

Fundamentals of Electrical Engineerings

WEEK 3 - METHODS FOR CALCULATING AN ELECTRICAL CIRCUIT. THE METHOD OF DIRECT APPLICATION OF KIRCHHOFF'S LAWS. THE CONTOUR FLOW METHOD.

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi

Lecturer

(Saidjon Ismoilov)

**УСУЛҲОИ ҲИСОБИ ЗАНЧИРИ ЭЛЕКТРИКӢ. УСУЛИ БЕВОСИТА
ИСТИФОДАБАРИИ ҚОНУНҲОИ КИРХГОФ. УСУЛИ ЧАРАӢНҲОИ
КОНТУРӢ**

Мундариҷаи лексия:

1. Усулҳои ҳисобкунии занҷирҳои электрикӣ;
2. Усули бевосита истифодабарии қонунҳои Кирхгоф;
3. Усули ҷараёнҳои контурӣ;
4. Адабиёт.

Усулҳои ҳисобкунии занҷирҳои электрикӣ

Усулҳои ҳисоби занҷирҳои электрикӣ — маҷмӯи усулҳои аналитикӣ ва графикӣ (қонунҳои Кирхгоф, усули ҷараёнҳои контурӣ, потенциалҳои гиреҳӣ, усули гузориш, генератори эквивалентӣ) мебошанд, ки барои муайян кардани ҷараёнҳо, шиддатҳо ва тавоноӣҳо дар элементҳои занҷир тибқи параметрҳо ва манбаҳои энергияи электрикӣ истифода мешаванд. Ин усулҳо барои занҷирҳои ҳаттӣ ва ғайриҳаттӣ тақсим мешаванд.

Занҷири электрикиро бо чунин усулҳо ҳисоб кардан мумкин аст:

1. Усули бевосита истифодабарии қонунҳои Кирхгоф;
2. Усули бузургиҳои таносубӣ;
3. Усули ҷараёнҳои контурӣ;
4. Усули потенциалҳои гиреҳӣ;
5. Усули табдили схема;
6. Усули генератори эквивалент;
7. Усули гузориш.

Ин усулҳо имкон медиҳанд, ки занҷирҳои электрикии ҳаттии ҷараёни доимӣ ва тағйирёбанда, инчунин занҷирҳои ғайриҳаттӣ ҳисоб ва таҳлил карда шаванд.

Усули бевосита истифодабарии қонунҳои Кирхгоф

Аввал дар занҷир бояд шоха ва гиреҳҳоро муайян кардан лозим аст. Шоха – ин як қисми занҷири электрикие, ки дар байни ду гиреҳ ҷойгир шуда аз он як ҷараён ҷорӣ мешавад. Дар занҷир чи қадаре, ки ҷараён бошад, ҳамон қадар шоха низ вучуд дорад. Самти ҷараёнҳо дар шохаҳо дилхоҳ интиҳоб карда мешавад. Вале бояд дар назар гирифт, ки ҳамаи ҷараёнҳо ба як гиреҳ

надароян ва баръак аз он набароянд. Ақалан чараёни як шоха самташ ба тарафи гиреҳ равона бошад ва ё баръакс.

Миқдори муодилаҳо бояд минималӣ бошанд, аммо бояд ба шумораи чараёнҳои номаълум баробар бошанд, яъне $m - m_J$, дар ин ҷо m – шумораи шохаҳо дар занҷир; m_J – шумораи шохаҳои, ки дорои манбаи чараён.

Барои тартиб додани муодила аз рӯи қонуни якуми Кирхгоф ифодаи зерин мавҷуд аст:

$$n - 1 \tag{3.1}$$

дар ин ҷо: n - шумораи гиреҳҳо

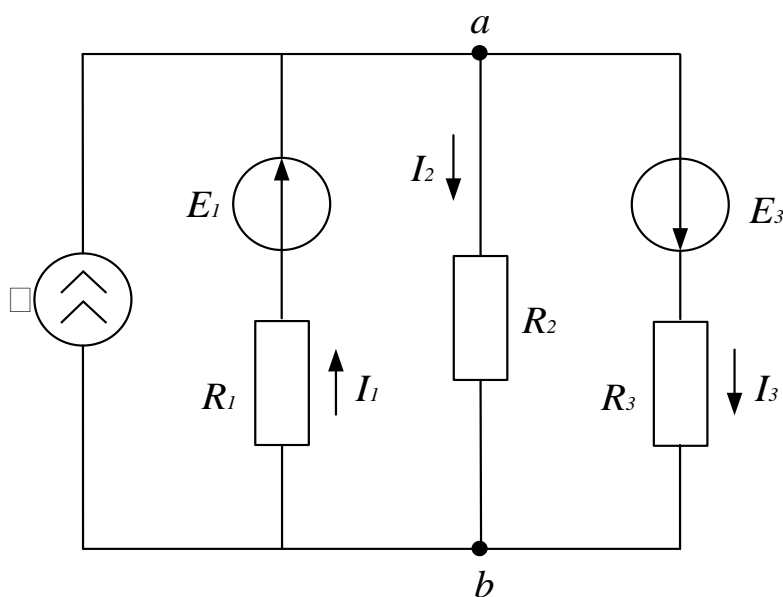
Дар ин ифода манбаи чараёнро низ ба назар мегирад. Аз ин рӯ, қонуни якуми Кирхгоф ба таври зерин таҳия карда мешавад:

$$\sum I = \sum J \tag{3.2}$$

дар ин ҷо: $\sum I$ - сумаи алгебравии чараёнҳои номаълум дар гиреҳ;

$\sum J$ - алгебравии чараёнҳои манбаи чараён, ки ба ҳамон гиреҳ васл карда шудааст.

Боқимонда муодилаҳоро аз рӯи қонуни дууми Кирхгоф тартиб дода мешавад. Муодилаҳои қонуни дууми Кирхгоф барои контур тартиб медиҳанд, ки манбаи чараён надорад.



Расми 3.1 – Нақшаи занҷири электрикӣ барои ҳисоб аз рӯи усули бевосита истифодабарии қонунҳои Кирхгоф

Истифодаи усулро дар занҷири расми 3.1 дида мебароем. Бояд ҷараёнҳоро муайян кунем агар қиматҳои $J, E_1, E_3, R_1, R_2, R_3$ муайян бошанд.

Тартиби ҳисоб:

1. Аввал шохаҳо ва гиреҳҳоро (а ва б) муайян мекунем.
2. Самти ҷараёнҳои I_1, I_2, I_3 интиҳоб мекунем.
3. Шумораи муодилаҳои ҳисобкуниро муайян кунем:

$$m - m_j = 4 - 1 = 3$$

4. Мувофиқи қонуни якуми Кирхгоф муодила тартиб медиҳем.

$$(n - 1) = 2 - 1 = 1$$

$$J + I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

ё ки

$$I_1 - I_2 - I_3 = -J$$

5. Боқимонда муодилаҳоро аз рӯи қонуни дуҷуми Кирхгоф тартиб медиҳем. Самти контурҳоро бояд интиҳоб кунем. Самти гардиши контурҳо метавонанд гуногун бошанд, яъне интиҳоби самт дар контурҳо дилхоҳ.

Самти гардиши контурро ба акрабаки соат интиҳоб кунем.

$$U_1 + U_2 = E_1$$

$$-U_2 + U_3 = E_3$$

Ифодаи шиддатро аз рӯи қонуни Ом менависем, ва системаи муодилаҳои зеринро ба даст меорем.

$$\begin{cases} I_1 - I_2 - I_3 = J \\ R_1 I_1 + R_2 I_2 = E_1 \\ -R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_3 \end{cases}$$

6. Системаи муодилаҳоро ҳал карда ҷараёнҳоро муайян мекунем.

Системаи муодилаҳоро аз рӯи қонунҳои Кирхгоф метавонем дар шакли матритса нависем:

$$[a] \cdot [I] = [F] \quad (3.3)$$

дар ин ҷо: $[a]$ - матритсаи коэффисиенти квадратӣ; $[I]$ - матритса - сутуни ҷараёнҳои номаълуми шохаҳо; $[F]$ - матритса-сутуни параметрҳои ҷабоб, ки манбаъҳои ҷараёни ва ҚЭХ мебошанд.

Ифодаҳо дар система якхела нестанд, зеро онҳо дар асоси ду қонуни гуногун навишта шудаанд. Дар система, муодила аз рӯи қонуни якуми Кирхгоф коэффициентҳои a_{ij} - метавонанд аз ± 1 то 0 қимат гиранд. Дар қисми рости системаи муодила:

$$F_j = \sum J \quad (3.4)$$

Дар муодилаҳо мутобиқи қонуни дуҷуми Кирхгоф, коэффициентҳои a_{ij} андозаи муқовиматро доранд:

$$F_i = \sum E$$

Агар j – шоха ба контури i – юм дохил шавад, ки барои он муодила тартиб дода шудааст, пас $a_{ij} = \pm R_{ij}$, ба $a_{ij} = 0$ дохил намешавад.

Барои мисоли баррасишуда:

$$[a] = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 \\ R_1 & R_2 & 0 \\ 0 & -R_2 & R_3 \end{vmatrix}; \quad [I] = \begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{vmatrix}; \quad [F] = \begin{vmatrix} -J \\ E_1 \\ E_3 \end{vmatrix} \quad (3.5)$$

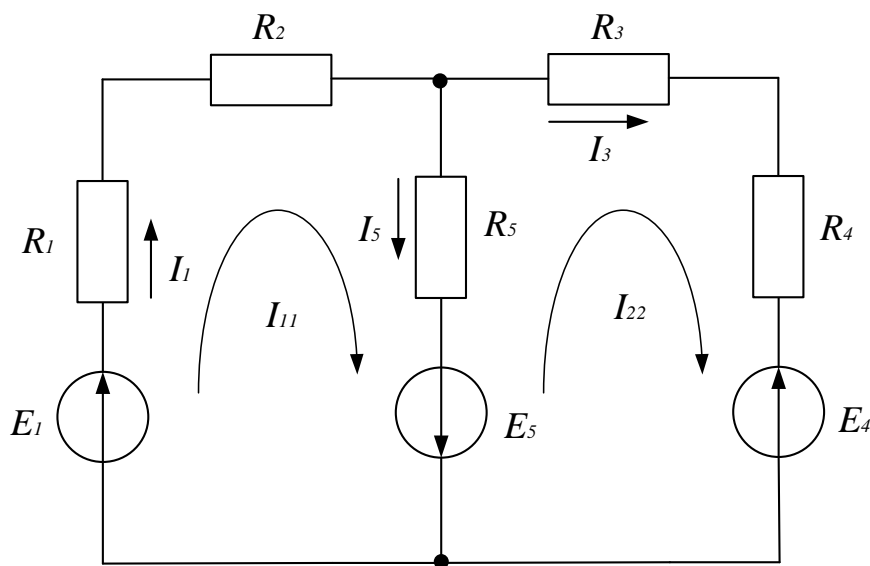
Ҳисоб мувофиқи қонунҳои Кирхгоф универсалӣ буда, аммо ҳаллашон душвор мешавад. Аз ин рӯ, дар асоси он усулҳо таҳия карда шуданд, ки имкони ҳалли масъалаҳо соддатар шаванд.

Усули чараёнҳои контурӣ

Ҳангоми ҳисоб бо усули чараёнҳои контурӣ дар ҳар як контури новобастаи занҷир, чараёни контурӣ ҷорӣ мешавад. Муодилаҳо нисбати чараёнҳои контури тартиб дода мешавад, баъд аз ҳалли муодилаҳо чараёни шохаҳо тавассути онҳо муайян карда мешавад. Моҳияти усули зикр шуда дар он аст, ки ба сифати номаълум чараёнҳои контурҳоро қабул намоянд. Шумораи номаълум дар ин усул ба шумораи муодилаҳое баробар аст, ки бояд тибқи қонуни дуҷуми Кирхгоф барои занҷир тартиб дода мешаванд. Бинобар ин, усули чараёнҳои контурӣ ҳангоми ҳисобкунӣ шумораи номаълумҳояш нисбатан кам аст, назар ба усуле, ки ба қонунҳои Кирхгоф асос ёфтааст (ин усул камтар муодилаҳо дорад).

Истифодаи ин усулро дар занҷире, ки ду контури новобаста дида мебароем (расми 3.1). Фарз мекунем, ки дар контури якум чараёни контурии

I_{11} бо самти акрабаки соат ва дар контури дуюм чараёни контурии I_{22} низ бо самти акрабаки соат чорӣ мешавад.



Расми 3.2 – Нақшаи занҷири электрикӣ барои ҳисоб бо усули чараёнҳои контурӣ

Барои ҳар як контур, мувофиқи қонуни дуҷуми Кирхгоф, муодилаҳо тартиб медиҳем. Дар ин ҳолат, дар шоҳаи муқовиматаш R_5 чараёни контури якум аз боло ба поён чорӣ мешавад, ва чараёни контури дуюм баръакс, яъне $I_{11} - I_{22}$. Самти гардиши контурро низ ба самти акрабаки соат равона мекунем.

$$(R_1 + R_2)I_{11} + R_5(I_{11} - I_{22}) = E_1 + E_5$$

ё ин, ки

$$(R_1 + R_2 + R_5)I_{11} + (-R_5)I_{22} = E_1 + E_5 \quad (3.6)$$

Барои контури дуюм

$$-R_5(I_{11} - I_{22}) + (R_3 + R_4)I_{22} = -E_5 - E_4$$

ё ин, ки

$$(-R_5)I_{11} + (R_3 + R_4 + R_5)I_{22} = -E_5 - E_4$$

Дар ифодаи (3.6) зарбкунандаро дар чараёни I_{11} ҳамчун R_{11} ишорат мекунем, ки ба ҳосили суммаи муқовиматҳои контури якум баробар аст. Барои чараёни контурӣ дуюм I_{22} бо R_{12} ишорат мекунем.

Ин муодилаҳоро бо тартиби зерин менависем:

$$\begin{cases} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} = E_{11} \\ R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} = E_{22} \end{cases} \quad (3.7)$$

дар ин чо:

$$R_{11} = R_1 + R_2 + R_5;$$

$$R_{12} = R_{21} = -R_5;$$

$$R_{22} = R_3 + R_4 + R_5;$$

$$E_{11} = E_1 + E_5;$$

$$E_{22} = -E_4 - E_5.$$

Баъд аз ҳалли системаи муодилаҳо чараёни шоҳаҳоро муайян мекунем.

$$I_1 = I_{11}$$

$$I_3 = I_{22}$$

$$I_5 = I_{11} - I_{22}$$

Дар ҳолати умумӣ гуфта метавонем, ки муқовимати шоҳаи омехтаи байни контурҳои k ва m (дар мисоли мо R_5) дар ифода бо аломати «-» дохил мешавад, агар самти чараёнҳои контурӣ I_{kk} ва I_{mm} дар ин шоҳа муқобил бошанд. Агар самтҳои ин чараёнҳо мувофиқ бошанд, дар ифода бо аломати «+» дохил мешавад.

Агар дар занҷир миқдори контур аз дуто зиёд бошад, масалан сето, системаи муодилаҳо намуди зеринро мегиранд.

$$\begin{cases} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} + R_{13}I_{33} = E_{11} \\ R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} + R_{23}I_{33} = E_{22} \\ R_{31}I_{11} + R_{32}I_{22} + R_{33}I_{33} = E_{33} \end{cases} \quad (3.8)$$

ё ки, ба намуди матритса

$$[R][I] = [E] \quad (3.9)$$

$$[R] = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix}; \quad [I] = \begin{bmatrix} I_{11} \\ I_{22} \\ I_{33} \end{bmatrix}; \quad [E] = \begin{bmatrix} E_{11} \\ E_{22} \\ E_{33} \end{bmatrix}. \quad (3.10)$$

Агар дар занҷири электрикӣ n – то контури новобаста мавҷуд бошанд, он гоҳ шумораи муодилаҳо низ ба n баробар аст.

Ҳалли умумии n – то системаи муодилаҳо нисбат ба ҷараёни I_{kk} :

$$I_{kk} = E_{11} \frac{\Delta_{k1}}{\Delta} + E_{22} \frac{\Delta_{k2}}{\Delta} + E_{33} \frac{\Delta_{k3}}{\Delta} + \dots + E_{nn} \frac{\Delta_{kn}}{\Delta}; \quad (3.11)$$

ки дар инҷо

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ R_{31} & R_{32} & \dots & R_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nn} \end{vmatrix} \quad (3.12)$$

Адабиёт:

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Воситаи таълимӣ – Москва: Высшая школа, 1996, 529 с.
2. Ҷӯраев Ш.Ҷ., Исмоилов С.Т. Электротехника (қисми 2). Занҷирҳои электрикии якфаза ва сефазаи ҷараёни синусоидалӣ. Воситаи таълимӣ – Душанбе: ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, 2021, 196 саҳ.