

Ultra kis torzítású szinuszos RC-oszcillátor

ETO 621.373.018.72.001.24

A korszerű hangfrekvenciás stúdió- és átviteli rendszerek fejlődése és a hangrögzítési technikák minőségi jellemzőinek javulása a mérőberendezések elé is fokozott követelményeket állított. Különösen érvényes ez a stúdióberendezések nemlineáris torzításának mérésakor használt mérőkészülékekre, amelyekben — a mérési tartomány alsó határának csökkentésekor — a belső nemlineáris torzítást a kis mérendő értéknél kisebbre — esetleg jóval kisebbre — kell állítani. Ez a követelmény új rendszertechnikai és áramkörü feladatokat vet fel mind a mérőgenerátor, mind pedig a torzításmérő műszer megvalósításakor.

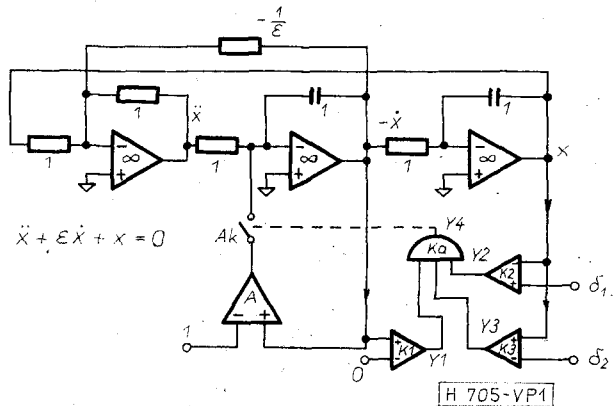
Jelen előadás a BME Híradástechnikai Elektronika Intézete és a BEAG között kötött kutatási-fejlesztési szerződés keretében született ultra kis torzítású szinuszos RC oszcillátor működési elvét, és a gyakorlati kivitelezés tapasztalatait foglalja össze. Az oszcillátor kialakításakor felhasznált rendszertechnikai eljárás elfogadott szabadalom tárgyát képezi [7].

1. Az oszcillátor működési elve

Ultra kis torzítású szinuszos jelet többféle rendszertechnikai elv alapján is létre lehet hozni. A csak elméleti jelentőségű egzakt szinuszos nemlineáris oszcillátoroknak [1] a gyakorlati megvalósításokban viszonylag nagy a nemlineáris torzítása, és a torzítás csökkentése csak az amplitúdóstabilitás csökkenése és az amplitúdóra vonatkozó beállási idő jelentős növekedése árán érhető el. Hasonló érvényes a Van der Pol-típusú oszcillátorokra is [2], ahol azonban a torzítás elméletileg sem válhat zérussá. A kvázilineáris amplitúdóstabilizáló elemeket tartalmazó oszcillátorokban [3], [4] a torzítást a vezérelhető kis torzítású lineáris elem bonyolult megvalósításán túl az is növeli, hogy a keletkező szinuszos jel amplitúdójával arányos szabályzó jel — különösen kis rezgési frekvenciákon — nem állítható elő bűgőfeszültség nélkül, ez pedig járulékos nemlineáris torzításhoz vezet.

A kis torzítás és a nagy amplitúdóstabilitás, illetve az amplitúdó gyors beállása ellentmondó követelmények, ezért ezek együttes tervezése újszerű, a klasszikus jelkeltési módszerektől eltérő, rendszertechnikai megoldások kifejlesztését követelte. Ilyen rendszert ismertet D. Meyer—Ebrecht [5] doktori disszertációja, E. Vannerson és K. C. Smith [6] közleménye, valamint néhány gyártmányt ismertető műszaki leírás.

Az előadás tárgyát képező rendszer elvi vázlatát az 1. ábrán látható. Az oszcillátor frekvenciáját a három végtelen erősítésű műveleti erősítővel felépített,



1. ábra. Kétfázisú oszcillátor gyors amplitúdószabályozással

két integrátort és egy fázisfordító erősítőt tartalmazó lineáris rendszer határozza meg, amelynek a működését az ábra dimenzió nélküli relatív egységeit felhasználva az

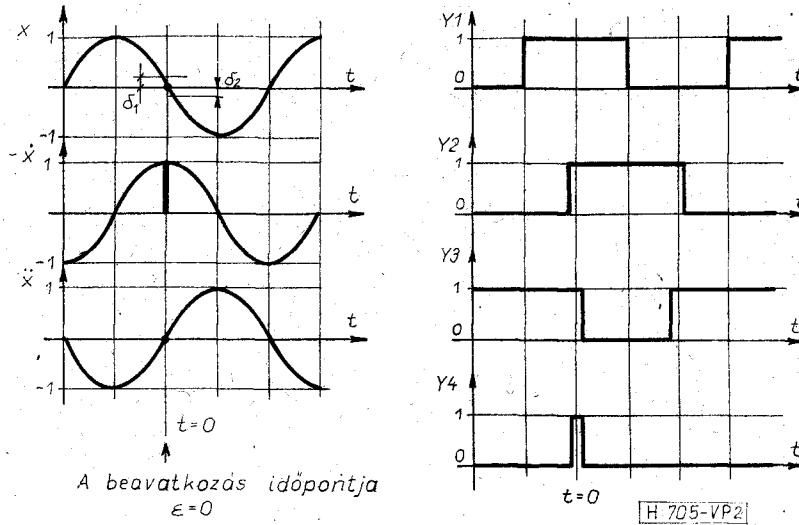
$$\ddot{x} + \varepsilon \dot{x} + x = 0 \quad (1)$$

lineáris differenciálegyenlet írja le (a rendszer csillapítására jellemző $-1/\varepsilon$ nagyságú ellenállás itt pozitív vagy negatív értékű is lehet a csillapítás jellegétől függően).

A rendszer ún. gyors amplitúdószabályzó áramkörének működése a 2. ábrán feltüntetett, $\varepsilon \equiv 0$ -hoz tartozó jelalakok segítségével kísérhető figyelemmel. A szabályzó rendszer a $-\dot{x}$ pozitív maximumánál rövid ideig beavatkozik az oszcillátor működésébe, és az Ak analóg kapcsoló zárásával helyreállítja a lineáris rendszer $-\dot{x}$ -ra vonatkozó kezdeti feltételét éppen akkor, amikor x zérus értelmű. Így az oszcillátor minden periódus kezdetén ugyanarról a kezdeti feltételről indul, és a jel torzítását egy egyperiódusra magára hagyott lineáris rendszer tulajdonságai katarozzák meg. A beavatkozás idejét fizikailag a $K1$, $K2$, $K3$ komparátorok és a Ka kapu döntik el azáltal, hogy az x jel δ_1 és δ_2 szintek közötti tartózkodásakor (akkor, ha $-\dot{x}$ pozitív) keskeny impulzust ($Y4$) állítanak elő. Az impulzus relatív szélessége tetszőleges működési frekvencia esetén azonos. Ha az A különbségképző erősítő erősítése elegendően nagy, akkor a kezdeti feltétel helyreállításához igen rövid beavatkozási idő is elegendő. A további elméleti vizsgálatoknál feltételezzük, hogy a beavatkozási idő zérus, és hogy a differenciálegyenlet megoldása a

$$-\dot{x} = \left(\exp\left(-\frac{\varepsilon}{2} t'\right) \right) \cos\left(\sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2}{4}} t'\right) = \exp(-at) \cos(t); \quad (2)$$

$$a = \frac{\varepsilon}{2\sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2}{4}}}; \quad t = \sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2}{4}} t'; \quad \omega \equiv 1$$



2. ábra. A gyors beavatkozójel kialakítása

kifejezéssel adható meg, és a beavatkozás éppen a $t=0 \pm k2\pi$ ($k=1, 2, \dots$) helyen történik.

A jel torzítása ekkor az

$$X_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \exp(-at) \cos(t) \cos(nt) dt = \frac{1}{2\pi} [1 - \exp(-2a\pi)] \left[\frac{a}{a^2 + (n-1)^2} + \frac{a}{a^2 + (n+1)^2} \right], \quad (3)$$

és az

$$Y_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \exp(-at) \cos(t) \sin(nt) dt = \frac{1}{2\pi} [1 - \exp(-2a\pi)] \left[\frac{n-1}{a^2 + (n-1)^2} - \frac{n+1}{a^2 + (n+1)^2} \right] \quad (4)$$

kifejezésekkel határozható meg, melyből a harmonikusok amplitúdójára a

$$Z_n = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2} = \frac{1}{\pi} [1 - \exp(-2a\pi)] \frac{\sqrt{a^2 + n^2}}{\sqrt{[a^2 + (n-1)^2][a^2 + (n+1)^2]}} \quad (5)$$

összefüggés nyerhető.

Kis torzítású rendszerben $a \ll 1$, így a

$$Z_1 \cong \frac{1}{\pi} 2a\pi \frac{\sqrt{a^2 + 1}}{a\sqrt{a^2 + 4}} \cong 1 \quad (6)$$

és a

$$Z_n \cong 2a \frac{n}{(n-1)(n+1)} \cong \frac{2a}{n}, \quad n > 1 \quad (7)$$

kifejezések a torzítás igen pontos becslésére alkalmasak. Mivel

$$|Z_n| \cong \left| 2a \frac{n}{(n-1)(n+1)} \right| < \left| 2a \frac{1}{n-1} \right|, \quad (8)$$

a teljes harmonikus torzítási tényező

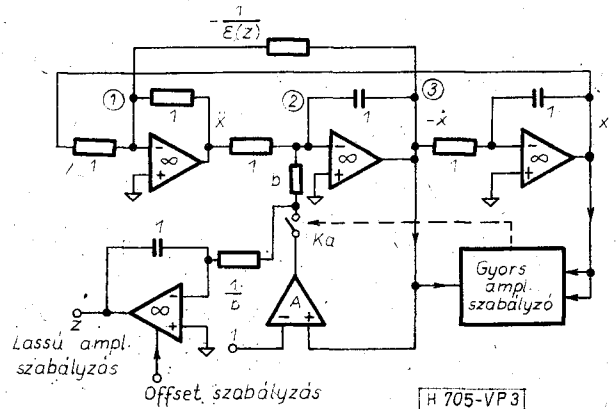
$$k \cong \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} Z_n^2} < 2|a| \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}} = |a| \frac{2\pi}{\sqrt{6}}. \quad (9)$$

Az eredményekből adódik, hogy pl. 10^{-5} -es harmonikus torzítást $|Q| \cong 1,28 \cdot 10^5$ -es jósági tényezővel már biztosan létre lehet hozni (a jósági tényező pozitív és negatív is lehet).

Ilyen nagy jósági tényezőket a gyakorlati kivitelezés során az 1. ábra rendszerével megvalósítani nem lehet, ezért a rendszert további ún. lassú amplitúdószabályzó vagy jósági tényező-szabályzó áramkörrel kell kiegészíteni.

2. A jósági tényező szabályozása

A jósági tényező szabályzására szolgáló áramkör feladata a lineáris rendszer veszteségeinek a kompenzálása, azaz a magára hagyott rendszer jósági tényezőjének maximumra állítása. A 3. ábrán látható sematikus elrendezés az alábbi módon működik. A gyors amplitúdószabályzó rendszer minden periód-



3. ábra. Kétfázisú oszcillátor gyors és lassú amplitúdószabályozással

dusban igen rövid idő alatt helyreállítja a $-\dot{x}$ -ra vonatkozó kezdeti feltételt úgy, hogy közben a másik energiátároló elemen adott jel van (x). A kezdeti feltétel helyreállítása csak úgy történhet, hogy az 1. ábra középső műveleti erősítőjének kondenzátorába az egy periódus alatt elvesztett energiát (előjel-helyesen) visszatöltjük, azaz pótoljuk az elvesztett töltéseket.

Az elvesztett töltések értékét adott ε esetén a

$$\Delta x = 1 - \exp\left(-\frac{\varepsilon}{2} \sqrt{\frac{2\pi}{1-\frac{\varepsilon^2}{4}}}\right)$$

(a kondenzátor egységnyi) (10)

kifejezéssel számolhatjuk.

A 3. ábrán látható integráló erősítő kimenetén a gyors beavatkozás pillanatában (az offsettől eltekintve) egy

$$\Delta z = \frac{1}{b} b \Delta x = \Delta x$$

(11)

nagyságú jelugrás jelenik meg, amely azután az $\varepsilon(z)$ függvényen keresztül megváltoztatja az ε értékét. Ily módon a periódus végén kapott információ alapján az új periódusban már új jósági tényező jellemzi

a lineáris rendszert (a gyors beavatkozások között z nem változik).

A működés algoritmus az

$$x'_{n+1} = \exp\left(-\frac{\varepsilon_n}{2} \sqrt{\frac{2\pi}{1-\frac{\varepsilon_n^2}{4}}}\right)$$

(12)

és az

$$\varepsilon_{n+1} = \varepsilon_n - C \Delta z_{n+1} = \varepsilon_n + C(x'_{n+1} - 1);$$

$$C > 0; n = 0, 1, \dots$$

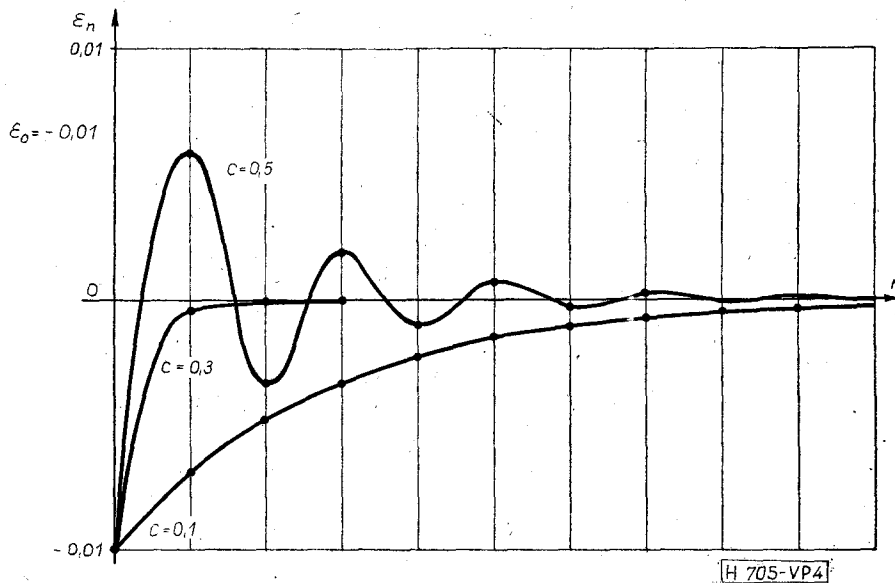
(13)

egyenletekkel adható meg, ahol x'_n a periódus végén mérhető amplitúdó, C pedig a lassú szabályzó rendszer meredeksége. A (13) kifejezés felírásánál feltételeztük, hogy az érvényességi tartományban az $\varepsilon(z)$ függvény lineáris (ε_0 adott).

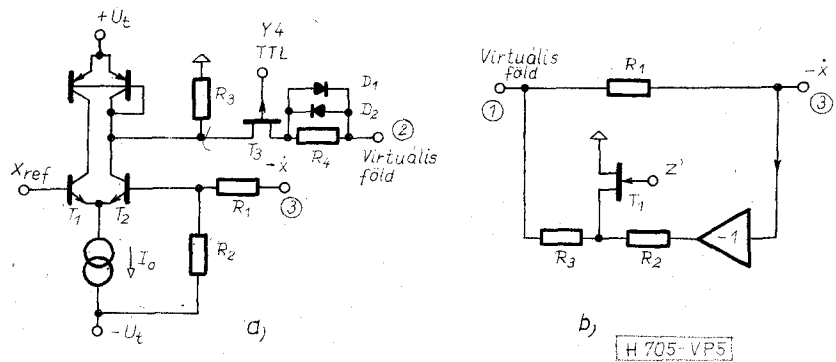
A 4. ábrán az algoritmus jellegzetes időfüggvényeit tüntettük fel. Látható, hogy a jósági tényező gyors beállításához a $C \cong 0,3$ optimális érték tartozik.

3. A megvalósított áramkörrel kapcsolatos tapasztalatok

A kis torzítású oszcillátor tényleges felépítésekor a 3. ábra elvi rendszerét valósítottuk meg. Az 5.



4. ábra. A jósági tényező tranziensei



5. ábra. Az amplitúdószabályozó áramkörök egyszerűsített kapcsolási elrendezése

ábrán a gyors és lassú amplitúdószabályzó áramkör egy lehetséges kapcsolástechnikai kivitelezését adtuk meg.

Az 5a ábrán a gyors amplitúdószabályzó áramkör látható. A hurok erősítését a T_1, T_2 tranzisztorokból álló differenciálerősítő adja, amely egyben összehasonlítja a referenciát a leosztott és negatív irányban eltolt $-x$ értékével. A differenciálerősítő szimmetrikus kimenetén, az R_3 ellenálláson a különbséggel arányos jel jelenik meg. Ez a jel a gyors beavatkozás pillanatában a virtuális földponton keresztül tölti az integrátort. A D_1 és D_2 dióda feladata a tranziensidő csökkentése. A gyors beavatkozás időpontjában a T_3 kapcsolót tranzisztor kinyit.

Az 5b ábrán a lassú amplitúdószabályzó áramkör látható. Az R_1 ellenállás állandó negatív ε értéket állít be, ezzel segíti az oszcilláció kezdeti kialakulását. A fázisfordító erősítő, az ellenállásosztó és a T_1 szabályzott ellenállásként működő tranzisztor feladata az ε eredő értékének nullára állítása.

A torzítás finom szabályzása a 3. ábrán levő offset potenciométerrel történhet. A gyakorlatban elérhető torzításokat az alábbi mérési táblázattal illusztráljuk.

Rezgési fr.	2. harm. μV	3. harm. μV	4. harm. μV	Eredő torzítás
29,7 Hz	< 10	< 10	6	< $1,17 \cdot 10^{-5}$
100 Hz	10	7	7	$1,07 \cdot 10^{-5}$
270 Hz	12	7	7	$1,18 \cdot 10^{-5}$
937 Hz	16	7	6	$1,4 \cdot 10^{-5}$
2,8 kHz	24	6	—	$1,88 \cdot 10^{-5}$
9,7 kHz	17	10	10	$1,68 \cdot 10^{-5}$
17,8 kHz	24	16	10	$2,33 \cdot 10^{-5}$

$$U_{ki} = 1,31 V_{eff}$$

A megvalósított rendszer a teljes hangfrekvenciás méréstartományt átfogja és frekvenciában programozható.

IRODALOM

- [1] Porter, S. N.: Signal generator with rapid automatic amplitude stabilisation, US-Patent, 3.419.815, 1968. XII. 31.
- [2] Korn, G. A.—Korn, T. M.: Matematikai kézikönyv műszakiaknak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [3] Komarik József: Nemlineáris áramkörök, Tankönyvkiadó, Egyetemi jegyzet, J5—1046, 1973.
- [4] Pap László, Nemes Mihály: Oszcillátorok stabilitása, Híradástechnika, XXVI. évf. 12. sz., pp. 364—369.
- [5] Meyer, Ebrecht D.—Schnelle Amplitudenregulung harmonischer Oszcillatoren, Thesis, Technische Universität Braunschweig, May 1974.
- [6] Vannerson, E. and Smith, K. C.: A low-distortion oscillator with fast amplitude stabilization, Proc. of IEEE Symp. on Circuit and Systems, pp. 142—146, 1974.
- [7] Pap László, Vannai Nándor, Fizik László: Kapcsolási elrendezés ultra kis torzítású kétfázisú RC oszcillátor megvalósítására. Magyar Szabadalom, H 03 B5/20, EE—2469, 1976. XII. 31.

SZEMLE

A Bell Telephone Lab. kutatói olyan telefonszám-tudakozó rendszerrel kísérleteznek, amely lehetővé teszi, hogy az ember hosszú beszéd útján kérdezzen a számítógéptől. A hívó betűzi a keresett személy nevét, s ennek alapján a számítógép megkeresi a telefonszámát a 17000 előfizetőt tartalmazó „telefonkönyvben”. A számítógép 12 különféle dialektust ért, ami az amerikai lakosság többsége szempontjából használhatóvá teszi a rendszert, sőt a külföldiek hibás kiejtését beépített kereső algoritmusával többnyire ellensúlyozni tudja. Ez utóbbi esetben — ha a gép a kiejtett név megfelelőjét nem találja az adattárban, a név első betűjével kezdve variálja az egyes betűket, míg teljes egyezést nem talál az adattárban levő valamely névvel. 100 közül 97 esetben a gép önhelyesbítő stratégiája eredménnyel jár.

A rendszer egyelőre még lassú, s nem érti a számítógép a beszédhibásak, továbbá egyes külföldiek befűzését. A kutatók folytatják a munkát. A kísérletek mindenesetre az ilyen rendszer létjogosultságát, jövőjét igazolják. (Telecommunication Journal, 1979. márc. [638])

*

Az összes azimut és elevációs irányból jövő, horizontálisan és vertikálisan polarizált hullámok vételére a Rohde und Schwarz cég egy kompakt antennaberendezést állított elő. Az antenna két aktív VHF-vevőantennából (HE 109) áll. Az egymástól 90°-ra elhelyezett és egy szélessávú kereszt-dipólhoz kapcsolt HE 101 aktív dipól horizontálisan polarizált hullámok, a HE 109 antenna pedig vertikálisan polarizált hullámok vételére szolgál a 20-tól 200 MHz-ig terjedő tartományban. (Nachrichten Elektronik, 1979. jan. [639])

*

A Philips Telecommunicatie Nederland (Hollandia) kifejlesztette a Scribofoon elnevezésű rendszert. Ebben a rendszerben a telefonhoz display és elektronikus jegyzetlap csatlakozik. A jegyzetlapra írt vagy rajzolt információ megjelenik a vevőoldali képernyőn. A rendszert ki lehet építeni 1 adó-vevő párra, vagy például előadások esetén egy adóra és több vevőre. A Scribofoon igen kedvező fogadtatása lehetővé teszi, hogy az ára a színes tv-vevőkészülékek árával azonos legyen. A Scribofoon kifejlesztését a Philips cég a delfi egyetem kutatási eredményei alapján határozta el. A rendszerben a telefon beszédcsatornájának igen kis részét használják fel a kép átvételére, tehát a kép átvitele a beszéd minőségét nem befolyásolja. Bár a duplex üzem mind a két fél számára biztosítja az egy időben történő beszédet, a kép átvitele, azaz az írás blokkolja a másik oldal írási lehetőségét. A képet és a beszédet szűrők segítségével egyesítik és választják szét. (Telecommunication Journal, 1979. febr. [640])

*

Az optikai hullámvezetők gyártástechnológiájának gyors fejlődése lehetővé teszi azok alkalmazását a hírközlő rendszerekben. A mérnök már nem arról vitatkozik, hogy optikai kábeleket hogyan, hanem, hogy milyen gyorsan és hol lehet telepíteni. Elsősorban arra a kérdésre kell válaszolni az üzemi próbák során, hogy milyen az élettartam az üzemi körülmények között.

A cikk tárgyalja a GTE (General Telephone Company) által telepített három rendszert. A rendszerek hosszúsága 0,6 km-től 10,5 km-ig terjedt, a sebesség 1,5 Mb-tól 1239 Mb-ig. Megadja a GTE egyik rendszer telepítési vonalvázlatát, a rendszer blokkvázlatával együtt.

A műszaki adatokon kívül közli az üzemi tapasztalatokat, kiemelve az előnyöket. (Electron, 1979. márc. [641])

*

Dugaszoló csatlakozók lehetővé teszik a fényvezető kábelek egymás közti összekapcsolását, valamint optoelektronikus építőelemekhez való csatlakoztatását. Kombinált kivitelben is kapható, elektromos vezérlő érintkezőkkel ellátva. Nincs max. 4 mm aktív átmérőjű szálkivezetégekben lehet dugaszoló csatlakozót kapni, hanem egyszerű vezetőköz is.

(Folytatás a 374. oldalon)