

Analóg villamos áramkörök frekvencia tartománybeli vizsgálata

2017. január 1.

Prof. Dr. Bokor József, Dr. Bauer Péter, Dr. Tettamanti Tamás

1. A méréshez szükséges eszközök

- lin-log papír (letölthető a www.kjit.bme.hu-ról az Irányítástechnika tantárgy oldaláról),
- vonalzó,
- számológép.

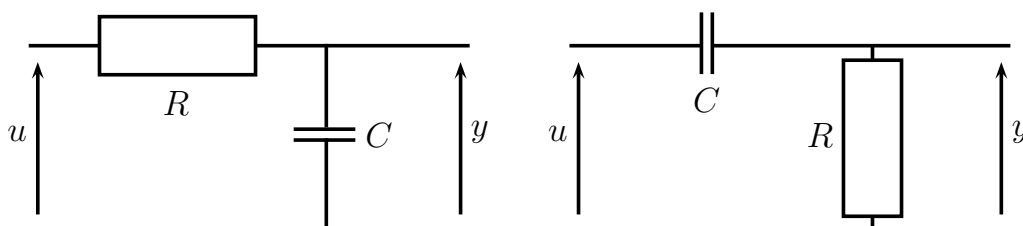
2. A mérés célja

A mérés célja analóg villamos áramkör (passzív négyfólyus) frekvenciatartományi vizsgálata, azaz Bode amplitúdó- és fázisdiagramjainak mérésrel való meghatározása:

- állandó amplitúdójú, de változó frekvenciájú szinuszos bemenő jel mellett a négyfólyus kimenő szinuszos jelében az amplitúdó és az időkéés (vagy sietés) mérése
- a mérés alapján a frekvenciafüggvény különböző frekvenciákhoz tartozó amplitúdójának [dB] és fázisszögének [°] meghatározása és ábrázolása Bode diagramon

3. Négyfólyus verziók, paraméter párok

A mérés során kétféle négyfólyus összeállítására kerül sor:



1. ábra. 1TP és 1TD típusú négyfólyusok

A mérőpanelen kiválasztandó impedancia paraméter párok (mérőpáronként egy):

- $5k\Omega - 47nF$
- $5k\Omega - 220nF$

4. A mérési frekvencia pontok kiszámítása

A mérés során hét különböző frekvencia pontban mérjük a kapcsolás kimenetét. Ehhez az alábbi összefüggések felhasználása szükséges:

Időállandó: $T = R \cdot C$

Sarok-körfrekvencia: $\omega_s = \frac{1}{T}$

Mérési segédváltozó: $k = 0.1, 0.251, 0.63, 1, 1.585, 3.981, 10$

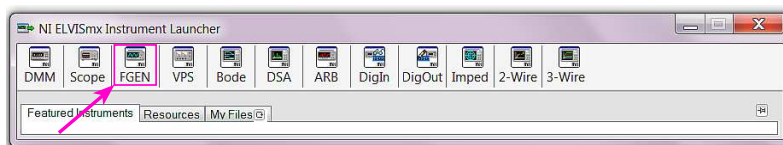
Körfrekvencia: $\omega = k \cdot \omega_s$

Frekvencia: $f = \frac{\omega}{2\pi}$

5. A mérés menete

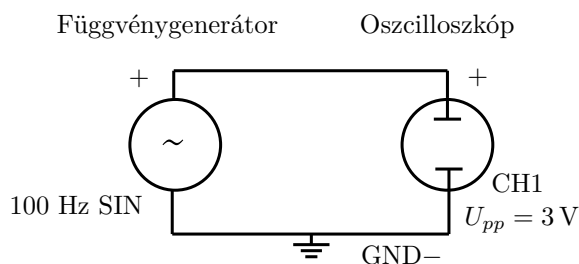
5.1. Az amplitúdó beállítása

A bemenő jelet egy National Instruments által gyártott mérő, ill. adatgyűjtő eszköz (NI myDAQ) segítségével állítjuk elő virtuálisan. Az eszköz egy segédsoftver segítségével vezérelhető. A NI myDAQ számítógéphez való csatlakoztatásával (USB kábelen) az NI Elvismx Instrument Launcher vezérlőprogramja automatikusan megjelenik. Az FGEN ikonra kattintva indíthatjuk el virtuális függvénygenerátor programunkat (2. ábra).



2. ábra. A virtuális függvénygenerátor elindítása

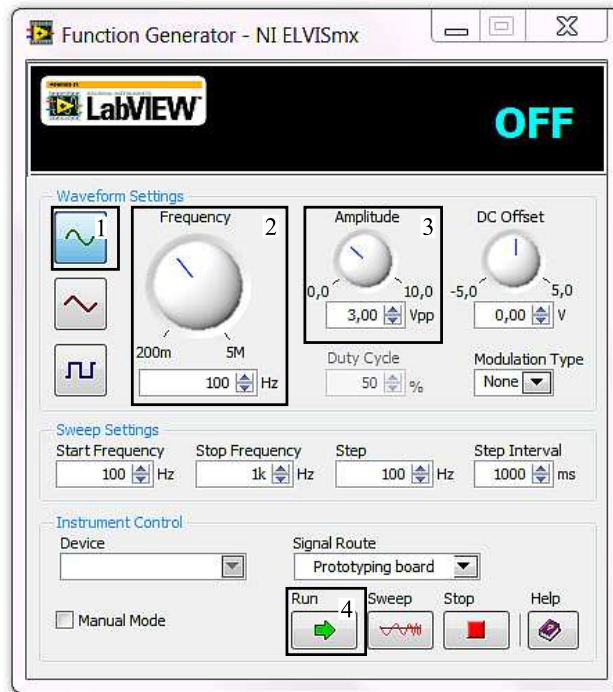
A mérés alatt egy állandó amplitúdójú szinuszos jelet használunk bemenetként, amelyet a virtuális függvénygenerátorral állítunk elő. A jel megfelelő beállításához kössük össze a NI myDAQ kimenetét (két banándugó) az oszcilloszkóp 1-es csatornájával (CH1) ügyelve a helyes polaritásra (3. ábra).



3. ábra. A bemenő jel beállítása a függvénygenerátoron

A beállítandó paraméterek:

- $U_{pp} = 3\text{ V}$ (pp=peak-to-peak, azaz csúcstól csúcsig mért feszültség),
- $f = 100\text{ Hz}$
- függvényalak: *sin*



4. ábra. A függvénygenerátor legfontosabb kezelőszervei

A virtuális függvénygenerátor megfelelő beállításához szükséges kezelőszervek (4. ábra):

1. WAVEFORM SETTINGS: Függvényalak beállítása (szinusz-, fűrészfog- vagy négyszögjel);
2. FREQUENCY: Frekvenciaérték beállítása;
3. AMPLITUDE: Amplitúdó beállítása;
4. RUN: A jel elindítása a virtuális függvénygenerátoron.

Az oszcilloszkóp megfelelő beállításához szükséges kezelőszervek (5. ábra):

1. POWER: Bekapcsoló gomb (a műszer bal oldalán, az 5. ábrán nem látható);
2. AUTOSET: Automatikus beállítás. Igen hasznos, mert azonnal behozza a jelet (jeleket) a képernyőre. ez azonban nem jelenti azt, hogy kézi beállításokat már nem is kell eszközölnünk, mint azt látni fogjuk;
3. TIME/DIV: Időalap választó gomb. Segítségével kiválasztható, hogy a skálán egy vízszintes négyzetoldal mekkora időt reprezentáljon. A beállított idő a képernyő alsó, középső részén jelenik meg;
4. HORIZONTAL POSITION: Vízszintes pozicionáló gomb. A két csatorna jelét egyszerre tolja el jobbra vagy balra;
5. CH1: Csatornaválasztó gomb. Segítségével az 1-es csatorna (CH1) ki-/bekapcsolható;
6. CH2: Csatornaválasztó gomb. Segítségével a 2-es csatorna (CH2) ki-/bekapcsolható;



5. ábra. Az oszcilloszkóp legfontosabb kezelőszervei

7. VOLTS/DIV: Feszültségosztó gomb. Segítségével beállítható, hogy egy függőleges négyzetoldal mekkora feszültséget reprezentáljon (a beállított feszültségek csatornánként a képernyő bal alsó sarkában láthatók);
8. VERTICAL POSITION: Függőleges pozicionáló gomb. A két csatorna jele külön-külön eltolható;
9. CURSOR menu. Az időtengelyen való mérésekre alkalmas Cursor menüt aktiváló gomb, a menü alpontjai (almenüi) a képernyő jobb szélén jelennek meg.
10. MEASURE menu. A feszültség és frekvencia mérésekre alkalmas Measure menüt aktiváló gomb, a menü alpontjai (almenüi) a képernyő jobb szélén láthatók;
11. ALMENÜ választó gombok. Segítségükkel beléphetünk a felkínált almenübe.
12. VARIABLE gomb: segítségével az almenükben navigálhatunk, vagy paramétereket (pl. kurzor pozíció) változtathatunk.

Visszatérve az amplitúdó beállítására, a virtuális függvénygenerátoron szükséges a SIN jelalak kiválasztása és a 100 Hz frekvencia beállítása.

Ezt követően az oszcilloszkóp AUTOSSET gombját megnyomva már látnunk kell a szinuszos jelet a képernyőn. Ha nem látjuk az 1-es csatorna sárga jelét, akkor a CH1 gombbal aktiváljuk azt, majd nyomjuk meg újra az AUTOSSET gombot. A jel megjelenését követően a kettes csatorna kék jelét a CH2 gombbal nyugodtan kikapcsolhatjuk (ez a gomb többszöri benyomását is igényelheti).

A MEASURE gombbal aktiváljuk a Measure menüt. Az almenük közt a legfelső a V_{pp} (peak-to-peak voltage). Itt láthatjuk a szinuszos jelünk csúcstól csúcsig kétszeres amplitúdóját. Ha nem a V_{pp} opció jelenik meg, akkor a legfelső almenü melletti gombbal léphetünk be egy következő almenübe. Itt a $\frac{\text{Voltage}}{V_{pp}}$ opciót választva a VARIABLE beállítóval a Voltage oszlopban a V_{pp} opciót kijelölve tudjuk a nekünk szükséges üzemmódot kiválasztani. Kilépés a Previous Menu melletti gomb megnyomásával.

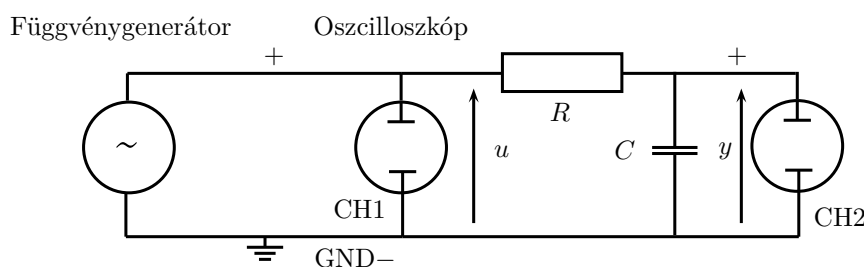
Az így mért kétszeres amplitúdót kell 3 V-ra beállítani a virtuális függvénygenerátoron (AMPLITUDE).

Ezzel rendelkezésünkre áll a 3 V kétszeres amplitúdójú szinuszos bemenő jel, amivel a négypólusunkat meg kívánjuk hajtani.

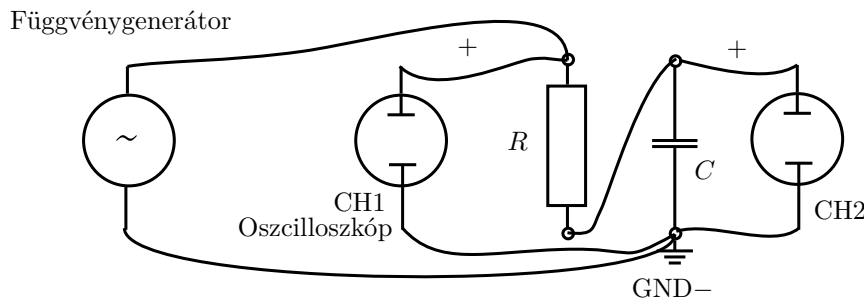
5.2. A mérési kapcsolás összeállítása

Második lépésként összeállítjuk a mérési kapcsolást. Az adott négypólus bemenő kapcsaira a függvénygenerátor mellett az oszcilloszkóp 1-es csatornáját (CH1) kötjük, a kimenetre pedig a 2-es csatorna (CH2) kábelpárját. A Fontos, hogy a műszerek földvezetékeit (fekete vagy kék kábel) egy közösített földpontban (GND) egyesítsük!

A 6. és 7. ábrák az 1TP típusú négypólus kapcsolását mutatják. 1TD típusú kapcsolás esetén az ellenállás és a kapacitás helyet cserélnék.



6. ábra. Az 1TP tag kapcsolási rajza



7. ábra. Az 1TP tag kapcsolási rajza a panelen

5.3. A mérés folyamata

A mérés során a kimenő jel kétszeres amplitúdóját, ill. a ki- és bemenő jelek közötti fázisidő eltérést (τ_φ) mérjük le a 2. pontban kiszámított hét különböző frekvencián.

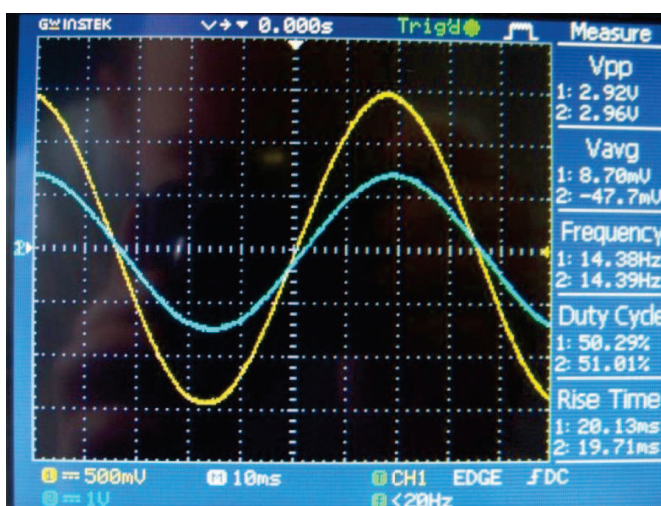
Először aktiváljuk az oszcilloszkópon mindkét csatornát (CH1 és CH2) és állítsuk be a jeleket (AUTOSET). Ezt követően az egyes frekvenciapontokban való mérés lépései a következők:

1. A megfelelő frekvencia beállítása a virtuális függvénygenerátoron (FREQUENCY).
2. Jelek beállítása az oszcilloszkópon AUTOSET-el.
3. MEASURE gombbal a Measure menü aktiválása V_{pp} módban, CH1 és CH2 jelek V_{pp} értékeinek (U_1 és U_2) leolvasása és táblázatba írása a periódusidőkkel (τ_1 és τ_2) együtt. A periódusidők a Measure menü Frequency almenüjét Period-ra átállítva olvashatók le. Ha nem a Period opció jelenik meg, akkor a középső almenü melletti gombbal léphetünk be egy következő almenübe. Itt

a $\frac{\text{Time}}{\text{Period}}$ opciót választva a VARIABLE beállítóval a Time oszlopban a Period opciót kijelölve tudjuk a nekünk szükséges üzemmódot kiválasztani. A kilépés a Previous Menu melletti gomb megnyomásával történik.

4. A TIME/DIV, VOLTS/DIV és a függőleges és vízszintes állító gombok használatával hozzuk a két jelet olyan helyzetbe, hogy két egymás melletti csúcs jól látható legyen.
5. A CURSOR gombbal aktiváljuk a Cursor menüt. A mellette levő gombbal az X1 almenüt választva az X1 cursort a VARIABLE gombbal állítsuk a CH1 jel csúcsához. Az X2 almenüvel az X2 cursort pedig a CH2 jel csúcsához. Az X1X2 pontban az első adat a két cursor abszolút távolsága. Ez éppen a számunkra szükséges τ_φ fázisidő eltérés, írjuk be a táblázatunkba! (Ha a Cursor menü nem az X opciókkal jön elő, akkor a legalsó X ↔ Y gombbal tudunk a megfelelő üzemmódba váltani). A fázisidő eltérés előjele a két jelcsúcs helyzetétől függ. Ha a CH2 jel csúcsa később (jobbra) van a CH1 jelétől, akkor kell negatívnak venni a leolvasott időt (a kimenet késik), a másik esetben (CH2 siet) pozitívnak kell hagyni amit leolvastunk.

Vigyázat! Minden érték leolvasásakor ügyeljünk a prefixumokra! m=mili, u=mikro, n=nano. A leolvasást Measure üzemmódban a 8., Cursor üzemmódban pedig a 9. ábra szemlélteti.



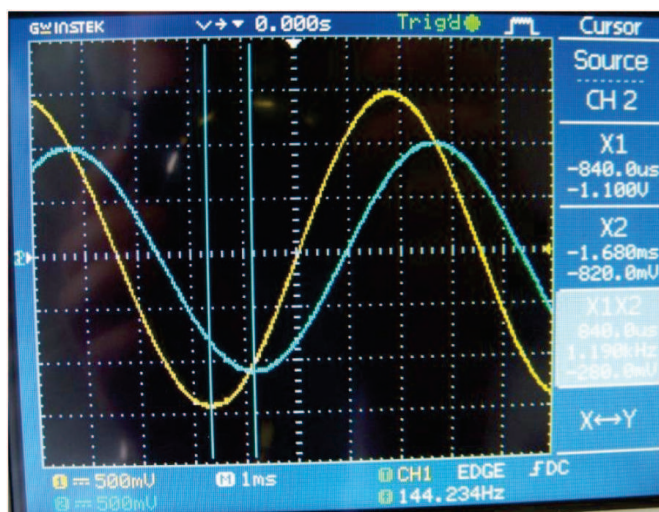
8. ábra. Az oszcilloszkóp Measure üzemmódja

6. A jegyzőkönyv kötelező tartalma

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
f	$\omega = 2\pi f$	\tilde{U}_1	\tilde{U}_2	$\frac{\tilde{U}_2}{\tilde{U}_1}$	$20 \lg \left(\frac{\tilde{U}_2}{\tilde{U}_1} \right)$	τ_1	τ_2	τ_φ	τ	φ

1. táblázat. A mérési táblázat fejléce

1. Rendszerezük méréseinket az 1. táblázat szerint! τ periódusidő értéke számítható a $\tau = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2}$ képlettel. A φ fázisszög szintén kiszámolható a következő összefüggéssel: $\varphi = \frac{\tau_\varphi}{\tau} \cdot 360^\circ$.



9. ábra. Az oszcilloszkóp Cursor üzemmódja

2. Vezessük le részletesen a mért négypólus elméleti frekvenciafüggvényét! A jegyzőkönyv tartalmazza a kapcsolási rajzot, a paraméterek értékét és a levezetés lépéseit!
3. Az 1. táblázat 2., 6. és 11. oszlopának felhasználásával rajzoljuk fel a négypólus mért frekvenciafüggvényét Bode-diagramban (azaz a kimért mért pontokra „illesszünk” görbét kézzel)! Ugyanebbe a diagramba vegyük fel az elméleti görbét is (töréspontos közelítéssel)!
4. A diagramokat *kézzel*, lin-log papíron (speciális skálázás: függőlegesen lineáris, vízszintesen logaritmikus beosztású) kell elkészíteni.

Figyelem! A jegyzőkönyvet a *helyszínen* a mérés keretében kell elkészíteni! Tanácsos a felkészülési füzetben minden otthon előkészíthető dolgot elvégezni. Így a mérés során már csak az aktuális szám adatokkal kell mindent feltölteni és a Bode-diagramokat kell megrajzolni.

7. Ajánlott irodalom

- Bokor József – Gáspár Péter: Irányítástechnika járműdinamikai alkalmazásokkal, TypoTex Kiadó, Budapest, 2008., 1-3. fejezet
- Luspay Tamás – Bauer Péter: Alapfogalmak Nyquist és Bode diagramjai, segédlet, BME Közlekedésautomatikai Tanszék, Budapest, 2010.

8. A mérés során felhasználandó eszközök

- mérőpanel (R és C elemek),
- NI myDAQ virtuális függvénygenerátor,
- digitális oszcilloszkóp.