Elektrotehnikas teorētisko pamatu studiju darbs RTR108-W16-171RMC216

Audars Karlis Klints

RTU Telecomunications faculty

May, 2018

Ievads (1. slaids)

— Metodi, kura balstās uz Oma un Kirhofa likuma pielietošanu sazarotas ķēdes zaru strāvu aprēķinam, daudzās mācību grāmatās sauc par **zaru strāvu metodi**. Ja ķēde sastāv no līdzsprieguma avotiem un rezistīviem elementiem, un ķēdei ir z zari un m mezgli, tad var sastādīt sekojošu vienādojumu skaitu:

$$\begin{cases} n_1 = m - 1 & \text{pēc KStL} \\ n_2 = z - (m - 1) & \text{pēc KSpL} \end{cases}$$

— Ja ķēde satur arī strāvas avotus un to skaits ir n_J, tad sastādāmo vienādojumu skaits ir:

$$\begin{cases} n_1 = m - 1 & \text{pēc KStL} \\ n_2 = z - (m - 1) - n_j & \text{pēc KSpL} \end{cases}$$

Ievads (2. slaids)

— Zaru strāvu metode nav racionāla, jo vienādojumu skaits atbilst nezināmo zaru skaitam, kuru ir daudz. Doto sistēmu atrisināt ar ievietošanas metodi ir grūti ☹ un arī determinantu izmantošana ir sarežģīta. Risinājums - šeit jāpielieto skaitļotāji, piem., MatLab.
— Tālāk aprakstīšu **kontūrstrāvu metodes (KSM)** un **mezglu spriegumu metodes (MSpM)** izmantošanas algoritmus. Dotās shēmas zaru strāvas aprēķināšu, izmantojot **KSM**.

1. metode (KSM izmantošanas algoritms)

Ķēdes zaru strāvu aprēķins, izmantojot kontūrstrāvu metodi (KSM)

— Sastādāmo vienādojumu skaitu var noteikt pēc formulas $k = z - (m-1) - n_j$, kur k - neatkarīgo kontūru skaits, z - zaru skaits, m - mezglu skaits, n_j - ideālo strāvas avotu skaits.

— Neatkarīgo kontūru skaitu un izvēli vieglāk noteikt, uzzīmējot ķēdes topoloģiju vai tās grafu. Atsevišķos gadījumos grafu nav vajadzības zīmēt, jo neatkarīgie kontūri ir acīmredzami.

— Jāsastāda vienādojumu sistēma neatkarīgajiem kontūriem pēc Kirhofa sprieguma likuma (KSpL) saskaņā ar iepriekš izvēlētiem kontūrstrāvu virzieniem.

2. metode (MSpM izmantošanas algoritms)

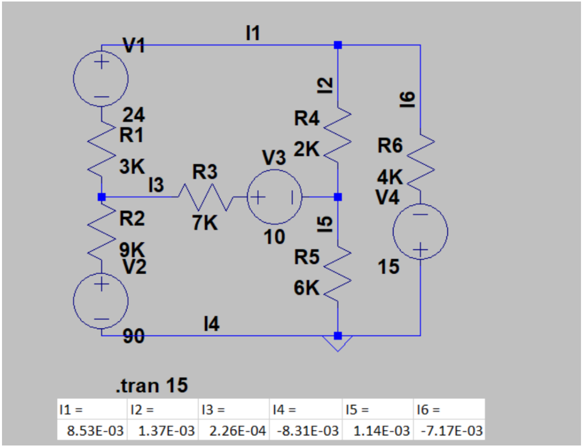
Ķēdes zaru strāvu aprēķins, izmantojot mezglu spriegumu metodi (MSpM)

— Sastādāmo vienādojumu skaits N pēc mezglu spriegumu metodes $N = m - 1 - n_E$, kur m ir mezglu skaits, n_E - ideālo sprieguma avotu skaits.

— Jāiezemē kāds brīvi izvēlēts shēmas mezgls un jāuzskata, ka šī mezgla potenciāls $\varphi = 0$.

— Jāsastāda vienādojumu sistēma, kuru izveido, reizinot mezgla potenciālu ar visām šim mezglam piederošām vadītspējām G. Rezistīva elementa vadītspēja ir apgriezts lielums rezistīva elementa pretestībai R un šo lielumu savstarpējo saistību apraksta sakarība $G = \frac{1}{R}$.

LTSpice simulācija

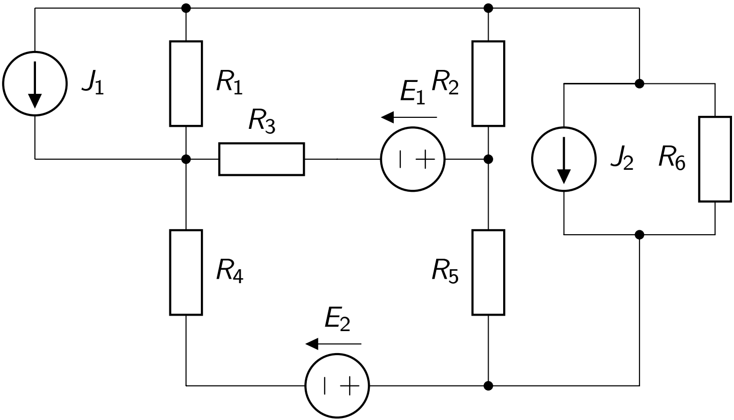


I1 =	I2 =	I3 =	I4 =	I5 =	I6 =
8.53E-03	1.37E-03	2.26E-04	-8.31E-03	1.14E-03	-7.17E-03

Figure: Aplūkojamās shēmas modelējums LTSpice vidē.

Pētījuma gaita (1. slaids)

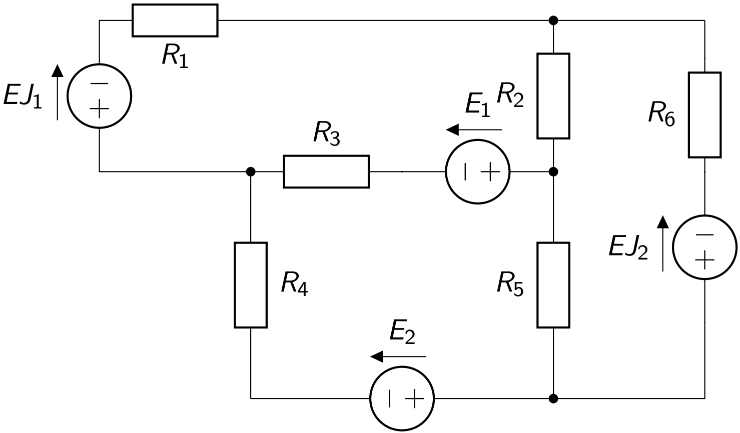
Dotā shēma:



Ekvivalenti aizvietošu reālos strāvas avotus ar reāliem sprieguma avotiem.

Pētījuma gaita (2. slaids)

Pārveidotā shēma:



— Strāvas avotu J_1 aizvietoju ar ekvivalentu sprieguma avotu EJ_1 un ieslēdzu virknē ar rezistoru R_1.

— Strāvas avotu J_2 aizvietoju ar ekvivalentu sprieguma avotu un ieslēdzu virknē ar rezistoru R_6.

Pētījumu gaita (3. slaids)

Definēšu kontūrus:

— A kontūrs: EJ_1 →R_3 →E_1 →R_2 →R_1 →EJ_1 ($\circlearrowleft$)

— B kontūrs: E_2 →R_5 →E_1 →R_3 →R_4 →E_2 ($\circlearrowleft$)

— C kontūrs: EJ_2 →R_2 →R_5 →R_6 →EJ_2 ($\circlearrowleft$)

Iegūstu šādu vienādojumu sistēmu:

$$\begin{cases} A(R_1 + R_2 + R_3) - B(R_3) - C(R_2) = E_1 + EJ_1 \\ -A(R_3) + B(R_3 + R_4 + R_5) - C(R_5) = E_2 - E_1 \\ -A(R_2) - B(R_5) + C(R_2 + R_5 + R_6) = -EJ_2 \end{cases}$$

Vienādojumu sistēmu ir iespējams atrisināt, izmantojot MatLab (kods nākamajā slaidā).

Pētījumu gaita (4. slaids)

Matlabā izmantotais kods:

```
J1=8;J2=4;E1=19;E2=11;          %dotie lielumi
R1=3;R2=3;R3=4;R4=5;            %dotie lielumi
R5=9;R6=7;EJ1=J1*R1;EJ2=J2*R6;  %dotie lielumi

R=[R1+R3+R2  -R3        -R2;
  -R3         R3+R4+R5  -R5;
  -R2        -R5         R2+R5+R6]; %pretest matr
E=[EJ1+E1;-E1+E2;-EJ2]; %sprieguma avotu matr
I=R\E; %vienādojumu sistēmas atrisināšana
A=I(1,:);B=I(2,:);C=I(3,:) %strāvu atrašana
```

Iegūtie rezultāti:

$I_A = 4.0866\text{mA}$, $I_B = 0.0648\text{mA}$, $I_C = -0.07977\text{mA}$
$I_1 = -4.0866\text{mA}$, $I_2 = 4.8843\text{mA}$, $I_3 = 4.0218\text{mA}$,
$I_4 = -0.0648\text{mA}$, $I_5 = 0.8626\text{mA}$, $I_6 = 0.7977\text{mA}$

Rezultātu analīze

— Caur rezistoru R_1 plūst 4.0866 mA stipra strāva. Mīnus zīme pie šīs vērtības norāda, ka strāvas plūšanas virziens ir pretējs pieņemtajam.
— Caur rezistoru R_2 plūst 4.8843 mA stipra strāva un tās plūšanas virziens sakrīt ar pieņemto.
— Caur rezistoru R_3 plūst 4.0218 mA stipra strāva un tās plūšanas virziens sakrīt ar pieņemto.
— Caur rezistoru R_4 plūst 0.0648 mA stipra strāva. Strāvas plūšanas virziens ir pretējs pieņemtajam.
— Caur rezistoru R_5 plūst 0.8626 mA stipra strāva un tās plūšanas virziens sakrīt ar pieņemto.
— Caur rezistoru R_6 plūst 0.7977 mA stipra strāva un tās plūšanas virziens sakrīt ar pieņemto.

Slēdzieni (vai diskusija) 😃 😃 😃

— **Zaru strāvu metode** nav racionāla, jo veidojas gara vienādojumu sēma.
— Vienādojumu skaitu ir iespējams samazināt, izmantojot **kontūrstrāvas**.
— Izmantojot kontūrstrāvas, nav iespējams sastādīt vienādojumus pēc KStL, tātad vienādojumu skaits samazinās. Izmantojot KSpL, ir jāsastāda $n_2 = z - (m - 1) - n_J$ vai $n_2 = k$, kur k ir grafa neatkarīgo kontūru skaits.