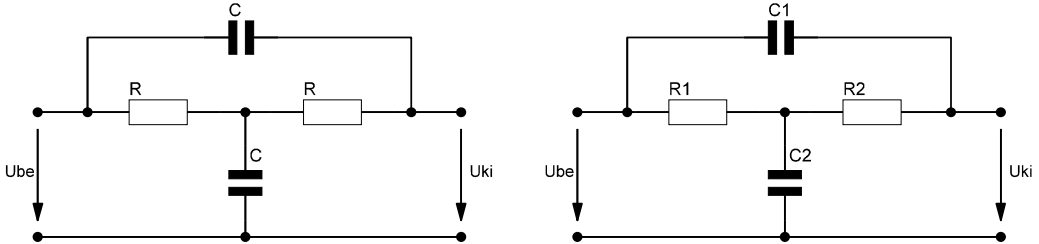
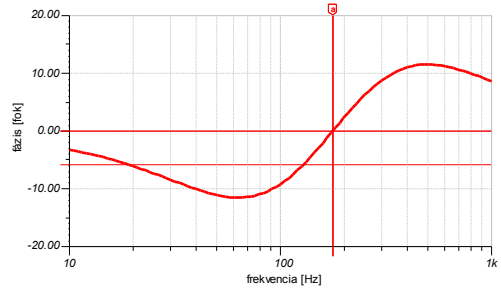
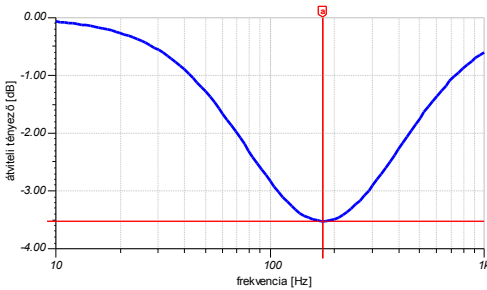


Habár az áthidalt T-tagos szűrőkapcsolás – mely az az oszcillátor szelektív hálózata – külsőleg a kettős T-tagos szűrőre hasonlít, a jósága inkább a Wien-osztót juttatja az eszünkbe, azzal az óriási különbséggel, hogy míg a Wien-osztó sáváteresztő szűrő, addig az áthidalt T-tag sávzáró szűrő.

● Az áthidalt T-tagos oszcillátor szelektív hálózata



1. ábra az áthidalt T-tag, mint szimmetrikus és aszimmetrikus négypólus



2. és 3. ábra az áthidalt T-tag átviteli- és fáziskarakterisztikája

Az áthidalt T-tagos szűrő sajátfrekvenciáját a következőképpen adhatjuk meg szimmetrikus, illetve aszimmetrikus négypólus esetén ($\Rightarrow$ *hasonlóan, mint a Wien-hidas oszcillátoroknál*):

$$f_{0_{\text{szimmetrikus}}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot RC} \quad \text{és} \quad f_{0_{\text{aszimmetrikus}}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{R_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \cdot C_2}}$$

A szűrőkapcsolás – mint visszacsatoló hálózat – átviteli tényezője a sajátfrekvencián:

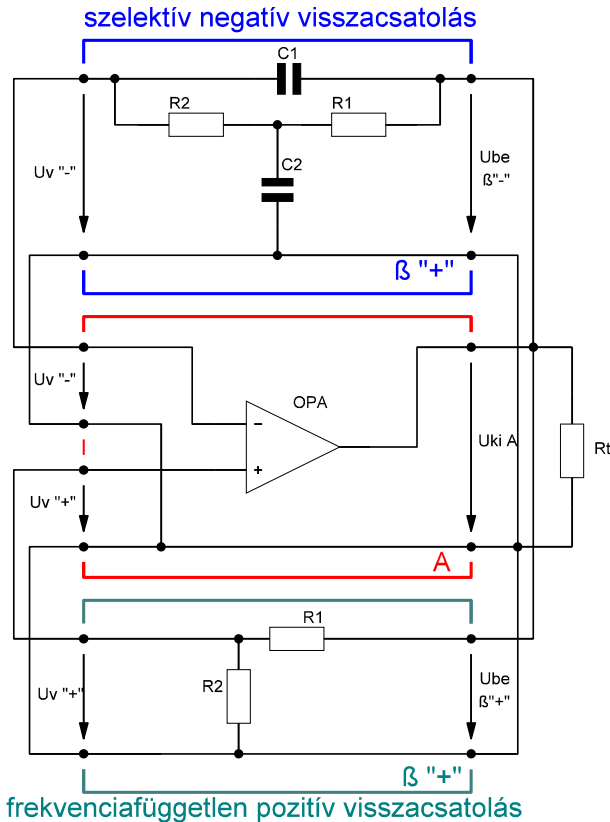
$$\beta_{[dB]} = -3,52 \text{ dB} \quad \text{azaz} \quad \beta = \frac{2}{3}$$

Mindebből látszik, hogy az alkalmazandó erősítőláncnak ezt a csillapítást kell kompenzálnia a $H = |A| \cdot |\beta| = 1$ amplitúdófeltétel teljesülése érdekében.

$$\text{Ekkor } |A| = \frac{3}{2} = 1,5, \quad \text{így} \quad H = |A| \cdot |\beta| = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{3} = 1$$

Az áthidalt T-tagos szűrő fázisforgatása a sajátfrekvencián: 0 fok.

● Az áthidalt T-tagos oszcillátor kialakítása



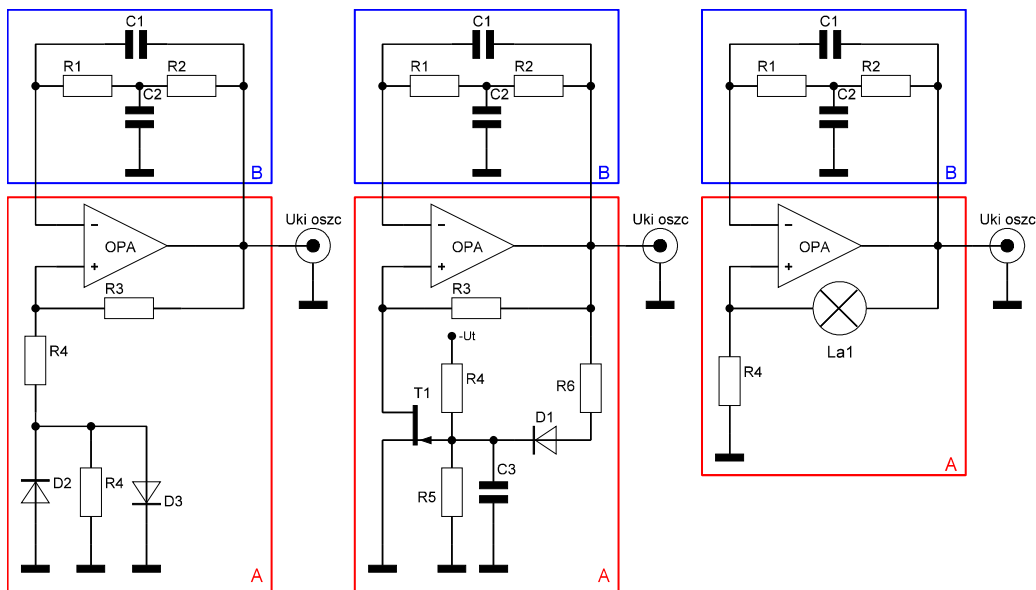
4. ábra

A sávszűrő jellegnek köszönhetően a szelektív hálózat elhelyezése hasonlóképpen történik, mint a kettős T-tagos oszcillátorok esetében. Eme kapcsolás hátrányos tulajdonságaként felróható szerény szelektivitásért cserébe egy egyszerűen hangolható oszcillátorkapcsolást kapunk eredményül, ahogy azt a későbbiekben látni fogjuk.

● Az áthidalt T-tagos oszcillátor amplitúdó-stabilizálása (-szabályozása)

Felidézve a Wien-hidas oszcillátoroknál megismert határolási módozatokat tekintsünk meg három műveleti erősítő kapcsolást – a teljesség igénye nélkül (5. ábra)! További ötletek meríthetők a – már említett – a Wien-hidas oszcillátoroknál. A rajzokból egyér-

telmüen látható, hogy a műveleti erősítős oszcillátorokban mindig külső határolást alkalmazunk. Az erősítőfokozat [A] szintfüggő erősítését természetesen most is nemlineáris elemekkel valósíthatjuk meg. Ilyen eszköz lehet például: dióda, Zener-dióda, FET, NTC, PTC. Eme nemlineáris elemek, s a velük kialakított határoló áramkörök, mindig a frekvenciafüggetlen pozitív visszacsatoló ág szerves részét alkotják.



5. ábra néhány amplitúdó-stabilizálási (szabályozási) megoldás az áthidalt T-tagos oszcillátorokban

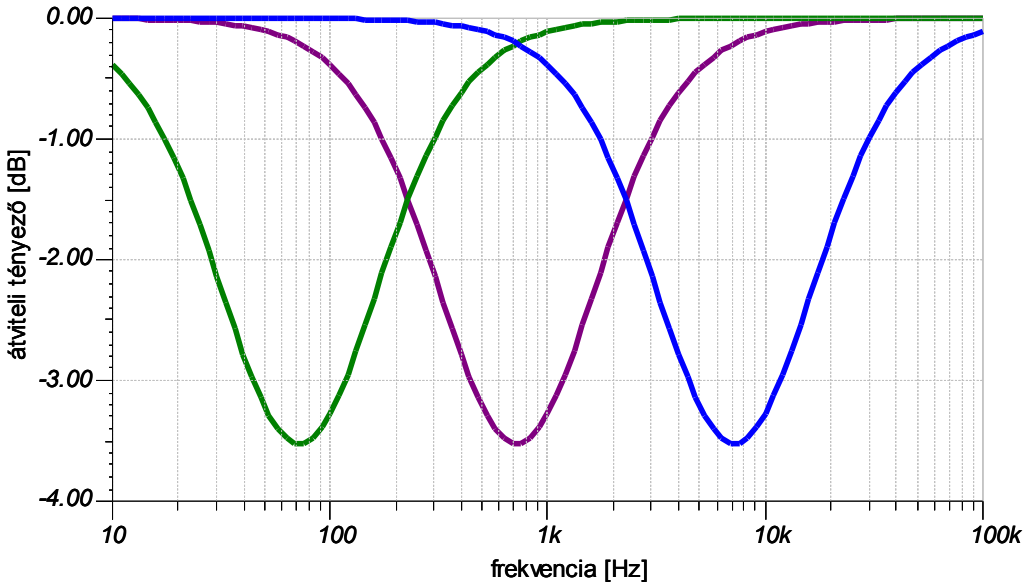
● Az áthidalt T-tagos oszcillátor hangolhatósága

Az áthidalt T-tagos oszcillátorok hasonlóan közkedvelt RC-oszcillátorok, mint a Wien-híddal felépített társaik, melyet az egyszerű felépítésű szelektív hálózatának köszönhetünk. Szimmetrikus áthidalt T-tagot alkalmazva a berezgési frekvencia kiszámítási

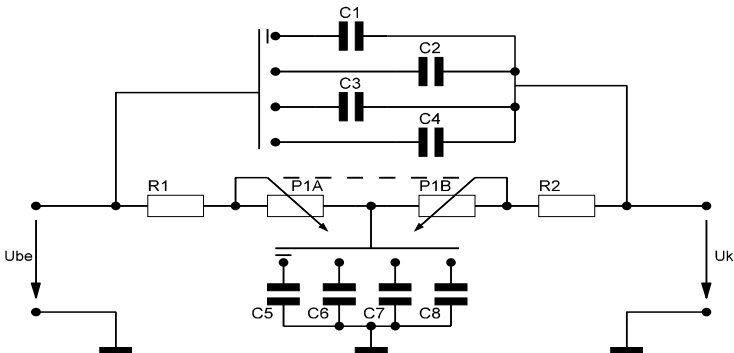
módja igen egyszerű: $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot RC}$. Ennek megfelelően a hangolás is kézenfekvő. A

Wien-hidas oszcillátorok ide vonatkozó témakörét áttekintve belátható, hogy a nem célszerű nagy átfogású hangolhatóságot realizálni. Sokkal célravezetőbb ebben az esetben is ha dekadikus sávfelosztást választunk, a dekadokon belüli finomhangolással, úgy, hogy a dekadikus sávfelosztást a kapacitásértékek váltásával, a finomhangolást pedig az ellenállások helyére tett változtatható ellenállásokkal (forgópotenciométerekkel) biztosítjuk. Fogadjuk el, hogy ebben az esetben is nemlineáris (egész pontosan hiperbolikus) kapcsolatot van a potenciométer ellenállás (elforgatás), valamint a berezgési frekvencia között (ez is indokolja a dekadikus sávfelosztást). A 6. ábrán az egyes de-

kádok közötti váltás okozta karakterisztika figyelhető meg. Ellenőrizhető, hogy amennyiben 10-ed részére csökken a kapacitás, akkor a szűrő sajátfrekvenciájának képlete értelmében a frekvencia 10-szeresére nő (fordított arányosság). Megfigyelhető továbbá, hogy a berezési frekvencia változtatása esetén a sávzáró szűrő csillapítása nem változik, éppen ezért az oszcillátor erősítőfokozat erősítésének korrekciójára nincs szükség, ezzel támogatva meg a sávok közötti, valamint a sávon belüli frekvenciaváltoztatás esetén is nagy amplitúdóstabilitást.



6. ábra szűrőkarakterisztikák különböző kapacitásértékek esetén.
($R=47$ kohm, zöld: $C=47$ nF, bíbor: $4,7$ nF, kék: 470 pF)

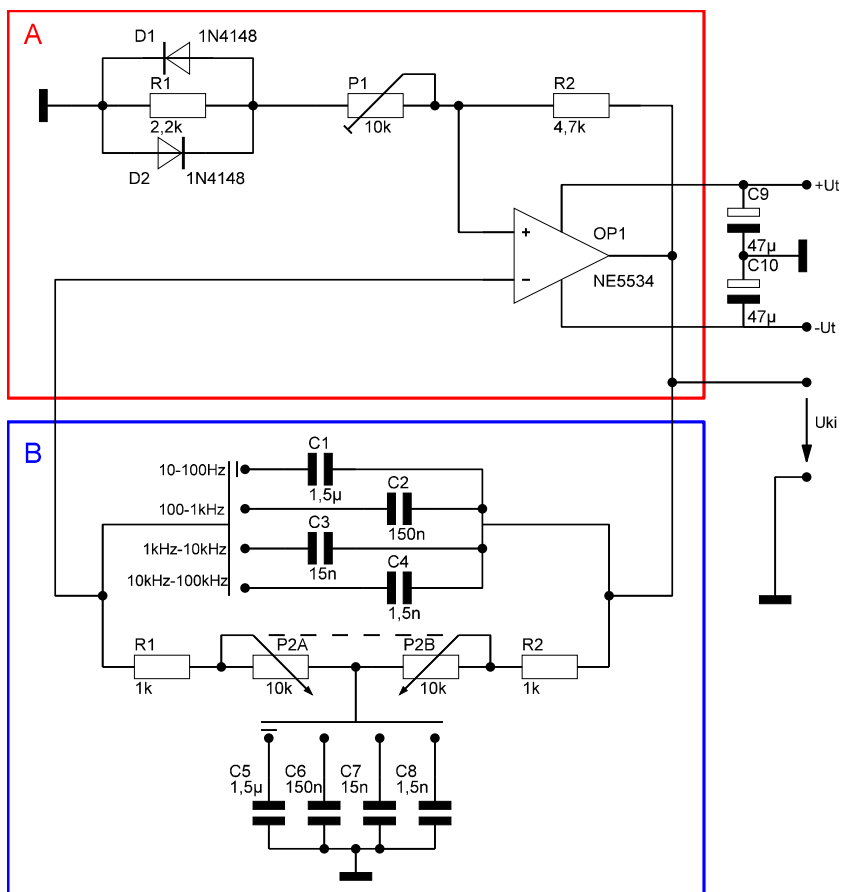


7. ábra a hangolható szűrő kialakítása

● Példakapcsolások, készülékek, áthidalt T-tagos szelektív hálózattal

Oscillátor műveleti erősítővel

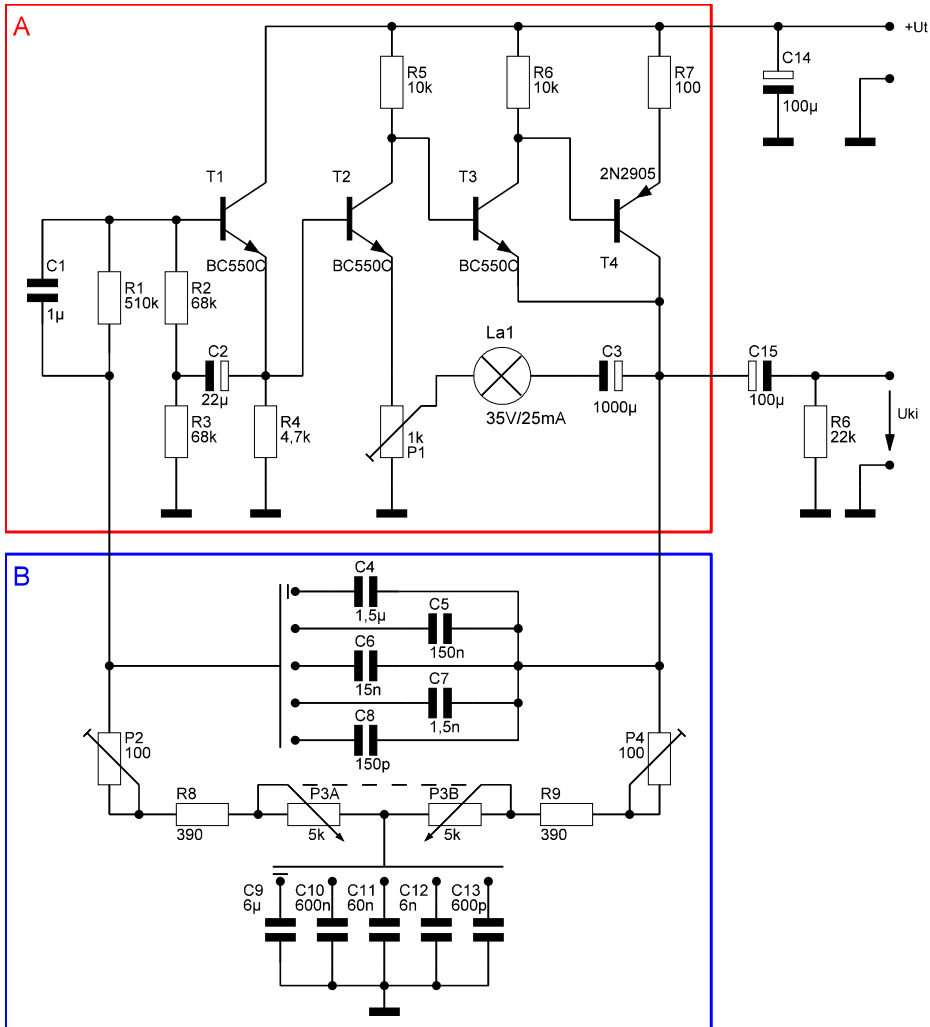
Mint azt megszokhattuk, műveleti erősítővel könnyen valósíthatjuk meg a legkülönbözőbb RC oszcillátorokat. Ennek tükrében álljon itt az első, műveleti erősítő szinuszos rezgéskeltő (8. ábra). Felépítését könnyen átláthatjuk, ha felidézzük a 4. ábrát. A frekvenciafüggetlen, pozitív visszacsatolást ellenállásokból, valamint a szintfüggő (nemlineáris) erősítést biztosító antiparallel diódapár alkotja. A kívánt erősítést a P_1 potenciométerrel lehet beállítani. A szelektív negatív visszacsatoló hálózat maga az áthidalt T-tag. Eme hálózat alkalmas a hangfrekvenciás generátoroktól minimálisan megkövetelhető 10 Hz és 100 kHz közötti tartomány lefedésére, egyrészt a dekadikus felosztás, másrészt az egyes sávokon belül a finomhangolás révén.



8. ábra műveleti erősítővel megvalósított áthidalt T-tagos rezgékeltő

Tranzistoros oszcillátor

Kedvező tulajdonságú áramkörök építhetők többfokozatú, tranzistoros erősítőkkel. A nemlineáris, szintfüggő erősítés a tranzistorok bázis-emitter átmenetének nemlinearitása eredményezi, mint ahogyan ezt a tény már a korábbiakban megismerhettük. Az oszcillátort nagy stabilitás jellemzi. A 10 Hz-től 1 MHz-ig tartó tartományt 5 sávra osztja (10-100, 100-1k, 1k-10k, 10k-100k, 100k-1M), a sávon belüli finomhangolás a P_3 potenciométerrel van megoldva. A kapcsolás elemzését az olvasóra bizzuk.



9. ábra áthidalt T-tagos oszcillátor, tranzistoros

Technikatörténeti szempontból ismét fontos állomáshoz érkeztünk. Az áthidalt T-tagos szűrőket előszeretettel alkalmazták az elektroncsöves oszcillátorokban is. Az 1950-es évektől rengeteg építőkészletben árusított készülék volt forgalomban. Kifejezetten ilyen építőkészletekre (úgynevezett kit-ekre) szakosodott az amerikai [Heathkit](#) cég (megjegyzendő, hogy [készülékeit](#) 1992-ig kínálta vásárlóinak). A szerző tulajdonában is van egy ilyen berendezés, melynek típuszáma: IG-72. A gyártási éve: 1961. A készülék működőképes. Emre "darab" előlapi és belső elrendezésének fényképe tekinthető meg a 10. és 11. ábrán.



10. ábra áthidalt T-tagos szinuszos, elektroncsöves generátor előlapi fényképe

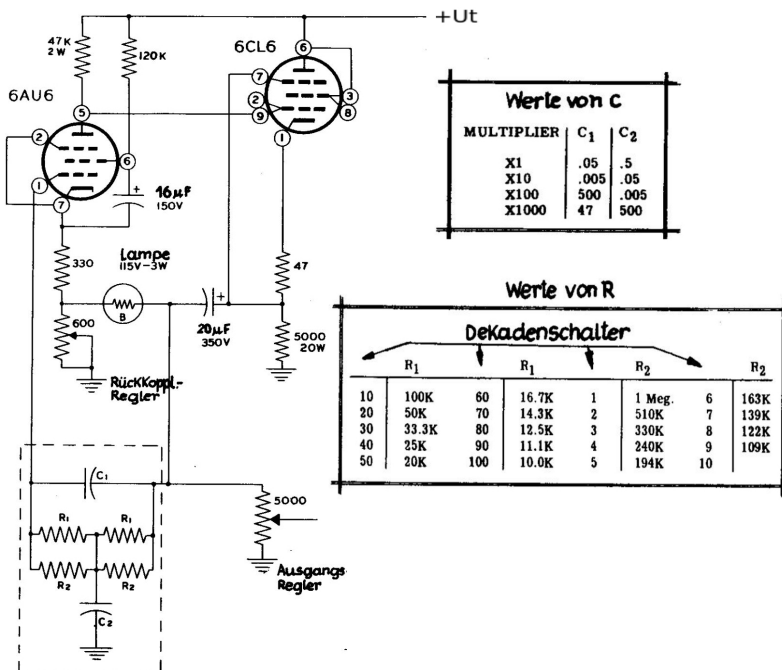


11. ábra a készülék belső felépítése

A készülék különlegessége – amellet, hogy elektroncsöves – abban rejlik, hogy a dekádonkénti hangolás mellett a finomhangolást nem potenciométerrel, hanem többfokozatú tárcsás kapcsolóval oldották meg. Ennek okán úgy tűnhet, mintha a hangolás lineáris lenne. Erről azonban szó nincs. Tény, hogy olyan potenciométert készíteni, mely kompenzálna a finomhangolás nemlinearitását, lehetetlen. A folyamatos hangolást feladva, de ésszerűen megválasztható diszkrét értékek mellett azonban teljes értékű generátorhoz juthatunk. Ezt úgy érték el, hogy az egyes kapcsolóállások esetén más és más ellenállásértékeket választottak – figyelve az $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot RC}$ képlet adta frekvenciaértékekre. Így a lépések: 0, 10, 20, ... 100 Hz, 0, 1, 2, ... 10 Hz, illetve ezek szorzói: X1, X10, X100, X1000.

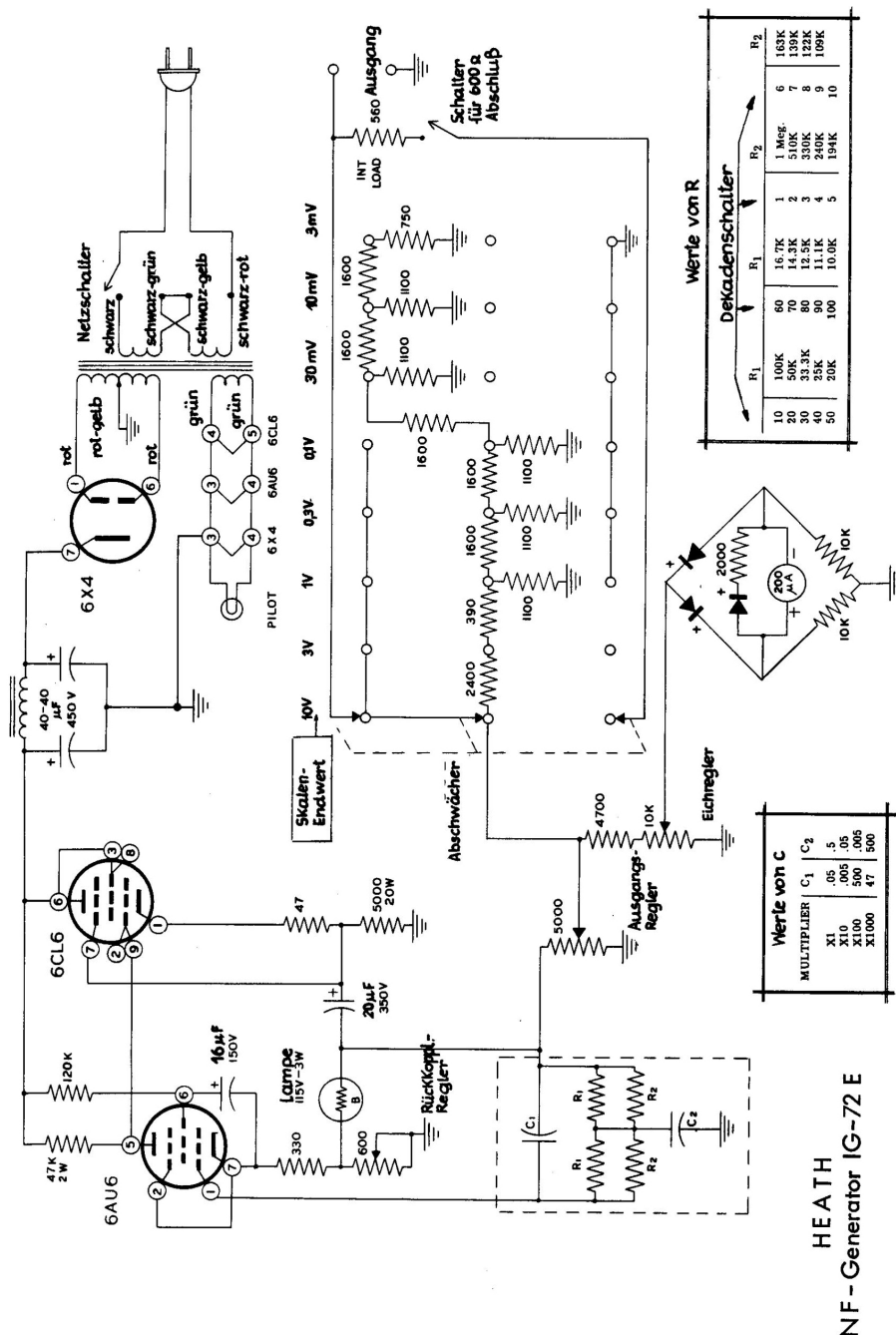


12. ábra a generátor frekvenciakiválasztó kezelőszervei (a szorzó nélkül)



13. ábra a generátor oszcillátora az áthidalt T-taggal, valamint a frekvenciakiválasztó kapcsolók elemértékeinek táblázata

Mindezek után célszerű átfutni a készülék teljes kapcsolási rajzát (14. ábra).



14. ábra az IG-72 készülék teljes kapcsolási rajza

A berendezés 6AU6 és 6CL6 pentódái alkotják az oszcillátor erősítőláncát. A szelektív hálózat (az áthidalt T-tag) a szaggatott vonallal határolt áramkörészlet, melynek elemeit a tárcsás kapcsolókkal választjuk meg (s vele együtt az oszcillációs frekvenciát) – ahogy azt már korábban említettük. Az erősítőlánc visszacsatolóágában található izzó a szintfüggő (nemlineáris) erősítést garantálja, mely a stabil amplitúdó kulcsa. A készülék tartalmazza a tápegységet is (anódfeszültség, valamint az elektroncsövek elektronemissziójához szükséges katód-fűtés feszültséget). A kimeneten helyet kapott egy szintmérő mérőműszer, valamint a szintosztó (10 dB-es lépésekben fokozatkapcsoló, valamint a fokozatokon belül potenciométeres finomszabályozó). Állítható: minden olyan főelemet tartalmaz a berendezés, hogy a műszer teljes értékű hangfrekvenciás generátorként használható napjainkban is.

A generátor dokumentációja [itt](#) érhető el. A korabeli összeállítási (hiszen építőkészletről van szó) dokumentáció szkennelt változata pedig itt tekinthető meg.

Alkalmazási területek, jellemzők

Az áthidalt T-tagos oszcillátorok alkalmazási köre nagyon hasonló, mint a Wien-hidas társaiké. Zömmel hangfrekvenciás generátorokban elterjedtek, kis torzításuk miatt.

Működési frekvenciatartomány:	5 Hz – 2 MHz (dekadikusan és dekádon belül folyamatosan szabályozható;
Harmonikus torzítás:	0,01 – 1 %;
Amplitúdóstabilitás:	1 %