

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Simulačné systémy
(Zadanie č. 1)

Text zadania

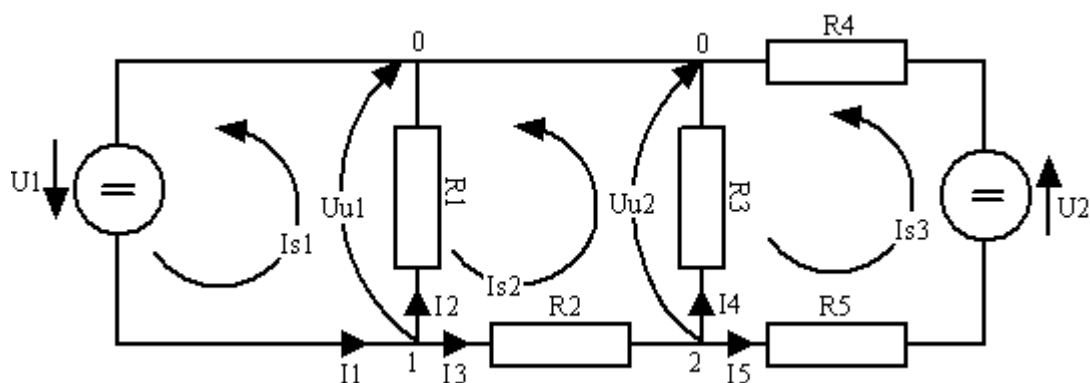
Z navrhnutej topológie elektrického obvodu vypočítajte prúdy vo vetvách Metódou Slučkových Prúdov (MSP) a Metódou Uzlových Napätí (MUN).

Obsah zadania:

1. Topológia obvodu, analytický výpočet pre obidve metódy a skúška správnosti.
2. Riešenie pomocou programovacieho jazyka Matlab s využitím funkcií (MSP, MUN), [3 slučky, 5 odporov, 2 zdroje].

Dodefinovanie zadania

Pre vypracovanie zadania som si vybral nasledujúci elektrický obvod:



Analýza úlohy

a) Analytické riešenie Metódou slučkových prúdov:

Zostavíme rovnice pre riešenie metódou slučkových prúdov:

$$\begin{array}{lclcl} s1: & +R_1 I_{s1} & -R_1 I_{s2} & -0 I_{s3} & = & -U_1 \\ s2: & -R_1 I_{s1} & +(R_1+R_2+R_3) I_{s2} & -R_3 I_{s3} & = & 0 \\ s3: & -0 I_{s1} & -R_3 I_{s2} & +(R_3+R_4+R_5) I_{s3} & = & -U_2 \end{array}$$

Z daných rovníc určíme maticovú rovnicu, kde neznámymi sú slučkové prúdy I_{s1} , I_{s2} , I_{s3} :

$$\begin{pmatrix} R_1 & -R_1 & 0 \\ -R_1 & R_1+R_2+R_3 & -R_3 \\ 0 & R_3 & R_3+R_4+R_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{s1} \\ I_{s2} \\ I_{s3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -U_1 \\ 0 \\ -U_2 \end{pmatrix}$$

Rovnicu vyriešime a z vypočítaných slučkových prúdov I_{s1} , I_{s2} , I_{s3} určíme vetvové prúdy:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{s1} \\ I_2 &= I_{s1} - I_{s2} \\ I_3 &= I_{s2} \\ I_4 &= I_{s2} - I_{s3} \\ I_5 &= I_{s3} \end{aligned}$$

b) Analytické riešenie Metódou uzlových napätí:

Keďže je zrejmé, že $U_{U1} = -U_1$, na výpočet nám stačí rovnica pre uzol 2:

$$2: \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5} \right) U_{U2} - \frac{1}{R_2} U_{U1} = \frac{1}{R_4 + R_5} U_2$$

Pretože $U_{U1} = -U_1$, môžeme ekvivalentne napísať:

$$2: \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5} \right) U_{U2} = \frac{1}{R_4 + R_5} U_2 - \frac{1}{R_2} U_1$$

Určíme vetvové prúdy, ktoré môžeme určiť pomocou vypočítaného napätia U_{U2} :

$$I_2 = \frac{-U_1}{R_1}$$

$$I_4 = \frac{U_{U2}}{R_3}$$

$$I_5 = \frac{-U_{U2} - U_2}{R_4 + R_5}$$

Ostatné vetvové prúdy dopočítame podľa 1. Kirchhoffovho zákona:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_3 = I_4 + I_5$$

c) Skúška správnosti podľa 1. Kirchhoffovho zákona (ekvivalentne pre obe metódy):

$$1: -I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$2: -I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

$$0: I_1 - I_2 - I_4 - I_5 = 0$$

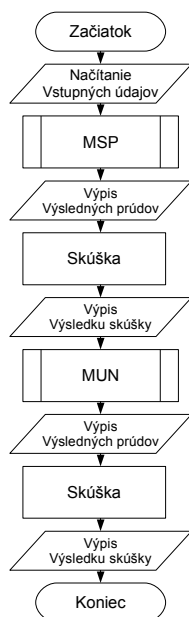
Návrh riešenia

Realizácia bude pozostávať z hlavného programu a dvoch funkcií – jednu pre výpočet pomocou Metódy slučkových prúdov (MSP) a druhú pre výpočet pomocou Metódy uzlových napätí (MUN).

V hlavnom programe bude realizované načítanie vstupných údajov (tj. hodnoty napätí na zdrojoch a odpory na rezistoroch). Funkcie spracujú samotné výpočty. Skúška správnosti pomocou 1. Kirchhoffovho zákona bude (aj z dôvodu svojej jednoduchosti) spravovaná v hlavnom programe.

Slovný popis činnosti hlavnej časti programu:

1. Program najprv načíta vstupné údaje.
2. Zavolá funkciu MSP.
3. Vypíše výsledné vetvové prúdy.
4. Vykoná skúšku správnosti a výsledok vypíše.
5. Zavolá funkciu MUN.
6. Vypíše výsledné vetvové prúdy.
7. Vykoná skúšku správnosti a výsledok vypíše.



Implementácia riešenia

Program naprogramovaný v prostredí simulačného jazyka MATLAB je zostavený z troch súborov – hlavného programu main.m a funkcií MSP.m a MUN.m.

Použité premenné:

U – vektor napätí (na zdrojoch), vstupná premenná,
R – vektor odporov (na rezistoroch), vstupná premenná,
I – vektor vetvových prúdov.

Hlavný program main.m:

Hlavná časť programu zabezpečí načítanie premenných do vektorov U a R, predá premenné funkciám MSP a MUN a vykoná skúšky správnosti pre obe metódy pomocou 1. Kirchhoffovho zákona. Výsledné vetvové prúdy získané od funkcií do vektora I a výsledky skúšok vypíše na obrazovku.

Funkcia MSP.m:

Vstup:

U – vektor napätí,
R – vektor odporov.

Výstup:

I – vektor vetvových prúdov.

Použité lokálne premenné:

Is – stĺpcová matica slučkových prúdov,
A,B – pomocné matice použité pre výpočet slučkových prúdov pomocou rovnice v tvare:

$$A \cdot I_s = B \Leftrightarrow \begin{pmatrix} R(1) & -R(1) & 0 \\ -R(1) & R(1)+R(2)+R(3) & -R(3) \\ 0 & R(3) & R(3)+R(4)+R(5) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_s(1) \\ I_s(2) \\ I_s(3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -U(1) \\ 0 \\ -U(2) \end{pmatrix}$$

Na vypočítanie vektora Is je použité ľavé maticové delenie, tj prepis vyššie uvedenej rovnice do tvaru $I_s = A \backslash B$.

Z vypočítaných slučkových prúdov je pomocou 1. Kirchhoffovho zákona určený vektor vetvových prúdov I, ktorý je výstupom funkcie.

Funkcia MUN.m:

Vstup:

U – vektor napätí,
R – vektor odporov.

Výstup:

I – vektor vetvových prúdov.

Použité lokálne premenné:

Uu – uzlové napätie,
A,B – pomocné skaláry použité pre výpočet uzlového napätia Uu z rovnice v tvare:

$$A \cdot U_u = B \Leftrightarrow \left(\frac{1}{R(2)} + \frac{1}{R(3)} + \frac{1}{R(4)+R(5)} \right) U_u = \left(\frac{1}{R(4)+R(5)} U(2) - \frac{1}{R(2)} U(1) \right)$$

Z predchádzajúcej rovnice je jednoduchým podielom B/A vypočítané U_u . Pomocou neho sú už jednoznačne určené vetvové prúdy:

$$I(2) = -U(1)/R(1)$$

$$I(4) = U_u / R(3)$$

$$I(5) = (U_u - U(2)) / (R(4) + R(5))$$

A potom pomocou 1. Kirchhoffovho zákona sú dopočítané zvyšné:

$$I(3) = I(4) + I(5)$$

$$I(1) = I(2) + I(3)$$

Zdrojový kód main.m

```
% Program na urcenie prudov vo vetvach obvodu podľa prilozenej schémy
% metódou sluckovych prudov (MSP) a metódou uzlovych napati (MUN).
%
% Vstupy - hodnoty odporov rezistorov a napati na zdrojoch.
% Vystupy - hodnoty realnych prudov vo vetvach obvodu.

% Vstupy napati a odporov
clc %vymaz obrazovku
U=input('Zadaj hodnoty napati na zdrojoch vo Voltoch v tvare "[U1 U2]":\n');
R=input('Zadaj hodnoty odporov v Ohmoch v tvare "[R1 R2 R3 R4 R5]":\n');
fprintf('\n-----\n')

% Metoda sluckovych prudov (funkcia MSP.m)
I=MSP(U,R);
fprintf('\nPrudy vo vetvach vypocitane podľa MSP su:')
I=I

% Skuska spravnosti pomocou 1. Kirchhoffoveho zakona:
if (-I(1)+I(2)+I(3)<1e-6)&&(-I(3)+I(4)+I(5)<1e-6)&&(I(1)-I(2)-I(4)-I(5)<1e-6)
    fprintf('Vypocitane prudy vyhovuju 1.Kirchhoffovmu zakonu.\n')
else
    fprintf('CHYBA!!! - Vypocitane prudy NEVYHOVUJU 1.Kirchhoffovmu zakonu!\n')
end

fprintf('\n-----\n')

% Metoda uzlovych napati (funkcia MUN.m)
I=MUN(U,R);
fprintf('\nPrudy vo vetvach vypocitane podľa MUN su:')
I=I

% Skuska spravnosti pomocou 1. Kirchhoffoveho zakona:
if (-I(1)+I(2)+I(3)<1e-6)&&(-I(3)+I(4)+I(5)<1e-6)&&(I(1)-I(2)-I(4)-I(5)<1e-6)
    fprintf('Vypocitane prudy vyhovuju 1.Kirchhoffovmu zakonu.\n')
else
    fprintf('CHYBA!!! - Vypocitane prudy NEVYHOVUJU 1.Kirchhoffovmu zakonu!\n')
end

fprintf('\n-----\n')

return
```

Zdrojový kód MSP.m

```
function I=MSP(U,R)
% MSP - Metoda sluckovych prudov.
% I=MSP(U,R)
% I - vetvove napatia I(1) az I(5).
% U - napatia U(1) a U(2).
% R - odpory R(1) az R(5).
% Funkcia vypocita hodnoty prudov vo vetvach obvodu podla prilozenej schemy metodu
% sluckovych prudov.

% Zostavenie matic pre rovniciu A*Is=B, kde Is su sluckove prudy:
A=[ R(1),      -R(1),      0,      ;
    -R(1),      R(1)+R(2)+R(3),  -R(3)  ;
    0,      -R(3),      R(3)+R(4)+R(5)  ] ;

B=[ -U(1);
    0;
    -U(2) ] ;

% Vypocet sluckovych prudov:
Is=A\B;

% Vypocet vetvovych prudov:
I(1)=Is(1);
I(2)=Is(1)-Is(2);
I(3)=Is(2);
I(4)=Is(2)-Is(3);
I(5)=Is(3);

return
```

Zdrojový kód MUN.m

```
function I=MUN(U,R)
% MUN - Metoda uzlovych napati.
% I=MUN(U,R)
% I - vetvove napatia I(1) az I(5).
% U - napatia U(1) a U(2).
% R - odpory R(1) az R(5).
% Funkcia vypocita hodnoty prudov vo vetvach obvodu podla prilozenej schemy metodu
% uzlovych napati.

% Zostavenie matic pre rovniciu A*Uu=B, kde Uu su uzlove napatia:
A=1/R(2)+1/R(3)+1/(R(4)+R(5));

B=U(2)/(R(4)+R(5))-U(1)/R(2);

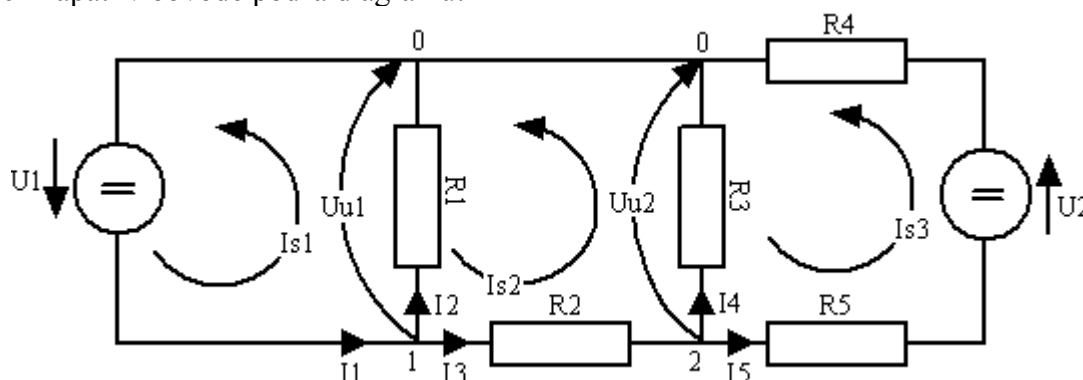
% Vypocet uzlovych napati:
Uu=A\B;

% Vypocet vetvovych prudov:
I(2)=-U(1)/R(1);
I(4)=Uu/R(3);
I(5)=(Uu-U(2))/(R(4)+R(5));
I(3)=I(4)+I(5);
I(1)=I(2)+I(3);

return
```

Príručka používateľa

Program je určený na výpočet vetvových prúdov I_1 až I_5 Metódou slučkových prúdov a Metódou uzlových napätí v obvode podľa diagramu:



1. Spustenie programu

Program sa spúšťa z prostredia simulačného jazyka MATLAB (najmenej verzie 7). Pred spustením sa uistite, či máte aktuálny pracovný adresár nastavený na adresár obsahujúci všetky tri zdrojové súbory, tj. "main.m", "MUN.m" a "MSP.m". Ak áno, program spustíte zadáním príkazu `>> main` do príkazového okna.

2. Zadanie vstupných premenných

Zadajte napätia na zdrojoch U_1 , U_2 a odpory rezistorov R_1 až R_5 presne podľa programom požadovaného formátu. Zadanie potvrdíte v oboch prípadoch enterom. V prípade nedodržania formátu je možné, že program vyhlási chybu alebo nesprávne vypočíta výsledné vetvové prúdy!

3. Zobrazenie výsledkov a ukončenie programu

V prípade korektného vstupu by ste mali takmer okamžite vidieť na obrazovke výsledky vypočítané jednak Metódou slučkových prúdov ako aj Metódou uzlových napätí. Pre obe metódy bola vykonaná skúška pomocou 1. Kirchhoffovho zákona. Jej výsledky sa z výpisu dozviete tiež. Zobrazením výsledkov sa program ukončí a môžete ho znovu spustiť príkazom `>> main`.

Záver

Program bol otestovaný pre viaceré vstupné hodnoty a podával rovnaké výsledky pre obe metódy ako aj úspešne zvládol skúšky správnosti. Vzhľadom na nedostatok času ako aj technického zázemia nebol overený praktickým pokusom na reálnom elektrickom obvode. Je teda teoreticky možné, že rovnice použité k výpočtom nie sú úplne správne, hoci dávajú ekvivalentné výsledky.

Program by bolo možné vylepšiť pridaním samostatnej funkcie pre vykonanie skúšky, ale vzhľadom k jeho jednoduchosti to nebolo nevyhnutné.

Záverom by som sa rád poďakoval každému, kto s mojim programom príde do styku a bude sa mu páčiť. Ďakujem.