

Idő és fázis mérés

Kékesi Kristóf
NEPTUN kód: ZI6I4M
Mérőpár: Bor Gergő

Mérés ideje: 2024.04.23. 15:15-18:00

Mérés helye: Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar
1083 Budapest, Práter utca 50/A 421-es labor
kekesi.kristof.mihaly@hallgato.ppke.hu

Kivonat—

A jegyzőkönyv részletesen leírja az április 23-án megoldandó mérési feladatokat, valamint az ezek megoldásához szükséges információkat. A dokumentum célja, hogy átfogó útmutatást nyújtson a feladatok megoldásának folyamatáról és a reprodukálhatósághoz szükséges lépésekről.

Minden mérés során az Elvis II+ eszközt használtuk. Bekapcsoltuk, mind az eszköz hátulján lévő kapcsolóval, mind az eszköz tetején lévő kapcsolóval. A mérések során mind a három státuszjelző LED zölden világított. Minden mérés előtt nulláztuk a műszert, hogy valós értékeket kapjunk. A mérések elvégzéséhez használt eszköz sériaszáma: 14A5860.

A jegyzőkönyv részletesen ismerteti az egyes feladatok megoldásához szükséges lépéseket, beleértve a szükséges eszközök és eljárások használatát is. Ezáltal segíti az azt olvasókat a feladatok hatékony és pontos megoldásában, valamint elősegíti a feladatok reprodukálhatóságát és értelmezhetőségét.

Keywords-National Instruments Elvis II+; Digitális Multiméter; LSpice; Boode diagram; Oszciloscóp

MÉRÉSEL KAPCSOLATOS FOGALMAK

- National Instruments Elvis II+ rendszer: Az NI Elvis II+ egy kompakt, multifunkcionális oktatási platform, melyet az elektrotechnikai és mérnöki oktatásban használnak. Ez a rendszer lehetővé teszi a hallgatók számára, hogy gyakorlati tapasztalatokat szerezzenek az elektronikai- és mérés technikai elvek terén. A platform számos beépített érzékelőt, interfészt és szoftveres eszközt kínál, amelyek lehetővé teszik a valós idejű adatgyűjtést, elemzést és a való életbeli problémák modellezését. Az NI Elvis II+ segítségével a hallgatók könnyen megismerhetik az elektronikai rendszerek működését és tervezését, valamint gyakorlati tapasztalatokat szerezhetnek az áramköri elemek, szenzorok és aktuátorok alkalmazásában. A rendszer intuitív felülettel és széleskörű dokumentációval rendelkezik, ami segíti az tanulást és a kutatást. Emellett a platform moduláris felépítése lehetővé teszi a bővítést és testreszabást az oktatási célkitűzéseknek megfelelően. Összességében az NI Elvis II+ egy hatékony eszköz az oktatásban és a kutatásban, amely segíti a hallgatókat és kutatókat az elektrotechnikai és mérnöki ismeretek elmélyítésében és gyakorlati alkalmazásában. [1]
- Multiméter: A multiméter egy elektromos mérőműszer, amelyet elektromos paraméterek, például feszültség, áram és ellenállás mérésére használnak. Főként villanyszerelők, és különféle mérnökök használják elektromos berendezések, áramkörök hibaelhárítására, egyen- és váltóáramú feszültség mérésére. A multimétereknek két fajtáját különböztetjük meg,

ezek az analóg multiméterek és a digitális multiméterek. [2] [3]

- Áramkör: Az elektronikus áramkörök olyan rendszerek, amelyek különböző elektromos komponensekből (például ellenállásokból, kondenzátorokból, tekercsekből és aktív eszközökből, mint amilyenek a tranzisztorok vagy integrált áramkörök) és vezető anyagokból állnak, melyeken keresztül elektromos áram halad. Az áramkörök tervezése, összeszerelése és működtetése során ezeket az elektromos alkatrészeket és vezetőket úgy válogatják össze és kapcsolják össze, hogy az adott elektromos áramkör a tervezők által előre meghatározott módon működjön, amikor elektromos jelek vagy áramok áthaladnak rajtuk. Az áramkörök kialakításánál figyelembe kell venni a kívánt funkciót, az alkatrészek közötti kölcsönhatásokat, valamint a hatékonyságot és megbízhatóságot. Az áramkörök kétféle fő kategóriába sorolhatók: analóg és digitális áramkörök. Az analóg áramkörök folyamatosan változó jeleket használnak, amelyek szimulálhatják a valóságbeli fizikai folyamatokat, például a hanghullámokat vagy a fényintenzitást. A digitális áramkörök viszont diszkrét értékeket használnak, tipikusan két állapotot: ki és be, vagy 0 és 1. Ez a két kategória alapvetően különböző módon kezeli az információt és a jelek feldolgozását, ami lehetővé teszi számukra, hogy különböző alkalmazásokban hatékonyan működjenek. Az analóg áramkörök olyan jeleket és áramokat dolgoznak fel, amelyek folytonosan változnak az idő függvényében. Az analóg áramkörökben az elektromos jelek általában feszültség- vagy áramerősségjellegűek. A digitális áramkörök digitális jeleket dolgoznak fel, amelyek csak diszkrét (jellemzően bináris) értékeket vehetnek fel, például 0 vagy 1. A digitális áramkörökben az elektronikus eszközök jellegzetesen tranzisztorokon alapulnak, amelyek állapotukat kapcsolva vagy kikapcsolva képesek megváltoztatni. Az áramkörök az elektromos áram vezetésére, feldolgozására és vezérlésére szolgálnak. Ezek annyira elterjedtek világszerte, hogy könnyebb azokat az alkalmazási területeket felsorolni, ahol nincsenek használva.
- Ellenállás: Az elektromos ellenállás az az anyagi tulajdonság, amely ellenállást kínál az elektromos áram áramlása során. Az ellenállás hatására az elektromos energia átalakul hőenergiává. A SI mértékegysége az ohm (Ω), ami egy volt feszültség által egységnyi áramerősséggel kifejtett ellenállásnak felel meg. Az elektromos ellenállás az elektromos áramkörök tervezésében, elemzésében és

működtetésében kulcsfontosságú fogalom. [4]

- Feszültség: A feszültség az elektromos potenciálkülönbség mérhető jelensége, amelyet egy elektromos töltés két pont közötti eloszlása vagy koncentrációja okoz. A feszültség jele az $[u]$, mértékegysége a volt (V), amely egy joule energiát ad egy coulomb töltésnek. A feszültség fontos tulajdonsága, hogy emiatt keletkezik az elektromos áram, a feszültségkülönbség hatására a töltések mozogni kezdenek az elektromos vezetőben vagy áramkörökben. A feszültséget gyakran úgy is értelmezik, mint az elektronok által átadott energiát egy adott ponton az áramkörben. A feszültség számos alkalmazási területen fontos, például az elektromos áramkörök tervezésében, az energiaátvitelben és az elektronikus eszközök működésének megértésében.
- Kirchhoff törvények: Gustav Kirchhoff, a 19. századi német fizikus fogalmazta meg a két alapvető törvényt, amelyek az elektromos áramkörök elemzésében kiemelkedő fontosságúak. Ezek a Kirchhoff törvények
 - 1) Kirchhoff első törvénye (áramtörvény): Az áramtörvény szerint a bemenő áram értéke egy csomópontban egyenlő a kimenő áramok összegével. Ez azt jelenti, hogy egy áramkörben bármely csomópontban az áramok összege nulla, mivel az áram sem tűnik el, és nem is keletkezik a csomópontokban. Matematikailag kifejezve: $\sum I = 0$, ahol $\sim I$ az összes bemenő és kimenő áram összege egy adott csomópontban.
 - 2) Kirchhoff második törvénye (feszültségtörvény): A feszültségtörvény szerint egy zárt áramkörben a feszültségvesztés a körön belül a források feszültségének összegével egyenlő. Ez azt jelenti, hogy a zárt áramkörben a feszültségkülönbségek összege a források feszültségeinek összegével egyenlő. Matematikailag kifejezve: $\sum V = 0$, ahol $\sum V$ az összes feszültségvesztés és feszültségforrás összege egy zárt hurokban.
- Feszültségosztó: A feszültségosztó egy olyan alapvető elektromos áramkör, amely lehetővé teszi az elektromos feszültség megosztását két vagy több ellenállás vagy más impedanciaelem között. Az áramkörben lévő ellenállások vagy impedanciák segítségével a bemenő feszültség eloszlik az egyes elemek között, és azokhoz viszonyított arányok meghatározottak. Az alapelve szerint a feszültségosztó egy sorban kötött ellenállásokból vagy impedanciákból áll, amelyek általában azonos áramkörben helyezkednek el. Az egyes ellenállások által meghatározott feszültségarányok a megfelelő értékű ellenállások kiválasztásával és összekapcsolásával beállíthatók. A feszültségosztó általánosan alkalmazható elektronikai áramkörökben, például tápfeszültség csökkentésére vagy más áramköri elemek számára szabályozott feszültség biztosítására. Számos különböző típusú feszültségosztó létezik, amelyek között különbséget tehetünk például aktív és passzív feszültségosztók között, valamint digitális és analóg feszültségosztók között. Az elektronikában a feszültségosztó gyakran használt elem, amely lehetővé teszi a feszültség megfelelő szintű csökkentését vagy osztályozását az adott alkalmazás igényeinek megfelelően. [4]

- Decibel: A decibel (dB) egy logaritmikus mértékegység, amelyet általában hangnyomás, hangerejű vagy más hasonló fizikai mennyiségek kifejezésére használnak. A decibel értékek egy logaritmikus skálán vannak elosztva, ami azt jelenti, hogy az összehasonlításához egy referenciapontot használnak. Fontos megérteni, hogy a decibel skála nem abszolút értéket jelöl, hanem egy összehasonlító mértékegység, amelyhez mindig hozzá kell rendelni egy referencia szintet.

$$dB = 20 \cdot \log \left(\frac{|U_{ki}|}{|U_{be}|} \right) \quad (1)$$

- Oszcilloszkóp: Az oszcilloszkóp egy olyan elektronikai mérőműszer, amelynek célja az elektromos jelek megjelenítése az idő függvényében. Gyakran használják elektromos és elektronikai mérési feladatokban, például hullámformák megfigyelésére, jelek időbeli viselkedésének elemzésére. Az oszcilloszkópok különböző funkciókkal és beállításokkal rendelkeznek, például különböző időosztásokkal, függőleges és vízszintes skálákkal. [5][6][7]
- Bode-analizátor: A Bode-analizátor egy olyan eszköz, amelyet gyakran használnak analóg rendszerek frekvenciaátvitelének elemzésére. A Bode-analizátor segítségével lehetőség van megvizsgálni egy rendszer frekvenciafüggő válaszát, például egy elektronikus áramkör vagy rendszer erősítésének és fázisváltásának változását bemeneti frekvenciájának változásával. A Bode-analizátor általában képes megjeleníteni az erősítés-frekvencia (amplitúdó-frekvencia) és a fázis-frekvencia karakterisztikákat egy Bode-diagramon. Az erősítés-frekvencia karakterisztika mutatja az erősítést (vagy a csillapítást) a különböző frekvenciákon, míg a fázis-frekvencia karakterisztika a rendszer fázisváltozását mutatja a frekvenciával összefüggésben. A Bode-diagramok rendkívül hasznosak az analóg rendszerek tervezésében és értékelésében, mivel segítenek azonosítani azokat a frekvenciákat, ahol a rendszer viselkedése kritikus lehet, például a fázisváltások miatt. Ezenkívül segítenek optimalizálni a rendszer teljesítményét és stabilitását, valamint tervezési döntéseket hozni a rendszer erősítésével, fázisával és sávszélességével kapcsolatban. [8]

I. MÉRÉSI FELADAT

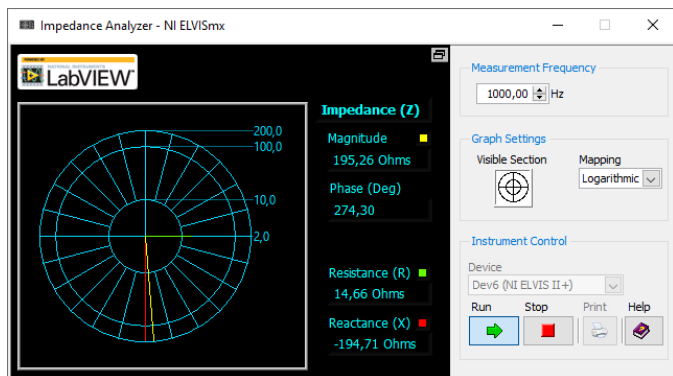
Válasszon ki az alkatrészek közül egy ellenállást és egy kapacitást. a további méréseket ennek felhasználásával végezze!

Az általunk kiválasztott ellenállás valós ellenállása $5,5\Omega$, a kondenzátor valós kapacitása pedig $0,81\mu = 0,81 \cdot 10^{-6}F$. Ezeket az értékeket az Elvis II+ Digital Multimeter műszerével mértük meg az adott módokba váltva.

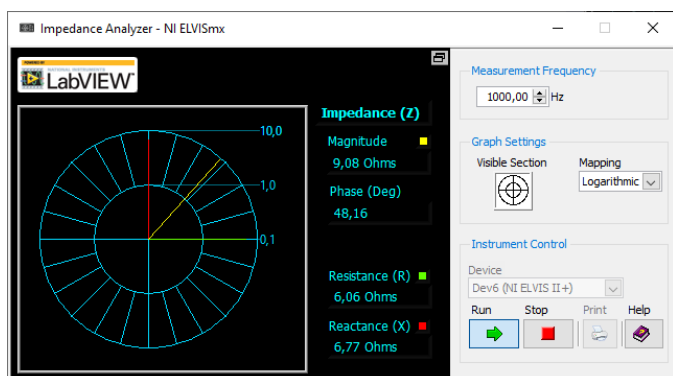
II. MÉRÉSI FELADAT

Határozza meg a bemeneti impedancia értékét különböző frekvenciákon és ábrázolja a kapott adatokat egy frekvencia amplitúdó és egy frekvencia fázisszög grafikonon.

A két alkatrész impedanciáját az Elvis II+ Impedancia Analyzer műszerével mértük le. Ehhez az alkatrészeket a panelen jelölt DUT+ és DUT- terminálokhoz kötöttük.



1. ábra. A kiválasztott ellenállás tulajdonságai az impedancia analízátor használatával.



2. ábra. A kiválasztott kapacitás tulajdonságai az impedancia analízátor használatával.

Az ellenállás mért bemeneti impedanciája, magnitudója, fázisszöge és ellenállása különböző frekvenciákon az **I.** táblázatban található, míg a frekvencia-amplitudó és frekvencia-fázisszög szerinti grafikon a **3.** ábrán látható.

A kapacitás mért bemeneti impedanciája, magnitudója, fázisszöge és ellenállása különböző frekvenciákon a **II.** táblázatban található, míg a frekvencia-amplitudó és frekvencia-fázisszög szerinti grafikon a **4.** ábrán látható.

I. táblázat. A **II.** mérési feladatban mért impedanciák az ellenálláson.

Frekvencia	Magnitúdó	Fázisszög	Ellenállás	Reactancia
10Hz	5,96MΩ	0,65°	5,96Ω	67,92kΩ
100Hz	6,01MΩ	6,46°	5,98MΩ	676,4mΩ
1000Hz (1. ábra)	9,08MΩ	48,16°	6,06Ω	6,77Ω
10000Hz	67,33Ω	84,90°	5,99Ω	67,06Ω

II. táblázat. A **II.** mérési feladatban mért impedanciák a kapacitáson.

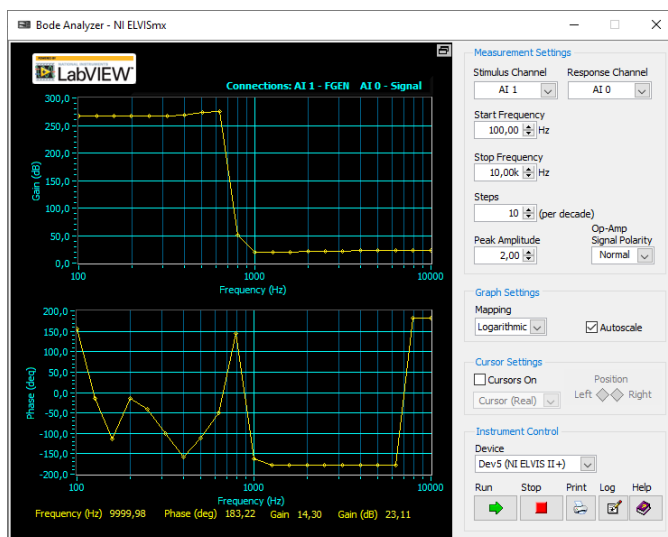
Frekvencia	Magnitúdó	Fázisszög	Ellenállás	Reactancia
10Hz	18,43kΩ	271,3°	418,43Ω	-18,43Ω
100Hz	1,87kΩ	271,97°	64,43Ω	-1,87kΩ
1000Hz (2. ábra)	195,26Ω	274,30°	14,66Ω	-194,71Ω
10000Hz	21,24Ω	285,79°	5,78Ω	-20,44Ω

III. MÉRÉSI FELADAT

A mérési elrendezés megegyezik az passzív alkatrészek mérésnél használt elrendezéssel. Kérem a jegyzőkönyvbe



3. ábra. Az ellenállás ábrázolása frekvencia-amplitudó és frekvencia-fázisszög grafikonokon.



4. ábra. A kapacitás ábrázolása frekvencia-amplitudó és frekvencia-fázisszög grafikonokon.

rögzítse a kapcsolást mellyel a mérést végezte.

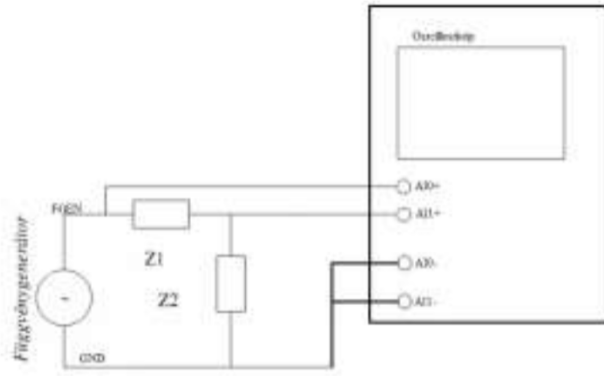
Az alkatrészek névleges értékeihez az Elvis II+ Digitális multiméter műszerét használtuk. Az ellenállás méréshez az Elvis V és COM nevű banándugóit használtuk. A kondenzátor kapacitás méréséhez pedig a DUT+ és DUT- nevű próbapanel sorokat.

Az impedancia analízátor használatakor pedig a kapacitás-méréshez hasonlóan a DUT+ és DUT- próbapanel sorokat használtuk. A kondenzátor esetén figyelembe vettük az alkatrészen látható negatív csíkot a negatív lábnál, ezt a DUT-ba kötöttük.

IV. MÉRÉSI FELADAT

A feszültségosztó összefüggések ismeretében számítással határozza meg a be és kimeneti feszültségek viszonyát váltakozó feszültség esetén $Z_1 = C$ és $Z_2 = R$ esetén.

$$Z_R = R \quad (2)$$



5. ábra. Mérési elrendezés

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad (3)$$

$$U_{ki} = U_{be} \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = U_{be} \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} \quad (4)$$

$$U_{ki} = U_{be} \frac{5,5\Omega}{\frac{1}{2\pi \cdot 0,81 \cdot 10^{-6} F} + 5,5\Omega} = U_{be} \cdot 0,0000279908 \quad (5)$$

V. MÉRÉSI FELADAT

Határozza meg a méréshez szükséges frekvenciákat. f_0 legyen az a frekvencia ahol a kapacitás látszólagos ellenállásának abszolút értéke megegyezik az ellenállás értékével. Legyen továbbá 5db f_0 -nál kisebb és 5 db f_0 -nál nagyobb frekvencia, melyek $q = 2$ értékű mértani sorozatot alkotnak.

$$Z_R = 5,5\Omega$$

$$Z_C = \frac{1}{2\pi \cdot 0,81\mu F}$$

$$Z_C = Z_R$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot 5,5\Omega \cdot 0,81 \cdot 10^{-6} F} \approx 35725 Hz$$

$$[1116 Hz, 2232 Hz, 4465 Hz, 8931 Hz,$$

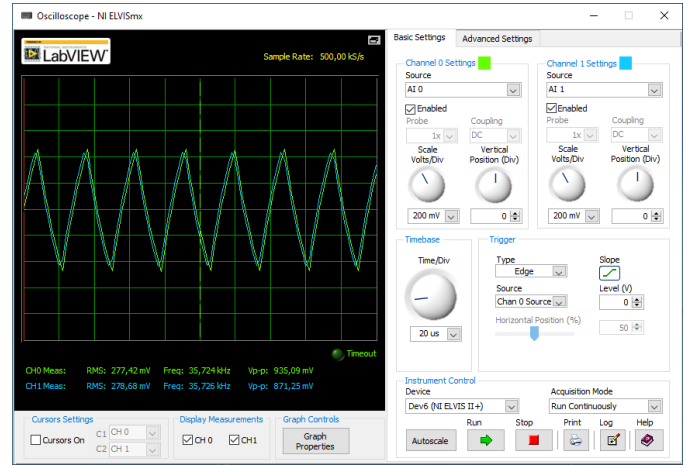
$$17862 Hz, 35725 Hz, 71450 Hz, 142900 Hz,$$

$$285800 Hz, 571600 Hz, 1143200 Hz]$$

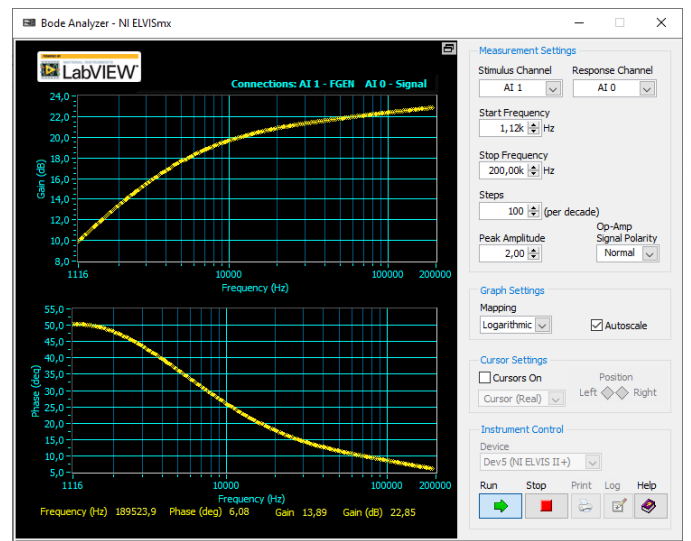
VI. MÉRÉSI FELADAT

Végezze el a mérést (5. ábra) oszcilloszkóp segítségével.

Az 5. ábrán látható kapcsolást megvalósítva, majd azt az Elvis II+ függvénygenerátorára kötve az oszcilloszkóppal, majd a műsért szinkronizálva a monitorral, a 6. ábrán látható diagramot kaptuk. Ezen a diagramon látható a jellegzetes hullámjel, ahol mindkét mért jel szinte megegyezik egymással.



6. ábra. Az 5. ábrán látható áramkör oszcilloszkóppal vizsgálva.



7. ábra. Az 5. ábrán látható áramkör Boode analízátorral vizsgálva.

VII. MÉRÉSI FELADAT

Végezze el a mérést (5. ábra) boode analízátorral.

Az 5. ábrán látható kapcsolást megvalósítva, majd azt az Elvis II+ oszcilloszkópjára kötve a 6. ábrán látható Boode diagramot kaptuk. Ezen a diagramon látható a kapcsolás frekvencia-amplitudó és frekvencia-fázisszög értékeinek ábrázolása diagramon.

Fontos, hogy a Boode analízátor használatakor ne kapcsoljuk be a függvénygenerátort.

VIII. MÉRÉSI FELADAT

Ellenőrizze a kapott értékeket szimulációval.

A feladat elvégzéséhez az LTspice áramkör szimulációs programot használtuk, megépítettük az 5. ábrán látható áramkört, majd az aktív alkatrészt különböző beállításokra állítva megnéztük a feszültséget a független csomópontokon. A szimulált érték minden alkalommal benne volt az előző feladatban mért $\pm 5\%$ -os tartományokban.

IX. MÉRÉSI FELADAT

Hasonlítsa össze a II. pont és a VII. pont eredményeit.

A II. mérési feladat Boode diagramjait összehasonlítva a VII. mérési feladat Boode diagramjával láthatjuk, hogy a feszültségosztó magnitúdója szigorúan monoton emelkedik, majd egy pontban a maximumát elérve csökkenni fog. Ezzel ellentétben a II. mérési pontban látható ellenállás mérésének magnitúdója oszcillál, nincs kifejezett minimum és maximum értéke. A kapacitás mérésének eredményein látható, hogy magnitúdóilag ez is oszcillál, de a lokális minimum értékek egymáshoz képest egyre nagyobb értékek. A fázisszög a feszültségosztóhoz képest a frekvencia növelésével egy pont után a nullához közelít.

X. MÉRÉSI FELADAT

A feszültségosztó összefüggések ismeretében határozza meg a be és kimeneti feszültségek viszonyát váltakozó feszültség esetén $Z_1 = R$ és $Z_2 = C$ esetén.

A IV. mérési feladatban már leírt 2. és 3. képleteket felhasználva a feszültségosztó kimeneti feszültség képletébe (6. képlet) behelyettesítve megkapjuk a végeredményt. Ez a 7. képletben látható.

$$U_{ki} = U_{be} \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = U_{be} \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} \quad (6)$$

$$U_{ki} = U_{be} \frac{\frac{1}{2\pi \cdot 0,81 \cdot 10^{-6} F}}{5,5 \Omega + \frac{1}{2\pi \cdot 0,81 \cdot 10^{-6} F}} = U_{be} \cdot 0,999972 \quad (7)$$

XI. MÉRÉSI FELADAT

Végezzen vizsgálatot minden frekvencián oszcilloszkóppal, abban az esetben, ha a bement négyszögjel.

Az Elvis II+ jelgenerátor műszerén a jel típusát négyszögjelre váltva, majd az 5. ábrán látható áramkörbe beillesztve elvégeztük a mérést, majd megvizsgáltuk 1116Hz-en, 35725Hz-en, és 1143200Hz-en az oszcilloszkóp segítségével.

HIVATKOZÁSOK

- [1] N. Instruments, *NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVISTM II Series) User Manual*. cím: https://electrical.engineering.unt.edu/sites/default/files/NI_ELVIS_II.pdf (elérés dátuma 2024. 04. 23.).
- [2] K. Shenzhen GVDA Technológia Co., *Mi A Különbség Az Analóg Multiméter És A Digitális Multiméter Között?* 2022. máj. cím: <https://hu.gvda-instrument.com/info/what-is-the-difference-between-an-analog-multi-70242452.html> (elérés dátuma 2024. 04. 23.).
- [3] Z. S. Kft., *Multiméter használata kezdőknek: fő tudnivalók*. 202. szept. cím: <https://zakanyszerszamhaz.hu/blog/barkacs/multimeter-hasznalata> (elérés dátuma 2024. 04. 23.).
- [4] D. D. S. K. (Bonifert Domonkosné Dr.; Dr. Halász Tibor; Dr. Kövesdi Katalin; Dr. Miskolczi Józsefné; Molnár Györgyné, *Fizika 8. Mozaik Kiadó*, 2022, ISBN: 9789636974466.
- [5] Fluke, *Oscilloscope*. cím: <https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/oscilloscopes/basic-oscilloscope-functions> (elérés dátuma 2024. 04. 23.).

- [6] Wikipedia, *Oscilloscope*. cím: <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscilloscope> (elérés dátuma 2024. 04. 23.).
- [7] Tektronix, *Oscilloscope*. cím: <https://www.tek.com/en/blog/what-is-an-oscilloscope> (elérés dátuma 2024. 04. 23.).
- [8] Wikipédia, *Boode diagram*. cím: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Bode-diagram> (elérés dátuma 2024. 04. 23.).