

Adók

Molnár Dániel HA5TBN

Rádióadók jellemzői

- A rádióadó feladata az antenna által kisugárzandó, adott teljesítményű, modulált rádiófrekvenciás jel előállítása.
- Hangolt vagy illesztett rádiófrekvenciás kimenet
- Kimenő teljesítmény (PEP)
- Hatásfok
- Moduláció szerint
 - CW
 - AM
 - SSB
 - FM
- RF sáv szélesség, oldalsávok
- Zavaró kisugárzások
- Frekvencia stabilitás

A rádióadó feladata az antenna által kisugárzandó, adott teljesítményű, modulált rádiófrekvenciás jel előállítása. Ezt a jelet az adó kimenetéről egy tápvezeték segítségével az antennához juttatjuk, ami azt kisugározza. A rádió adó egyik paramétere, a kimenet típusa, ami lehet szimmetrikus, vagy asszimmetrikus. Rádióamatőr gyakorlatban az asszimmetrikus 50-ohmos kimenettel találkozunk a leggyakrabban. Ez azt jelenti, hogy az adó vagy teljesítmény erősítő kimenő impedanciája 50 Ohm, tehát egy olyan tápvezetékkel kell hozzá csatlakoztatnunk, aminek a hullámimpedanciája 50 Ohm és olyan antennát kell rá csatlakoztatnunk, ami szintén 50 Ohm-os. Léteznek az iparban és a katonai alkalmazásban 75 Ohm-os asszimmetrikus, és 450-600 Ohmos szimmetrikus kimenetű eszközök is. Az adó konstrukciójától függően lehet a végerősítő hangolt vagy illesztett. Ez azt jelenti, hogy az illesztett végfok fix impedanciájú kimenetre van méretezve és ezek legtöbbször szélessávúak. Tehát egy modern RH rádióban lévő végfok 1,5-30 MHz-ig 50 Ohm-os terhelésre képes dolgozni. A hangolt végfok azt jelenti, hogy minden egyes frekvencia váltásnál az adót újra kell hangolni a megfelelő kezelőszervekkel, mert keskeny sávú. Ez általában csöves adókra jellemző. Ezeknek a kimenete is néveleges kimenő impedanciára van méretezve. A modern rádióadókba sokszor be van építve egy antenna illesztő, ami arra szolgál, hogy a rádió kimenetén lévő impedanciát, mindig a végfok számára ideális 50 Ohm-os impedanciára illessze. Erre

azért van szükség, mert sokszor előfordul, hogy az antenna nem tökéletesen 50 Ohm-os és az így kialakuló illesztetlenség miatt állóhullámok jönnek létre a tápvonal-antenna rendszerben. Ez az adás hatásfokának csökkenését és szélsőséges esetben az adó tökrementelét okozhatja. Két dolgot nagyon fontos megjegyezni: A rádióba beépített illesztő, csak a rádió kimentét illeszti, tehát a hosszú tápvonal végén lévő antenna illesztetlenségén nem fog tudni javítani. Ha az antennánál van a probléma, azt ott kell megoldani. A másik pedig, hogy mindig figyelni kell a gyártó által megadott maximális illesztési tartományra. Előfordulhat, hogy a készülék le tud illeszteni, de mégis tönkremegy a keletkező nagy feszültségek vagy áramok miatt. A modern rádiókba épített illesztők gyakran csak SWR 3-ig vannak méretezve. Például, ha egy adó 50 Ohm-ra van méretezve és egy 75 Ohm-os antennát csatlakoztatunk rá, akkor a keletkező állóhullám arány: 1.5. Általában az a szabály, hogy 1.5 SWR mellett még meghibásodás nélkül üzemeltethetjük az adókat, de e fölött már illeszteni szükséges.

Az adó maximális kimenő teljesítménye az adatlapon megtalálható, vagy teljesítmény mérővel kimérhető. Azonban figyelni kell arra, hogy mindig az engedélyünk fokozatának és a frekvencia kiosztási táblázatnak megfelelő teljesítmény határokat betartsuk. Például CEPT engedéllyel a 80 méteres amatőr sávban a megengedett legnagyobb adóteljesítmény 1500 Watt. Ha ERP-ben van megadva, akkor figyelembe kell venni a tápvonal veszteségét és az antenna nyereségét is és ennek alapján kell beállítani az adóteljesítményt. (ERP – effective radiated power). A szabály azt is kimondja, hogy mindig csak akkora teljesítményt használunk, ami a stabil összeköttetéshez szükséges. Tehát, ha létrejött két állomás között a kapcsolat, akkor szokás csökkenteni a teljesítményt, amennyiben a lehetőségek ezt megengedik. Például nem életszerű 100 wattal forgalmazni egy URH átjátszóra, ha a riportok alapján tudjuk, hogy 5 Wattal is stabilan bejutunk. Minél nagyobb a kisugárzott teljesítmény annál nagyobb a valószínűsége, hogy valakit zavarni fogunk. Az adó kimenő teljesítményét általában burkoló csúcsteljesítménként szokták megadni. Angolul PEP – peak envelope power.

A rádióadó hatásfoka a kimenő rádiófrekvenciás teljesítmény és a tápegységből felvett DC teljesítmény hányadosa. Egy készülék hatásfoka függ a topológiától, amit más korábban az áramkörök fejezetben megtárgyaltunk. (A-B-C osztályú végerősítők). Természetesen egy ugyan osztályban működő csöves erősítő sokkal rosszabb lesz, mint egy modern félvezetős, a lényegesebben nagyobb veszteségek miatt. Például fűtő teljesítmény.

Az adókat osztályozhatjuk moduláció szerint: CW-AM-SSB-FM. A modern rádióadók már szinte mind összüzemmódosak, sőt némelyik típus alkalmas közvetlenül digitális modulációk adására is, mint pl az FSK, Paket.

A rádióadó sáv szélességét a használt moduláció határozza meg. Egy CW adó kisugárzott jelének a sáv szélessége a CW adás sebességétől és az RF jel felfutó/lefutó meredekségétől függ. Egy jól beállított CW adó kézi adással néhány 10 Hz sáv szélességű jelet dugároz ki. Az SSB adás 2-3 KHz, az AM-DSB adás 5-6 KHz. A

frekvencia kiosztási táblázatban a maximális megengedett adóteljesítmény mellett a használható moduláció és megengedett sávszélesség is meg van adva.

Rádióamatőr gyakorlatban 10 MHz alatt LSB modulációt, efelett pedig USB modulációt használunk.

A rádió adók mindenféle zavaró jeleket is kisugározhatnak, aminek a mérték jogszabály korlátozza. Ezek a zavaró kisugárzásokat szokták BCI-nek hívni: Broadcast Interference, amikor egy műsorszóró rádióadást zavarunk, vagy TVI-nek: Television interference – amikor TV adást zavarunk. Például, a rádióadó hibás működése esetén olyan frekvenciákon is sugározhat, ami beleesik valamilyen kereskedelmi rádióadás frekvenciájába és emiatt a környezetünkben ennek a vételét zavarjuk. Zavarásnak számít az is, ha az adónk a megengedett sávszélességümnél szélesebb jelet sugároz ki, így a szomszédos csatornán forgalmazó másik amatőr állomást zavarhatjuk. A rádió adónk felharmonikusai pedig az adó frekvencia többszörösénél fog zavart okozni. Bővebb infó: HA5KDR cikk.

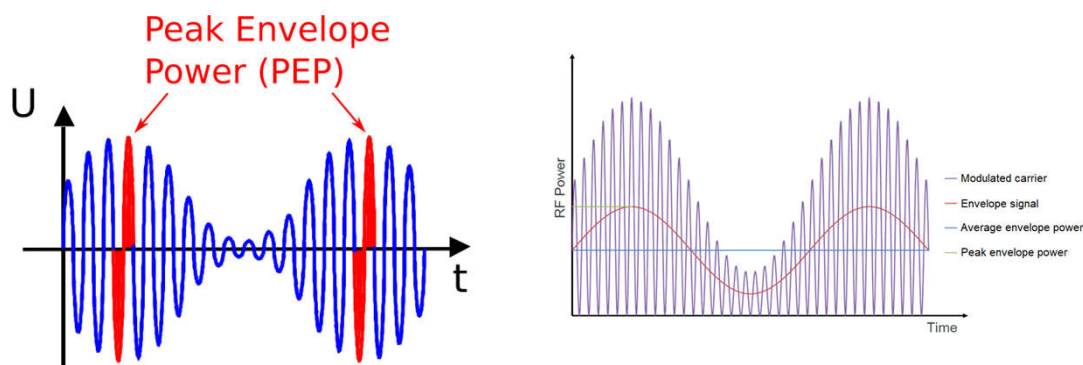
Fontos paraméter a frekvencia stabilitás. Ezt az adó oszcillátorának a minősége határozza meg. A frekvencia pontosság azt jelenti, hogy az adónk valóban azon a frekvencián sugározza ki a jelet, amit beállítottunk. Ha ez nem így van, akkor azt például úgy vesszük észre, hogy SSB-n több állomást hallgatunk és ugyan mindenkinek a rádiója ugyan arra a frekvenciára van beállítva, de mégis más-más hangszínen halljuk az állomásokat. Ez azért lehetséges, mert a rádióban lévő alap oszcillátor idővel elmászik vagy eleve rosszul volt beállítva. Az elmászást okozhatja öregedés vagy melegedés. Egy jóminőségű rádióban TCXO-van (temperature compensated cristall oscillator), és a frekvencia stabilitása 0.5 PPM. Ami azt jelenti, hogy ha 10 MHz en dolgozik az adónk, akkor a kimenő jelünk eltérése +- 5Hz lehet. Minél nagyobb a frekvencia annál nagyobb lesz az eltérés, ezért annál stabilabb órajelre van szükség. Ha egy adónak alacsony stabilitású a vezéroszcillátora, akkor esetleg hosszabb adás periódus közben is elmászhat, például melegedés miatt. Ezt RIT-el utána tudjuk a vevőben állítani az ellenállomásnál. Fónia és CW adás esetén ez kisebb probléma, de bizonyos digitális üzemmódoknál már az összeköttetés meggyusulását okozhatja. PI SSTV, vagy WSPR adásnál már nagyon fontos a frekvenica stabilitás.

Üzemmódok, teljesítmények, sáv szélességek

A		B		C	D		E		F		G		H		J	
1				Maximális sáv szé- lesség [kHz]	Legnagyobb adóteljesítmény [W]							Adásmód		Adásmód (IARU jelöléssel)		
2	Frekvenciasáv	Rádiószolgálat			Kezdő	CEPT Novice	CEPT	Kezdő	CEPT Novice	CEPT	Engedélyfokozat					
3																
13	3600–3620 kHz	AMATŐR		2,7	25	50	1500		A1A*, A1B, A2A*, A2B, F1A*, F1B, J2A*, J2B, J2E, J3E		A1A*, A1B, A1D, A2A*, A2B, A2D, F1A*, F1B, F1D, F2A*, F2B, F2D, F3E, F3F, J2A*, J2B, J2D, J2E, J3E, R3E		digitális mód, távíró			
14	3620–3800 kHz	AMATŐR		2,7	25	50	1500		A1A*, A1B, A2A*, A2B, F1A*, F1B, J2A*, J2B, J2E, J3E		A1A*, A1B, A2A*, A2B, F1A*, F1B, F2A*, F2B, F3E, F3F, J2A*, J2B, J2E, J3E, R3E		távíró			
15	7000–7040 kHz	AMATŐR	MŰHOLDAS AMATŐR	0,2		25	1500				A1A*		távíró			
16	7040–7050 kHz	AMATŐR	MŰHOLDAS AMATŐR	0,5			25	1500			A1A*, A1B, A1D, F1A*, F1B, F1D		digitális mód, távíró			
17	7050–7060 kHz	AMATŐR	MŰHOLDAS AMATŐR	2,7		25	1500				A1A*, A1B, A2A*, A2B, F1A*, F1B, J2A*, J2B, J2E, J3E		digitális mód, távíró			
18	7060–7100 kHz	AMATŐR	MŰHOLDAS AMATŐR	2,7		25	1500				A1A*, A1B, A2A*, A2B, F1A*, F1B, J2A*, J2B, J2E, J3E		távíró			
19	7100–7200 kHz	AMATŐR		2,7		25	1500				A1A*, A1B, A2A*, A2B, F1A*, F1B, J2A*, J2B, J2E, J3E		távíró			
20	10 100–10 140 kHz	Amatőr		0,2			1500				A1A*		távíró			
21	10 140–10 150 kHz	Amatőr		0,5			1500				A1A*, A1B, A1D, F1A*, F1B, F1D		digitális mód, távíró			
22	14 000–14 070 kHz	AMATŐR	MŰHOLDAS AMATŐR	0,2			1500				A1A*		távíró			
23	14 070–14 099 kHz	AMATŐR	MŰHOLDAS AMATŐR	0,5			1500				A1A*, A1B, A1D, F1A*, F1B, F1D		digitális mód, távíró			
24	14 099–14 101 kHz	AMATŐR	MŰHOLDAS AMATŐR				100						jeladók			

A dián látható az előbb említett frekvenciakiosztás egy részlete. A hatályos verziót mindig érdemes ellenőrizni az NMHH honlapján. Jól látható, hogy az amatőr sávok fel vannak osztva tartományokra és azon belül más és más a megengedett maximális sáv szélesség. Például a 40 méteres sáv távíró részében csak 200 Hz, máshol pedig 2700 Hz, ami a fónia adáshoz szükséges. A következő oszlopok azt mondják meg, hogy az egyes amatőr engedély fokozatokkal mekkora teljesítményen és milyen üzemmódban engedélyezett a forgalmazás. Az utolsó oszlop arról tájékoztat, hogy az adott sáv részt milyen üzemmódokban ajánlott használni.

PEP(Peak Envelope Power)



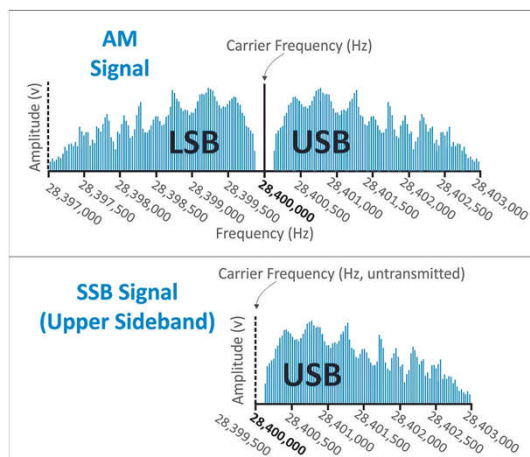
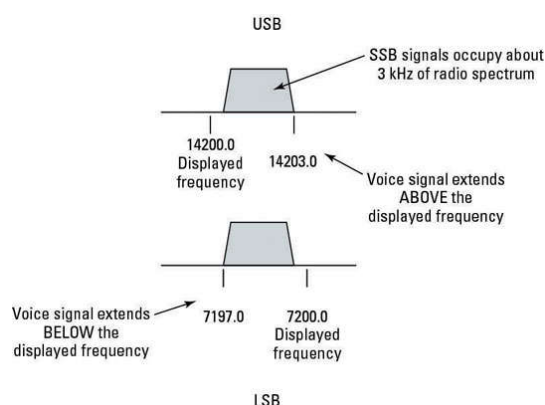
A rádióknál a kimenő teljesítményt általában burkoló csúcsteljesítményben azaz PEP-ben szokták megadni. Ez a moduláló jel csúcsértékének pillanatában megjelenő rádiófrekvenciás jel egy periódusának átlagteljesítménye. Amikor ránézünk egy teljesítmény mérőre, akkor általában csak az átlag teljesítményt látjuk, ami alacsonynak tűnhet, de vegyük figyelembe, hogy a beszéd ütemében keletkező „csúcsok” maximumainál a kijelzett értéknél nagyobb lehet a kimenő teljesítmény pillanatnyi értéke. A PEP közvetlen kijelzésére speciális műszer szükséges, ami csúcsérték mérésre is alkalmas, vagy csúcs-tartásra: Peak-hold. A bal oldalt egy AM jel, a jobb oldalt pedig egy általános változó amplitúdójú RF jel látható.

Érdemes megjegyezni, hogy CW és FM jel esetén a PEP és az átlag teljesítmény ugyanakkora. Tehát, ha egy sima teljesítmény mérővel mérünk, akkor CW ben a 100%-ot fogjuk mérni. AM moduláció esetén a modulálatlan vivő 25%-a a max teljesítménynek, tehát egy 100 Wattos adónál 25 Wattot fogunk mérni. SSB esetén a normál emberi beszéd mellett a teljesítmény mérő 10-20 Watt között fog ingadozni, de ha bekapcsoljuk a dinamikakompresszort, akkor ez tovább nő a kompresszió mértékében. FM moduláció esetén is 100%-ot fogunk látni.

Azt is tartsuk észben, hogy a rádiók végfokja nem 100% üzemre van méretezve. Ez azt jelenti, hogy a teljes kivezérést nem viseli el hosszú ideig, de ez a készülék adatlapján fel is van tüntetve. Például meg van adva, hogy mekkora lehet az adás/vételi arány és

mekkora lehet a maximum adás periódus ideje. Ezért van az, hogy CW, SSB esetén megengedett a hosszú periódusidő maximális teljesítmény mellett, de például digitális módoknál, mint FT8 vagy PSK általában a 25% kimenő van megadva. Ezek a modulációknál is megegyzik az átlag teljesítmény a PEP-el. AM-esetén a rádiók úgy vannak beállítva, hogy eleve nem lehet 25% nál nagyobbba kivezérelni a vivőt.

AM és SSB oldalsávok

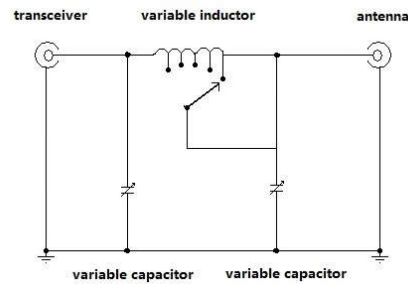
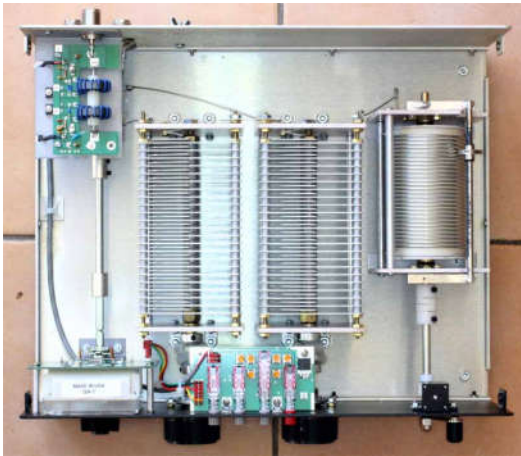


Az adó által kisugárzott jel sávszélessége a modulációtól függ. A vivő frekvencia vagy angolul Carrier az a frekvencia, amire a VFO-akat állítjuk. Ezt a vivőt moduláljuk az alapsávi jellel (moduláló jel), aminek a következtében keletkeznek az oldalsávok. A jobb felső ábrán egy AM adás látható. Középen a vivő és hozzá szimmetrikusan két oldalt az „oldalsávok”. Ezek, mint láthatók, egymás tükörképei. Ahogy azt már a vevőknél tárgyaltuk, az AM jel kétszer tartalmazza ugyan azt az információt. Tehát ugyan azt tartalmazza a felső és az alsó oldalsáv.

SSB adás esetén, mind a vivőt, mind az egyik oldalsávot elnyomjuk a jobb hatásfok érdekében. Ha USB adásról beszélünk, akkor ez azt jelenti, hogy csak a felső oldalsáv kerül kisugárzásra, ha LSB akkor csak az alsó. Rádióamatőr gyakorlatban 10 MHz alatt LSB-t, efelett USB üzemmódot használunk.

A bal oldali ábrán látható, hogy a kijelzett frekvenciához képest, hol fognak elhelyezkedni az oldalsávok. Fontos megjegyezni, hogy a sáv széleken ezt figyelembe kell venni, mert könnyen kicsúszhatunk az engedélyezett frekvencia tartományból. Például a 20 méteres amatőr sáv 14000 kHz-től 14350 kHz-ig tart. Ha mi 14349 kHz-re állítjuk be a rádiókat és USB-ben elkezdünk forgalmazni, akkor a kisugárzott jelünk már túl fog „lógni” a számunkra engedélyezett tartományon. Mert $14349 + 2,7 = 14351,7$ kHz.

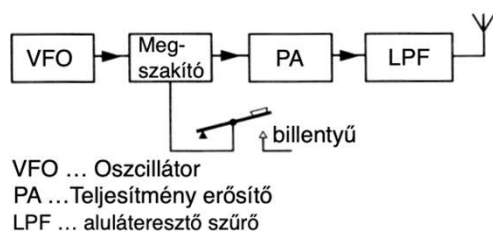
PI tuner



Mint ahogy azt már tárgyaltuk, az adó kimenetének illesztésére szükség lehet, ha a terhelés nem tökéletesen illeszkedik az adó névleges impedanciájához. Például az antenna impedanciája az időjárás hatására megváltozik, vagy az impedanciája erősen frekvenci függő. Ebben az esetben antenna hangolót használunk, amivel ezeket a változásokat kompenzálni tudjuk. Tehát az adóban lévő végfok, mindig a névleges impedanciát fogja látni.

A legáltalánosabban alkalmazott antennaillesztő kapcsolás a Collins szűrő. Két változtatható kondenzátorból és egy változtatható induktivitásból áll. Ezek az elemek egy rezgőkört alkotnak, amit az adási frekvenciára hangolunk és a két kondenzátor arányát úgy választjuk meg, hogy mind a bemenet, mind a kimenet illesztetten legyen lezárva.

Egyszerű CW adó



- Egyszerű felépítésű:
Vezérosszcillátor, billentyűző áramkör, végerősítő, kimenő szűrő
- Kristály vagy LC oszcillátoros VFO
- Általában egy amatőr sávra
- Kis teljesítmény, QRP
- Telepes működés

Az ábrán egy egyszerű CW adó tömbvázlata látható. Felépítése:

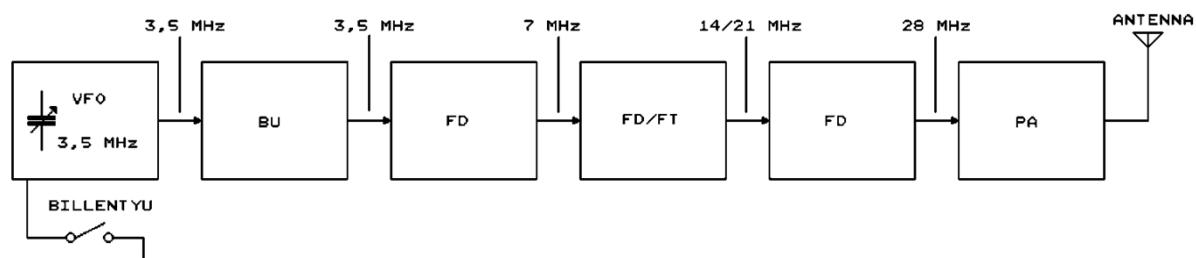
- VFO: az adó vezérosszcillátora. Ez lehet fix vagy változtatható. Az egyszerű adókban általában kristály oszcillátort használnak az amatőrök vezérosszcillátornak. Nagy előnye az egyszerű áramkör, nagy frekvencia stabilitás. Hátránya, hogy a kvarc oszcillátort nem lehet csak kis mértékben a névleges frekvenciától „elhúzni”, ezért az ilyen módon épített adó fix frekvencián üzemel és ha változtatni szeretnénk, akkor kristályt kell cserélni. Készülhet LC-oszcillátorral is, ami lehetővé teszi a sávon belüli hangolhatóságot, de az ilyen VFO-nak általában kicsi a frekvencia stabilitása. Nehéz jó hangolható VFO-t készíteni. Természetesen a bonyolultabb áramkörök tartalmazhatnak PLL-t vagy DDS szintézer áramkört, de ez már túlmutat az egyszerű áramkör fogalmán.
- Billentyűző áramkör: jelek közti szünetben, amikor nem nyomjuk le a billentyűt, akkor gondoskodnunk kell róla, hogy ne sugárzódjon ki jel az adóból. Ennek egyszerű módja, ha a vezérosszcillátor tápfeszültségét szakítjuk meg, úgymond „billentyűzzük”. Ez nem túl jó megoldás, mert minden egyes alkalommal az oszcillátornak újra el kell indulnia, és időbe telik, amíg az oszcilláció stabilizálódik. Jobb megoldás, ha az oszcillátor és a végerősítő között van egy elválasztó fokozat, ami kapcsolgatja az RF jelet a billentyűzés ütemének megfelelően.
- PA (power amplifier): teljesítmény erősítő, ami az oszcillátor jelét a kellő mértékben felerősíti. Az egyszerű adók kimenő teljesítménye általában néhány száz miliwatt és

néhány watt között szokott lenni. Ezeket más néven QRP adóknak is szokták nevezni.

- LPF (low pass filter): aluláteresztő szűrő, ami az adó nemkívánt harmonikus torzítását nyomja el.

Az egyszerű CW adókra jellemző a telepes működés, kis súly. Általában egy frekvencia sávra készülnek.

Frekvenciatöbbszörözős CW adó



Az adó igen fontos tulajdonsága a frekvencia stabilitás. Ezért a VFO-t különös gonddal kell elkészíteni. Sokszor a nagyobb frekvencia stabilitás érdekében hőszigetelt esetleg állandó hőfokon tartott dobozba kerül beépítésre. Mint már korábban tárgyaltuk, az oszcillátor frekvenciájának stabilitására hatással van az öregedés, hőmérséklet és tápfeszültség változása is. Ezt figyelembe véve a hagyományos amatőr sávokat úgy jelölték ki, hogy az ezeken való adáshoz, elég legyen egyetlen ilyen nagy stabilitású VFO-t készíteni. Tehát, ha megfigyeljük, akkor a hagyományos amatőr sávok, egymás többszörösei. 3.5-7-14-21-28 MHz. A VFO 3.5-3.8 MHz között működik. A frekvenciatöbbszörözős adó lényege, hogy a VFO frekvenciáját különböző fokozatokban és kombinációkban többszöröztők a kívánt adó frekvencia eléréséhez. Felépítése:

- VFO: nagy stabilitású hangolható oszcillátor, ami a legalsó sávon működik, az ábrán látható áramkörben. 3.5-3.8 MHz között.
- BU buffer stage: puffer fokozat. Célja, hogy elválassza a vezéroszcillátort a többi fokozattól, mert azoknak az esetleges visszahatása befolyásolná az adó frekvenciát. Ha az alap frekvencián dolgozunk, akkor a jel a puffer fokozatból rögtön a végfokra kerül és a többi fokozat nem vesz részt az adásban.
- FD frequency doubler: frekvencia kétszerező áramkör. Ez egy általában C osztályban működő erősítő áramkör, ami a már korábban tanultakból tudjuk, hogy a bemenő

jelet torzítja és emiatt megjelennek a harmonikusok. Az áramkör rezgőköre a második harmonikusra van hangolva és így a kimenetén a VFO frekvenciájának a kétszerese jelenik meg.

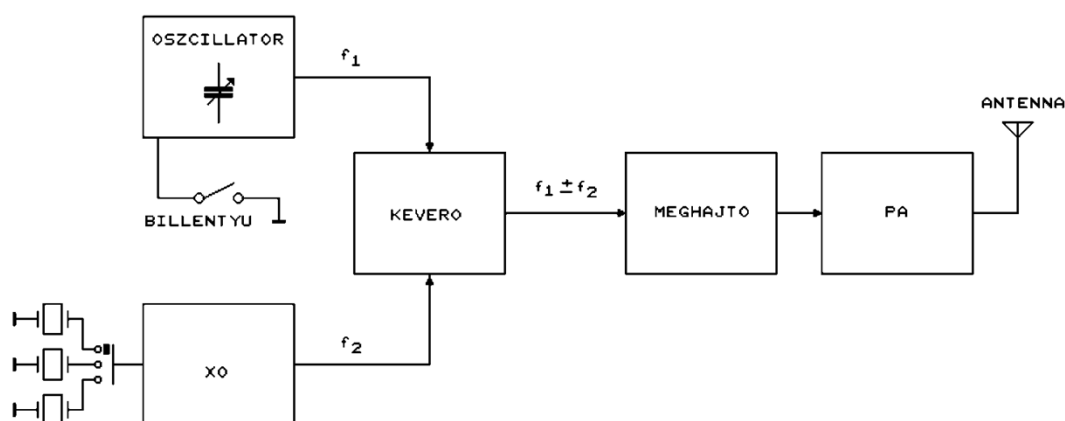
- FT frequency tripler: frekvencia háromszorozó áramkör. Ugyan úgy működik, mint a kétszerező, csak itt a harmadik harmonikusra van hangolva az áramköri rezgőkör.

- PA power amplifier: a végfok, ami az RF jelet a kellő mértékben erősíti. A hagyományos rádiók általában 100 Watt teljesítményű végfokkal rendelkeznek. A végfokban van beépítve a harmonikus szűrő, ami a káros kisugárzásokat hivatott csillpaítani.

A fenti adó, ha 21 MHz en szeretnénk használni, akkor a fokozatok úgy kapcsolódnak, hogy a VFO jele előbb az első FD fokozatban megduplázódik és 7 MHz lesz belőle, a következő fokozatban FT pedig megháromszorozódik és így kijön a 21 MHz.

Ennek az adónak a hibája az, hogy a többszörözés miatt, a VFO frekvencia eltérése is megtöbbszöröződik. Tehát, ha az elhangoldás az alap frekvenciában 5 Hz akkor az a 21 megás sávban már ennek a hatszorosa, azaz 30 Hz lesz.

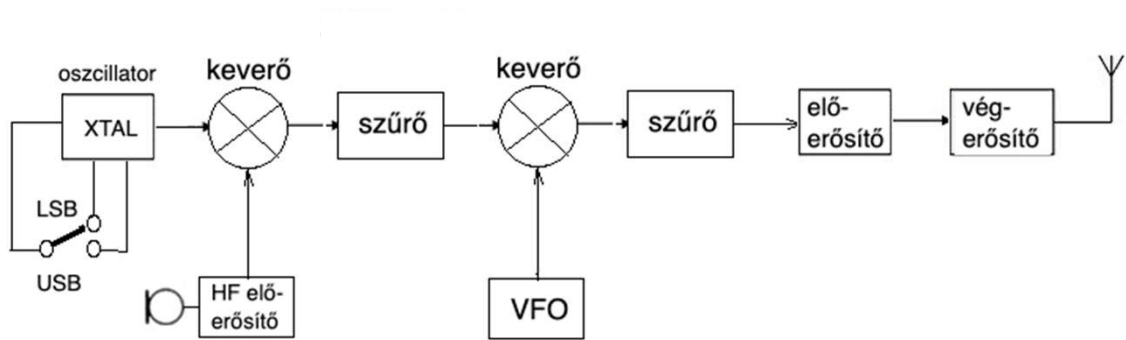
Frekvenciaáttevéses CW adó



A frekvenciatöbbszörözős adó hibáját hivatott kiküszöbölni a frekvenciaáttevéses vagy keveréses rendszerű adó. Ebben az áramkörben a VFO nemcsak a hangolható oszcillátort foglalja magában, hanem egy keverőt és egy nagy stabilitású kristály oszcillátort is, aminek a frekvenciája átkapcsolható. Az adási frekvencia úgy áll össze, hogy a keverő összekombinálja a két oszcillátor jelét és a kimenetén megjelenik ezeknek az összege és különbsége. A kristály oszcillátor átkapcsolható frekvenciái úgy vannak megválasztva, hogy annak és az változtatható oszcillátornak a kombinációja pont az amatőr sávokra essen. Például, ha az oszcillátor 5.0-5.5 MHz között működik és a kristály oszcillátor 9 MHz, akkor a kettő kombinációjából kiadódik a 3.5-4.0 MHz és 14.0-14.5 MHz. A meghajtó fokozat tartalmazza a hangolt erősítőt, ami kiválasztja a keverő kimenetén megjelenő két frekvenciából az adófrekvenciát és csak azt erősíti tovább kellő mértékben. Innen a jel tovább jut a végerősítő fokozatra.

A hangolható oszcillátor frekvenciájának megváltozása ebben a rendszerben minden frekvenciasávban azonos adási frekvencia változást okoz. Másrészt, mivel az oszcillátor frekvenciájának változtatása az adási frekvenciát valamennyi sávban ugyanannyival változtatja meg, lehetővé válik több sávban is azonos frekvenciaskála alkalmazása.

SSB adó

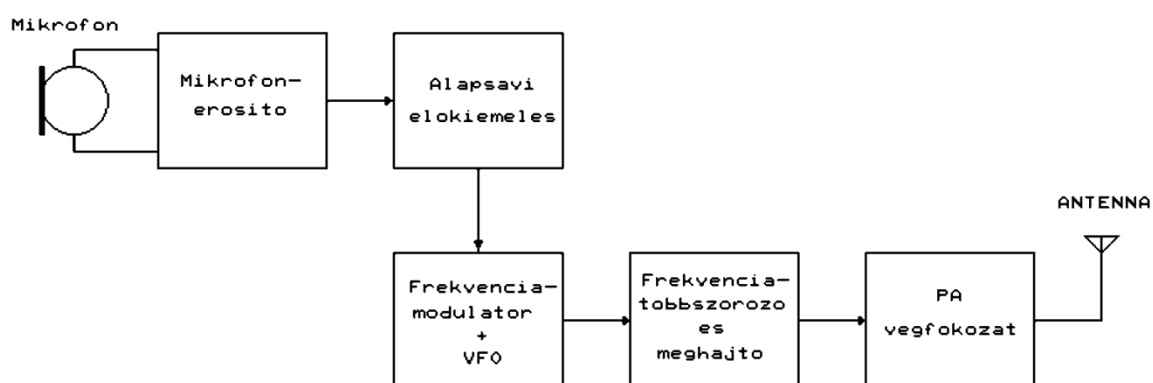


Az ábrán egy SSB adó tömbvázlata látható. Az első keverő, mint DSB modulátor működik. A mikrofon jele az előerősítő után (alapsávi jel) az átkapcsolható kristály oszcillátor jelével összekeveredve alkotja a KF (középfrekvenciás jelet), ami tartalmazza a két jel összegét és különbségét, ahogy ezt már korábban tárgyaltuk. A keverő után lévő KF szűrő, kiválasztja az egyik oldalsávot. Mivel ez a szűrő fix KF frekvencián dolgozik, ezért az LSB/USB átkapcsolást az oszcillátor frekvenciájának átkapcsolásával kell megoldani. Például, ha a KF szűrő 9 MHz-es, akkor a kristály oszcillátor frekvenciája 8.9985 MHz és 9.0015 MHz.

A KF jel a második keverőbe jut, ahol a VFO jelével kombinálódva keletkezik az adási frekvencia. ($VFO + KF$ és $VFO - KF$). A második keverő után lévő szűrő a különbségi frekvencia elnyomására szolgál. Tulajdon képen minden keverő után szükséges egy szűrő a szükséges frekvenciájú komponens kiválasztására.

Az így előállított RF jel ezután a meghajtó fokozatba kerül és végül a végerősítőre. Ezek működése már korábban megismert módon történik.

FM adó



Az ábrán egy FM adó tömbvázlata látható. Működése:

- Mikrofon erősítő: a mikrofon jelét kellőképpen felerősíti, hogy a jelszint elegendő legyen a modulátor számára.
- Alapsávi előkiemelés: A magas hangoknak a vevőben való elnyomását a frekvenciahű átvitel érdekében az adóban a magas hangok kiemelésével kell kompenzálni. Ez az alapsávi előkiemelés, vagy preemphasis. Adatjelek átvitelekor nem szoktak preemphasist ill. deemphasist alkalmazni.
- Frekvenciamodulátor: A rádióamatőr gyakorlatban keskenysávú frekvenciamodulációt (NBFM) alkalmaznak. A pillanatnyi adási frekvenciát a moduláló hangfrekvenciás jel pillanatnyi amplitúdójának megfelelően kell változtatni. A frekvenciamoduláció megvalósítható a VFO frekvenciájának közvetlen befolyásolásával. Ehhez használhatunk az oszcillátor hangolókondenzátorával párhuzamosan kapcsolt varicap diódával. Frekvenciatöbbszörözős rendszerű adóknál figyelembe kell venni, hogy a többszöröző fokozatokon a löket is sokszorozódik, ezért a VFO frekvencialöketét a kívánt löketnek olyan hányadára kell beállítani, ahányszoros frekvenciatöbbszörözés következik a további fokozatokban.
- Frekvencia többszöröző és meghajtó fokozat: Célja a kívánt adófrekvencia előállítása a VFO frekvenciájának megtöbbszörözésével és a végfok meghajtásához szükséges jelszint előállítása. FM adó is készülhet frekvencia keverős elven, mint ahogy a CW

adónál láthattuk.

Forrás

- HA5CLF Rádióamatőr vizsga felkészítő tananyag
- https://www.puskas.hu/r_tanfolyam/r_tananyag.html
- ARRL évkönyv
- Wikipedia
- Internet sources
- W2AEW youtube