

# Feszültségosztó

Heiszman Henrik

Neptun kód: ENV2R9

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

1083 Budapest, Práter utca 50/A

heiszman.henrik@hallgato.ppke.hu

**Téma–Ellenállásokból felépülő feszültségosztó tulajdonságainak vizsgálat, modellezése. Méréssel igazolt, különböző kapcsolások adatainak kiszámítása. Áramköri elemek tulajdonságainak, mérésével és számításával kapcsolatos tudás elsajátítása.**

## I. A JEGYZŐKÖNYVBEN HASZNÁLT FOGALMAK

Passzív áramköri elem: azok az elemek melynek helyettesítő képében nem található sem áramgenerátor, sem feszültséggenerátor ilyen lehet például egy ellenállás vagy egy kondenzátor.

Ellenállás (áramköri alkatrész): az elektronikai alkatrészek egyik fajtája, melynek feladata az, hogy megfelelő mértékű elektromos ellenállást biztosítson egy áramkör adott részén.

Elektromos ellenállás: elektromos vezető két pontjára kapcsolt feszültség és a vezetőn áthaladó áram erősségének a hányadosaként értelmezett fizikai mennyiség, mértékegysége az Ohm, jele:  $\Omega$ .

Feszültségmérő: olyan mérőműszer melynek segítségével az áramkör bármely két pontja között megmérhetjük az adott feszültséget. Elvi feszültségmérő belső ellenállása végtelen nagy, természetesen ilyen a valóságban nem létezik. Valóságban egy voltmérő belső ellenállása kb. 10 G  $\Omega$

## II. OHM-TÖRVÉNY

Kapcsoljunk össze egy aktív és egy passzív elemet, például egy feszültséggenerátort és egy ellenállást! Ez a legegyszerűbb áramkör. A feszültséggenerátor feszültsége az ellenállás és a vezeték szabad töltéshordozóit mozgásba hozza - az áramkörben áram folyik. A feszültséggenerátor lesz az energia forrása (vagy áramforrás), az ellenállás pedig a fogyasztó, amely "elfogyasztja" az elektromos energiát.

Ha változtatjuk a feszültséget (pl. labortápegységet használunk, vagy több elemet kapcsolunk össze), akkor azt tapasztaljuk, hogy az ellenálláson eső feszültség értéke a rajta átfolyó árammal egyenesen arányos, az arányossági tényező az itt fogyasztóként használt ellenállás értéke. Ez az Ohm törvénye.

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

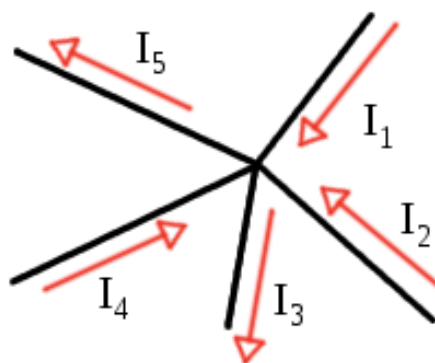
## III. KIRCHHOFF-TÖRVÉNY I.

A villamos hálózat olyan áramkör, amely több fogyasztót, vagy több generátort tartalmaz. Az összetett áramkör fontos részei a csomópont, az ág és a hurok. A csomópont áramai közötti kapcsolatot Kirchhoff csomóponti törvénye mutatja meg.

Három vagy több vezeték találkozási pontja a hálózat csomópontja. Egy csomópontba ágak futnak be. Az ágakhoz befolyó vagy kifolyó áramok rendelkeznek. Kirchhoff csomóponti törvénye szerint a csomópontba befolyó áramok összege megegyezik a csomópontból kifolyó áramok összegével, azaz a csomópont áramainak előjelhelyes összege nulla. Az összegzéskor a befolyó és a kifolyó áramokat ellentétes előjellel kell figyelembe venni.

$$\sum I = 0$$

1. ábra  
Kirchhoff csomóponti törvénye



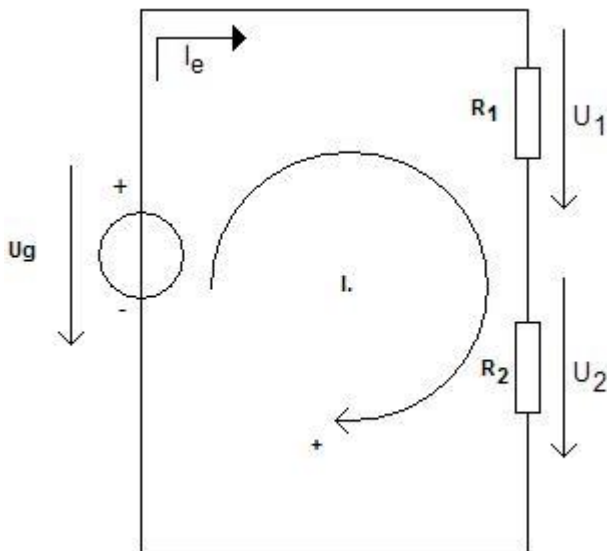
negyedik csík által megadott 10 valamelyik hatványával és az ötödik csík adja meg a tűrés.

Az értékeket az alábbi két táblázat segítségével kaptam meg. (3-4. ábra)

#### IV. KIRCHOFF-TÖRVÉNY II.

Kirchoff II. törvénye szerint a hurokban szereplő feszültségek előjelhelyes összege nulla.

$$\sum R \cdot I + \sum U_0 = 0$$



2. ábra  
Kirchoff huroktörvénye

#### V. KAPOTT ELLENÁLLÁSOK PARAMÉTEREI

A mérési feladat része ként három darab ellenállást kaptunk. Ezek közül kettő öt csíkos, egy pedig négy csíkos ellenállás volt. Ezeknek az áramköri elemeknek a színkódjuk alapján kellett meghatározni a paramétereit (ellenállásuk névleges értéke a tűrés).

Az ellenállások meghatározását az előző gyakorlatokon tanult módszerrel tudtam meghatározni.

Ismétlésképpen, a négy csíkos ellenállás első két csíkja ad meg egy értéket, amelyet a harmadik csík alapján 10 valamelyik hatványával szorozva kapjuk meg a tényleges értéket, a negyedik csík pedig a tűrés százalékos értékét adja meg. Öt csíkos komponensnél hasonló módszerrel kell meghatározni, annyi eltéréssel, hogy ebben az esetben az első három csík által meghatározott számot kell szorozni a

Értéksáv		Szorzó		Tűrés
1	2	4	5	
Nincs jel				
Ezüst			x10e-2	20%
Arany			x10e-1	10%
Fekete	0		x10e0	
Barna	1	1	x10e1	
Vörös	2	2	x10e2	2%
Narancs	3	3	x10e3	
Sárga	4	4	x10e4	
Zöld	5	5	x10e5	
Kék	6	6	x10e6	
lilolya	7	7	x10e7	
Szürke	8	8	x10e8	
Fehér	9	9	x10e9	

pl.: Vörös-lilolya-Sárga-Ezüst

27 e4 5 = 270000 = 270Kohm +/- 5%

3. ábra  
4 csíkos ellenállás táblázata

Értéksáv			Szorzó		Tűrés
1	2	3	4	5	
Ezüst			x10e-2		
Arany			x10e-1		
Fekete	0	0	x10e0		
Barna	1	1	x10e1		1%
Vörös	2	2	x10e2		2%
Narancs	3	3	x10e3		
Sárga	4	4	x10e4		
Zöld	5	5	x10e5		0,50%
Kék	6	6	x10e6		0,25%
lilolya	7	7	x10e7		0,10%
Szürke	8	8	x10e8		
Fehér	9	9	x10e9		

4. ábra  
5 csíkos ellenállás táblázata

A mérés során használt ellenállások a következők voltak:

$R_1$ :

- színkód: piros sárga fekete piros piros
- paraméterei: 24 k $\Omega$  és 2%-os tűrés

$R_2$ :

- színkód: kék szürke barna arany
- paraméterei: 680  $\Omega$  és 5%-os tűrés

$R_v$ :

- színkód: sárga fehér fehér arany barna
- paraméterei: 49,9  $\Omega$  és 1%-os tűrés

## VI. EREDŐ ELLENÁLLÁS SZÁMOLÁSA

Egyik es az, melyben két sorba kötött ellenállás eredő ellenállásának kiszámolásához használt képlet:

$$R_e = R_1 + R_2$$

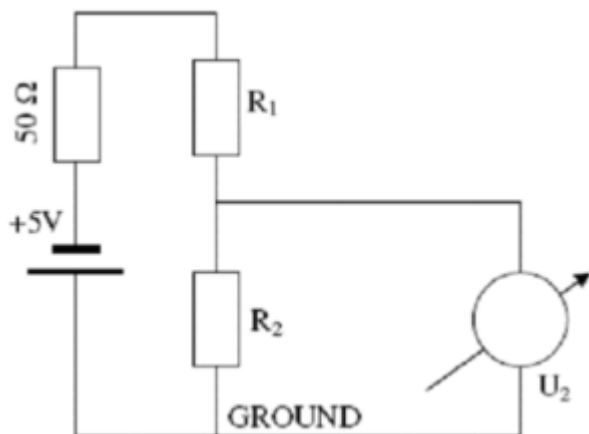
Ebben az esetben az eredő ellenállás megegyezik az ellenállások összegével.

Másik eset mikor a két ellenállás párhuzamosan van kötve. Ebben az esetben az eredő ellenállás reciproka megegyezik az ellenállások reciprokainak összegével.

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

## VII. NÉVLEGES ÉRTÉKEK SZÁMOLÁSA

Ebben a részben az volt a feladatom, hogy kiszámoljam a névleges értékét az  $R_2$  ellenálláson eső feszültségnek abban a hálózatban, amely az alábbi kapcsolási rajz által lett létrehozva. (5. ábra)



5. ábra  
Kapcsolási rajz

A kapcsolási rajzból jól látszik  $R_1$ ,  $R_2$  és  $R_v$  ellenállások sorba vannak kapcsolva. Ezen ellenállások eredője az előző fejezetben leírt és kifejtett képlet alapján számolható.

$$R_e = R_1 + R_2 + R_v$$

Behelyettesítés után a következő értéket kaptam az eredő ellenállás értékére ( $\Omega$  mértékegységgel számoltam):

$$R_e = 24 * 10^3 + 680 + 49,9 = 24729,9 \Omega$$

$$24729,9 \Omega = 24,7299 \text{ k}\Omega \sim 24,73 \text{ k}\Omega$$

Az ábra szerinti kapcsolás esetében a Kirchhoff-törvények alapján levezetett képletekből adódóan egyszerűen meghatározható behelyettesítéssel a keresett  $U_1$  értéke. Az ábráról is leolvasható, de adott 5 V-os feszültségforrás mellett. ( $U_{be} = 5 \text{ V}$ )

$$U_{R_1} = \frac{R_1}{R_e} * U_{be}$$

Behelyettesítés után:

$$U_{R_1} = \frac{24 * 10^3}{24,73 * 10^3} * 5 = 4,852 \text{ V}$$

Az előzővel megegyező számolási módszerrel megkaptam a második ellenálláson ( $R_2$ ) eső feszültséget is.

$$U_{R_2} = \frac{R_2}{R_e} * U_{be}$$

Behelyettesítés után a következőt kaptam:

$$U_{R_2} = \frac{680}{24,73 * 10^3} * 5 = 137,485 \text{ mV}$$

Tehát a várt érték 137,485 mV.

Bár nem volt feladat, de egyszerűen számolható a védőellenálláson ( $R_v$ ) eső feszültség is.

$$U_{R_v} = \frac{R_v}{R_e} * U_{be}$$

Behelyettesítéssel:

$$U_{R_2} = \frac{49,9}{24,73 * 10^3} * 5 = 10,089 \text{ mV}$$

A kimeneti feszültség megegyezik az egyes ellenállásokon eső feszültségek összegével.

$$U_{ki} = U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_v} = 4,999 \text{ V}$$

## VIII. TÜRÉSHATÁR

Ebben a részben kiszámoltam, hogy mennyi a túréshatár alsó és felső értéke az ellenállások paramétereinek alapján.

A számolás előtt végigondolva, az alábbi következtetésre jutottam. Abból adódóan, hogy az adott ellenálláson eső feszültség kiszámításához egy törtet használok, a minimum számolás során a nevezőnek maximálisnak és a számlálónak minimálisnak kell lennie. Maximális érték számolása során pont az ellenkezőjére van szükség, a számlálónak kell maximumnak lennie és a nevezőnek minimumnak. A számolás során fontos arra is figyelni, hogy egy egyenletben egy adott ellenállás túréshatáron belüli maximuma és minimuma egyszerre nem szerepelhet.

Minimum számolása  $R_1$  esetén:

Ebben az esetben az  $R_e$  ellenállás túréshatáron belüli maximumával és  $R_1$  ellenállás túréshatáron belüli minimum értékével kellett számolni. Ahogyan azt említettem a fenti leírásban is, itt látható, hogy  $R_1$ -nek a számlálóban és a nevezőben is a túréshatáron belüli minimuma szerepel.

$$\frac{24 \cdot 10^3 \cdot 0,98}{680 \cdot 1,05 + 24000 \cdot 0,98 + 49,9 \cdot 1,01} \cdot 5 = 4,843 \text{ V}$$

Maximum számolása  $R_1$  esetén:

Ebben az esetben az  $R_e$  ellenállás túréshatáron belüli minimum és  $R_2$  ellenállás túréshatáron belüli maximum értékével kellett számolni.

$$\frac{24 \cdot 10^3 \cdot 1,02}{680 \cdot 0,95 + 24000 \cdot 1,02 + 49,9 \cdot 0,99} \cdot 5 = 4,862 \text{ V}$$

Ebből a számolásból adódott, hogy a túréshatáron belüli minimális  $U_1$  értéke 4,843 V, míg a maximális 4,862 V.

Minimum számolása  $R_2$  esetén:

Ebben az esetben az  $R_e$  ellenállás túréshatáron belüli maximumával és  $R_2$  ellenállás túréshatáron belüli minimum értékével kellett számolni.

$$\frac{680 \cdot 0,95}{680 \cdot 0,95 + 24000 \cdot 1,02 + 49,9 \cdot 1,01} \cdot 5 = 128 \text{ mV}$$

Maximum számolása  $R_2$  esetén:

Ebben az esetben az  $R_e$  ellenállás túréshatáron belüli minimum és  $R_2$  ellenállás túréshatáron belüli maximum értékével kellett számolni.

$$\frac{680 \cdot 1,05}{680 \cdot 1,05 + 24000 \cdot 0,98 + 49,9 \cdot 0,99} \cdot 5 = 147 \text{ mV}$$

Ebből a számolásból adódott, hogy a túréshatáron belüli minimális  $U_2$  értéke 128 mV, míg a maximális 147 mV.

Minimum számolása  $R_v$  esetén:

Ebben az esetben az  $R_e$  ellenállás túréshatáron belüli maximumával és  $R_v$  ellenállás túréshatáron belüli minimum értékével kellett számolni.

$$\frac{49,9 \cdot 0,99}{680 \cdot 1,05 + 24000 \cdot 1,02 + 49,9 \cdot 0,99} \cdot 5 = 9,785 \text{ mV}$$

Maximum számolása  $R_v$  esetén:

Ebben az esetben az  $R_e$  ellenállás túréshatáron belüli minimum és  $R_v$  ellenállás túréshatáron belüli maximum értékével kellett számolni.

$$\frac{49,9 \cdot 1,01}{680 \cdot 0,95 + 24000 \cdot 0,98 + 49,9 \cdot 1,01} \cdot 5 = 10,406 \text{ mV}$$

Ebből a számolásból a túréshatáron belüli minimális  $U_v$  értéke 9,785 mV-nak, míg a maximális 10,406 mV-nak adódott.

A legnagyobb kitérési értéke a kimeneti feszültségnek akkor adódik, ha a védőellenálláson eső feszültség maximális értéket vesz fel, ekkor a legnagyobb az eltérés az 5 V-tól. Ebből adódik, hogy:

$$5 - 10,406 \cdot 10^{-3} = 4,989 \text{ V}$$

## IX. MÉRT ÉRTÉKEK

A mérés előkészületei során, az ötödik ábrán látható kapcsolási rajznak megfelelően állítottuk össze az áramkörünket.

A mérést ELVIS multiméter segítségével végeztük el. Miután a műszert egyenfeszültség mérő állapotba helyeztük, a feszültséggenerátor áramkörének kivezetését rövidre zártuk, ezzel az offsetet nullára állítva.

A mérés gyakorlati elvégzése során az  $R_2$  ellenállás lábain mértük meg a rajta eső feszültsége. A mérés alapján  $U_2$ -re 136,4 mV értékű eredményt kaptunk, amely elsőre megfelelőnek tűnhet, mert a tűrési határon belül van.

Ám mint tudjuk minden mérés hibával terhelt, ebből adódóan gyanakszunk, hogy vajon ez az érték a tényleges érték vagy csak valamilyen véletlen.

Az előző mérés során nem pontos értéket mértünk, hiszen ekkor nem a tényleges  $U_{R_2}$  feszültséget mértük, hanem a műszer és az  $R_2$  ellenállás párhuzamos eredőjének kivezetései között mérhető feszültséget.

A védőellenálláson eső feszültséget megmérve 10 mV-ot kaptunk. Ebből a védőellenállás tűréshatárával számolva megállapítottuk, hogy bizony az elsőre megfelelőnek tűnt érték nem esik bele a tűréshatárba.

A következő mérés során az ellenállások értékeit mértük. A mérés előtt a műszert „Resistance”, tehát ellenállás mérő üzemmódba állítottuk és újra kinulláztuk.

A mérés elvégzése során  $R_1$  ellenállás értékére 23,704 k $\Omega$ -ot kaptunk,  $R_2$  értékére pedig 671,64  $\Omega$ -ot. Az  $R_v$  ellenállás értéke 49,95  $\Omega$ -nak adódott.

A mért értékek felhasználásával a következő értéket kaptam az  $R_2$  eső feszültségre:

$$U_{R_2} = \frac{671,64}{24,42559 * 10^3} * 5 = 137,487 \text{ mV}$$

Ez az érték csak nagyon kis mértékben tér el az elméleti úton számolt értéktől.

Ezek után lemértük  $R_1$ -en és  $R_v$ -n eső feszültségeket is. Ez azért tettük, hogy Kirchhoff huroktörvényét használva megállapítsuk a mérés pontosságát.

A mért értékek a következőknek adódtak:

- $U_1 = 4810 \text{ mV}$
- $U_2 = 136 \text{ mV}$
- $U_3 = 10,1 \text{ mV}$
- $U_1 + U_2 + U_v = 4956,1 \text{ mV}$
- $U_{gen} = 4956,1 \text{ mV}$

## X. MÉRÉS HIBÁJA

Több külső és belső hatás következménye lehet a mérési hiba. Külső behatás lehet például az, hogy remegett a kezünk mérés során, ebből adódóan nem megfelelő kontaktus jött létre a műszer és a mérendő objektum között. Másik ilyen zavaró tényező lehetett a levegőben lévő, töltéssel rendelkező részecskék befolyása.

De számunkra ebben az esetben az igazán fontos, a mérést nagyban befolyásoló tényező a mérőműszerünk (ELVIS) belső ellenállása. Tudjuk, hogy feszültség mérő belső ellenállása ideális esetben végtelen. A mi esetünk az ELVIS gyártói specifikációi szerint a belső ellenállása 11 M $\Omega$ . Ennek a belső ellenállásnak az ismeretében az ellenállások párhuzamos kapcsolása során érvényes eredő ellenállást az alábbi képlet alapján számolhatjuk ki:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_M} + \frac{1}{R_k}$$

Ezt az összefüggés rendezve a következőt kapjuk:

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_M} + \frac{1}{R_k}} = \frac{R_M * R_k}{R_M + R_k}$$

A fenti képletben az  $R_M = 11 \text{ M}\Omega$  és  $R_k$  a mérni kívánt alkatrész ellenállása.

Például az  $R_2 = 680 \text{ }\Omega$  névleges ellenállású alkatrészre a következő adódik:

$$R_e = \frac{11 * 10^6 * 680}{11 * 10^6 + 680} = 679,958 \text{ }\Omega$$

A nagyságrendek vizsgálata tán kiderült, hogy azt észlelt hiba nem a párhuzamos kapcsolásból és a műszer belső ellenállásából adódik.

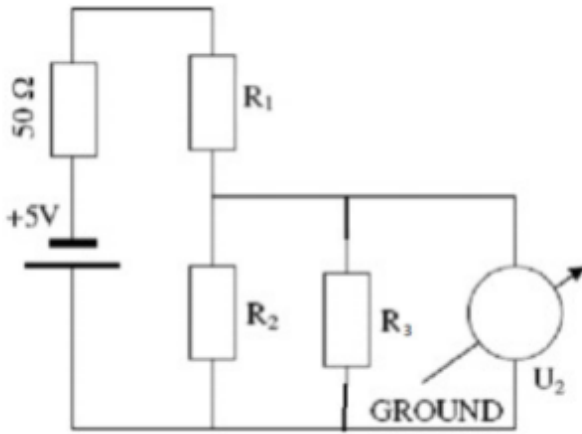
Analóg műszereknél tudjuk, hogy a digitális műszerekkel ellentétben, nincsen saját, belső energiaforrása. Az egyik előnye a digitális műszerrel való mérésnek, kevésbé befolyásolja ebből adódóan a mérés eredményét, mint az analóg párja.

A mi esetünkben az analóg műszert úgy lehetne a legegyszerűbben szimulálni, hogy bekötünk az áramkörbe egy  $R_3$  ellenállást  $R_2$ -vel párhuzamosan. Ennek az elrendezésnek a kapcsolási rajza látható a hatodik ábrán.

## XI. ELMÉLETI SZÁMOLÁS

Ebben a részben a következő ábra szerinti kapcsolásban számoltam ki  $U_2$  értékét. (6. ábra)

Ebben az esetben a várt értéket paraméteresen számoltam ki, amely minden létező ellenállás értéket behelyettesítve helyes értéket ad.



6. ábra

Párhuzamos ellenállásokkal rendelkező hálózat kapcsolási rajza

Ebben az esetben is hasonlóan kell számolni az  $U_2$  értékét, mint az első számolás során, azzal a különbséggel, hogy itt először helyettesíteni kell  $R_2$ -t és  $R_3$ -t egy  $R_e$  eredő ellenállással.

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Ezt az egyenletet rendezve:

$$R_e = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

Helyettesítsük be  $R_2$  helyére  $R_e$ -t a következő képletben!

$$U_{R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_{be}$$

Behelyettesítés után:

$$U_{R_2} = \frac{\frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}}{R_1 + \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}}$$

Továbbá számolható a kimeneti feszültség függése a belső ellenállástól.

$$U_{ki} = U_{gen} - \frac{U_{gen}}{R_b + R_k} * R_b$$

A fenti képletben  $R_b$  jelöli a belső ellenállás értékét és  $U_{gen}$  a kapcsolófeszültséget.

Az előző képlet további rendezésével meghatározható a kimeneti feszültséget a mérőműszer belső ellenállásának függvényében.

$$U_{ki} = U_{gen} * \frac{\frac{R_M * R_2}{R_M + R_2}}{\frac{R_M * R_2}{R_M + R_2} + \frac{R_M * R_1}{R_M + R_1}}$$

## FELHASZNÁLT FORRÁSOK

[TŰRÉS](#)

[ELVIS SEGÉDLET](#)

[ELLENÁLLÁSOK](#)

[FESZÜLTSEGMÉRŐ](#)

[OHM-TÖRVÉNY](#)

[KIRCHOFF-TÖRVÉNY I.](#)

[KIRCHOFF-TÖRVÉNY II.](#)

[MÉRÉSI SEGÉDLET](#)

[NI ELVIS HASZNÁLATI UTASÍTÁS](#)