_{23} = \Delta_{32} &= \begin{vmatrix} 22 & -5 \\ -5 & -10 \end{vmatrix} = -(-220 - 25) = 245. \end{aligned}$$

Аниқланган катталиклар ёрдамида контур тоқларини топамиз:

$$I_I = E_I \cdot \frac{\Delta_{11}}{\Delta} + E_{II} \cdot \frac{\Delta_{12}}{\Delta} + E_{III} \cdot \frac{\Delta_{13}}{\Delta} = 20 \cdot \frac{550}{10325} + 10 \cdot \frac{175}{10325} + 30 \cdot \frac{180}{10325} = 1,07 + 0,17 + 0,52 = 1,76 \text{ A}$$

$$I_{II} = E_I \cdot \frac{\Delta_{21}}{\Delta} + E_{II} \cdot \frac{\Delta_{22}}{\Delta} + E_{III} \cdot \frac{\Delta_{23}}{\Delta} = 20 \cdot \frac{175}{10325} + 10 \cdot \frac{525}{10325} + 30 \cdot \frac{245}{10325} = 0,34 + 0,51 + 0,71 = 1,56 \text{ A}$$

$$I_{III} = E_I \cdot \frac{\Delta_{31}}{\Delta} + E_{II} \cdot \frac{\Delta_{32}}{\Delta} + E_{III} \cdot \frac{\Delta_{33}}{\Delta} = 20 \cdot \frac{180}{10325} + 10 \cdot \frac{245}{10325} + 30 \cdot \frac{547}{10325} = 0,35 + 0,24 + 1,59 = 2,18 \text{ A}$$

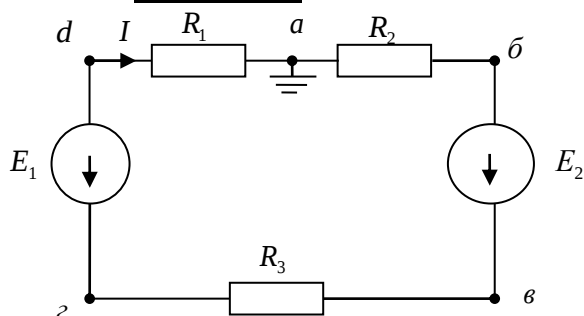
Контур тоқлари ёрдамида тармоқлардаги тоқларнинг ҳақиқий қийматини аниқлаймиз:

$I_1=I_1=1,76 \text{ A}$, $I_2=I_{11}=1,56 \text{ A}$, $I_3=I_{111}=I_{11}=2,18-1,56=0,62$, $I_4=I_{111}=2,18 \text{ A}$,
 $I_5=I_1-I_{11}=1,76-1,56=0,2 \text{ A}$, $I_6=I_{111}-I_1=2,18-1,76=0,42 \text{ A}$.

Демак, барча тармоқ токларининг қийматлари мусбат бўлгани туфайли 3-расмда кўрсатилган токларнинг йўналишлари ўзгаришсиз қолади.

Мустақил ечиш учун масалалар

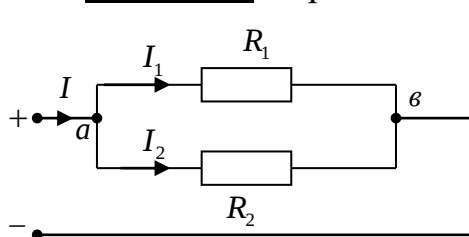
Масала 1. Кетма – кет схемада уланган электр ток занжир параметрлари:



$E_1=20 \text{ B}$, $E_2=12 \text{ B}$, $R_1=5 \text{ Ом}$, $R_2=6 \text{ Ом}$, $R_3=9 \text{ Ом}$ тенг. Тармоқ токи ва потенциаллари аниқланиб, потенциаллар диаграммаси тузилсин.

Жавоб: $I_6=0,4 \text{ A}$, $\varphi_A=0$, $\varphi_6=2,4 \text{ B}$, $\varphi_8=-14,4 \text{ B}$,
 $\varphi_2=-18 \text{ B}$, $\varphi_6=2 \text{ B}$

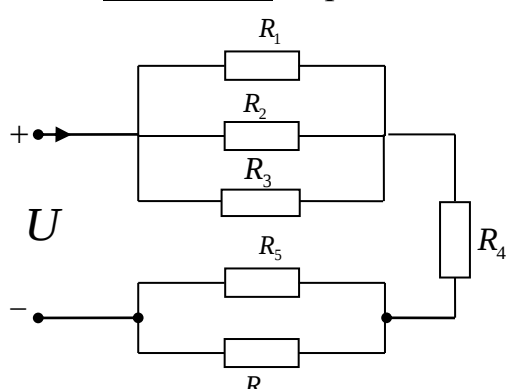
Масала 2. Параллелл схемада бириктирилган ток занжирларининг a ва $б$



тугун потенциалларидаги кучланиш $U_{ab}=60 \text{ B}$ бўлиб, кировчи тармоқ токи $I=1,5 \text{ A}$ ва қаршилик $R_2=120 \text{ Ом}$ тенг. Тармоқ токлари, R_1 қаршилиги ва эквивалент қаршилиги ҳисоблаб топилсин.

Жавоб: $R_1=60 \text{ Ом}$, $R_{\text{экв}}=40 \text{ Ом}$, $I_1=1 \text{ A}$,
 $I_2=0,5 \text{ A}$,

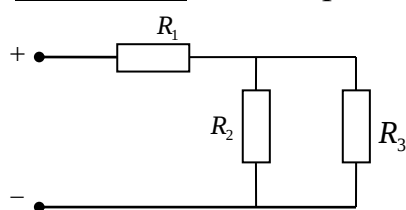
Масала 3. Аралаш схемада бириктирилган электр ток занжири $U=26 \text{ B}$



кучланишга уланган бўлиб, қаршилик параметрлари: $R_1=8 \text{ Ом}$, $R_2=14 \text{ Ом}$, $R_3=4 \text{ Ом}$, $R_4=5,16 \text{ Ом}$, $R_5=7,5 \text{ Ом}$, $R_6=5 \text{ Ом}$. Занжирнинг эквивалент қаршилиги ҳамда тармоқ токлари аниқлансин.

Жавоб: $R_{\text{экв}}=10,4 \text{ Ом}$, $I=2,5 \text{ A}$, $I_1=0,7 \text{ A}$,
 $I_2=0,4 \text{ A}$, $I_3=1,4 \text{ A}$, $I_5=1 \text{ A}$, $I_6=1,5 \text{ A}$,

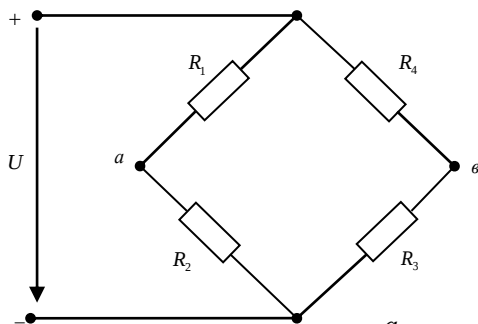
Масала 4. Электр ток занжири $U=60 \text{ B}$ кучланишга уланганда, $P=300$



Вт қувват сарфланади. Қаршилик параметрлари $R_2=15 \text{ Ом}$, $R_3=5 \text{ Ом}$ тенг бўлганда, R_1 қаршилик қиймати ва тармоқ токлари аниқлансин.

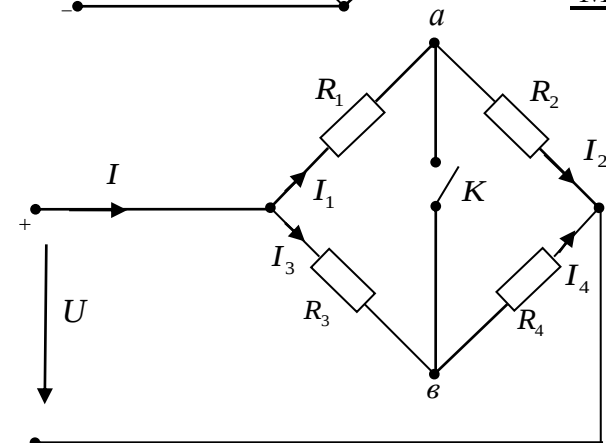
Жавоб: $R_1=8,25 \text{ Ом}$, $I_1=3,75 \text{ A}$, $I_2=1,25 \text{ A}$, $I=5 \text{ A}$,

Масала 5. Кўприк схемада уланган ток занжирининг қаршилик параметрлари $R_1=10\text{ Ом}$, $R_2=20\text{ Ом}$, $R_3=40\text{ Ом}$, $R_4=30\text{ Ом}$ бўлиб, $U=210\text{ В}$ кучланишга уланган. U_{ab} – потенциал кучланиши аниқлансин.



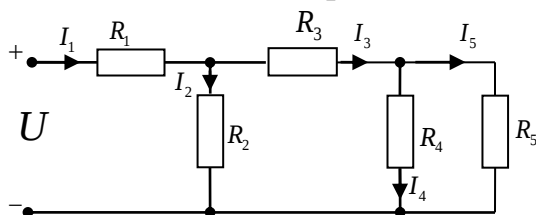
Жавоб: $U_{ab}=20\text{ В}$

Масала 6. Қаршиликлари кўприк схемада уланган ток занжирининг параметрлари: $R_1=10\text{ Ом}$, $R_2=20\text{ Ом}$, $R_3=40\text{ Ом}$, $R_4=30\text{ Ом}$ кучланиши $U=15,6\text{ В}$. Калит уланган ва узилган ҳоллар учун эквивалент қаршилик ва қаршиликлардан оқиб ўтувчи тоқлар қиймати аниқлансин.



Жавоб: а) $R_{\text{экв}}=8\text{ Ом}$, $I=1,95\text{ А}$, $I_1=I_2=0,65\text{ А}$, $I_3=I_4=1,3\text{ А}$,
 в) $R_{\text{экв}}=7,8\text{ Ом}$, $I=2\text{ А}$, $I_1=0,5\text{ А}$, $I_2=0,8\text{ А}$, $I_3=1,5\text{ А}$, $I_4=1,2\text{ А}$,

Масала 7. Аралаш схемада уланган электр ток занжири параметрлари: $R_1=50\text{ Ом}$, $R_2=80\text{ Ом}$, $R_3=20\text{ Ом}$, $R_4=30\text{ Ом}$, $R_5=60\text{ Ом}$ бўлиб, тўртинчи тармоқдан оқиб ўтувчи ток $I_4=0,2\text{ А}$ га тенг. Тармоқ тоқлари, занжир умумий кучланиши ва сарф бўладиган электр ток қуввати аниқлансин.



Жавоб: $U=34,5\text{ В}$, $P=15,5\text{ Вт}$

Масала 8. 1-7 масалада берилган схема параметрлари қийматлари бўйича $U=50\text{ В}$ кучланишга уланган. I_4 тармоқ тоқи аниқланиб, сарф бўладиган қувват аниқлансин. **Жавоб:** $P=32,5\text{ Вт}$, $I_4=290\text{ мА}$

Синов саволлари

1. Занжирнинг бир қисми ва бутун занжир учун Ом қонунини ёзинг.
2. Электр занжирлари учун Кирхгоф қонунларини ифодалаб беринг.
3. Электр ток қуввати, (актив қувват) қандай ифодаланади ва нимада ўлчанади?
4. Электр ўлчов асбоблари: амперметр, вольтметр ва ваттметрлар электр схемасига қандай уланади?
5. Электр манбаи ташқи характеристикасини чизинг ва изох беринг. Қисқа туташув ва салт ҳолат деганда нима тушунаси?

Потенциал диаграмма нима ва қандай қурилади?

Адабиётлар

1. В. Н. Копьев «Электротехниканинг назарий асослари». Учебное пособие. Томск 2001 г. 132стр.
2. В. А. Андреев «Релейная защита и автоматика систем электроснабжения» Учебник для вузов по специальности «Электроснабжение». – 3-е изд., перераб. И доп. - М.: Вўсш. шк., 1991. – 496 с.: ил.
3. А. М. Федосеев «Теоретические основы электротехники». – М.: Энергоатомиздат. 1984.-520 с.