

12.A Energiaforrások – Generátorok jellemzői

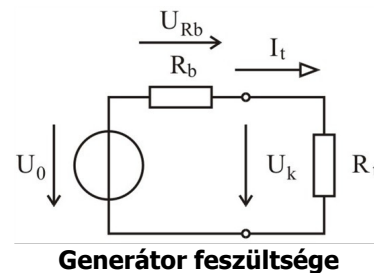
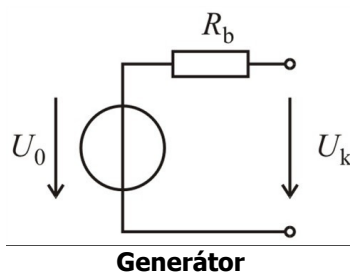
Értelmezze a belső ellenállás, a forrásfeszültség és a kapocsfeszültség fogalmát!
 Hasonlítsa össze az ideális és a valóságos generátorokat!
 Rajzolja fel a feszültség- és áramgenerátorok Thevenin és Norton helyettesítő képeit!
 Mutassa be a Norton és a Thevenin helyettesítő képek közötti kapcsolatot!
 Határozza meg a sorosan, a párhuzamosan és a vegyesen kapcsolt generátorok jellemzőit!
 Elemezze a kapocsfeszültség terhelő áramtól való függését!

A belső ellenállás, kapocsfeszültség, forrásfeszültség fogalmának értelmezése

Feszültséggenerátorok

Egy aktív villamos hálózat ellenállásokon kívül egy vagy több generátort is tartalmaz. Eddig olyan ideális feszültséggenerátorokkal dolgoztunk, amelyeknél azt feltételeztük, hogy a kimeneti feszültségük, vagyis a kapocsfeszültségük állandó értékű.

A terhelte feszültségosztó esetén azonban már megjegyeztük azt, hogy az osztó kimeneti feszültsége a rákapcsolt terhelés értékének függvényében változik. Ez abból adódik, hogy mint minden elektrotechnikai eszköz, így a feszültségosztó (amely úgy viselkedik, mint egy generátor) is fémes alkatrészekből készül. Ezeknek van fajlagos ellenállásuk. Ezt tulajdonképpen a generátoroknál veszteségként értelmezzük.



Ezért minden valós feszültséggenerátor egy ideális feszültséggenerátorból és a vele sorba kapcsolódó belső ellenállásából áll, amely belső ellenállás az eszköz veszteségeit képviseli.

A forrásfeszültség

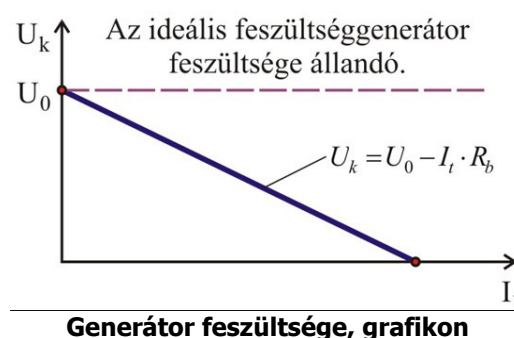
Az U_0 feszültséget forrásfeszültségnek vagy belső feszültségnek, egyes szakirodalmakban elektromotoros erőnek nevezzük. Az elektromotoros erő azonban a töltésszétválasztáskor végzett munka, amelynek hatására fellép a forrásfeszültség. A forrásfeszültség a terhelés nélkül a generátor kimenetén mérhető feszültség.

Kapocsfeszültség

Az U_k feszültséget kapocsfeszültségnek nevezzük. Ez a feszültség jelenik meg a generátor kimenetén terhelte állapotban. Értéke a huroktörvény alapján:

$$U_k = U_0 - I_t \cdot R_b, \text{ ahol } I_t \text{ a terhelésen folyó áram, más néven a terhelő áram.}$$

A kapocsfeszültség a terhelő árammal arányosan csökken, tehát $U_k < U_0$.



Belső ellenállás

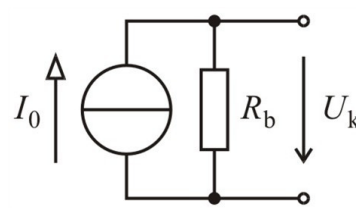
Az R_b ellenállást a feszültséggenerátor belső ellenállásának nevezzük. A belső ellenállás a generátorban elosztva létrejövő, a szerkezeti részek anyagainak tulajdonságaiból adódó ellenállás. A generátorra terhelést kapcsolva a belső

ellenállás a terheléssel feszültségosztót alkot, tehát a kimeneti feszültség $U_k = U_0 \cdot \frac{R_t}{R_b + R_t}$ értékűre csökken.

Áramgenerátorok

Az ideális áramgenerátor a terheléstől függetlenül állandó értékű áramot szolgáltató eszköz. Ezt az állandó nagyságú áramot forrásáramnak nevezzük, és I_0 -al jelöljük.

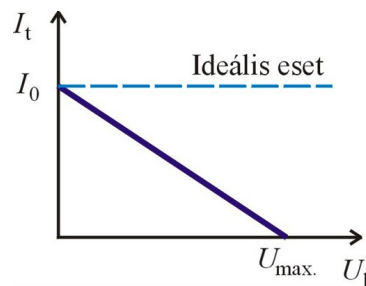
A valóságos áramgenerátor ezzel szemben mindig egy ideális I_0 forrásáramú áramgenerátorból és egy ezzel párhuzamosan kapcsolódó R_b nagyságú belső ellenállásból áll, amely szintén a veszteségeit képviseli.



Áramgenerátor

Generátor terhelés alatt

Terhelés hatására az ideális generátor kimeneti árama nem változik, míg a valódi áramgenerátor áramának egy része a belső ellenállásán folyik keresztül. Minél nagyobb a terhelő ellenállás értéke, a terhelésen a forrásáram egyre nagyobb feszültségeseést hoz létre. Ez a folyamat természetesen nem tarthat a végtelenségig, így a maximális kapocsfeszültség felé közeledve a kimeneti áram egyre kisebb lesz.



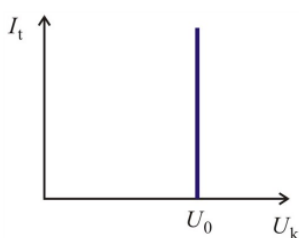
Az áramgenerátor

Az ideális és a valóságos generátorok megkülönböztetése, helyettesítő kapcsolások felrajzolása

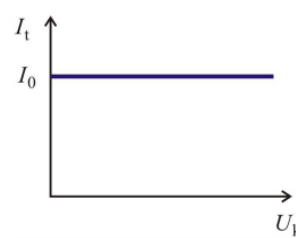
Az ideális generátorok

Az ideális feszültséggenerátornak nincsen belső ellenállása, így kapocsfeszültsége a terhelő áram nagyságától függetlenül U_0 vagyis állandó értékű $U_k = U_0$.

Az ideális áramgenerátornak szintén nincsen belső ellenállása, így terhelő árama a kapocsfeszültség nagyságától függetlenül I_0 vagyis állandó értékű $I_t = I_0$.



Ideális feszültséggenerátor



Ideális áramgenerátor

Ábrázoljuk az ideális feszültséggenerátor terhelőáramát a kapocsfeszültségének függvényében! A kapott függőleges (a feszültség tengelyével párhuzamos) egyenes az ideális feszültséggenerátor jelleggörbéje. Azok az elektronikus eszközök, amelyek jelleggörbéje közel függőleges, feszültséggenerátorként viselkednek. A feszültséggenerátoros viselkedés azt jelenti, hogy a berendezés feszültsége a terheléstől függetlenül közel állandó.

Ha az ideális áramgenerátor terhelőáramát ábrázoljuk a kapocsfeszültségének függvényében, akkor a kapott vízszintes (az áramerősség tengelyével párhuzamos) egyenes az ideális áramgenerátor jelleggörbéje. Azok az elektronikus eszközök, amelyek jelleggörbéje közel vízszintes, áramgenerátorként viselkednek. Az áramgenerátoros viselkedés azt jelenti, hogy a berendezés terhelő árama a kapocsfeszültségtől függetlenül közel állandó.

A valóságos generátorok

Beláttuk, hogy minden valóságos feszültséggenerátor egy ideális feszültséggenerátorból és a vele sorba kapcsolódó belső ellenállásból áll, amely belső ellenállás az eszköz veszteségeit képviseli.

Hasonló okok miatt a valóságos áramgenerátor egy ideális I_0 forrásáramú áramgenerátorból, amely a terheléstől függetlenül állandó értékű áramot szolgáltat, és egy ezzel párhuzamosan kapcsolódó R_b nagyságú belső ellenállásból áll.



Valóságos feszültséggenerátor

A feszültséggenerátor feszültsége a gyakorlatban tehát terheléskor csökken, a belső ellenállása miatt. Minél kisebb ellenállású fogyasztóval terheljük, annál kisebb lesz a kapocsfeszültsége.



Valóságos áramgenerátor

Az áramgenerátor kimeneti árama pedig a párhuzamosan kapcsolódó belső ellenállása miatt szintén csökken. Minél nagyobb ellenállású fogyasztóval terheljük, annál nagyobb lesz a kapocsfeszültsége, és ezért csökken a terhelőárama.

A generátorok helyettesítő képei

A Thevenin helyettesítő kép

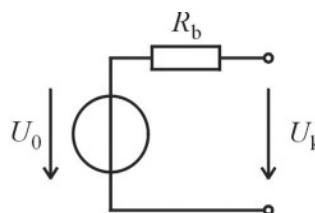
A helyettesítő kapcsolás vagy helyettesítő kép egy alkatrész vagy egy áramkör viselkedését ideális áramköri elemekkel utánozza le. A helyettesítő kapcsolás elemei tehát nem alkatrészek.

A helyettesítő kapcsolásra azért van szükség, mert az elektronikában alkalmazott egyetlen alkatrész sem ideális, így a viselkedését csak a helyettesítő kapcsolása segítségével tudjuk megvizsgálni.

Az eddig megismert ideális áramköri elemek:

- Ellenállás: R nagyságú áramkorlátozó képességgel.
- Feszültséggenerátor: állandó U_0 nagyságú feszültséggel.
- Áramgenerátor: állandó I_0 nagyságú áramerősséggel.
- Rövidzár: egy kapocspár nulla ellenállású lezárása. Szakadás: egy kapocspár végtelen ellenállású lezárása.

A Thevenin helyettesítő kép



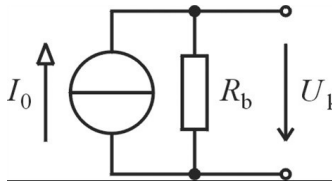
Egy valódi generátor, vagy bármilyen aktív kétpólusú hálózat viselkedése pontosan leutánozható egy ideális feszültséggenerátorból és egy ehhez sorosan kapcsolódó R_b ellenállásból álló hálózattal, amelyet a generátor, illetve az aktív kétpólus helyettesítő kapcsolásának nevezünk.

A Thevenin vagy feszültséggenerátoros helyettesítő kép nagy teljesítményű rendszerekben gyakoribb, mert az alkalmazott terhelő ellenállások értéke ekkor sokkal nagyobb a generátor belső ellenállásánál. A Thevenin vagy feszültséggenerátoros helyettesítő képpel leírható rendszerek például:

- Lakás villamos hálózata
- Készülék tápegysége
- Zseblámpa telepe
- Gépkocsi akkumulátora

A Thevenin vagy feszültséggenerátoros helyettesítő képet gyakran használjuk aktív hálózatok átalakításához és számítási feladatainak elvégzéséhez is.

A Norton helyettesítő kép



Az áramgenerátoros vagy Norton-féle helyettesítő kapcsolást akkor alkalmazzuk, ha a terhelő ellenállás értéke sokkal kisebb, mint a belső ellenállás. Ebben az esetben a belső ellenállás párhuzamosan kapcsolódik az I_0 nagyságú állandó áramot szolgáltató ideális áramgenerátorral.

A legtöbb elektronikus eszköz áramgenerátoros jelleggörbéjű (pl. a tranzisztorok is), ezért az áramgenerátoros helyettesítő kapcsolást is gyakran fogjuk használni.

A Thevenin-Norton átalakítás

A Thevenin-Norton átalakítás az áramerősségek azonossága alapján történik. A Thevenin kép rövidzárási árama

$$I_z = \frac{U_0}{R_b}, \text{ ez pedig megegyezik a Norton kapcsolás } I_0 \text{ forrásáramával, tehát: } I_z = \frac{U_0}{R_b} = I_0.$$

A Norton-Thevenin átalakítás

A Norton-Thevenin átalakítás pedig a feszültségek azonossága alapján oldható meg. A Norton kapcsolásban üresjárási állapotban a feszültség $U_0 = I_0 \cdot R_b$, ez nem más, mint a Thevenin kép U_0 forrásfeszültsége, vagyis:

$$U_0 = I_0 \cdot R_b$$

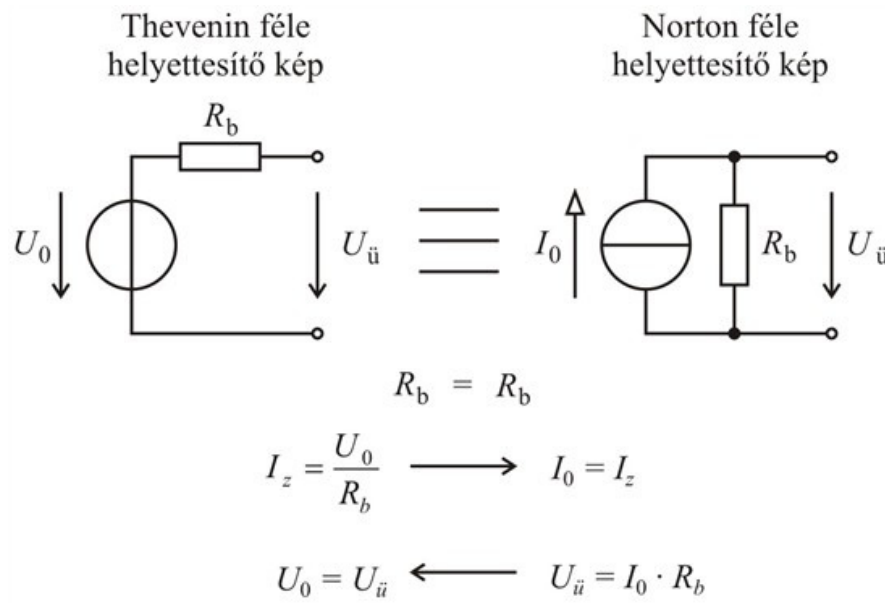
A belső ellenállásokat nem kell átszámítani, mert értékük nem változik.

A feszültséggenerátoros és az áramgenerátoros viselkedés ugyanannak a generátornak két különböző állapota. Attól függően, hogy melyik jellemző rá, a generátor helyettesítő kapcsolása is más. Nagy értékű terhelő ellenállásoknál a generátor kapocsfeszültsége közel állandó, majdnem megegyezik a forrásfeszültséggel, vagyis az ideális feszültséggenerátorhoz hasonlóan viselkedik. Ha a generátorra kis értékű terhelő ellenállásokat kapcsolunk, akkor az árama közel állandó, és majdnem megegyezik a rövidzárási árammal, vagyis az ideális áramgenerátorhoz hasonlóan viselkedik.

A helyettesítő képek átszámítása

A feszültséggenerátoros vagy Thevenin és az áramgenerátoros vagy Norton helyettesítő képek átszámíthatók egymásba. Az átszámítás alapja, hogy ugyanarra a valódi generátorra vonatkoztatjuk a helyettesítő képeket, tehát a két kapcsolásban:

- azonosak a belső ellenállások,
- azonosak az üresjárási feszültségek és ezért
- azonosak a rövidzárási áramok is.

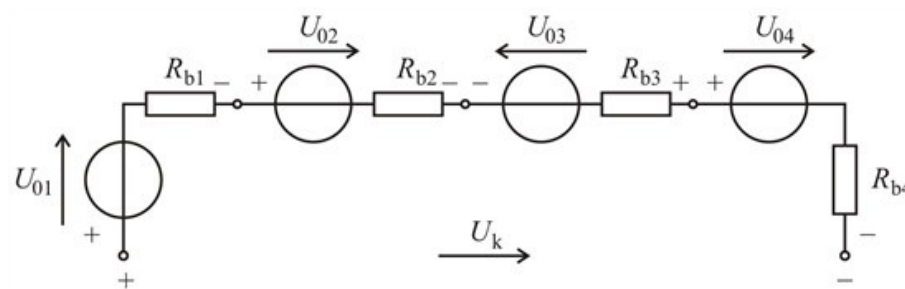


Generátorok soros és párhuzamos kapcsolása

Soros feszültséggenerátorok

A generátorokat – az ellenállásokhoz hasonlóan – összekapcsolhatjuk egymással. Összegzésükkor azonban nemcsak forrásfeszültségeiket, hanem belső ellenállásaikat is figyelembe kell venni.

Ebben az esetben is megkülönböztetünk soros, párhuzamos és vegyes kapcsolást.



Soros kapcsolás

Soros kapcsolás esetén a generátorok forrásfeszültségei előjelhelyesen összeadódnak. Az ábra áramkörében látható generátorok esetén:

$$U_{0e} = U_{01} + U_{02} - U_{03} + U_{04}$$

Belső ellenállásaik szintén soros kapcsolatban állnak egymással, ezért az eredő belső ellenállás értéke:

$$R_{be} = R_{b1} + R_{b2} + R_{b3} + R_{b4}$$

A generátorok soros kapcsolását általában akkor alkalmazzuk, ha nagyobb eredő feszültségre van szükség.

Azonos jellemzőkkel rendelkező generátorok összekapcsolásánál az eredők az alábbi módon is felírhatók:

$$U_{0e} = n \cdot U_0, \text{ illetve } R_{be} = n \cdot R_b.$$

ahol n az összekapcsolt generátorok száma.

Például egy zseblepet 3 db 1,5 V-os elemből készítenek, ezért a feszültsége az $U_e = n \cdot U_0$, vagyis $U_e = 3 \cdot 1,5 = 4,5V$.

Mivel a feszültség mellett a belső ellenállás is az n -szeresére növekszik, ezért a telep rövidzárási árama és terhelhetősége nem változik meg, megegyezik a telepet alkotó elemek terhelhetőségével.

Párhuzamos feszültséggenerátorok

Párhuzamos kapcsolás esetén az azonos pólusokat kötjük össze. Párhuzamosan csak azonos forrásfeszültségű és belső ellenállású generátorokat szabad kapcsolni, különben a kisebb feszültségű a nagyobbat állandóan terhelné. A kapcsolás eredő forrásfeszültsége pontosan ugyanakkora, mint egy generátor forrásfeszültsége:

$$U_{0e} = U_0$$

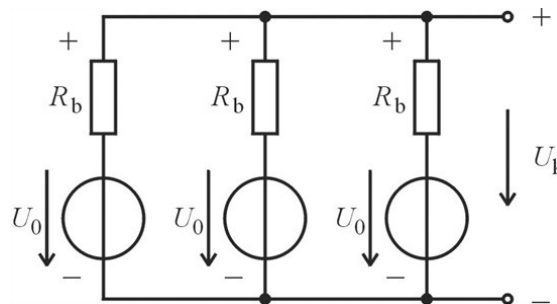
Belső ellenállásuk szintén párhuzamosan kapcsolódnak, így eredőjük kisebb lesz:

$$R_{be} = \frac{R_b}{n}$$

ahol n a párhuzamosan kapcsolt generátorok száma.

Az így kialakított telep zárlati árama nagyobb:

$$I_t = \frac{U_0}{R_{be}}$$



Párhuzamos kapcsolás

Generátorok vegyes kapcsolása

Vegyes kapcsolást alkalmazunk akkor, ha a feszültség növelése mellett nagyobb terhelőáram elérése is a cél. Mint már láthattuk, a soros elemek száma a feszültséget, a párhuzamosan kapcsolódó ágak száma pedig az áramerősséget határozza meg.

Az összekapcsolt generátorok forrásfeszültsége:

$$U_{0e} = n_s \cdot U_0$$

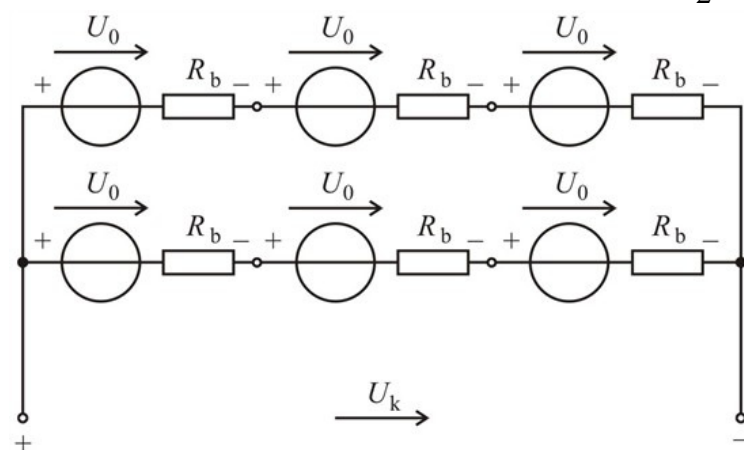
belső ellenállása:

$$R_{be} = \frac{n_s \cdot R_b}{n_p}$$

ahol n_s a soros elemek, míg n_p a párhuzamos ágak száma.

Ha az ábrán látható generátorok mindegyike 1,5 V forrásfeszültségű és $0,25\Omega$ belső ellenállású, akkor az egyes ágak eredő forrásfeszültsége $U = 3 \cdot 1,5 = 4,5V$ és áganként $R = 3 \cdot 0,25 = 0,75\Omega$ a belső ellenállása.

A teljes kapcsolásnak pedig $U_e = 4,5V$ a forrásfeszültsége és a belső ellenállása $R_{be} = \frac{0,75\Omega}{2} = 0,375\Omega$.



Vegyes kapcsolás