

Méréstechnika házi feladat 3. Megoldás

2017. tavasz

1. Az $f_1 = 50$ Hz-en mért teljesítmény:

$$P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1 \quad (1)$$

Ebből kifejezhető az I_1 áram, tehát a terhelés impedanciájának abszolút értéke is:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1 \cos \varphi_1}, \quad |Z| = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_1^2 \cos \varphi_1}{P_1} = 881.67 \, \Omega \quad (2)$$

A komplex impedancia és az admittancia a következő:

$$Z = |Z|(\cos \varphi_1 + j \sin \varphi_1), \quad Y = \frac{1}{|Z|}(\cos \varphi_1 - j \sin \varphi_1), \quad \omega_1 = 2\pi f_1 \quad (3)$$

Mivel az impedancia szögét $\cos \varphi_1$ nem specifikálja, és ismert, hogy a kondenzátoron az áram siet a feszültséghez képest, írható, hogy:

$$\frac{1}{|Z|}(\cos \varphi_1 + j \sin \varphi'_1) = \frac{1}{R} + j\omega C, \quad \varphi'_1 = -\varphi_1 \quad (4)$$

Ebből a helyettesítőkép elemei a következők:

$$\begin{aligned} R &= \frac{|Z|}{\cos \varphi_1} = 17.63 \, \text{k}\Omega \\ C &= \frac{\sin \varphi'_1}{|Z|\omega_1} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}}{|Z|\omega_1} = 3.606 \, \mu\text{F} \end{aligned}$$

(1 pont)

Az impedancia által leadott teljesítmény R -en disszipálódik, ezért a rákapcsolt feszültség segítségével felírható a leadott teljesítmény. Így a felharmonikuson leadott teljesítmény:

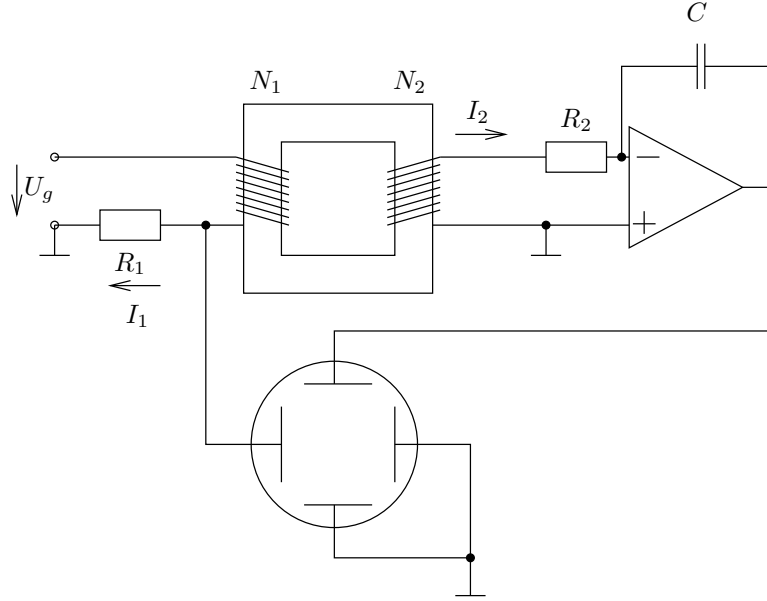
$$P_2 = \frac{U_2^2}{R} = 90.74 \, \text{mW} \quad (5)$$

Az impedancia által leadott teljesítmény a két frekvencián leadott teljesítmény összege:

$$P = P_1 + P_2 = 3.091 \, \text{W} \quad (6)$$

(2 pont)

2. A mérési elrendezés az alábbi ábrán látható:



A tekercs alatt a katódsugárcső eltérítését ábrázoltuk. Előnyös a toroid alakú vasmag, az ábrázolás egyszerűbbé tétele miatt nem ezt rajzoltuk fel.

Az áramkör gerjesztése szinuszos, a vasmag keresztmetszete A , a közepes erővonalhossz l . A szekunder tekercsen folyó áram $I_2 \cong 0$, ezért a vasmagot nem gerjeszti. Így a vízszintes eltérítő feszültség:

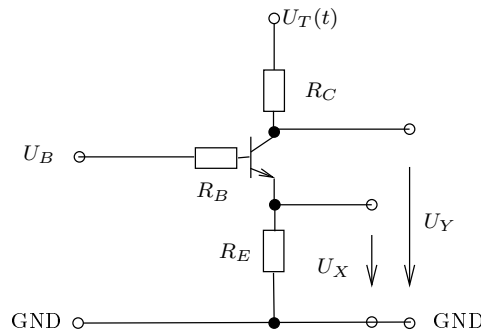
$$u_x(t) = R_1 i_1(t) = R_1 \frac{l}{N_1} H(t) = K_x H(t) \quad (7)$$

A függőleges eltérítő feszültség:

$$u_y(t) = \frac{-j\omega}{-j\omega R_2 C} N_2 AB(t) = \frac{1}{R_2 C} N_2 AB(t) = K_y B(t) \quad (8)$$

Az indukált feszültség ugyanis az indukció negatív deriváltjával arányos, amely adott frekvencián $-j\omega$ -val való szorzásnak felel meg. Az integrátor átvitele azon a frekvencián $-1/j\omega R_2 C$, így a frekvencia a mérésből kiesik. A mérés része a feszültségek K_x -szel és K_y -nal való leosztása is, amelyek a geometriából és az alkatrészek adataiból meghatározhatók. (3 pont)

3. A tranzisztoros áramkör kapcsolási rajza az alábbi ábrán látható:



A generátorokat és az oszcilloszkópot nem tüntettük fel. A kapcsolási rajz annak figyelembevételével készült, hogy az oszcilloszkóp csatornáinak közös a földje. Kihasználjuk, hogy az oszcilloszkópról a vonalvastagságból adódóan csak százalékos nagyságrendű pontossággal olvashatók le számértékek, azaz ennél pontosabb megjelenítés

sem szükséges. Az I_C kollektoráram közelítőleg megegyezik az emitterárammal, az R_E ellenálláson eső U_X feszültség tehát közelítőleg arányos I_C -vel. Ha R_E kicsi, akkor $R_E \cdot I_E \ll U_{CE}$, azaz $U_Y \approx U_{CE}$. Ehhez a megoldáshoz R_E -t néhány ohm, esetleg 10 ohm nagyságrendűre kell választani. A rajta eső 10 mV körüli feszültség az oszcilloszkópon jól megjeleníthető. (2 pont)

(Ha közvetlenül az R_C -n eső feszültséget kapcsoljuk az oszcilloszkópra, akkor rövidre zárjuk a tranzisztort, az áramkör nem működik. Egy lehetőség a tranzisztor kollektorát földelni, ennek a megoldásnak az a hátránya, hogy a vízszintes tengely „megfordul”.)

A kapcsolat többi elemét a tranzisztoros kapcsolások szokásos értékeire kell választani. Az áramkorlátozó szerepű R_C -t néhányszor 10 kilohmra, R_B -t ennél kissé nagyobbra, 100 kilohm nagyságrendűre kell választani.

A bázisáramot meghatározó U_B egyenfeszültséget tápegység állítja elő. Annak érdekében, hogy a bázisáram kellően finoman állítható legyen, állítható tápegység és nagy R_B szükséges.

A megjelenítendő kollektoráram miatt $U_T(t)$ -nek be kell járnia a teljes normál aktív üzemmódra jellemző tartományt. Az oszcilloszkópos megjelenítés miatt adódik a fűrészel, ennek azonban az ugrás miatt jelentős a felharmonikustartalma, ezért inkább szimmetrikus háromszögjelet érdemes választani. Ezzel a választással (analóg oszcilloszkópot feltételezve) a fényerő is egyenletes lesz a görbe mentén. Ha $U_T(t)$ szinuszos, a felharmonikusok még kevesebb problémát okoznak, ugyanakkor a fényerő nem lesz egyenletes, hiszen a szinuszjel sűrűségfüggvénye nem egyenletes.

Az $U_T(t)$ jel frekvenciája elegendően nagy kell legyen ahhoz, hogy ne „villogjon” a megjelenített ábra, ugyanakkor elég kicsinek kell lennie, hogy a tranzisztor különféle kapacitásai miatt a görbe ne legyen tranziensekkel terhelt. A különféle irányokban bejárt görbe nagyfrekvencián nem azonos, ezért „hurkok” jelennek meg a képernyőn. Mindezeket figyelembe véve, átlagos tranzisztor esetében kilohertz nagyságrendű gerjesztést érdemes alkalmazni. (2 pont)

Ha az $I_C - U_{CE}$ görbesereg több elemét is meg akarjuk jeleníteni, U_B -t is modulálni kell. Könnyen hozzáférhető eszközökkel az oldható meg, hogy kis amplitúdójú négyszögjel és egyenfeszültség összegét kapcsoljuk a bázisra. A négyszögjel frekvenciája legyen kisebb, mint az $U_T(t)$ háromszögjel frekvenciája. Ekkor két görbe jeleníthető meg.