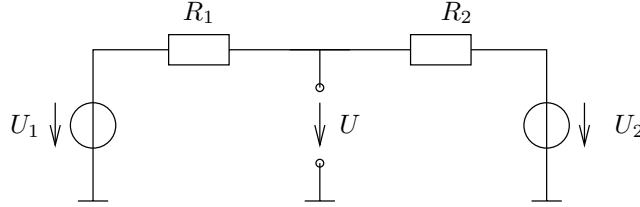


Méréstechnika házi feladat 3. Megoldás

2020. tavasz

1. A két generátor összekapcsolása az alábbi ábrán látható:



A kimeneten mérhető feszültség időfüggvénye ennek alapján:

$$u(t) = u'_1(t) + u'_2(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_1(t) + \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_2(t) \quad (1)$$

(1 pont)

Az effektív értékeket a továbbiakban nagybetűkkel jelöljük. Az előírt jel-zaj viszonynak a kimeneten kell igaznak lennie, azaz:

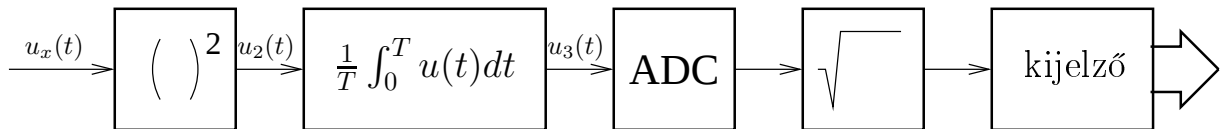
$$\text{SNR} = 10 \lg \frac{P'_1}{P'_2} = 20 \lg \frac{U'_1}{U'_2} \quad (2)$$

Az eddigiek alapján:

$$U'_2 = U'_1 \cdot 10^{-\frac{\text{SNR}}{20}}, \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1} U_1 \cdot 10^{-\frac{\text{SNR}}{20}} = 0.7589 \text{ V} \quad (3)$$

(1 pont)

2. A műszer blokkvázlata az alábbi ábrán látható:



A műszer az $u_x(t)$ feszültséget méri. A négyzetreemelő kimenetén a feszültség:

$$u_2(t) = k \cdot u_x^2(t) \quad (4)$$

ahol $k = 1 \frac{1}{\text{V}}$ a feladat szövege szerint. Integrálás után a feszültség:

$$u_3(t) = \frac{1}{T} \int_0^T u_x^2(t) dt \quad (5)$$

ezt követően történik az AD-átalakítás, majd a négyzetgyökvonás, így az effektívérték-képzés definíciója teljesül. (1 pont)

A méréstechnika tantárgyból is megismert integrátor bemenete és kimenete közötti függvénykapcsolat a következő:

$$u_{\text{ki}}(t) = -\frac{1}{RC} \int u_{\text{be}}(t) dt \quad (6)$$

Mivel a kapcsolat működési ideje általában nem ismert, határozatlan integrált alkalmaztunk. Ha azonban ismert, hogy a műszer T ideig integrál, az (5) és (6) egyenletek összevetésével egyrételmű, hogy

$$RC = T \quad (7)$$

beállítás szükséges.

(1 pont)

Ha a mérendő el szinuszos az alábbiak szerint:

$$u_x(t) = U_p \cdot \sin(2\pi f_x t) \quad (8)$$

akkor négyzetre emelés és integrálás után:

$$u_x^2(t) = \frac{1}{T} \int_0^T u_x^2(t) dt = \frac{U_p^2}{T} \int_0^T \sin^2(2\pi f_x t) dt = \frac{U_p^2}{2T} \int_0^T (1 - \cos(2\pi 2f_x t)) dt = \frac{U_p^2}{2} \quad (9)$$

ugyanis a $T = 100$ msec integrálási időben a $2f_x = 100$ Hz-es lengő komponensnek pontosan 10 periódusa zajlik le, és az integrál értéke zérus. Gyökvonás után az eredmény $\frac{U_p}{\sqrt{2}}$, tehát a mérés pontos.

(1 pont)

Ha a jelnek vannak felharmonikusai, akkor Fourier-sora így írható:

$$u_x(t) = X_0 + X_1 \sin(2\pi f_x t) + X_2 \sin(2\pi 2 f_x t) + \dots \quad (10)$$

A mérendő jel négyzetét most a következőképpen írhatjuk fel:

$$u_x^2(t) = (X_0 + X_1 \sin(2\pi f_x t) + X_2 \sin(2\pi 2 f_x t) + \dots) \cdot (X_0 + X_1 \sin(2\pi f_x t) + X_2 \sin(2\pi 2 f_x t) + \dots) \quad (11)$$

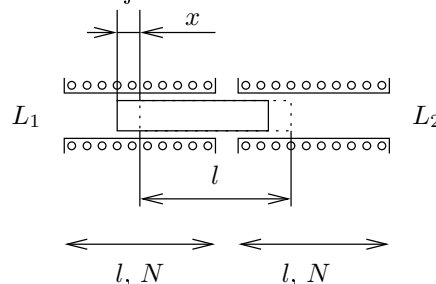
A különböző frekvenciájú tagok szorzata összeg és különbségi frekvenciájú tagok összegeként írható fel, így a fent megismert gondolatmenet miatt ezek integrálja zérus. Az látszik tehát, hogy az egyes komponensek négyzetére kell elvégezni az integrálást külön-külön, amelyek minden egyes szinuszos komponens (speciálisan a zérus frekvenciájú X_0 esetében is!) effektívérték-négyzetét adják. Mivel minden komponensre igaz az előzőleg bizonyított egyenlőség, a teljes jel effektívérték-négyzetére is igaz lesz.

(1 pont)

Megjegyzések.

1. A bemenőjel szinuszfüggvényként való felírása megszorítás, de tetszőleges kezdőfázisú szinuszos jelre hasonló összefüggés adódik.
2. A Fourier-sor szinuszfüggvényekkel való felírása szintén korlátozás, de a gondolatmenet koszinuszos tagok vagy komplex Fourier-sor esetén is így vihető végig. Ha a Fourier-sort a felharmonikusok miatt írtuk fel, akkor $X_0 = 0$, de az általánosság kedvéért szerepeltettük.

3. A mérőátalakító vázlatos keresztmetszeti rajza az alábbi ábrán látható:



Egy szolenoid induktivitása a menetszám négyzetével egyenesen, a hosszával fordítottan arányos. Az ábrán látható tekercsek aktív hossza, és egyben menetszáma is attól függ, a vasmag milyen hosszú darabja van benne. A két tekercs induktivitása, illetve hatásos menetszáma a következők szerint alakul:

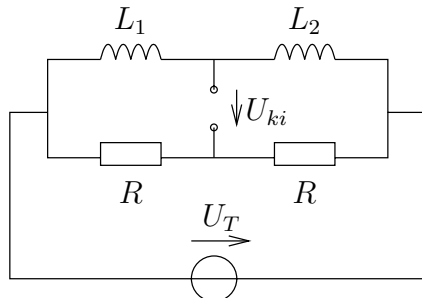
$$\begin{aligned} L_{1,2} &= k \frac{N_{1,2}^2}{l/2 \pm x} \\ N_{1,2} &= N \frac{l/2 \pm x}{l} \end{aligned} \quad (12)$$

ahol k geometriától és permeabilitástól függő konstans. Az induktivitások a két egyenlet összevetve:

$$L_{1,2} = \frac{kN^2}{2l} \left(1 \pm \frac{2x}{l} \right) \quad (13)$$

(2 pont)

A mérőátalakítót az alábbi hídkapcsolásban célszerű működtetni:



Ekkor a híd kimenőfeszültsége a következő lesz:

$$U_{ki} = U_T \left(\frac{\omega L_2}{\omega(L_1 + L_2)} - \frac{1}{2} \right) \quad (14)$$

Az induktivitások (13) kifejezését behelyettesítve:

$$U_{ki} = -U_T \frac{x}{l} \quad (15)$$

$x_{\max}$ esetén a kimenőfeszültség ezzel a képlettel számítható. Mivel a hidat váltakozó feszültséggel gerjesztjük, az előjel az effektív értékben nem jelenik meg:

$$U_{ki,\max} = U_T \frac{x_{\max}}{l} = 2.0 \text{ V} \quad (16)$$

(1 pont)

A (15) egyenlet szerint a feszültség az elmozdulás lineáris függvénye. Ha ugyanis:

$$U_{ki,0} = -U_T \frac{x_0}{l} \text{ és } y = c \cdot x_0 \quad (17)$$

akkor:

$$U_{ki} = -U_T \frac{y}{l} = -U_T \frac{c \cdot x_0}{l} = -c \cdot U_T \frac{x_0}{l} = c \cdot U_{ki,0} \quad (18)$$

(1 pont)

Megjegyzések.

1. A feladatkiírásban tett egyszerűsítések közül a kölcsönös induktivitás elhanyagolása a legjelentősebb. A „légmagos” rész induktivitása, vagy a tekercs ohmos ellenállása (rézveszteség) sorosan kapcsolódnak a kiszámított induktivitásokkal, és hatásuk inkább csak az érzékenység csökkenésében nyilvánul meg. A kölcsönös induktivitás azonban nem állandó érték, és x -től nemlineárisan függ (a középhelyzet esetén maximális, a szélső helyzetek felé csökken), ez okozza a kapcsolás enyhe nemlinearitását a gyakorlatban.
2. A bemutatott hídkapcsolás mellett hasonló érzékenységű az a megoldás is, amely a két tekercset különböző hídágban helyezi el. Ez azonban még az induktivitások lineáris megváltozása esetén is nemlineáris, ezért alkalmazása nem szokásos.