

Induktivitásmérő célműszer

PIRET ENDRE
ORION



ÖSSZEFOGLALÁS

A TV vevőkészülékek impulzus-transzformátorainak légrésbeállítását induktivitásméréssel kívántuk megoldani. Az induktivitásmérés szokásostól eltérő alapelvi kezelői beavatkozás nélkül jó pontosságot biztosít a tömeggyártásban. Az alapelv realizálása egy szokatlan felépítésű fázisszabályozó hurokhoz vezet. A célorientált műszer felépítésének ismertetésével zárul a cikk.

1. Bevezetés

A TV vevőkészülékek sorkimenő-transzformátorai és kapcsolóüzemű tápegységeinek transzformátorai lágyferrit maggal készülnek. Az alkalmazni kívánt technológia szerint a két ferritmagnfél összeerősítését és az előmágnesezés miatt szükséges légrést egyaránt gyorsan kötő műgyantaragasztóval kívántuk biztosítani. A ragasztási művelet közben szükség van a légrés változásának folyamatos ellenőrzésére és pontos beállítására. A tekercselő automaták pontos menetszámtartására támaszkodva a légrés nagyságának mérését a transzformátor egy tekercsének induktivitásmérésére vezettük vissza. Szükség volt tehát egy olyan induktivitásmérőre, mely minden kezelői beavatkozás nélkül lehetővé teszi a légrés beállításának néhány másodperce alatt a légrés változásának nyomonkövetését, és amely e mellett a névleges érték környékén 2...3% beállítási pontosságot biztosít.

A célt egy olyan mintavételezés nélkül, analóg kijelzéssel rendelkező célműszer látszott kielégíteni, mely erősen torzított kijelző skálával rendelkezik. A műszer a névleges érték környékén nagy érzékenységgel bírjon, ugyanakkor a névleges értéktől távolabb az érzékenység fokozatosan csökkenjen, lehetőleg úgy, hogy a két véglet, a nulla és a végtelen induktivitás is a műszerskálán legyen, minden átkapcsolás nélkül.

2. A mérés alapelve

Az induktivitásmérés módszerül — a lehetséges megoldások közül — a rezonanciamódszert választottuk. A mérendő induktivitást, L_x -et egy ismert C kondenzátorral soros rezonanciába hozunk. A tápláló generátor ω_0 frekvenciáját és a C kondenzátor értékét

PIRET ENDRE

1958-ban az ELTE Természettudományi Karán fizikamatematika szakos tanári, 1980-ban a BME Villamosmérnöki Karán színes TV.

szakmérnöki oklevelet szerzett. 1957 óta az ORION Rádió és Villamossági Vállalatnál dolgozik, 1959 óta annak Műszersztályán. Itt feladatai közé tartozik célorientált műszerek tervezése.

úgy választjuk meg, hogy L_x névleges értéke esetén a soros rezgőkör rezonanciában legyen. A mérendő tekercs induktitásának a névlegestől való eltérését a rezgőkört tápláló feszültség és a rezgőkörben folyó áram fáziskülönbségének figyelésével oldottuk meg. Így az 1. ábra szerinti mérőkörhöz jutunk.

A soros rezgőkör jósági tényezőjét az r „áramfigyelő” ellenállással tartjuk kézben.

Legyen az 1. ábrán

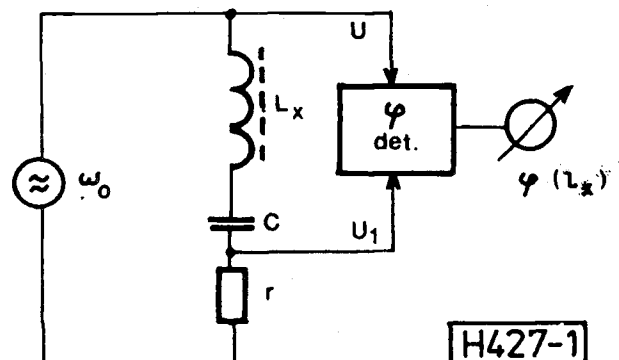
$$U = A \cos \omega_0 t$$

$$U_1 = B \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_0 C}} \quad \text{és} \quad \omega_x = \frac{1}{\sqrt{L_x C}}$$

ahol L_0 a mérendő L_x névleges értéke. Továbbá legyen:

$$Q = \frac{\omega_0 L_0}{r}$$



1. ábra A mérőkör felépítése

Beérkezett: 1988. II. 1. (★)

Ekkor az ismert módon:

$$\operatorname{tg} \varphi = Q \frac{\omega_x^2 - \omega_0^2}{\omega_x \omega_0} \quad (1)$$

Ebből elemi számítással következik, hogy

$$\operatorname{tg} \varphi = Q \frac{L_x - L_0}{L_x L_0} \cong Q \frac{L_x - L_0}{L_0} = Q \frac{\Delta L}{L_0}$$

ahol $\Delta L = L_x - L_0$. Tehát

$$\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} Q \frac{L}{L_0} \quad (2)$$

Az arcustangens függvény az origó környékén igen meredeken változik, így a mérési elrendezéstől a névleges érték környékén jó L -felbontást várhatunk, feltéve, ha Q -t kellő nagyságúra tudjuk választani. Ennek megbecsüléséhez helyettesítsük (2)-ben a függvényt annak argumentumával:

$$\varphi = Q \frac{\Delta L}{L} \quad (3)$$

Ezzel a közelítéssel $\varphi < 3^\circ$ esetén 0,1%-nál kisebb hibát vétünk. Használjunk műszerünk indikátorában olyan skálát, mely 100 osztással rendelkezik, a névleges induktivitás legyen a műszer középállásában, vagyis az 50. osztásnál. Az indikátor 0. osztása feleljen meg nulla induktitásnak (-90° -os fáziskülönbségnek), 100. osztása végtelen induktitásnak ($+90^\circ$ -os fáziskülönbségnek). Az indikátor a fáziskülönbséget lineárisan mutatja, tehát egy osztás $9/5$ fokok, vagyis kereken 2° -os fáziskülönbségnek felel meg. Mekkora körjóság kell tehát, hogy az indikátor egy osztása 1% indukcióeltérésnek, vagyis 2° fáziseltérésnek feleljen meg? (3)-ból:

$$Q = \frac{\varphi}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{2}{1,02} \cong 2$$

Ez azt jelenti, hogy az 1. ábrán r -t úgy kell megválasztani, hogy az eredő körjóság 2 legyen. A vizsgált tekercsek jósági tényezője mind jóval 20 felett van, így r értéke elég nagy lehet, és domináló. Értéke amúgyis

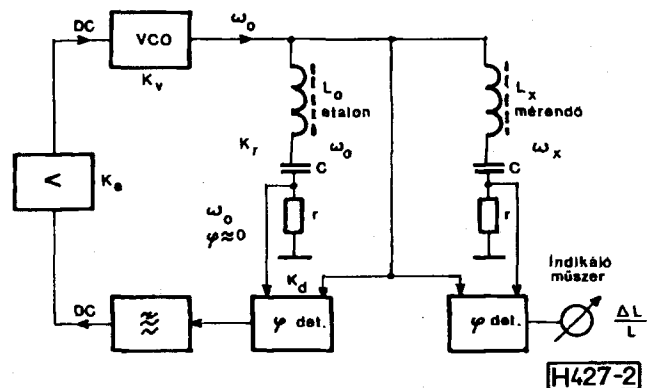
a mérés pontosságát csak másodrendűen befolyásolja, hatása csak a mérés felbontását érinti.

3. Elvi felépítés

A tömeggyártásban oly gyakran használt mérési módszer, melynél az ismeretlent egy etalonhoz hasonlítjuk, jelen esetben sok méréstechnikai előnyt is hoz, a mérés pontosságát csökkentő zavarok szinte mind hatástalaníthatók.

Készítsünk az etalon tekercsből egy, a mérőkörrel megegyező felépítésű rezgőkört. Határozza meg ez a rezgőkör a mérőfrekvenciát. Ezt közvetlenül véghezvinni bajos, hisz nehéz egy 2-es körjóságú soros rezgőkörrel oszcillátort építeni. A megoldás egyszerűbb, ha a rezgőkör közvetve, egy szabályozó hurkon keresztül határozza meg egy oszcillátor frekvenciáját. Így a 2. ábrán látható tömbvázlatához jutunk. Az alkalmazott φ -detektorok érzékenyek, nulla fáziseltéréshez nulla kimenőfeszültség tartozik [1].

A szabályozó hurok PLL-nek tűnik első látásra, és lényegében az is. Ez a hurok azonban eltér a megszokottól. Tartalmaz a soros rezgőkör képében egy ideális differenciáló tagot, és ez a tag nem a fázisdetektor után, hanem előtte van. A differenciáló tag eggyel csökkenti a hurok típusát, a szokásos 1 típusú hurokból 0 típusú lesz. Ebben a hurokban a VCO állandósult frekvenciahibája és a fázisdetektor bemenetén az állandósult fázishiba egyaránt véges, mindkét hiba nagysága a hurokerősítés növelésével csökkenthető. A 0 típusú szabályozó is kielégíti követelményeinket, mivel sem frekvenciában, sem fázisban nincs szükség követő szabályozásra, elég az értéktartó. Mérésünket közvetlenül az állandósult fázishiba befolyásolja, ennek értékét kell alacsonyan tartani. A szükséges hurokerősítés kiszámításához induljunk ki abból, hogy az NE555-ös időzítőből készült VCO frekvencia átfogása relatív elhangelésben számolva 1,5. A huroktól azt kívánjuk, hogy ez az elhan-



2. ábra A műszer alapelve

golás, mint zavar maximálisan 0,0715 radián (1°) állandósult fázishibát okozzon a hurokban. Az állandósult fázishiba és az állandósult frekvenciahiba közti kapcsolatot a referenciarezgőkör adja.

Ha η a relatív elhangelés, akkor az ismert összefüggésből:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg}\varphi}{Q}$$

$$\left. \frac{d\eta}{d\varphi} \right|_{\varphi=0} = \frac{1}{Q} = \frac{1}{2} \quad (4)$$

Ez azt jelenti, hogy a szükséges hurokerősítés

$$K_o = \frac{1,5}{0,00875} - 1 = 170,4$$

A hurok többi elemének átviteli tényezői:

– az NE555-ből kialakított VCO-é:

$$K_v = 2,25 \frac{1}{V}$$

– az [1] szerinti érzékeny fázisdetektoré:

$$K_d = 0,8 V$$

– a rezgőköré (4)-ből:

$$K_r = 0,5$$

A hurokerősítő K_e erősítése minimálisan:

$$K_e = \frac{K_o}{K_v K_d K_r} = \frac{170,4}{0,9} = 189,3$$

Ez az erősítés könnyen realizálható. A hurok lehet lassú, akár 10 sec beállítási idő is elfogadható. Így durva PI kompenzálásra nyílik mód, a hurok stabil marad két nagyságrenddel nagyobb K_e esetén is.

4. Gyakorlati megvalósítás

A műszerből csak néhány darabra volt szükség. Egyszerű, kéznél levő LSI/MSI digitális IC-kből építettük fel. A VCO adta 1:2 mérőfrekvencia-átfogást egy programozható osztóval terjesztettük ki, így a mérőfrekvencia 1 kHz és 8 kHz között lehet. A mérőfeszültség szinuszosítását egy 8 bit hosszúságú tolóregiszterből felépített jelalak szintézerrel segítettük elő. Ez után már csak egyszerű, másodrendű RC szűrő is elégséges a jó mérőjel kialakításához. A műszer önhitelesítő, a mérőjellel kvadraturában levő négyszögjellel a mérő φ -detektor végkitérése hitelesíthető. A PLL hurokban esetleg előálló fázishiba megmérhető, ha a mérődetektor bemenetét a hurokdetektor bemenetére kapcsoljuk.

A műszer látszólagos bonyolultsága ellenére egyetlen ESZR lapon elfért, a gyakorlatban gyorsnak és kényelmesnek bizonyult, és igazolta, hogy erre a célra érdemes volt célorientált műszert tervezni.

IRODALOM

[1] Nyerges, E. Piret, E.: VHF teljesítménygenerátorok. BHG, ORION, TRT Műszaki közlemények 1976. 3. szám, 126. oldal.