

Dőlésszög-szabályozó

Záborszky László okl. villamosmérnök

A cím magyarázatra szorul. Olyan hangszínszabályozóról van szó, amelyik a frekvenciamenet vízszintes egyenesét megdönti, emelkedővé vagy esővé teszi. Többféle hangszínszabályozó kapcsolást ismerünk. Leggyakoribb a két potenciométeres megoldás, amikor a közepes frekvenciákhoz képest az egyik potenciométer a magas tartomány erősségét változtatja, emeli vagy vágja, a másik pedig a mély hangokat emeli vagy vágja. Olyan szabályzó is van, amellyel csak emelni lehet, ezeknél a potenciométerek kezdeti helyzetében tökéletesen egyenes a frekvenciamenet. Magam is terveztem és használok ilyen hangszínszabályozókat [2, 3].

Előfordulhat olyan eset is, hogy a felvételt készítő hangmérnök által beállított magas-mély arány nem egyezik meg a hallgató által előnyben részesített hangzással. Ilyenkor szükség lehet a frekvenciamenet egyenesét valamilyen módon „megdöntő” áramkörre. Az ilyen áramkör egyetlen potenciométert tartalmaz, amelynek középpállásában egyenes a frekvenciamenet. Középpállástól egyik irányba forgatva a potenciométert a magas tartományt emeli, és ugyanilyen arányban a mély tartományt gyengíti. Másik irányba forgatva, a mély tartományt emeli és ugyanilyen arányban a magas tartományt gyengíti. Eközben a közepes frekvencia, (nevezhetjük keresztvezési frekvenciának

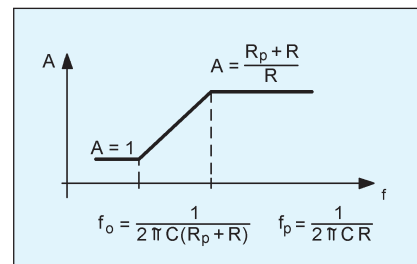
is) erősítése nem változik, ami lehet célszerűen egyszerűes.

John Linsley Hood magyarra fordított és kiadott „Csöves és tranzisztoros hangerősítők” című könyvében találtam két ilyen kapcsolást, ami felkeltette az érdeklődésemet. Sajnos az egyik, ígéretesebbnek látszó kapcsolat, amelyik a Quad cég tervezése, a könyvben [1] hibásan jelent meg (218. oldal, 10.14. ábra). A kapcsolat a lerajzolt módon nem működik, a potenciométer bal oldali véghelyzetében a kimenőfeszültség nulla, a bemenőfeszültségtől függetlenül, ezenkívül a rajzon az ellenállások és kondenzátorok értékei nincsenek feltüntetve, ezért aki alkalmazni szeretné ezt a kapcsolást, nem boldogul. Ebben az ügyben írtam egy levelet a könyv magyar kiadójának, amelyben felhívtam a figyelmet a hibára és kértem, ha lehetséges, közöljék az eredeti forrás alapján a helyes kapcsolást, valamint az alkatrészek értékeit. E levelemre nem kaptam választ, ezért, mivel érdekelt a dolog, megfejtettem a kapcsolat működését, és méreteztem az ellenállásokat és kondenzátorokat.

Erről szól az alábbi cikk, amelyben először a kapcsolat működését elméletileg ismertetem, majd két konkrét kapcsolást közlök mérési eredményekkel együtt. Az egyik kapcsolat közepes hatású, a másik pedig nagyobb mértékű frekvenciamenet-döntést tesz lehetővé.

Az alapáramkör működése

A Quad cég kapcsolásának alapáramkörét az 1. ábra mutatja. Vizsgáljuk meg ennek a működését! Kiindulási szempont: A potenciométer középpállásában frekvencia független (egyenes) legyen az átvitel és egyszeres legyen az erősítés. Ez szimmetri-



2. ábra

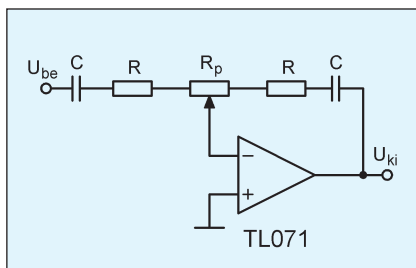
kus felépítést feltételez. Középpállásban a visszacsatoló impedancia az alábbi:

$$\frac{R_p}{2} + R + \frac{1}{j\omega C}$$

Ugyanekkora a bemeneti soros impedancia is, tehát az erősítés egyszerűes. Valójában -1 szeres, mert az erősítő invertál, de ennek most nincs jelentősége. Középpállásban az erősítés nem függ a frekvenciától, mert a bemeneti és a visszacsatoló impedancia időállandója azonos.

Teljesen más lesz az erősítés és a frekvenciamenet, ha a potenciométert a középpálláshoz képest elmozdítjuk. Mielőtt a tárgyalásban tovább mennénk, két fontos megjegyzés kívánkozik ide. Az 1. ábrán látható kapcsolat önmagában nem működik, nem mérhető, mert nincs biztosítva a műveleti erősítő egyenáramú munkapontja. Szükséges egy egyenáramú visszacsatolás a műveleti erősítő kimenete és az invertáló bemenete között. Ezt egy nagy értékű R_E ellenállással tehetjük meg: ($R_E \gg R_p + R$). A végleges kapcsolatban erre az R_E ellenállásra nem lesz szükség, mert más ellenállások gondoskodnak az egyenáramú visszacsatolásról.

A másik fontos megjegyzés: Az R_p potenciométer lineáris karakterisztikájú legyen, mert így az elektromos közép és a mechanikai közép egybeesik. Így az elektromos közepet, ahol egyenes a frekvenciamenet, könnyű bejelölni.



1. ábra

Vizsgáljuk meg az átviteli függvényt és az RC tagokra vonatkozó, Bode féle törtvonalas diagramot a potenciométer két szélső helyzetében! A potenciométer bal oldali véghelyzetében az átviteli függvény az alábbi:

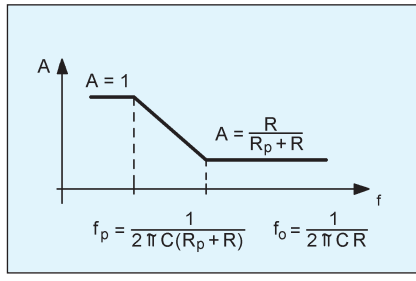
$$A = \frac{R_p + R + \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega C(R_p + R) + 1}{j\omega CR + 1}$$

Az erősítő invertál, ezért a törtfüggvény elé a negatív előjelet ki kellene tenni, de ennek most nincs jelentősége, mert csak a váltóáramú (hangfrekvenciás) átvitelt vizsgáljuk. Mit tudunk ebből a képletből kiolvasni? Először nézzük a két szélső esetet, a nagyon kis és a nagyon nagy frekvenciák esetét! Ha nagyon kicsi a frekvencia, akkor ω értéke is nagyon kicsi, és a törtfüggvény számlálójában és nevezőjében az ω -t tartalmazó tagok is kicsik, az 1 mellett elhanyagolhatók. Így az erősítés:

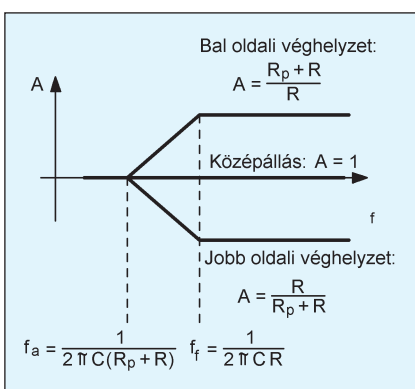
$$A \cong \frac{1}{1} = 1$$

Tehát kicsi frekvenciákon, egyenáram közelében az erősítés egyszeres. Mi a helyzet nagyon nagy frekvenciákon? Ekkor ω nagy, és az ω -t tartalmazó tagok mellett az 1 hanyagolható el. Ekkor az erősítés közelítőleg az alábbi képlettel írható le:

$$A \cong \frac{j\omega C(R_p + R)}{j\omega CR} = \frac{R_p + R}{R}$$



3. ábra



4. ábra

Tehát nagy frekvenciákon az erősítés nagyobb 1-nél, és értéke a fent kiszámított. De mi van a középső frekvenciatartományban? Ezt úgy tudhatjuk meg, ha kiszámítjuk a Bode féle törtvonalas diagram törésponti frekvenciáit, az úgynevezett „zérus” és „pólus” törési frekvenciákat. Egyszerű RC tagoknál a törtvonalas Bode diagram vízszintes és 6 dB/oktáv meredekségű szakaszokból áll. „Zérus” törési frekvenciánál alacsonyabb frekvenciáktól a magassabbak felé haladva a törtvonalas diagram „felfelé” törik, „pólus” törési frekvenciánál pedig „lefelé” törik. A törtfüggvénybe $j\omega = p$ helyettesítést alkalmazva, kiszámítjuk a számláló, majd a nevező gyökeit. A számláló gyöke adja a „zérus” törési frekvenciát, a nevező gyöke pedig a „pólus” törési frekvenciát. A számítás elvégezve, p-t, mint ismeretlent kiszámítva, az alábbi eredményeket kaptam:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C(R + R_p)}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi CR}, \quad f_0 < f_p$$

Ezek után felrajzolhatjuk a potenciométer bal oldali véghelyzetében érvényes Bode diagramot). (2. ábra). Ha a két törési frekvencia távol van egymástól, akkor az emelkedés meredeksége megközelíti a 6 dB/oktáv értéket.

A potenciométer jobb oldali véghelyzetében az átviteli függvény az alábbi:

$$A = \frac{R + \frac{1}{j\omega C}}{R_p + R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega CR + 1}{j\omega C(R_p + R) + 1}$$

Most is vizsgáljuk a két szélső, a nagyon kis és a nagyon nagy frekvenciák esetét! A korábbi gondolatmenetet követve arra jutunk, hogy kicsi frekvenciákon az erősítés ebben az esetben is egyszeres, de nagy frekvenciákon az erősítés kisebb 1-nél, és értéke az alábbi:

$$A \cong \frac{R}{R + R_p}$$

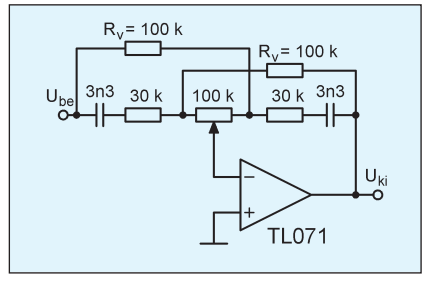
A számláló gyöke alapján meghatározható a „zérus” törési frekvencia, a nevező gyöke alapján pedig a „pólus” törési frekvencia:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi CR}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi C(R + R_p)}, \quad f_0 > f_p$$

Rajzoljuk fel a potenciométer jobb oldali véghelyzetében érvényes Bode diagramot (3. ábra).

A jobb oldali véghelyzet „pólus” törési frekvenciája egybeesik a bal oldali véghelyzet „zérus” törési frekvenciájával. Kínálkozik a lehetőség, hogy rajzoljuk egymásra a két Bode diagramot (4. ábra). Ezen az ábrán már nem f_0 és f_p frekvenciákat írtam, hanem f_a (alsó) és f_f (felső) frekvenciákat. Valamelyik szélső helyzetből a középállás felé forgatva a po-



5. ábra