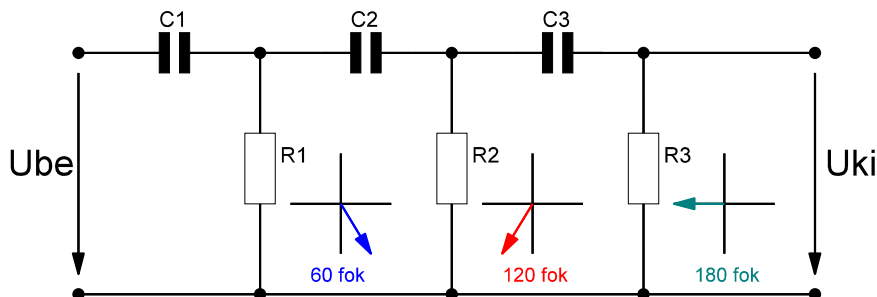


Az RC-oszcillátorok családjában kétség kívül a fázistolós oszcillátor az egyik legegyszerűbb konstrukció. Nevében a válasz arra, hogy mi is lehet a szelektív hálózata, mely az oszcillátor rezonanciafrekvenciáját határozza meg. Az esetek döntő többségében felüáteresztő jellegű RC-tagokat alkalmazunk. A pozitív visszacsatolás létrehozásának alapfeltétele, hogy a rezonancián 180, vagy 360 fokok legyen a fázisforgatása mind a szelektív hálózatnak, mind pedig az erősítőnek (kialakítástól függően).

- Szelektív hálózata: - láncbakapcsolt alul-, illetve felüáteresztő RC-tagok (klasszikus esetben a tagok száma:3).
- Erősítőfokozata: - kvázilineáris
- lineáris erősítő, külső nemlineáris határolóáramkörrel.
- Erősítőelem: - bipoláris tranzisztor, FET;
- elektroncső;
- műveleti erősítő.

● A fázistolós oszcillátor szelektív hálózata

Mint ismeretes, minden RC-tag jellemzője a fázistolás. Ebben az oszcillátortípusban három – felüáteresztő jellegű – RC-tag láncbakapcsolásával valósítjuk meg a 180 fokok fáziseltolást (vagyis tagonként 60 fokot). Ennek megfelelően célszerű az egyes tagok elemeinek értékét azonosra választani. Fontos megemlíteni, hogy az egyes tagok kimenetén nem pontosan 60 fokok a fáziseltolás. Ez könnyen belátható, hiszen az egyes fokozatok nincsenek elválasztva, vagyis minden újabb RC-tag az előtte levő tagot terheli. Egy biztos: van olyan saját frekvencia, amelyen pontosan 180 fokok a fáziseltolás. Számunkra ez a lényeg. Nézzük a szelektív hálózatunk kapcsolási rajzát, valamint sz egyes elemek egyszerűsített számítási módját.



1. ábra a három RC-tagból felépített fázistoló

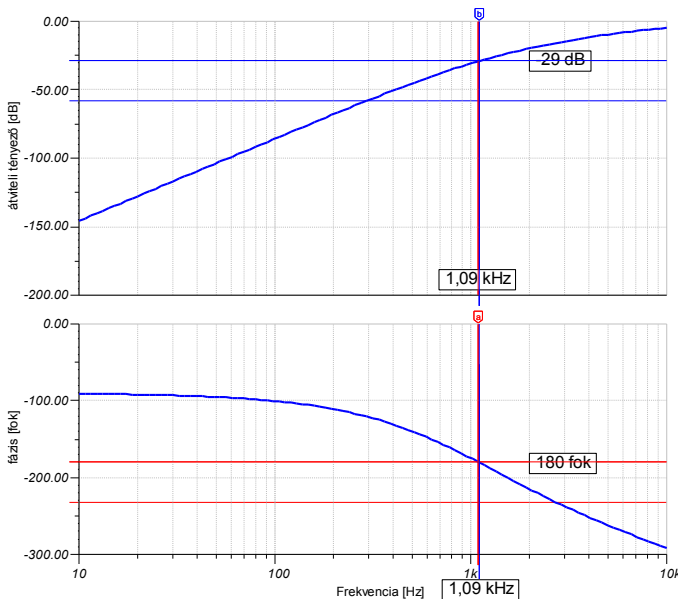
A berezgési frekvencia értéke (matematikai levezetés nélkül): $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot RC \cdot \sqrt{2 \cdot N}}$

- f_0 : a berezgési frekvencia;
- R : az ellenállás értéke Ohm-ban;
- C : a kapacitás értéke Farad-ban;
- N : az RC-tagok száma (esetünkben 3);
- $C = C_1 = C_2 = C_3$ és $R = R_1 = R_2 = R_3$.

Felírható tehát a három (azonos) tagú fázistolós oszcillátor berezgési frekvenciájának általános képlete: $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot RC \cdot \sqrt{6}}$. A fázistoló feszültségátviteli tényezője a rezonanciafrekvencián: $\beta \approx \frac{1}{29}$. Nincs más teendők, minthogy olyan erősítőfokozatot alkalmazunk, melynek 180 fokos a fáziseltolása, valamint az erősítése nagyobb, mint 29, vagyis $A > 29$. Mindezek együttesen biztosítják a kezdeti feltételt (a rezonancia megindulása).

$$\varphi = \varphi_A + \varphi_B = 180 \text{ fok} + 180 \text{ fok} = 360 \text{ fok} (0 \text{ fok}) \text{ és } |H| = |A| \cdot |\beta|$$

Mivel kezdetben $A > 29$ és $\beta \approx \frac{1}{29}$ ezért $|H| > 1$ értékű, mely megkívánt a berezgés érdekében.



2. ábra a fázistoló átviteli- és fáziskarakterisztikája

● *A fázistolós oszcillátoros megvalósítása*

Eme oszcillátorok előnyös tulajdonsága az egyszerű felépítés, valamint, hogy a tagok számának változtatásával különböző fázishelyzetű jeleket tudunk előállítani. Hátránya a hangolhatóságában rejlik: gyakorlatilag csak 3 elem (vagy R , vagy C) együttes hangolásával megvalósítható. Erre pedig kicsi a sansz, hiszen nincsenek hármas, közös tengelyű potenciométerek, kondenzátorok. Amennyiben lennének, akkor is rendkívül nehéz lenne megoldani az együttlutást.

A 3. ábrán az előző kritériumoknak megfelelő konkrét kapcsolási rajzot láthatunk, ahol az erősítőelem bipoláris tranzisztor.

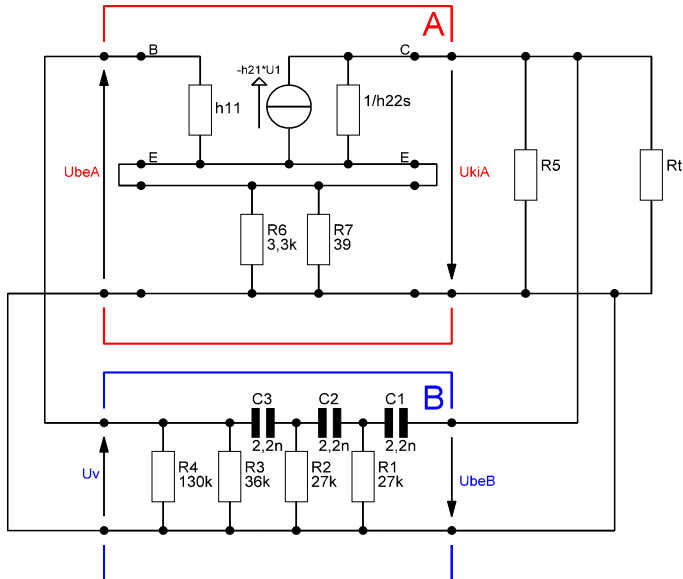
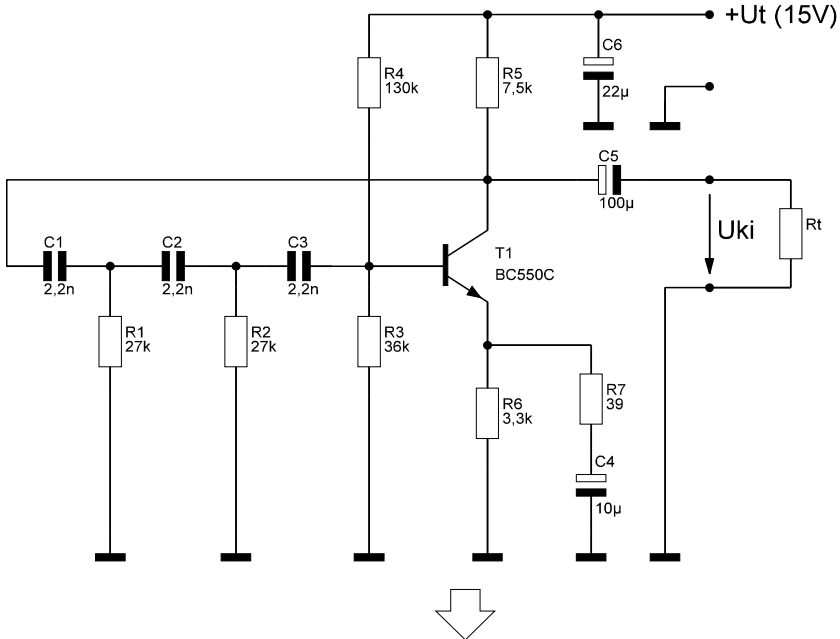
A kialakított közös emitteres kapcsolat erősítése nagyon egyszerűen kiszámítható. Ebben az elrendezésben az erősítés a kollektorellenállás és az emitterkörben levő ellenállások párhuzamos ellenállásának hányadosa. Ne felejtjük el, hogy a közös emitteres kapcsolat fázist fordít, így az A negatív előjelű:

$$A = -\frac{R_C}{R_6 \times R_7} = -\frac{7500 \text{ ohm}}{39 \text{ ohm}} = -192,3$$

Lássuk meg, hogy abban az esetben, ha R_6 emitterellenállást hidegítenénk a kondenzátorral, akkor munkapontfüggő, de mindenképpen nagyon nagy nyílthurkú erősítést kapnánk eredményül, hiszen ilyenkor a fokozat erősítése $A = -\frac{R_C}{r_d}$ lenne, ahol r_d a tranzisztor munkapontjához tartozó differenciális ellenállás, mely igen kis értékű!

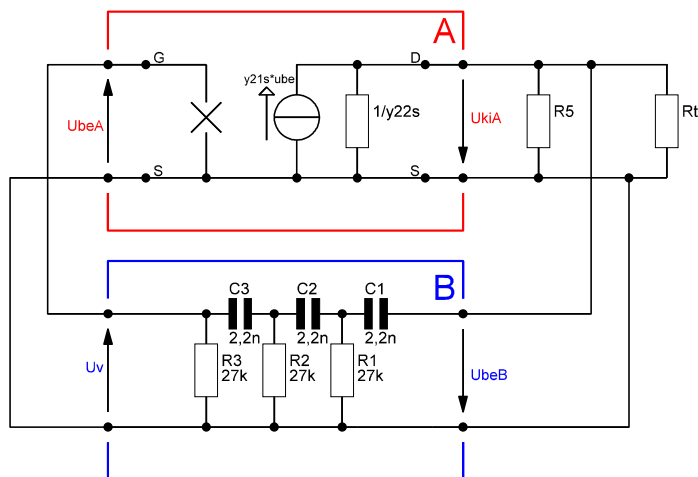
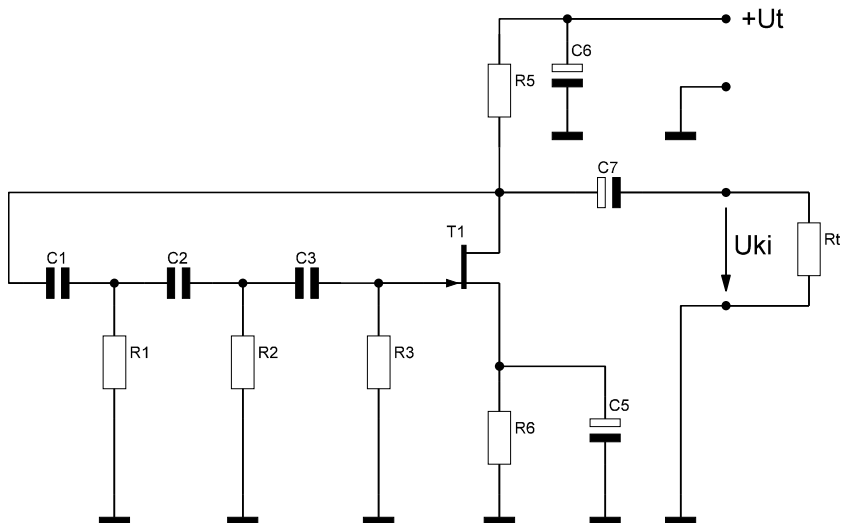
Visszatérve eredeti kapcsolásunkra: a kapott $A = -192,3$ nyílthurkú erősítésérték bőven teljesíti a $|A| > 29$ kritériumot. Az amplitúdó szintszabályozását és stabilizálását (ezzel együtt az üzemi $|A| = 29$ értéket) a tranzisztor nemlineáris báziskarakterisztikája hozza létre. Lényegében ez biztosítja az egységnyi üzemi hurokerősítést ($|H| = 1$).

Nem figyelmen kívül hagyható tény, hogy a fázistolót terheli a bipoláris tranzisztor (áramerősítési tényezőjétől függően, h_{11}), valamint a bázisosztó R_4 ellenállása. Ezt a tervezéskor kell figyelembe venni (R_3 és R_4 párhuzamos kapcsolása $\Rightarrow$ helyettesítő kép, 3. ábra).



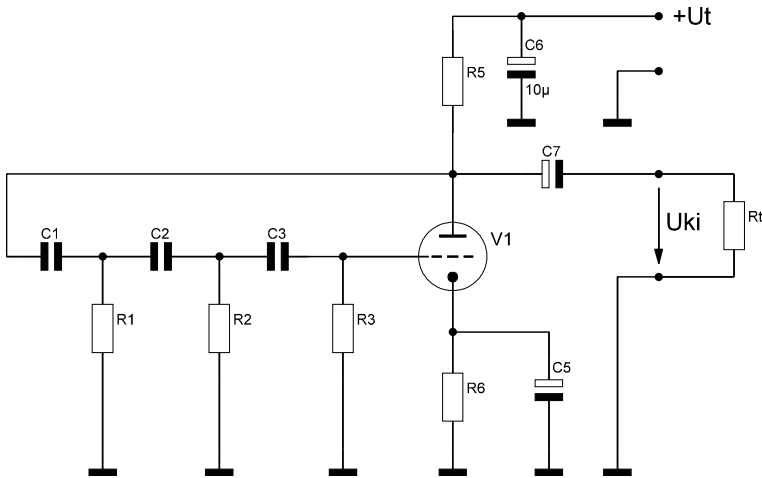
3. ábra tranzisztoros fázistolós oszcillátor kapcsolási rajza, valamint a váltakozóáramú, kisjelű helyettesítő képe

Egyszerűen kikerülhetjük ezt a tervezést, valamint a szelektív hálózat káros terhelését, ha erősítőelemnek térvázérlésű tranzisztort alkalmazunk, az 4. ábra szerinti kapcsolásban.



4. ábra FET-tel kivitelezett fázistolós oszcillátorkapcsolás

A FET gate-köre lényegében szakadást képvisel (csatorna tervezérlése okán). Ez nagyon kedvező tény, hiszen így az erősítőfokozat nem terheli a szelektív hálózatot, ezért a berezgési frekvenciára történő hatása is elhanyagolható. A FET-es áramkörhöz nagyon hasonló az elektroncsöves kapcsolás (5. ábra), valamint közel áll az elektroncső viselkedése a FET-éhez. Az elektroncsöves fázistolós oszcillátor áttekintése ma már csak technikátörténeti vetület miatt fontos. Ahogy a FET-es, úgy az elektroncsöves kapcsolásban is az erősítőelem (rács-kör) nemlinearitása valósítja meg az amplitúdó szintszabályozását és stabilizálását.



5. ábra Elektroncsővel felépített fázistolós oszcillátorkapcsolás

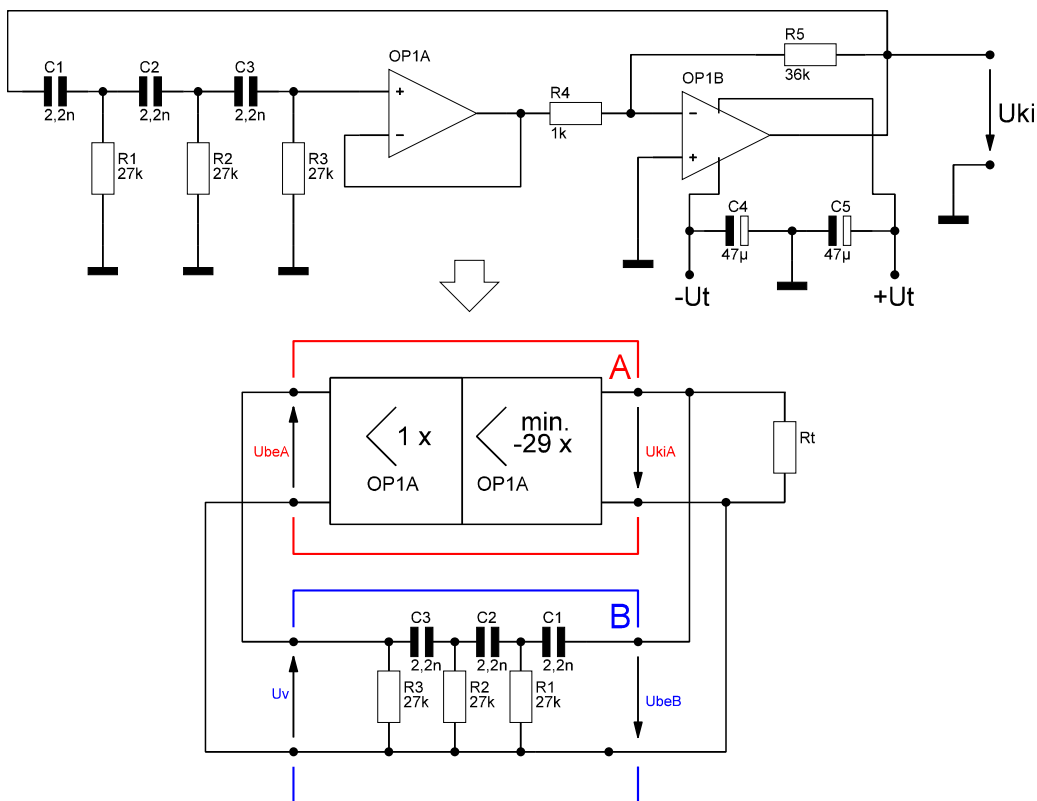
Nyilvánvaló, hogy műveleti erősítőt is alkalmazhatunk az erősítőfokozatban. Előnyös az alkalmazása többek között a nagy nyílthurkú erősítése, valamint az erősítés pontos, gyors tervezése és beállíthatósága miatt. Ilyen oszcillátort tekinthetünk meg a 6. ábrán.

Megfigyelhető, hogy a fázisfeltétel, valamint az amplitúdófeltétel is biztosított:

$$\varphi = \varphi_A + \varphi_B = 180 \text{ fok} + 180 \text{ fok} = 360 \text{ fok} (0 \text{ fok})$$

$$\text{a hurokerősítés kezdetben: } |H| = |A| \cdot |\beta| > 1,$$

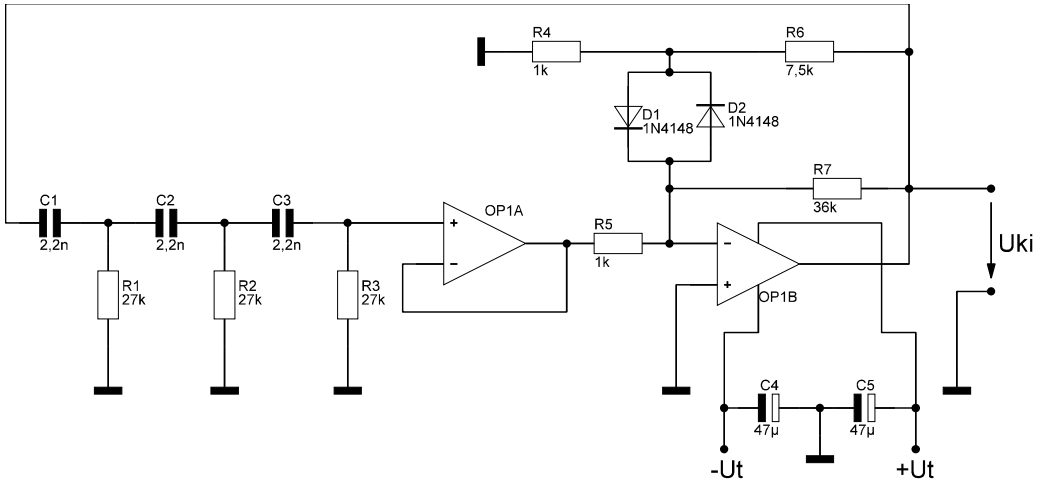
$$\text{mivel } |A| = \frac{R_5}{R_4} = \frac{36 \text{ kohm}}{1 \text{ kohm}} = 36 \text{ és } \beta \approx \frac{1}{29} \text{ így } |H| = 36 \cdot \frac{1}{29} = 1,24$$



6. ábra fázistolós oszcillátor műveleti erősítővel felépítve, valamint helyettesítő képe

● *Kimeneti amplitúdószabályozás és -stabilizálás*

A bipoláris-, a térvezérlésű tranzisztoros és az elektroncsöves oszcillátorokban a bázis-, a gate, illetve a rácskör nemlineáris karakterisztikája miatt alakul ki a stabil kimeneti amplitúdó ($|H|=1$), ahogy azt az előzőekben tárgyaltuk. Ebben az esetben belső szabályozásról beszélünk, összességében kijelenthető, hogy az erősítés szintfüggő. Más a helyzet azonban a műveleti erősítők esetében, amikor a kezdeti feltételt teljesítve beindul ugyan az oszcilláció, azonban a kimeneti jel amplitúdójának csak a műveleti erősítő tápfeszültsége szab határt. Ennek okán a kimeneti jel vágott, torzított lesz, vagyis eredeti célkitűzésünk jelentősen csorbul, nem kapunk stabil, kis harmonikustartalmú, torzítatlan szinuszelet. Műveleti erősítős kapcsolásokban mindig külső határolást kell alkalmaznunk. Ennek legegyszerűbb módja az antiparallel-diódás határoló áramköri kivitelezése. Ilyen kiegészítés esetén a határolás által megkívánt nemlinearitást a diódák nemlineáris nyitókarakterisztikája realizálja (félperiodusonként felváltva, hol az egyik, hol pedig a másik dióda nyit ki, a $|H|=1$ hurokerősítést elérve.



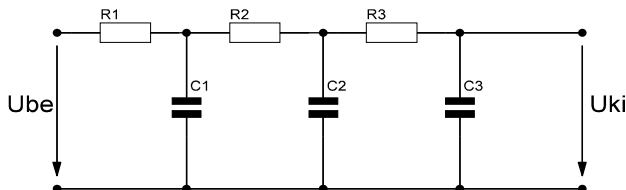
7. ábra a műveleti erősítő kapcsolás, határolóáramkörrel

● Gyakorlati kapcsolások

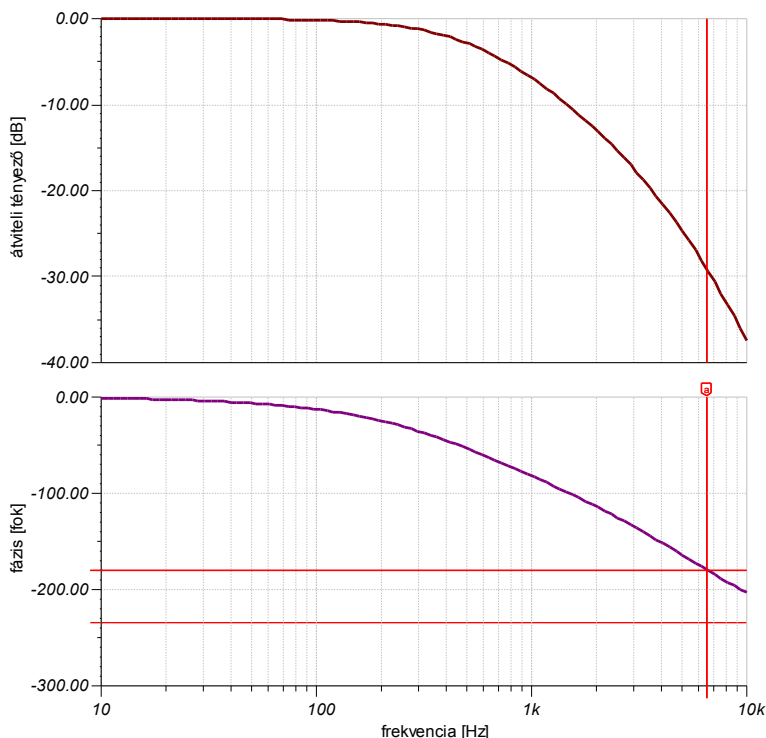
Napjainkban mind a bipoláris-, mind a térvezérlésű tranzisztoros, mind pedig a műveleti erősítő megoldásokat alkalmazzák. Ennek megfelelő példákat láthatunk a 3. és a 7. ábrán. A tranzisztoros áramkör belső-, a műveleti erősítő kapcsolás külső határolású.

● Speciális változat

Mint azt a korábbiakban említettük, néhány esetben előfordul, hogy aluláteresztő jellegű RC-tagokból építik fel a fázistolót, ahogy az a 8. ábrán kitűnik.



8. ábra



8. és 9. ábra az aluláteresztő jellegű fázistoló kapcsolási rajza és jellemző karakterisztikái

● *Alkalmazási területek, hangolhatóság, jellemzők*

A fázistolós oszcillátor alkalmazási köre rendkívül szűk, egyszerű felépítése ellenére. Zömmel alacsonyfrekvenciás (hangfrekvenciás) tartományban használatosak. Ennek egyik oka, hogy az RC-oszcillátorok amúgy is az kisfrekvenciás sávban működnek, a másik ok pedig az, hogy – a fázistoló frekvenciaátviteli görbét tekintve látható, hogy ez a szelektív hálózat lényegében nem is tekinthető szelektív hálózatnak, hiszen sávzáró-, sávszűrő jelleg helyett csak alul-, illetve feluláteresztő jelleget mutatnak, így kellően nagy jószág nem biztosított. Mindennek tükrében a fázistolós oszcillátorok frekvenciastabilitása meglehetősen kicsi. Sajnos ennek következtében – és a korrekt külső és/vagy belső határolás ellenére – az amplitúdóstabilitásban sem jeleskedik ez a konstrukció.

Mint ahogy korábban utaltunk rá, ennek az oszcillátornak a hangolása rendkívül nehezen kivitelezhető, mert egyszerre legalább három elem értékét kellene

változtatnunk (vagy az ellenállásokét, vagy a kondenzátorokét), pontos együttfutás mellett.

Összefoglalva: a fázistolós oszcillátorok alkalmazása alacsony minőségi követelmények mellett, fix frekvenciás generátorokban ajánlott. Pl. elektronikus hangvilla.

Működési frekvenciatartomány:	kb. 5 Hz – néhány MHz, fix frekvenciás;
Harmonikus torzítás:	1 – 5 %.
Amplitúdóstabilitás:	3 %.