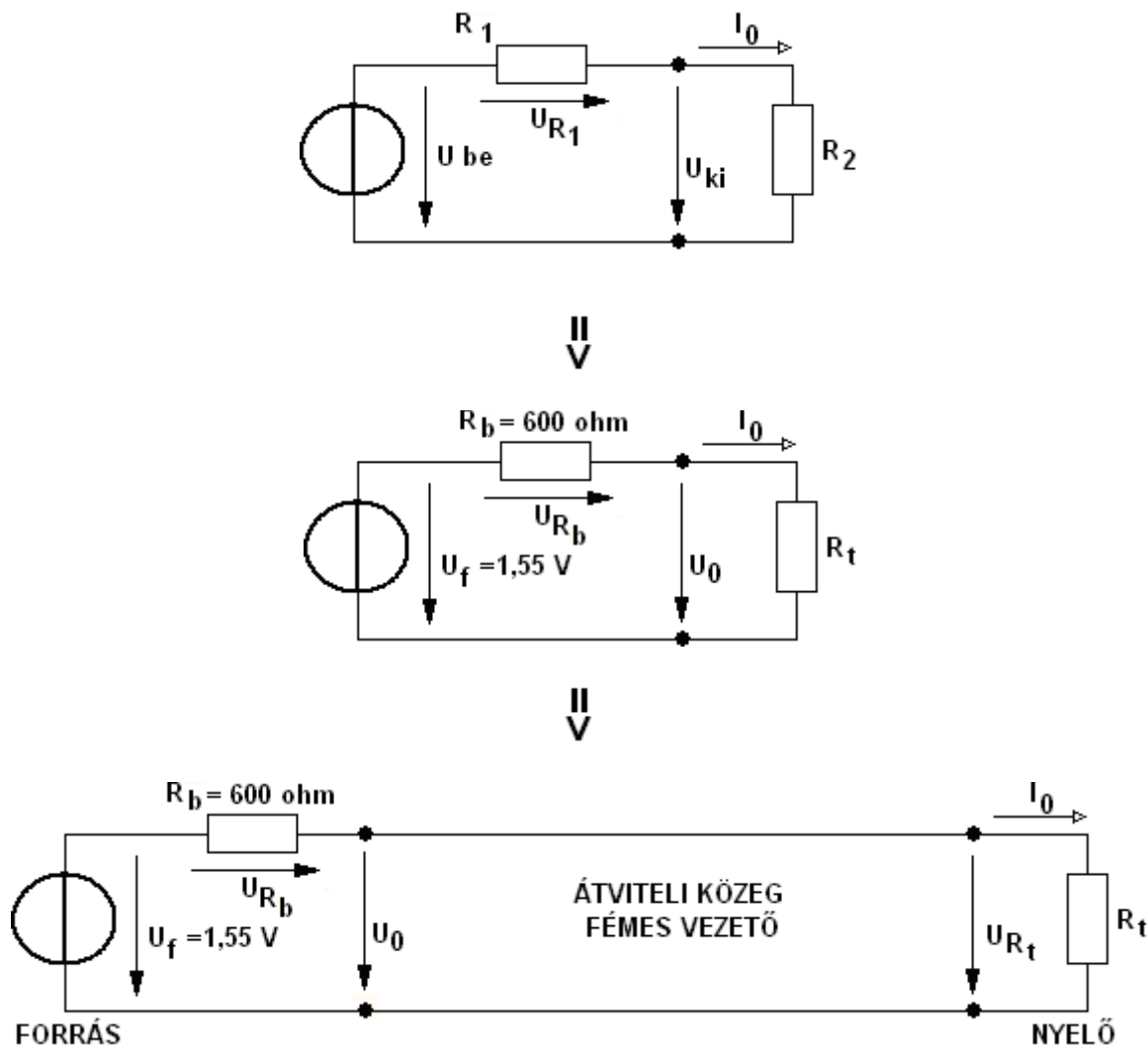


A soros kapcsolás modellje – és a vele kialakított valóságos feszültséggenerátor terhelt üzemmódja – lényegében bevezetője a fémes vezetőjű átviteltechnikai modellnek. A származtatás a következő:



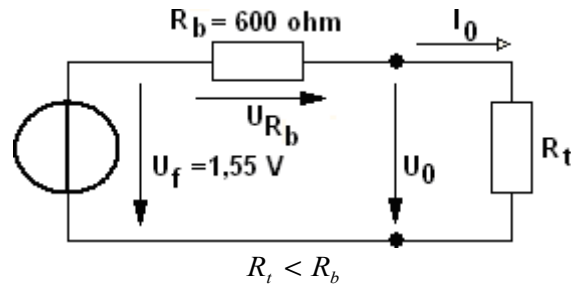
A kitűzött feladat lényegében annak az igazolása, hogy fémes vezetőjű átviteltechnikai modell esetén a legnagyobb – nyelő által elfogyasztott – teljesítmény az optimális illesztésű üzemmódban adódik. Ennek igazolásához a távközlésben alkalmazott normál-generátort vettük alapul (de természetesen a levezetett összefüggéseknek általános aspektusa is van): Ez olyan generátor, melynek üresjáratú kapocsfeszültsége 1,55 V és belső ellenállása 600 Ω. Eme generátorral megvalósított rendszert vizsgáltuk a rövidzárási üzemtől a szakadási üzemig, különös gondot fordítva az optimális illesztési módra.

A feldolgozott tananyag az egyes generátorüzemmódok elemzését egymás mellett (párhuzamosan) taglalja, ezáltal az üzemmódok közötti analógiák, eltérések könnyen megláthatók.

Az optimális illesztés teljesítménytételének igazolása algebrai és grafikus úton történik.

A VALÓSÁGOS GENERÁTOR ÜZEMEI

Valóságos generátor alulillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: rövidzárral lezárt generátor)



A valóságos generátor belső ellenállása sorosan van kapcsolva a terhelőellenállással, így az ideális generátort lényegében $R_e = R_b + R_t$ eredő ellenállás zárja le. A soros kapcsolás ismérve:

KÖZÖS AZ ÁRAM:

$$I_0 = \frac{U_f}{R_e} = \frac{U_f}{R_b + R_t}$$

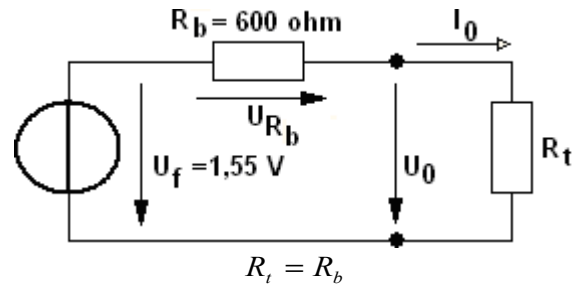
A generátor kimeneti feszültsége:

$$U_0 = I_0 \cdot R_t$$

Behelyettesítéssel:

$$U_0 = \frac{U_f}{R_b + R_t} \cdot R_t = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$$

Valóságos generátor optimális illesztésű üzeme



A valóságos generátor belső ellenállása sorosan van kapcsolva a terhelőellenállással, így az ideális generátort lényegében $R_e = R_b + R_t$ eredő ellenállás zárja le. A soros kapcsolás ismérve:

KÖZÖS AZ ÁRAM:

$$I_0 = \frac{U_f}{R_e} = \frac{U_f}{R_b + R_t}$$

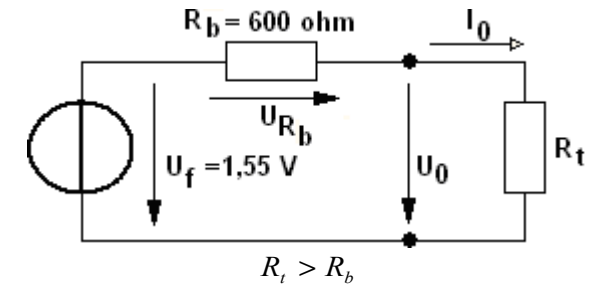
A generátor kimeneti feszültsége:

$$U_0 = I_0 \cdot R_t$$

Behelyettesítéssel:

$$U_0 = \frac{U_f}{R_b + R_t} \cdot R_t = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$$

Valóságos generátor felülillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: szakadással lezárt generátor)



A valóságos generátor belső ellenállása sorosan van kapcsolva a terhelőellenállással, így az ideális generátort lényegében $R_e = R_b + R_t$ eredő ellenállás zárja le. A soros kapcsolás ismérve:

KÖZÖS AZ ÁRAM:

$$I_0 = \frac{U_f}{R_e} = \frac{U_f}{R_b + R_t}$$

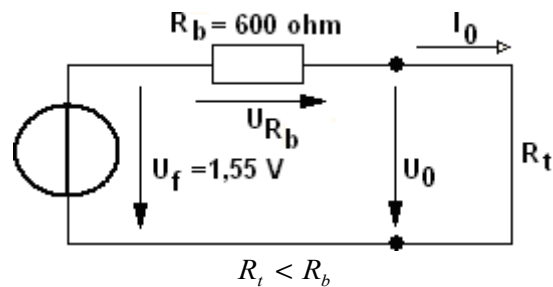
A generátor kimeneti feszültsége:

$$U_0 = I_0 \cdot R_t$$

Behelyettesítéssel:

$$U_0 = \frac{U_f}{R_b + R_t} \cdot R_t = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$$

Valóságos generátor alulillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: rövidzárral lezárt generátor)



Általánosságban elmondható, hogy az alulillesztett üzemben, csökkenő terhelőellenállás esetén a köráram nő, hiszen a terhelőellenállás és a köráram között fordított arányosság áll fenn. Az alulillesztés szélsőséges esete, amikor a valóságos generátor kimenetét rövidre zárjuk, vagyis:

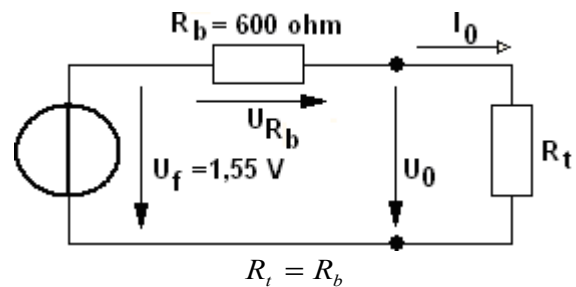
$$R_t = 0\Omega$$

Ebben az esetben a köráram a legnagyobb értéket veszi fel (hiszen az $R_e = R_b + R_t$ eredő ellenállás a legkisebb). Ez az áramérték az I_0 határértéke, miközben a R_b tart a 0-hoz (rövidzáráshoz):

$$\lim_{R_t \rightarrow 0\Omega} I_0 = \frac{U_f}{R_b + R_t} = \frac{1,55V}{600\Omega + 0\Omega} = 2,58mA$$

Ez az áramérték tehát a legnagyobb értékű az adott generátorparaméterek mellett ($U_f = 1,55V$, $R_b = 600\Omega$).

Valóságos generátor optimális illesztésű üzeme



Az optimális illesztés esetén a valóságos generátort lezáró ellenállás (R_t) értéke megegyezik a generátor belső ellenállásával (R_b)

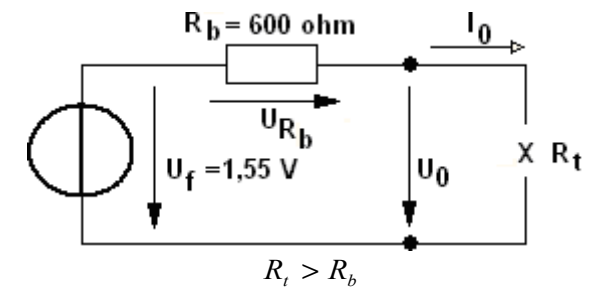
$$R_t = R_b$$

Ebben az esetben a köráram értéke:

$$I_0 = \frac{U_f}{R_e} = \frac{U_f}{R_b + R_t} = \frac{1,55V}{600\Omega + 600\Omega} = 1,29mA$$

Lássuk meg, hogy optimális illesztés esetén köráram értéke pontosan a fele a rövidzárási áramértéknek!

Valóságos generátor felülillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: szakadással lezárt generátor)



Általánosságban elmondható, hogy az felülillesztett üzemben, növekvő terhelőellenállás esetén a köráram csökken, hiszen a terhelőellenállás és a köráram között fordított arányosság áll fenn. A felülillesztés szélsőséges esete, amikor a valóságos generátor kimenetét szakadással zárjuk le, vagyis:

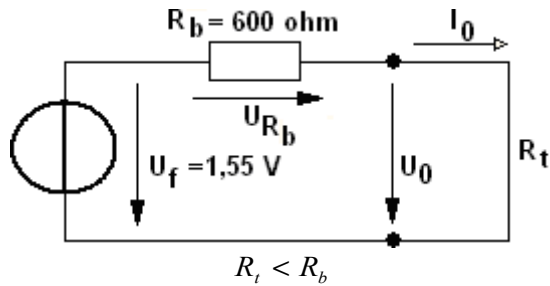
$$R_t = \infty$$

Ebben az esetben a köráram a legkisebb értéket veszi fel valójában 0, hiszen az áramkör szakadt, (hiszen az $R_e = R_b + R_t$ eredő ellenállás a legnagyobb). Ez az áramérték az I_0 határértéke, miközben a R_b tart a ∞ -hez (szakadáshoz):

$$\lim_{R_t \rightarrow \infty} I_0 = \frac{U_f}{R_e} = \frac{U_f}{R_b + R_t} = \frac{1,55V}{600\Omega + \infty} = 0A$$

Belátható tehát, hogy szakadás esetén az áramkör megszakad, vagyis áram nem folyhat, a köráram 0A.

Valóságos generátor alulillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: rövidzárral lezárt generátor)



Szélsőséges eset, rövidrezárt generátor: $R_t = 0\Omega$

Az alulillesztett üzemben, csökkenő terhelőellenállás esetén ugyan nő a köráram, viszont a kimeneti feszültség és a terhelőellenállás között egyenes arányosság áll: csökken a terhelőellenállás, csökken a kimeneti feszültség.

$$U_0 \sim R_t$$

Az alulillesztés szélsőséges esete, amikor a valóságos generátor kimenetét rövidre zárjuk.

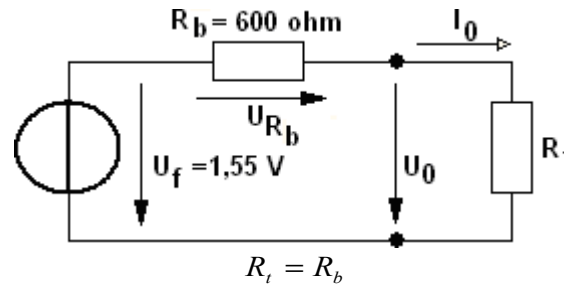
Mivel a kimeneti feszültség:

$$U_0 = \frac{U_f}{R_b + R_t} \cdot R_t = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$$

ezért a kimeneti feszültség értéke, miközben az $R_t = 0\Omega$ (rövidzárás):

$$U_0 = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t} = 1,55V \cdot \frac{0\Omega}{600\Omega + 0\Omega} = 0V$$

Valóságos generátor optimális illesztésű üzeme



Az optimális illesztés esetén a valóságos generátort lezáró ellenállás (R_t) értéke megegyezik a generátor belső ellenállásával (R_b)

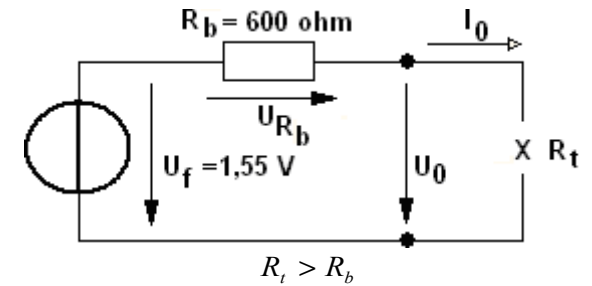
$$R_t = R_b$$

Ebben az esetben a kimeneti feszültség:

$$U_0 = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t} = \frac{1,55V \cdot 600\Omega}{600\Omega + 600\Omega} = 0,775V$$

Lássuk meg, hogy optimális illesztés esetén kimeneti feszültség értéke pontosan a fele a szakadás esetén mérhető kimeneti feszültségnek!

Valóságos generátor felülillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: szakadással lezárt generátor)



Szélsőséges eset, szakadással zárt generátor:
 $R_t = \infty\Omega$

A felülillesztett üzemben, növekvő terhelőellenállás esetén ugyan csökken a köráram, viszont kimeneti feszültség és az terhelőellenállás között egyenes arányosság áll: nő a terhelőellenállás, nő a kimeneti feszültség.

$$U_0 \sim R_t$$

A felülillesztés szélsőséges esete, amikor a valóságos generátor kimenetét szakadással zárjuk.

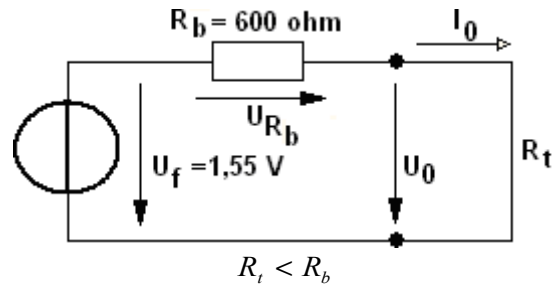
Mivel a kimeneti feszültség:

$$U_0 = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$$

ezért a kimeneti feszültség határértéke, miközben az R_t tart a ∞ -hez (szakadáshoz)

$$\lim_{R_t \rightarrow \infty} U_0 = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t} = U_f \cdot \frac{\infty}{600\Omega + \infty} = U_f = 1,55V$$

Valóságos generátor alulillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: rövidzárral lezárt generátor)



Szélsőséges eset, rövidrezárt generátor: $R_t = 0\Omega$

Felismerhető, hogy a kimeneti feszültség a feszültségosztásnak megfelelően, csökkenő terhelőellenállás esetén csökken.

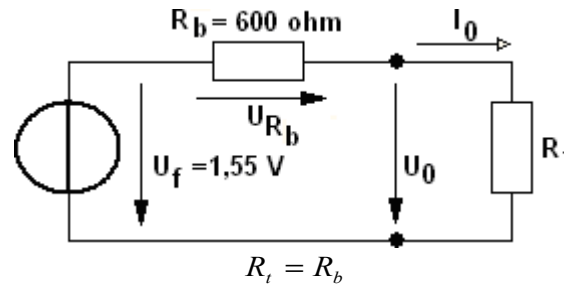
$$U_0 = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$$

A soros kapcsolás ismérve, hogy az ideális generátor feszültsége megegyezik a valóságos generátor belső ellenállásán, és a terhelő ellenálláson eső feszültségek összegével, melyek a közös áram hatására esnek az egyes elemeken.

$$U_f = U_{R_b} + U_0 = R_b \cdot I_0 + R_t \cdot I_0$$

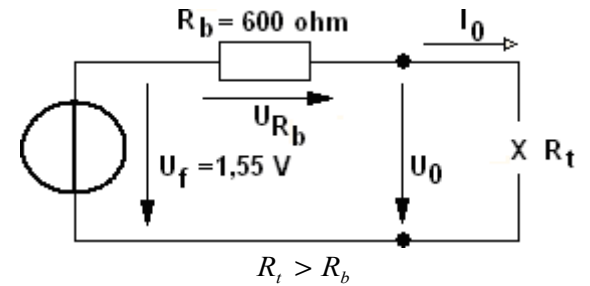
Ha tehát az R_t csökken, akkor az R_t terhelőellenálláson eső feszültség, vagyis az U_0 kimeneti feszültség is csökken.

Valóságos generátor optimális illesztésű üzeme



Az optimális illesztés esetén a valóságos generátort lezáró ellenállás (R_t) értéke megegyezik a generátor belső ellenállásával (R_b)

Valóságos generátor felülillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: szakadással lezárt generátor)



Szélsőséges eset, szakadással zárt generátor: $R_t = 0\Omega$

Felismerhető, hogy a kimeneti feszültség a feszültségosztásnak megfelelően, növekvő terhelőellenállás esetén nő.

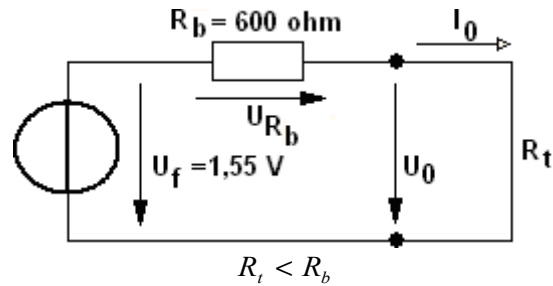
$$U_0 = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$$

A soros kapcsolás ismérve, hogy az ideális generátor feszültsége megegyezik valóságos generátor belső ellenállásán és a terhelő ellenálláson eső feszültségek összegével, melyek a közös áram hatására esnek az egyes elemeken.

$$U_f = U_{R_b} + U_0 = R_b \cdot I_0 + R_t \cdot I_0$$

Ha tehát az R_t nő, akkor az R_t terhelőellenálláson eső feszültség, vagyis az U_0 kimeneti feszültség is nő.

Valóságos generátor alulillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: rövidzárral lezárt generátor)



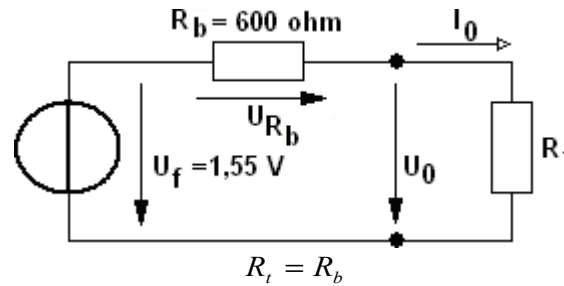
Szélsőséges eset, rövidrezárt generátor: $R_t = 0\Omega$

Az összefüggésből látható, hogy amennyiben az $R_t = 0\Omega$ (rövidrezárt valóságos generátor), akkor a kimeneti feszültség $U_0 = 0V$.

Természetesen rövidzárási kimeneti feszültség $U_0 = 0V$ értéke más úton is igazolható. Tudjuk, hogy a körben folyó áram egy adott ellenálláson $U = R \cdot I$ feszültséget ejt. Vagyis az $R_t = 0\Omega$ értékű terhelőellenállás esetén a rövidrezárt kimenetű valóságos generátor kimeneti feszültsége:

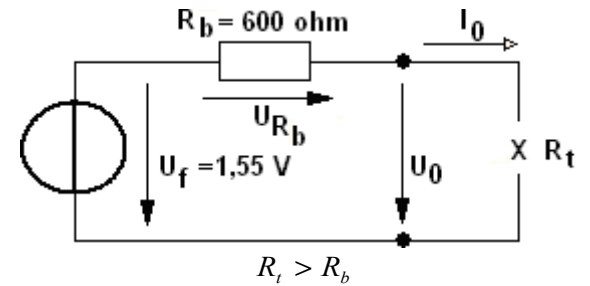
$$U_0 = R_t \cdot I_0 = 0\Omega \cdot I_0 = 0V$$

Valóságos generátor optimális illesztésű üzeme



Az optimális illesztés esetén a valóságos generátort lezáró ellenállás (R_t) értéke megegyezik a generátor belső ellenállásával (R_b)

Valóságos generátor felülillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: szakadással lezárt generátor)



Szélsőséges eset, szakadással zárt generátor: $R_t = \infty$

Az összefüggésből látható, hogy amennyiben az $R_t = \infty$ (szakadással lezárt valóságos generátor), akkor a kimeneti feszültség $U_0 = U_f$.

Természetesen szakadással lezárt valóságos generátor kimeneti feszültsége $U_0 = U_f$ értéke más úton is igazolható. Tudjuk, hogy a körben folyó áram egy adott ellenálláson $U = R \cdot I$ feszültséget ejt. Ha a kimeneti áram $0A$ értékeű, akkor a valóságos generátor belső ellenállásán eső feszültség

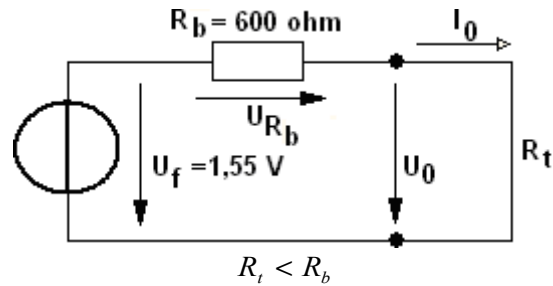
$$U_{R_b} = R_b \cdot I_0 = 600\Omega \cdot 0A = 0V$$

Ismert, hogy: $U_f = U_{R_t} + U_0 = 1,55V$

Ekkor a kimeneti feszültség:

$$U_0 = U_f - U_{R_b} = 1,55V - 0V = 1,55V = U_f$$

Valóságos generátor alulillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: rövidzárral lezárt generátor)



Szélsőséges eset, rövidrezárt generátor: $R_t = 0\Omega$

Ismert tény, hogy egy adott ellenálláson hővé alakuló teljesítmény: $P = U \cdot I$

Továbbá, hogy egy ellenálláson eső feszültség:

$$U = I \cdot R$$

valamint az ellenálláson átfolyó áram:

$$I = \frac{U}{R}$$

Behelyettesítéssel következik, hogy:

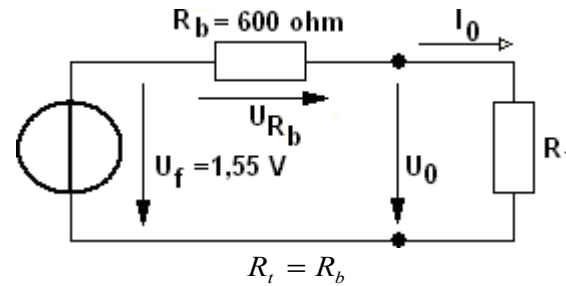
$$P_{R_t} = U \cdot I = R_t \cdot I_0 \cdot I_0 = R_t \cdot I_0^2$$

Vizsgáljuk meg a valóságos generátor $R_t = 0\Omega$ extrém terhelőellenállással (rövidrezárt kimenet) való lezárás esetén az R_t terhelőellenálláson a kimeneti teljesítményt! Jól látható, hogy $R_t = 0\Omega$ esetén az előző összefüggés értéke:

$$P_{R_t} = R_t \cdot I_0^2 = 0\Omega \cdot I_0^2 = 0W$$

Vagyis a köráramtól függetlenül a kimeneti teljesítmény $R_t = 0\Omega$ (rövidrezárt valóságos generátor) esetén mindig 0W.

Valóságos generátor optimális illesztésű üzeme

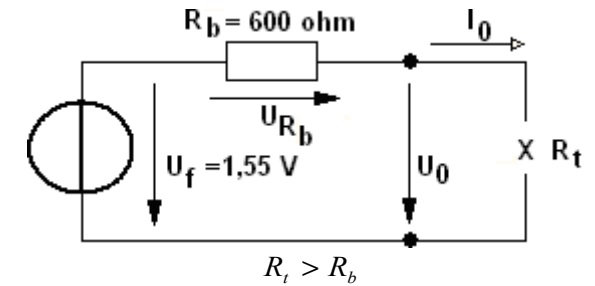


Az optimális illesztés esetén a valóságos generátort lezáró ellenállás (R_t) értéke megegyezik a generátor belső ellenállásával (R_b):

Ebben az esetben a kimeneti teljesítmény:

$$P_{R_t} = U \cdot I = R_t \cdot I_0^2 = R_t \cdot \left(\frac{U_f}{R_b + R_t} \right)^2 = 600\Omega \cdot \left[\frac{1,55V}{600\Omega + 600\Omega} \right]^2 = 0,001W = 1mW$$

Valóságos generátor felülillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: szakadással lezárt generátor)



Szélsőséges eset, szakadással zárt generátor: $R_t = \infty\Omega$

Ismert tény, hogy egy adott ellenálláson hővé alakuló teljesítmény: $P = U \cdot I$

Továbbá, hogy egy ellenálláson eső feszültség:

$$U = I \cdot R$$

valamint az ellenálláson átfolyó áram:

$$I = \frac{U}{R}$$

Behelyettesítéssel következik, hogy:

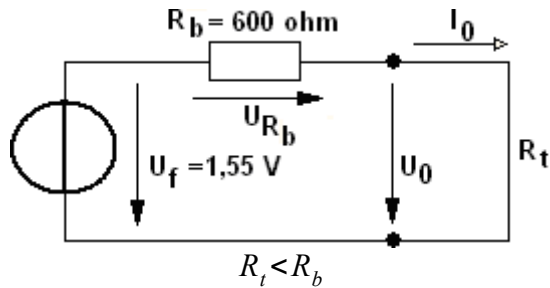
$$P_{R_t} = U \cdot I = R_t \cdot I_0 \cdot I_0 = R_t \cdot I_0^2$$

Vizsgáljuk meg a valóságos generátor $R_t = \infty$ extrém terhelőellenállással (szakadással lezárt kimenet) való lezárás esetén az R_t terhelőellenálláson a kimeneti teljesítményt! Ismert, hogy ebben az üzemben a köráram 0A. Jól látható, hogy $R_t = \infty$ esetén az előző összefüggés értéke:

$$\lim_{R_t \rightarrow \infty} P_{R_t} = R_t \cdot I_0^2 = \infty \cdot 0A^2 = 0W$$

Vagyis a szakadással lezárt valóságos generátor kimeneti teljesítménye mindig 0W.

Valóságos generátor alulillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: rövidzárral lezárt generátor)



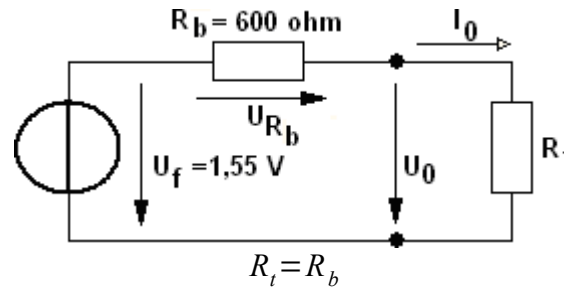
Szélsőséges eset, rövidrezárt generátor: $R_t = 0 \Omega$

Vizsgáljuk meg a valóságos generátor $R_t = 0 \Omega$ extrém terhelőellenállással (rövidrezárt kimenet) való lezárás esetén az R_b belső ellenálláson hővé alakuló teljesítményt! Mivel ebben az esetben valóságos generátor kimeneti feszültsége közvetlenül az R_b belső ellenállás kapcsain jelenik meg, ezért:

$$P_{Rb} = U_0 \cdot I_0 = U_0 \cdot \frac{U_0}{R_b} = \frac{U_0^2}{R_b} = \frac{(1,55 \text{ V})^2}{600 \Omega} = 4 \text{ mW}$$

A kimeneti teljesítmény tehát a generátor forrásfeszültségének és a belső ellenállásának függvénye. E két komponens konstans értéke esetén ez a teljesítmény a körben előforduló legnagyobb teljesítmény.

Valóságos generátor optimális illesztésű üzeme

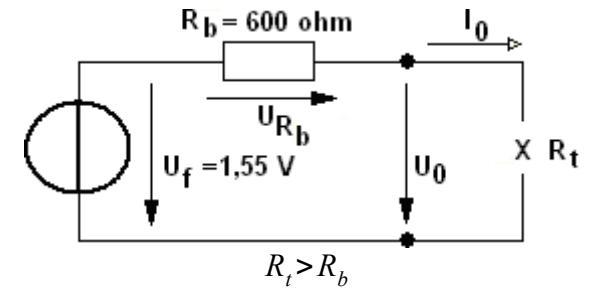


Az optimális illesztés esetén a valóságos generátort lezáró ellenállás (R_t) értéke megegyezik a generátor belső ellenállásával (R_b):

Ebben az esetben R_b belső ellenálláson hővé alakuló kimeneti teljesítmény:

$$P_{Rb} = U \cdot I = R_b \cdot I_0^2 = R_b \cdot \left(\frac{U_f}{R_b + R_t} \right)^2 = 600 \Omega \cdot \left[\frac{1,55 \text{ V}}{600 \Omega + 600 \Omega} \right]^2 = 0,001 \text{ W} = 1 \text{ mW}$$

Valóságos generátor felülillesztett módú üzeme
(szélsőséges eset: szakadással lezárt generátor)



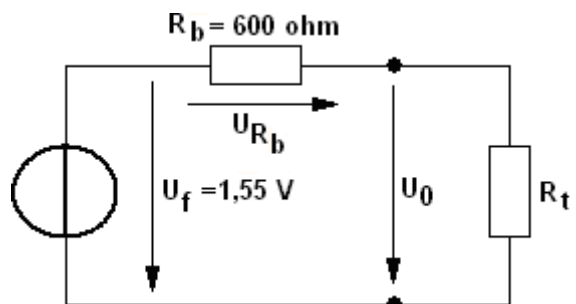
Szélsőséges eset, szakadással zárt generátor: $R_t = \infty \Omega$

Vizsgáljuk meg a valóságos generátor $R_t = \infty$ extrém terhelőellenállással (szakadással lezárt kimenet) való lezárás esetén az R_b belső ellenálláson hővé alakuló teljesítményt! Ebben az esetben valóságos generátor kimeneti feszültsége közvetlenül az R_b belső ellenállás kapcsain jelenik meg. Tekintettel arra, hogy szakadással lezárt kimenet esetén nincs köráram, ezért az R_b belső ellenálláson hővé alakuló teljesítmény:

$$P_{Rb} = U \cdot I = R_t \cdot I_0^2 = R_t \cdot 0 \text{ A} = 0 \text{ W}$$

Ennek tükrében belátható, hogy a szakadással lezárt valóságos generátor R_b belső ellenállásán hővé alakuló teljesítmény minden esetben 0W.

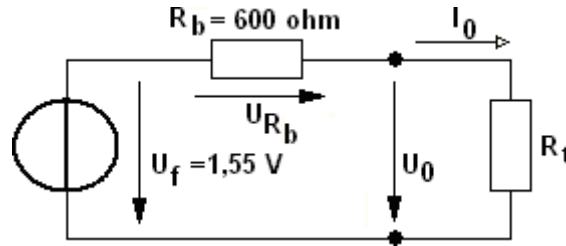
AZ ADATOK ÖSSZEFOGLALÁSA:



Az egyes üzemek adatait táblázatba foglaltuk:

	Rövidzárási üzem $R_t = 0$	Alulillesztett üzem $R_t < R_b$	Optimális illesztés $R_t = R_b$	Felülillesztett üzem $R_t > R_b$	Üresjárási üzem $R_t = \infty$
Köráram: I_0	$I_0 = I_{\max}$	$\frac{I_{\max}}{2} < I_0 < I_{\max}$	$I_0 = \frac{I_{\max}}{2}$	$\frac{I_{\max}}{2} > I_0 > 0$	$I_0 = 0$
Kimeneti feszültség: U_0	$U_0 = 0$	$0 < U_0 < \frac{U_f}{2}$	$U_0 = \frac{U_f}{2}$	$\frac{U_f}{2} < U_0 < U_f$	$U_0 = U_f$
A generátor belső ellenállásán eső feszültség: U_{R_b}	$U_{R_b} = U_f$	$\frac{U_f}{2} < U_{R_b} < U_f$	$U_{R_b} = \frac{U_f}{2}$	$0 < U_{R_b} < \frac{U_f}{2}$	$U_{R_b} = 0$
Az R_t terhelő ellenálláson hővé alakuló teljesítmény: $P_{R_t} = P_{ki}$	$P_{R_t} = 0$	$0 < P_{R_t} < P_{\max}$	$P_{R_t} = P_{ki \max}$	$0 < P_{R_t} < P_{\max}$	$P_{R_t} = 0$
Az R_b belső ellenálláson hővé alakuló teljesítmény: $P_{R_b} = P_{gen}$	$P_{R_b} = P_{gen \max}$	$P_{ki \max} < P_{R_b} < P_{gen \max}$	$P_{R_b} = P_{ki \max}$	$0 < P_{R_b} < P_{ki \max}$	$P_{R_b} = 0$

A GENERÁTOR KARAKTERISZTIKÁI: A KÖRÁRAM



A valóságos generátor belső ellenállása sorosan van kapcsolva a terhelőellenállással, így az ideális generátort lényegében $R_e = R_b + R_t$ eredő ellenállás zárja le. A soros kapcsolás ismérve:

KÖZÖS AZ ÁRAM:

Ebből megalkotható az ábrázolandó áramfüggvény a terhelőellenállás függvényében:

$$I_0 = \frac{U_f}{R_e} = \frac{U_f}{R_b + R_t}$$

Az ismert adatok alapján látható, hogy a köráram a terhelőellenállás függvényében:

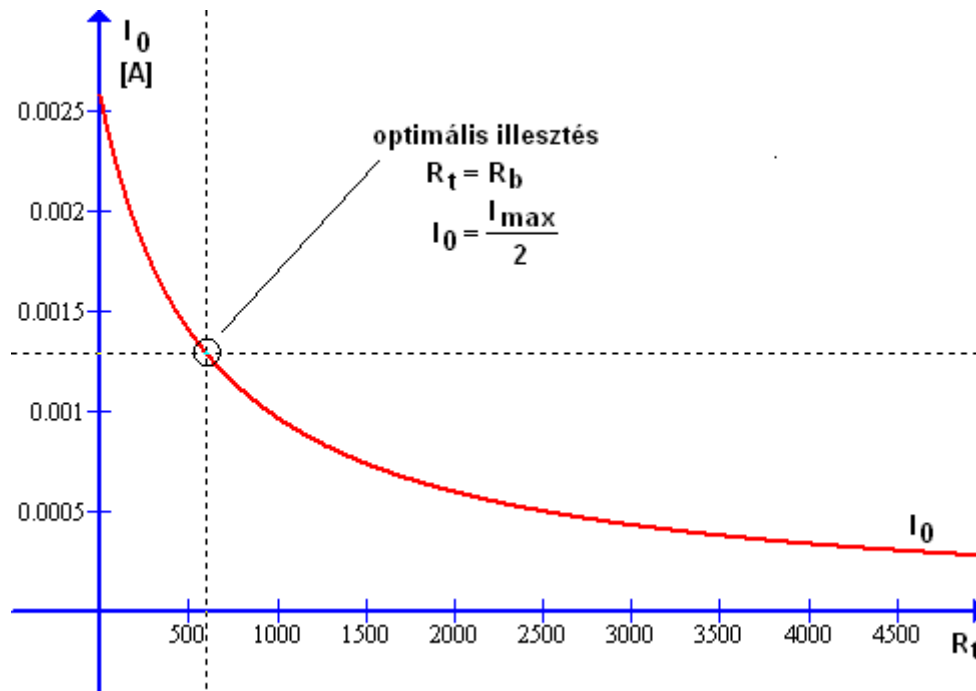
$$I_0 = \frac{U_f}{R_e} = \frac{1,55 V}{600 \Omega + R_t} =$$

$$I_0 = \frac{U_f}{R_e} = \frac{1,55 V}{600 \Omega + R_t}$$

$$= y = \frac{1,55}{600 + x}$$

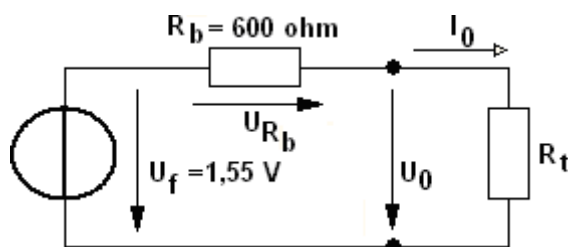
A kapott függvényt ábrázolva a következőket állapíthatjuk meg:

- a függvény $\frac{1}{x}$, azaz hiperbola jellegű (vagyis a terhelőellenállás és a köráram között nemlineáris a kapcsolat);
- a köráram valós lezárás növelése esetén tart a nullához, 0A értéke csak szakadás esetén van;
- igazolható, hogy a legnagyobb köráram a rövidzáráskor adódik;
- optimális illesztés esetén a köráram pontosan a fele a rövidzárási köráramnak.



A köráram-terhelőellenállás karakterisztika

A GENERÁTOR KARAKTERISZTIKÁI: A KIMENETI FESZÜLTÉSÉG



A kimeneti feszültség a következőképpen alakul:

$$U_0 = \frac{U_f}{R_b + R_t} \cdot R_t = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$$

Az ismert adatok alapján látható, hogy a köráram a terhelőellenállás függvényében:

$$U_0 = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t} = 1,55V \cdot \frac{R_t}{600\Omega + R_t}$$

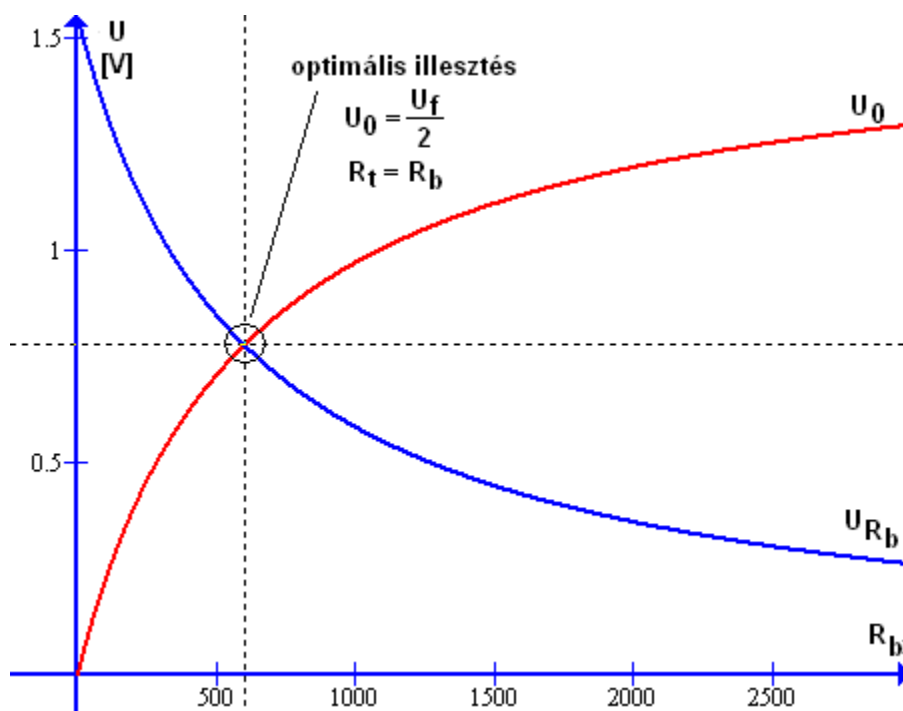
Ebből megalkotható az ábrázolandó kimeneti feszültségfüggvény a terhelőellenállás függvényében:

$$U_0 = U_f \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t} = 1,55V \cdot \frac{R_t}{600\Omega + R_t} =$$

$$= y = 1,55 \frac{x}{600 + x}$$

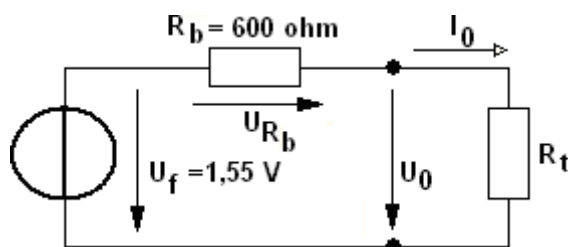
A kapott függvényt ábrázolva a következőket állapíthatjuk meg:

- a függvény alapján igazolható, hogy a terhelőellenállás és a kimeneti feszültség között nemlineáris a kapcsolat;
- rövidzár esetén a kimeneti feszültség 0V;
- ha a terhelőellenállás tart a végtelenhez, akkor a kimeneti feszültség tart a generátor üresjárási feszültségéhez $U_0 = U_f$. Ez valójában a szakadással lezárt esetben realizálódik.



A kimeneti feszültség- (U_0) terhelőellenállás karakterisztika

A GENERÁTOR KARAKTERISZTIKÁI: A BELSŐ ELLENÁLLÁSON ESŐ FESZÜLTSG



A belső ellenálláson eső feszültség a következőképpen alakul:

$$U_{R_b} = \frac{U_f}{R_b + R_t} \cdot R_b = U_f \cdot \frac{R_b}{R_b + R_t}$$

Ebből megalkotható az ábrázolandó a belső ellenálláson eső feszültségfüggvény a terhelőellenállás függvényében:

Az ismert adatok alapján látható, hogy a belső ellenálláson eső feszültség a terhelőellenállás függvényében:

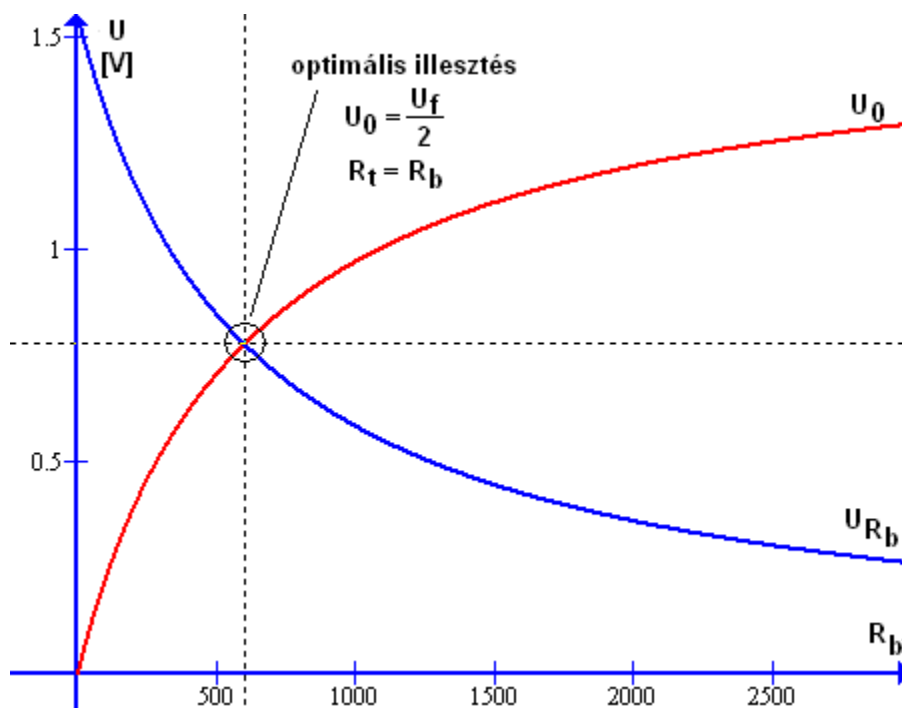
$$U_{R_b} = U_f \cdot \frac{R_b}{R_b + R_t} = 1,55V \frac{600\Omega}{600\Omega + R_t} =$$

$$U_{R_b} = U_f \cdot \frac{R_b}{R_b + R_t} = 1,55V \frac{600\Omega}{600\Omega + R_t}$$

$$= y = 1,55 \frac{600}{600 + x}$$

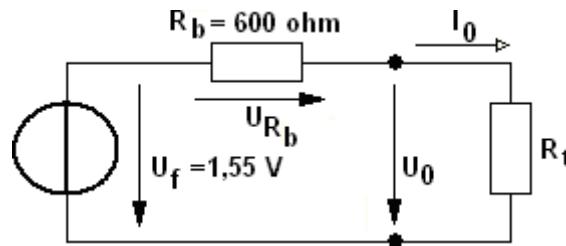
A kapott függvényt ábrázolva a következőket állapíthatjuk meg:

- a függvény $\frac{1}{x}$, azaz hiperbola jellegű (vagyis a terhelőellenállás és a kimeneti feszültség között nemlineáris a kapcsolat);
- rövidzár esetén a belső ellenálláson eső feszültség, a generátor forrásfeszültsége $U_{R_b} = U_f$;
- ha a terhelőellenállás tart a végtelenhez, akkor a belső ellenálláson eső feszültség tart a 0V-hoz. Ez valójában a szakadással lezárt esetben realizálódik.



A generátor belső ellenállásán eső feszültség (U_{R_b})-terhelőellenállás karakterisztika

A GENERÁTOR KARAKTERISZTIKÁI: A BELSŐ ELLENÁLLÁS TELJESÍTMÉNYE



A belső ellenálláson hővé alakuló teljesítmény a következő formula szerinti:

$$P_{R_b} = U \cdot I = R_b \cdot I_0^2 = R_b \cdot \left(\frac{U_f}{R_b + R_t} \right)^2$$

Az ismert adatok alapján látható, hogy a kimeneti teljesítmény a terhelőellenállás függvényében:

$$P_{R_b} = R_b \cdot \left(\frac{U_f}{R_b + R_t} \right)^2 = R_b \cdot \left(\frac{1,55V}{600\Omega + R_t} \right)^2$$

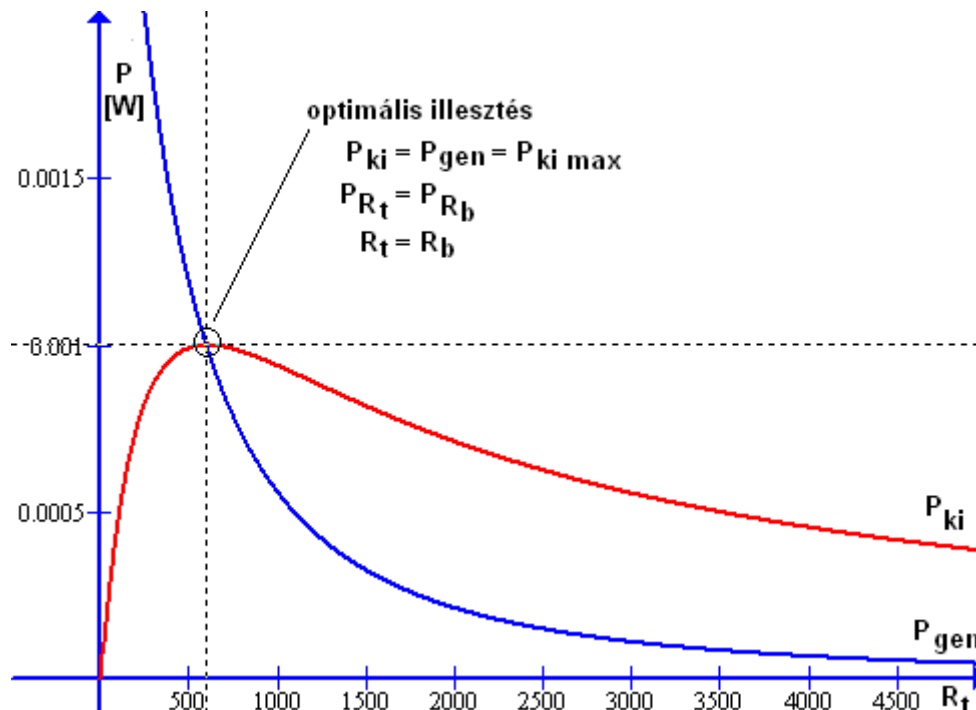
Ebből megalkotható az ábrázolandó kimeneti teljesítményfüggvény a terhelőellenállás függvényében:

$$P_{R_b} = 600\Omega \cdot \frac{2,4025 V^2}{R_t^2 + 1200\Omega \cdot R_t + (600\Omega)^2}$$

$$= y = \frac{1441,5}{x^2 + 1200 \cdot x + 360000}$$

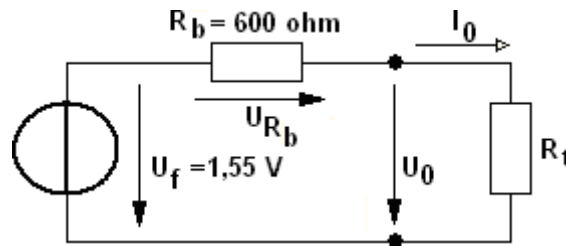
A kapott függvényt ábrázolva a következőket állapíthatjuk meg:

- a függvény alapján igazolható, hogy a terhelőellenállás és a belső ellenálláson hővé alakuló teljesítmény között nemlineáris a kapcsolat;
- rövidzár esetén belső ellenálláson hővé alakuló teljesítmény eléri a maximumát, szakadás esetén ez a teljesítmény 0W;
- Optimális illesztés esetén a generátor belső ellenállásán hővé alakuló teljesítmény és a kivehető teljesítmény azonos nagyságú.



A generátor belső ellenállásán hővé alakuló teljesítmény-terhelőellenállás karakterisztika

A GENERÁTOR KARAKTERISZTIKÁI: A KIMENETI TELJESÍTMÉNY



A terhelőellenálláson hővé alakuló teljesítmény a következő formula szerinti:

$$P_{R_t} = U \cdot I = R_t \cdot I_{0^2} = R_t \cdot \left(\frac{U_f}{R_b + R_t} \right)^2$$

Az ismert adatok alapján látható, hogy a kimeneti teljesítmény a terhelőellenállás függvényében:

$$P_{R_t} = R_t \cdot \left(\frac{U_f}{R_b + R_t} \right)^2 = R_t \cdot \left(\frac{1,55 V}{600 \Omega + R_t} \right)^2$$

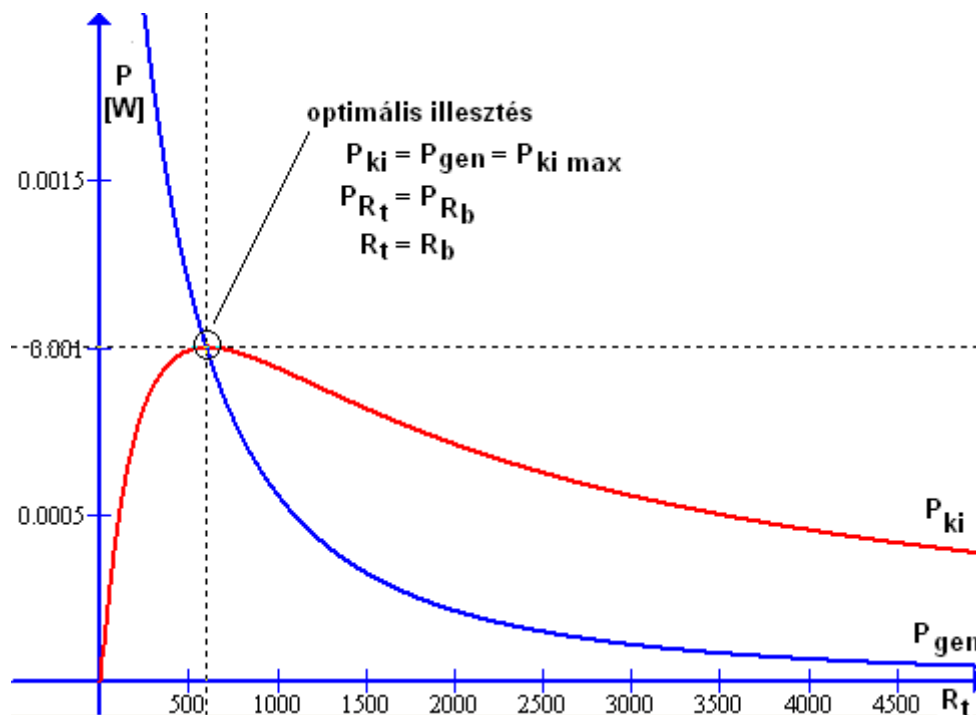
Ebből megalkotható az ábrázolandó kimeneti teljesítményfüggvény a terhelőellenállás függvényében:

$$P_{ki} = R_t \cdot \frac{2,4025 V^2}{R_t^2 + 1200 \Omega \cdot R_t + (600 \Omega)^2}$$

$$= y = \frac{2,4025 \cdot x}{x^2 + 1200 \cdot x + 360000}$$

A kapott függvényt ábrázolva a következőket állapíthatjuk meg:

- a függvény alapján igazolható, hogy a terhelőellenállás és a kimeneti teljesítmény között nemlineáris a kapcsolat;
- rövidzár és szakadás esetén a kimeneti teljesítmény 0;
- A legnagyobb kimeneti teljesítmény az optimális illesztés esetén adódik.



A generátor kimeneti teljesítmény-terhelőellenállás karakterisztika

A GENERÁTOR KARAKTERISZTIKÁI: A MUNKAPONT DIAGRAM

A rendelkezésre álló információk tükrében vizsgáljuk meg az I. táblázat adatait, különös gonddal az optimális illesztés esetét. Mind a táblázatból, mind pedig a generátor teljesítmény-terhelőellenállás diagramjából kiolvasható, hogy a generátorból „kivehető” teljesítmény (vagyis amelyet a terhelőellenállás elfogyaszt) az optimális illesztés mellett a legnagyobb:

$$P_{ki} = R_t \cdot \left(\frac{U_f}{R_b + R_t} \right)^2 = P_{ki \max}, \text{ ha } R_t = R_b$$

Rajzoljuk fel a fémes vezetőjű átviteli út egy lehetséges modelljét:



Minden fémes vezetőjű jelátvitel esetén arra kell törekedni, hogy a forrástól a nyelőig a lehető legnagyobb teljesítmény vigyük át, hiszen ez a kulcsa:

- a reflexiómentes (de mindenképpen a legalacsonyabb reflexiójú);
- minimális amplitúdócsillapítás-torzítású;
- minimális fázistorzítású;
- minimális csoportfutási idő torzítású;

vagyis az alakhű átvitelnek. Ez a tény az átviteli út optimális illesztése esetén valósul meg. Ebben az esetben a generátor (forrás) belső impedanciája, a fémes vezető hullámimpedanciája, valamint a terhelés (nyelő) impedanciája megegyezik, vagyis az **ÁTVITELI ÚT OPTIMÁLIS ILLESZTÉS MELLETT ÜZEMEL.**

Végezetül tekintsük meg a valóságos feszültséggenerátor feszültség-áram diagramját a terhelőellenállás függvényében. A rövidzárási és a szakadási pont közötti egyenes lényegében a munkaponti egyenes, eme egyenes mentén „mozog” a generátor munkapontja, a terhelőellenállás függvényében, a rövidzárástól a szakadásig. Ebből e diagramból a következők előzetes állapítások igazolódnak:

- a rövidzárási munkapontban ($R_t = 0$) a kimeneti feszültség nulla, míg a köráram eléri a maximumát;
- a szakadási munkapontban ($R_t = \infty$) a kimeneti áram nulla, míg a kapcsolófeszültség eléri a maximumát.

Belátható, hogy bármely munkaponthoz megszerkeszthető a munkaegyenes alatti $U_{Rt} \cdot I_0$ téglalap. Lássuk meg, hogy ez lényegében $t = a \cdot b$ területű téglalap, mely alapján a kimeneti teljesítmény $P_{ki} = U_{Rt} \cdot I_0$.

$$t = a \cdot b \quad \Longrightarrow \quad P_{ki} = U_{Rt} \cdot I_0$$

Eme diagramból könnyen igazolható, hogy az „a” és „b” oldalú téglalagnak, és ennek analógiájára az „ U_{Rt} ” és „ I_0 ” oldalú „téglalap”-nak a kerülete állandó, mely a változó munkapont esetén más-más nagyságú teljesítményszorzatot eredményez. Mind a generátor kimeneti teljesítmény-terhelőellenállás karakterisztikából, mind pedig a munkapontdiagramból kiolvasható, hogy a rövidzársi- és szakadási pontban a teljesítményszorzat nulla, valamint, hogy a teljesítményszorzat a legnagyobb értékét az optimális illesztés pontjában éri el.

Rövidzársi pont: $P_{ki} = U_{Rt} \cdot I_0 = 0V \cdot I_0 = 0W$

Szakadási pont: $P_{ki} = U_{Rt} \cdot I_0 = U_{Rt} \cdot 0A = 0W$

Optimális illesztés: $P_{ki} = U_{Rt} \cdot I_0 = \frac{U_f}{2} \cdot \frac{I_{max}}{2} = P_{ki\ max}$

