2. Gyakorlat

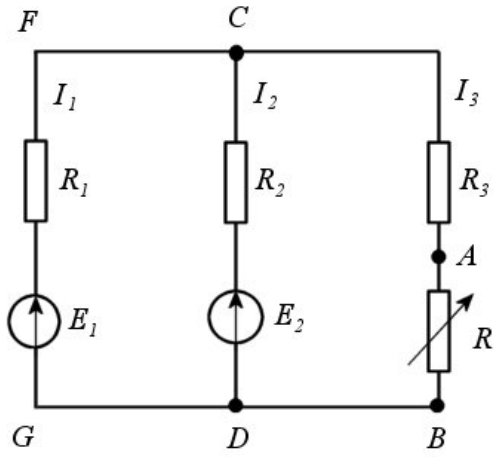
Egyenáramú áramkörök tanulmányozása (II. rész)

1. A gyakorlat célkitűzései:

Gyakorlatban ellenőrizzük adott egyenáramú áramkör esetében a következő törvényeket és elveket:

- Ohm törvénye ohmos ellenállást valamint generátor vagy fogyasztói üzemmódban lévő áramforrást tartalmazó áramköri szakaszra,
- az ekvivalens feszültségforrás (Thèvenin) és áramforrás (Norton) tétele.

A fent említett törvények és elvek ellenőrzéséhez az 1. ábrán látható egyenáramú áramkört használjuk, amely két független hurokkal és két csomóponttal rendelkezik. Feltételezzük, hogy az áramkör csak lineáris elemeket tartalmaz (R_1, R_2, R_3 és R állandó értékű ellenállások). Az áramkörben használt áramforrásokat ideálisnak tekintjük, tehát feltételezzük, hogy elektromotoros feszültségeik (a továbbiakban e.m.f.) függetlenek az I_1 és I_2 áramoktól, valamint eltekintünk belső ellenállásaiktól.



1. ábra. A tanulmányozandó egyenáramú áramkör

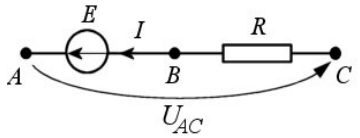
2. Elméleti bevezető

2.1. Ohm törvénye

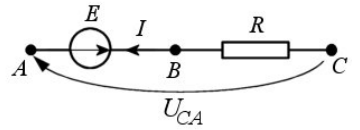
Ohm törvénye tapasztalati úton bevezetett törvény, mely kifejezi, hogy egy passzív kétpólus kapcsain megjelenő feszültség és a kétpóluson áthaladó áram erőssége arányosak egymással s ez az arányossági tényező a kétpólus ellenállása. Lineáris a kétpólus ha ez a kapcsolat lineáris, másképp nemlineáris. Az Ohm-törvénynek két alakja van, a differenciális, melyben lokális mennyiségek (áramsűrűség, elektromos térerősség) és az integrális, melyben globális mennyiségek (áramerősség, feszültség) jelennek meg.

Fel lehet írni az Ohm-törvényt olyan áramköri szakaszokra is, amelyek a passzív ellenálláson kívül áramforrást is tartalmaznak, s ez szintén rendelkezik integrális és differenciális alakkal. Megkülönböztetünk továbbá két esetet: a) az e.m.f. iránya megegyezik az áramköri szakaszon az áram technikai irányával, ilyenkor az áramforrás generátor üzemmódban van (2.a ábra), valamint b) az e.m.f. iránya ellentétes az áramköri szakaszon az

áram technikai irányával, ilyenkor az áramforrás fogyasztó üzemmódban van (2.b ábra). Az 1. egyenletek a fenti eseteknek megfelelő integrális alakokat tartalmazzák.



2.a ábra. Generátor üzemmód



2.b ábra. Fogyasztói üzemmód

Ohm-törvénye:

a) $U_{CB} = V_C - V_B = I \cdot R$

- generátor üzemmód

b) $U_{AC} = V_A - V_C = E - I \cdot R$ 1.

- fogyasztói üzemmód

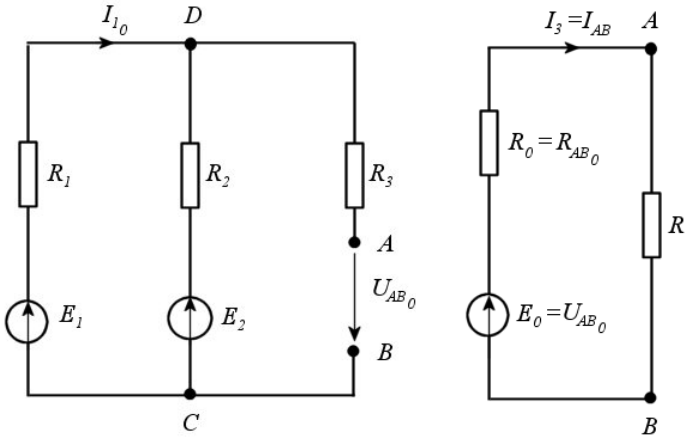
c) $U_{CA} = V_C - V_A = E + I \cdot R$

2.2. Az ekvivalens feszültség- és áramforrások elve.

Az ekvivalens források elve kifejezi, hogy egy kétpólusú passzív áramköri elem sarkaira kapcsolt aktív áramköri hálózat helyettesíthető (egyenértékű) belső ellenállással rendelkező feszültség- vagy áramgenerátorral, amelyet ugyanazon sarkokra kapcsolunk. Ezeket az elveket főleg akkor előnyős alkalmazni, amikor bonyolult áramköri hálózattal állunk szemben, amelyben viszont csak egy adott ellenálláson kell meghatározni az áramerősséget.

2.2.1. Az ekvivalens feszültségforrás tétele (Thèvenin-tétel)

A *Thèvenin-tétel* kimondja, hogy tetszőlegesen bonyolult hálózat bármelyik ága szempontjából az egész hálózat helyettesíthető egy E_0 elektromotoros feszültségű és R_0 adott belső ellenállású feszültségforrással. A helyettesítő feszültségforrás elektromotoros feszültsége megegyezik azzal a feszültséggel, amelyet az áramkör tekintett ágának végpontjai között üresjáratban mérünk (pl. a 2. ábrán a tanulmányozandó áramkör esetében az *A* és *B* kapcsokat nyitva hagyjuk és megmérjük az üresjárati feszültséget, 3.a ábra). A helyettesítő feszültségforrás belső ellenállása megegyezik az áramkör teljes ohmos ellenállásával, amikor a kapcsokat nyitva hagyjuk, az áramkörben lévő feszültségforrásokat pedig belső ellenállásukkal helyettesítjük.



a.) b.)

3. ábra. Thèvenin-tétel

Alkalmazva a tételt a 3.a ábrán látható áramkörben az *A* és *B* pontokra, kapjuk, hogy:

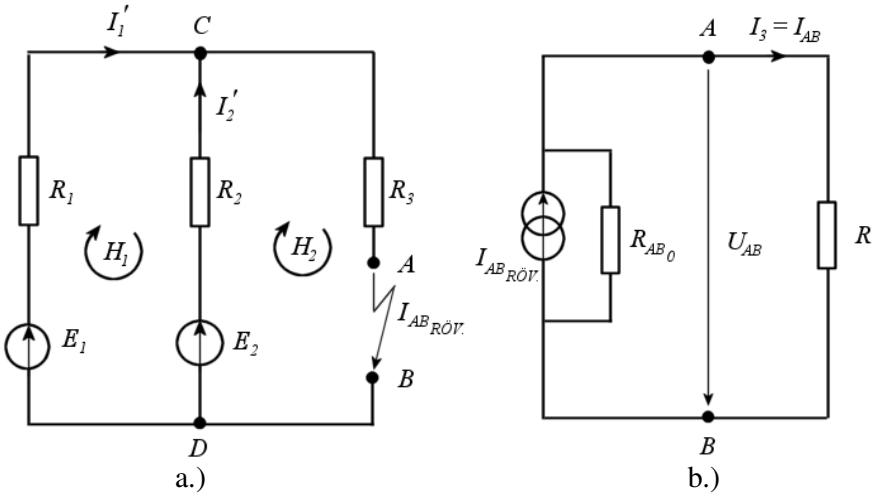
$$I_{AB} \equiv I_3 = \frac{U_{AB_0}}{R_{AB_0} + R} \qquad 2.$$

ahol,

- U_{AB_0} - üresjárati feszültség *A* és *B* között (az *R* ellenállás kikapcsolva),
- R_{AB_0} - a helyettesítő feszültségforrás belső ellenállása,
- R - a fogyasztó ellenállása.

2.2.2. Az ekvivalens áramforrás tétele (Norton-tétel).

A Thèvenin-tételhez hasonló átalakítást tesz lehetővé a Norton-tétel, amely kimondja, hogy egy áramkör tetszőleges ága számára az egész áramkör helyettesíthető egyetlen $I_{RÖV}$ rövidzárási áramú áramforrással és a vele párhuzamosan kapcsolt R_0 ellenállású ellenállással, melyet a Thèvenin-tételnél alkalmazott módon határozzuk meg (4. ábra).



4. ábra. Norton-tétel

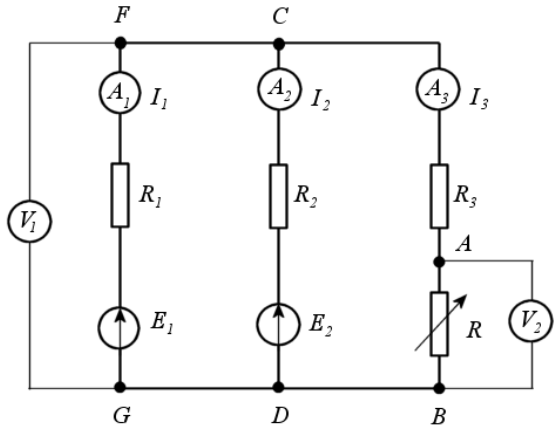
A 4.a. ábra *A* és *B* pontja között a Norton-tétel a következőképpen alkalmazható:

$$I_3 = \frac{I_{AB_{RÖV}} \cdot G}{G_{AB_0} + G} \qquad 3.$$

ahol,

- $I_{AB_{RÖV}}$ - a rövidzárási áramerősség (az R ellenállás kapcsai rövidre zárva),
- $G_{AB_0} = \frac{1}{R_{AB_0}}$ - a passzív áramköri rész vezetőképessége.
- $G = \frac{1}{R}$ - a reosztát vezetőképessége.

3. A gyakorlatban alkalmazott kapcsolási rajz.



5. ábra. Kapcsolási rajz

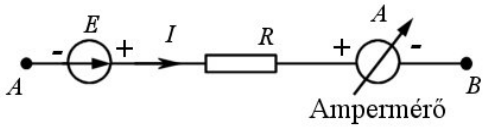
4. A felhasznált műszerek és készülékek

- E_1, E_2 - stabilizált egyenáramú áramforrások (*0-35 V*, max. *0,18 A*),
- ellenállások: $R_1 = R_3 = 22\ \Omega$, $R_2 = 47\ \Omega$ és $R = 33\ \Omega$,
- A_1, A_2, A_3 - analóg egyenáramú ampermérők (*1 mA - 5 A*),
- *V* - analóg egyenáramú voltmérő, amely alkalmas *0 - 35 V* nagyságrendű feszültség mérésére.

5. A mérések menete

Előkészületek:

Első lépésként a megadott eszközökkel megvalósítjuk az 5. ábrán látható egyenáramú áramkört. Fontos hogy az ampermérőket és voltmérőket az ábrán feltüntetett irányban (polaritással) kell bekötni az áramkörbe. Ha az áramköri ágban az áram a 6. ábrának megfelelően folyik (technikai áramirány), akkor az ampermérő ezt kijelzi és leolvasható. Abban az esetben viszont, amikor az áram a 6. ábrán feltüntetett iránnyal ellenkező irányban folyik, az ampermérő tűje nem tér ki csak a pólusváltó gomb lenyomásával (amennyiben a műszer ilyennel rendelkezik, ha nem rendelkezik, akkor meg kell cserélni a csatlakozó huzalokat) és akkor válik mérhetővé. Ez azért fontos, mert ily módon minden esetben meg lehet határozni, hogy az áram milyen irányban folyik az áramköri ágban. Nem szabad megfeledkeznünk természetesen arról sem, hogy ez az áramirány minden esetben az áram technikai iránya.



6. ábra. Ampermérő bekötése az áramkörbe

Az Ohm-törvények vizsgálata: három méréssorozat elvégzésére kerül sor:

- a két áramforráson három kombinációt állítunk be néhány voltos (lehet különböző) feszültségekből; mindhárom esetben megmérjük az I_3 áramerősséget és a V_2 feszültséget majd az 1.a. összefüggéssel kiszámítjuk az *R* ellenállás értékét; ohm-mérővel megmérjük *R* értékét; elvégezzük a szükséges számításokat és kitöltjük az 1.a. táblázatot.
- a két áramforráson három olyan feszültségkombinációt állítunk be, hogy az E_1 áramforrás generátor üzemmódban működjön; megmérjük az I_1 áramerősséget és az U_{GF} feszültséget majd az 1.b. összefüggéssel kiszámítjuk az U_{FG} feszültséget; az eredményeket az 1.b. táblázatba foglaljuk és ellenőrizzük a megadott törvényt.
- a két áramforráson három olyan feszültségkombinációt állítunk be, hogy az E_1 áramforrás fogyasztó üzemmódban működjön; megmérjük az I_1 áramerősséget és az

U_{FG} feszültséget majd az 1.c. összefüggéssel kiszámítjuk az U_{FG} feszültséget; az eredményeket az 1.c. táblázatba foglaljuk és ellenőrizzük a megadott törvényt.

A Thévenin-tétel vizsgálata:

- a két áramforráson sorra három feszültségkombinációt állítunk be; kiiktatjuk az áramkörből az R reosztátot és mindhárom e.m.f. kombinációra megmérjük a V_2 voltmérőn az $U_{AB\,0}$ üresjárati feszültséget, amely egyben a helyettesítő feszültségforrás e.m.f.-e; az ismert R_1, R_2 és R_3 ellenállásértékkel kiszámítjuk az $R_{AB\,0}$ belső ellenállást, figyelembe véve, hogy R_1 és R_2 egymással párhuzamosan R_3 – al pedig sorba van kötve; az így kapott adatokkal kitöltjük a 2.a. táblázatot és ellenőrizzük a Thévenin-tételt (2.).

A Norton-tétel vizsgálata:

- a két áramforráson sorra három feszültségkombinációt állítunk be; az R reosztát kapcsait rövidre zárjuk és mindhárom e.m.f. kombinációra megmérjük a 3-as ágban az $I_{AB\,RÖV}$ rövidzárási áramerősséget, amely egyben a helyettesítő áramforrás forrásárama; az ismert R_1, R_2 és R_3 ellenállásértékkel kiszámítjuk az $R_{AB\,0}$ belső ellenállást, figyelembe véve, hogy R_1 és R_2 egymással párhuzamosan R_3 – al pedig sorba van kötve; az így kapott adatokkal kitöltjük a 2.b. táblázatot és ellenőrizzük a Norton-tételt (3.).

6. Irodalom

1. *Litz J.*: Elektromosság és mágnességtan, 100-112 oldal,
2. *Darabont S., Vörös A., Jakab K.*: Elektromosságtan, 204-212, 236-239 oldal,
3. *Hevesi I.*: Elektromosságtan, 174-195 oldal,
4. *Simonyi. K, Zombory L.*: Elméleti villamosságtan, 350-352 oldal.

2. Gyakorlat

Mérési jegyzőkönyv az
Egyenáramú áramkörök tanulmányozása (II. rész)
c. laboratóriumi gyakorlathoz

1.a. Ohm-törvénye passzív áramköri elemre. $R_{mért}$ =

Nr.	E_1	E_2	I_3	U	R	$\overline{R}$	ΔR	$\Delta\overline{R}$	$\Delta\overline{R}/\overline{R}$
	[V]	*[V]*	*[A]*	*[V]*	*[Ω]*	*[Ω]*	*[Ω]*	*[Ω]*	*%*
1.									
2.									
3.									

Eredmény: $R = \overline{R} \pm \Delta\overline{R}$ Az eredmény ellenőrzése: az R ellenállás mérése ohm-mérővel.

1.b. Ohm-törvénye generátor üzemmódú feszültségforrást és passzív áramköri elemet tartalmazó áramköri szakaszra.

					Mérés	Számítás
Nr.	E_1	E_2	I_1	R_1	U_{FG}	$U_{FG} = E_1 - I_1 R_1$
	[V]	*[V]*	*[A]*	*[Ω]*	*[V]*	*[V]*
1.						
2.						
3.						

1.c. Ohm-törvénye fogyasztói üzemmódú feszültségforrást és passzív áramköri elemet tartalmazó áramköri szakaszra.

					Mérés	Számítás
Nr.	E_1	E_2	I_1	R_1	U_{FG}	$U_{FG} = E_1 + I_1 R_1$
	[V]	*[V]*	*[A]*	*[Ω]*	*[V]*	*[V]*
1.						
2.						
3.						

2.a. A helyettesítő feszültségforrás tétele (Thèvenin-tétel).

					Mérés	Számítás
Nr.	E_1	E_2	$U_{AB\,0}$	$R_{AB\,0}$	I_3	$I_3 = U_{AB\,0} / (R_{AB\,0} + R)$
	[V]	*[V]*	*[V]*	*[Ω]*	*[A]*	*[A]*
1.						
2.						
3.						

2.b. A helyettesítő áramforrás tétele (Norton-tétel)

						Mérés	Számítás
Nr.	E_1	E_2	$I_{AB\,RÖV}$	$R_{AB\,0}$	$G_{AB\,0}$	I_3	$I_3 = I_{AB\,RÖV} \cdot G / (G_{AB\,0} + G)$
	[V]	*[V]*	*[A]*	*[Ω]*	*[S]*	*[A]*	*[A]*
1.							
2.							
3.							