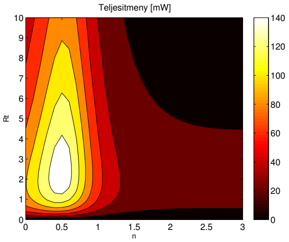
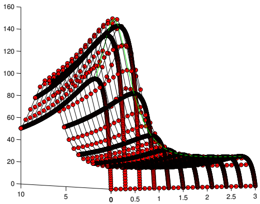
Ideális transzformátor 2.

Példa csatolt kétpóluspárt alkalmazó hálózat teljesítményillesztésére (Numerikus kísérletezés/mérés és helyettesítő generátorok)

Reichardt, András

2017.március 3





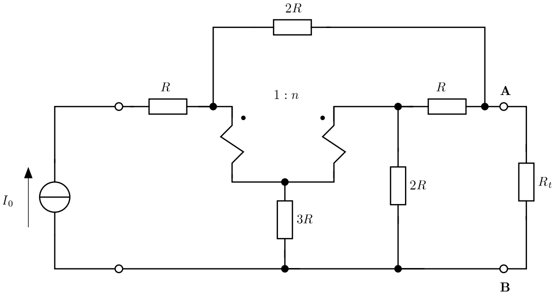
Feladattal kapcsolatos gondolatok

- egyenletek felírása csatolt kétpólusok jelenlétében
- ismeretlenek számának változása, de a karakterisztika segít
- helyettesítő generátorok alkalmazása
- nem lehet dezaktivizáltan bemeneti ellenállást számítani
- numerikus mérés végrehajtása lehetséges (paraméterekre figyelni kell!)

Feladat

Tekintsük az alábbi, ideális transzformátort tartalmazó hálózatot!

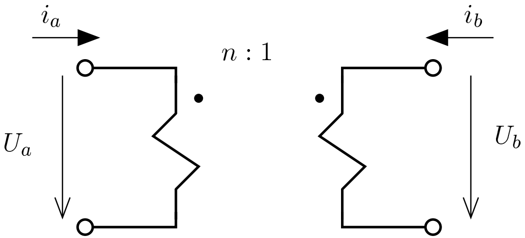
- Határozzuk meg a teljesítményillesztést megvalsító lezárást!
- Mekkora a maxmiálisan kivehető teljesítmény?
- Vizsgáljuk meg, hogy változik a teljesítményillesztő lezárás a transzformátor áttételének változásával!
- Hogyan változik az előző pont szerint a maximális teljesítmény!
- Számításainkat végezzük el numerikus mérés (numerical experiment) végrehajtásával!



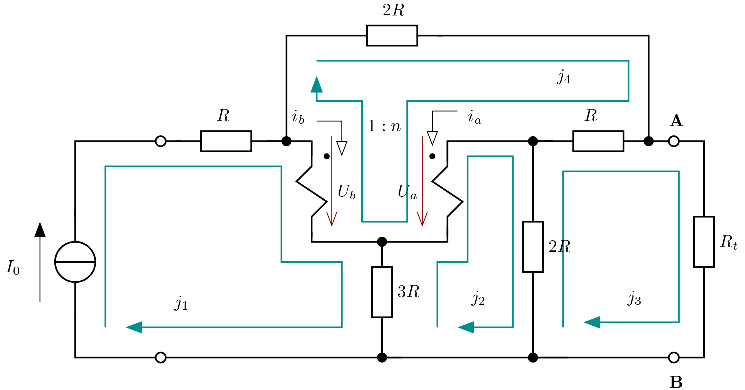
Megoldás menete

- csomóponti potenciálok módszere : 6 csomópont $\rightarrow$ 5 ismeretlen potenciál, a csatolt kétpólust leíró mennyiségek (4) miatt, összesen 9 ismeretlen adódik
  - 5 egyenlet a csomópontok alapján
  - 2 egyenlet a csatolt kétpólus karakterisztikája
  - 2 egyenlet a csatolt kétpólus feszültségeinek kifejezése a csomóponti potenciálokkal
- hurokáramok módszere : 9 kétpólus van, 6 csomópont, ezért $9 - 6 + 1 = 4$ hurok kell, összesen 8 ismeretlen adódik
  - 4 egyenlet a huroktörvények alapján
  - 2 egyenlet a csatolt kétpólus karakterisztikája
  - 2 egyenlet a csatolt kétpólus áramainka kifejezése a hurokáramokkal
- Mivel áramforrás található a hálózatban, ezért a hurokáramoknál előforduló ismeretlenek száma 1-vel csökkenthető. A megoldás során hurokáramokat alkalmazunk, az Olvasóra bízva a csomóponti potenciálokkal történő megoldást.

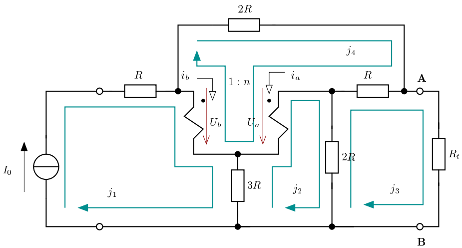
Ideális transzformátor kezelése



- karakterisztika : $u_a = n \cdot u_b; \quad i_b = -n \cdot i_a$
- non-energikus elem (nem disszipál energiát)
- a pötty jelöli a megfelelő kétpólus esetén ahonnan az áram folyik
- a primer kétpólus, amelynél az n van



- bejelöljük a csatolt kétpólusok primer és szekunder mennyiségeit (U_a, U_b, i_a, i_b)
- felvesszük a hurkokat, figyelve a felvételi szabályokra
- felírjuk az egyenleteket a hurokáramokkal megengedve tetszőleges terhelő ellenállás értéket (R_t)



Keresett mennyiségek :

$$u_t = j_3 \cdot R_t$$

$$P_t = u_t \cdot j_3 = j_3^2 \cdot R_t$$

huroktörvények :

$$j_1 = I_0$$
$$3R(j_2 - j_1) - U_a + 2R(j_2 - j_3) = 0$$
$$2R(j_3 - j_2) + R(j_3 - j_4) + R_t \cdot j_3 = 0$$
$$2R \cdot j_4 + R(j_4 - j_3) + U_a - U_b = 0$$

IT karakterisztika :

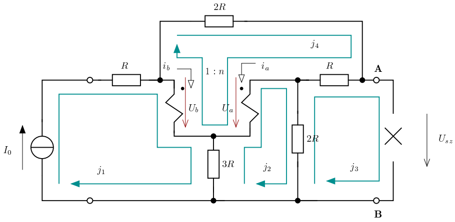
$$U_a = n \cdot U_b$$
$$i_b = -n \cdot i_a$$

csatolt kétpólusok áramai :

$$i_a = j_4 - j_2$$
$$i_b = j_1 - j_4$$

helyettesítő források számítása

Szakadással történő lezárás



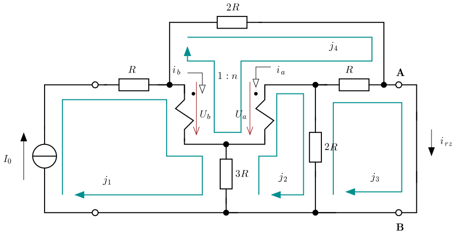
huroktörvények közül a 3. hurokra vonatkozó változik :

$$j_3 = 0$$

Az üresjárási (szakadási) feszültség kifejezendő a hurokáramokkal

$$U_{sz} = U_T = R \cdot (j_4 - j_3) + 2R \cdot (j_2 - j_3)$$

Rövidzárral történő lezárás



Megegyezik az $R_t = 0$ terheléssel történő lezárással. Ezért a 3. hurokegyenlet változik :

$$2R \cdot (j_3 - j_2) + R \cdot (j_3 - j_4) = 0$$

A rövidzár árama könnyen adódik

$$i_{rz} = I_N = j_3$$

Rendezett egyenletrendszer Matlab-ban

Hálózati egyenletek megadása, megoldása és a keresett mennyiségek (u_t, P_t) kifejezése.

```
A = [1 0 0 0 0 0 0 0;...
-3*R 5*R -2*R 0 -1 0 0 0;...
0 -2*R 3*R+Rt -R 0 0 0 0;...
0 0 -R 3*R 1 -1 0 0;...
0 0 0 0 1 -n 0 0;...
0 0 0 0 0 0 n 1;...
0 1 0 -1 0 0 1 0;...
-1 0 0 1 0 0 0 1];
B = [I0;0;0;0;0;0;0;0];
x = A \ B;
j3 = x(3);
Pt = j3^2*Rt;
ut = j3*Rt;
```

helyettesítő generátorok

1. Szakadási feszültség ($R_t \to \infty$)
   A 3. egyenlet változik : $j_3 = 0$ ezért
   `0 0 1 0 0 0 0 0;...`
   helyettesítendő az A mátrix harmadik sorára. A
   $U_{sz} = U_T = R \cdot (j_4 - j_3) + 2R \cdot (j_2 - j_3)$ alapján
   `>> UT = R*(x(4)-x(3))+2*R*(x(2)-x(3))` módon adódik a U_T
2. Rövidzárási áram ($R_t = 0$ esete) ezért a harmadik sor
   `0 -2*R 3*R+Rt -R 0 0 0 0;...` -mal helyettesítendő.
   A keresett áram : $I_N = i_{rz} = j_3$ miatt, `>> IN = x(3)`
3. Belső ellenállás : (dezaktivizálás nem alkalmazható)

$$R_B = \frac{U_T}{I_N}$$

```
>> RB = UT/IN;
```

UT számító Matlab kód

```
% szakadasi feszultseg
A = [1 0 0 0 0 0 0 0;-3*R 5*R -2*R 0 -1 0 0 0;...
0 0 1 0 0 0 0 0;0 0 -R 3*R 1 -1 0 0;...
0 0 0 0 1 -n 0 0;0 0 0 0 0 0 n 1;0 1 0 -1 0 0 1 0;...
-1 0 0 1 0 0 0 1];
B = [I0;0;0;0;0;0;0;0];
x = A \ B;
UT = R*(x(4)-x(3))+2*R*(x(2)-x(3))
```

IN számító Matlab kód

```
% rovidzarasi aram
A = [1 0 0 0 0 0 0 0;-3*R 5*R -2*R 0 -1 0 0 0;...
0 -2*R 3*R -R 0 0 0 0;0 0 -R 3*R 1 -1 0 0;...
0 0 0 0 1 -n 0 0;0 0 0 0 0 0 n 1;0 1 0 -1 0 0 1 0;...
-1 0 0 1 0 0 0 1];
B = [I0;0;0;0;0;0;0;0];
x = A \ B;
j3 = x(3);
IN = j3
```

Numerikus kísérletek/mérések

- méréseket végzünk, mintha valós módon összeállítanánk a kísérleti elrendezést
- az R_t terhelő ellenállás tetszőleges értékeire megoldjuk a hálózati egyenleteket (ezt teszi az ITs2.m file, ITs2 függvénye)

```
function [ Pt, ut, x ] = ITs2( Rt, R, n, I0 )
```

- előre meggondoltan R_t értékeit egy vektorba helyezve, az eredményeket is vektorokban tároljuk, majd feldolgozzuk
- mérést végrehajtó szkript (meresITs2.m részlete)

```
R=0.8; n=2.5; I0=15;
Rt = 0:0.01:10;
Ptv = zeros(size(Rt));
% meresek elvegzese
for idx=1:length(Ptv)
[pt, ut] = ITs2(Rt(idx), R, n, I0);
Ptv(idx) = pt;
utv(idx) = ut;
end
```

Numerikus mérések kiértékelése

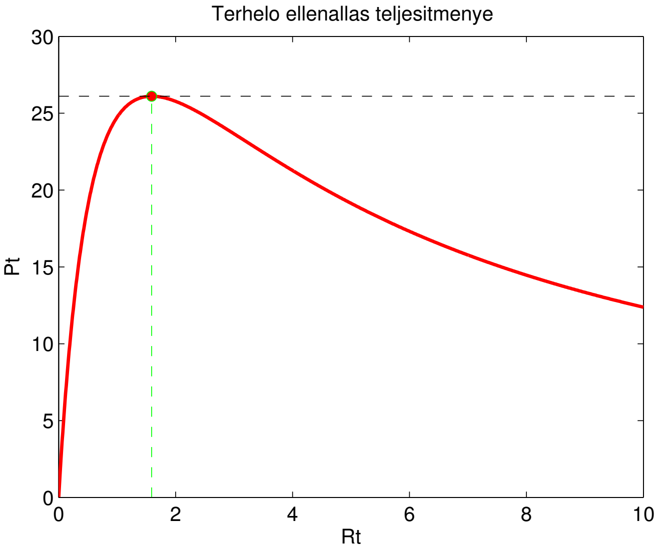
- maximális teljesítmény keresése (maxP) `>> maxP = max(Ptv);`
- maxP-hez tartozó terhelő ellenállás érték keresése
  `idx = find(Ptv==maxP); maxRt = Rt(idx);`
- grafikus ábrázolás

```
figure;
plot(Rt,Ptv, 'r-','LineWidth',2);
xlabel('Rt','FontSize',12);
ylabel('Pt','FontSize',12);
title('Terhelo ellenallas teljesitmenye','FontSize',12);
```

kiegészítjük a maximális teljesítmény helyével

```
hold on;
stem(maxRt, maxP, 'g--o','MarkerFaceColor','r');
line([min(Rt) max(Rt)], [maxP maxP],'k--');
```

Teljesítmény illesztés grafikus eredménye

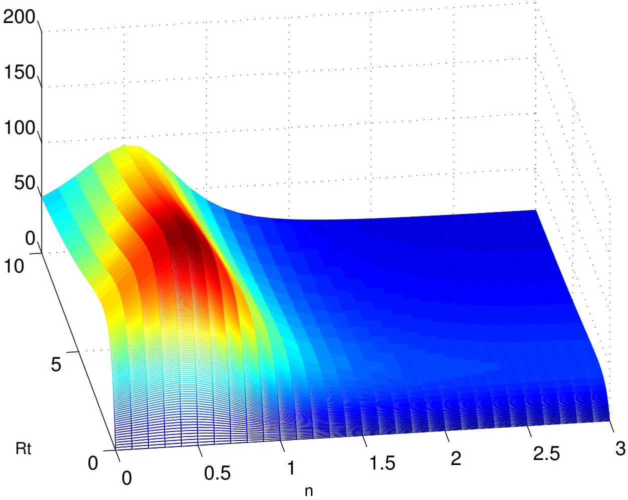


Kiegészítés

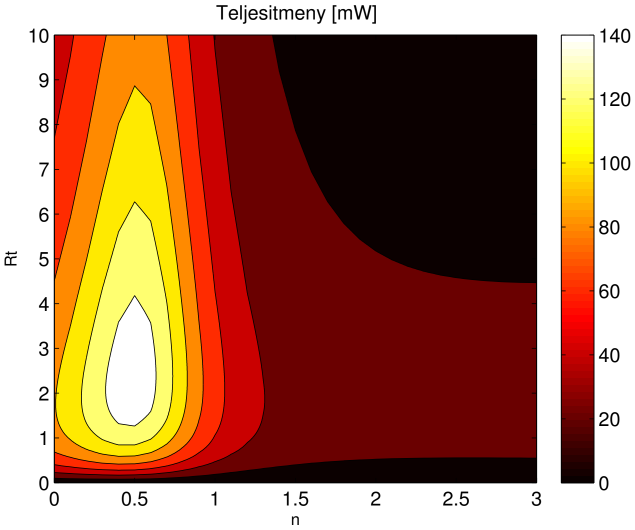
- Órán felmerült ötlet alapján keressük meg az áttétel és a terhelő ellenállás függvényében a terhelő ellenálláson disszipálódó teljesítményt!
- Ehhez annyit változtatunk, hogy a n-et is egy értéktartományon vet mintákban vizsgáljuk, felhasználva ITs2 függvényt!
- Matlab kód :

```
R = 0.8; I0= 15;
nv = 0:0.1:3;
Rtv = 0:0.01:10;
Ptv = zeros(length(nv),length(Rtv));
utv = zeros(size(Ptv));
for id1= 1:length(nv)
  for id2 = 1:length(Rtv)
    [pt,ut] = ITs2(Rtv(id2), R, nv(id1), I0);
    Ptv(id1,id2) = pt;
    utv(id1,id2) = ut;
  end
end
```

Kiegészítés / eredmények / surface ábra



Kiegészítés / eredmények / kontúr ábra



Kiegészítés / eredmények / drótvázas ábra