

Olle Holmstrand, SM6DJH (Käännös: Thomas Anderssen, OH6NT)

Mikä se on?

Transvertteri on yksikkö, joka voidaan kytkeä transceiveriin jotta sen taajuusalue laajenee. Koska transceiveri sisältää sekä vastaanotinosan että lähetinosan, myös transvertterissä on vastaanotinosaa ja lähetinosaa. Perinteisesti vastaanotinosaa kutsutaan konvertteriksi ja lähetinosaa lähetinsekoittajaksi. Molemmat osat itse asiassa ovat konverttereita.

Useimmiten transvertterillä halutaan päästä korkeammille taajuuksille, joihin pelkällä transceiverilla ei päästä. Siksi transvertterin vastaanotinosasta joskus käytetään nimitystä "down-converter" ja lähetinosasta "up-converter" englannin kielen mukaisesti.

Transvertterissä on näiden lisäksi yksi osa, nimittäin oskillaattoriosaa. Tämä on yhteinen vastaanotin- ja lähetinosille. Se on siis kytkettynä sekä vastaanotettaessa että lähetettäessä. Muut osat otetaan tarvittaessa käyttöön kytkinyksikön avulla. Usein on mahdollista käyttää transceiverin kytkinpiiriä transvertterin ohjaukseen. Siksi transvertterissä ei tavallisesti ole ollenkaan säätimiä. Sen ei siis tarvitse sijaita transceiverin läheisyydessä, jossa operaattori työskentelee. Jos käytetään mikroaalloille tehtyä transvertteriä, se tavallisesti sijoitetaan antennin luo. Tällä lailla pienennetään häviöitä syöttöjohdossa, jotka ovat suuria korkeilla taajuuksilla.



Kompromisseja

Kaikki suunnittelijat tietävät, että kun jonkin rakenteen jotakin ominaisuutta yrittää parantaa, se tapahtuu melkein aina muiden ominaisuuksien kustannuksella. Hinta on myös mukana eräänä parametrinä suunnittelutyössä. Lopullinen tulos on siis kompromissi joka on valittu niin että niin moni kuin mahdollista, ajatellussa käyttäjäjoukossa, on tyytyväinen.

Erityisesti alemmilla lyhytaaltoalueilla ilmakehästä aiheutuva kohina on voimakasta. Tämä kohina rajoittaa mahdollisuutta kuulla erittäin heikkoja signaaleja. Tätä käytetään hyväksi nykyaikaisissa vastaanotinrakenteissa. Yleensä yritetään parantaa vastaanottimen keskinäismodulaatio-ominaisuuksia vastaanottimen kohinaominaisuuksien kustannuksella. Amatöörillä edellytetään olevan dipoli tai sitä parempi antenni. Silloin ilmakehän kohinan on määrä ylittää vastaanottimen oman kohinan.

Amatöörillä voi joskus useasta eri syystä olla huonompikin antenni. Siksi nykyaikaisissa vastaanottimissa usein on etuvahvistin, joka voidaan kytkeä käyttöön kohinaominaisuuksien parantamiseksi. Tämä tapahtuu vastaanottimen keskinäismodulaatio-ominaisuuksien kustannuksella.

Korkeammilla taajuuksilla asian laita on toinen. Kyky kuulla heikkoja signaaleja on rajoitettu suurimmaksi osaksi vastaanottimen kohinaominaisuuksien johdosta eikä ilmaston aiheuttaman kohinan vuoksi. Kompromissi on siis valittava aivan toisella tavalla. Tämä täytyy ottaa huomioon suunniteltaessa transvertteriä korkeille taajuuksille.

Kohinakerroin

Vastaanottimen herkkyyden mittaamiseen on useita tapoja. Eräs tavallinen tapa on määrittää tulevan signaalin taso jotta saadaan tietty signaali-kohinasuhde ilmaisimen jälkeen. Saatu arvo on riippuvainen vastaanottimen kaistanleveydestä sekä käytettävästä lähetelajista. Amatööripiireissä on sopimatonta mitata herkkyyttä tällä tavalla koska amatöörit jatkuvasti muuttelvat sekä kaistanleveyttä että lähetelajia.

Puolueettomampi tapa päätellä vastaanottimen kyky ottaa vastaan heikkoja signaaleja on määrittellä vastaanottimen kohinakerroin. Tarkastellaan yhtä tai useampaa astetta vastaanotinrakenteessa. Nämä asteet kehittävät elektronista kohinaa, joka vaikuttaa tulevaan signaaliin rajoittaen herkkyyttä.

Kohinakertoimen määritelmä on signaalin ja kohinan välinen suhde ennen ja jälkeen tarkasteltavien asteiden. Signaalkohinasuhde asteiden jälkeen on alhaisempi kuin ennen asteita, koska asteet ovat lisänneet kohinaa. Siksi kohinakerroin ei koskaan voi olla pienempi kuin yksi.

Tavallisesti kohinakerroin ilmaistaan desibeleinä (dB). 0 dB on siis kohinakertoimen pienin arvo ja se on mahdoton saavuttaa. Mitä pienempi kohinakerroin, sitä suuremmat ovat mahdollisuudet kuulla heikko signaali, edellyttäen että muita kohinalisäyksiä tai

häiriöitä ei esiinny.

Jokaisella asteella vastaanottimessa, jonka signaali läpäisee, on kohinakerroin. Tärkeää tietenkin on vastaanottimen kokonaiskohinakerroin. Eri asteet vaikuttavat kohinakertoimeen eri paljon. Jos signaalia on vahvistettu paljon ennen tiettyä astetta, tämä aste ei vaikuta kokonaiskohinakertoimeen kovin paljoa. Jos peräkkäin on kaksi astetta, ja molempien asteiden kohinakerroin F_1 ja F_2 tunnetaan, niin näiden asteiden kokonaiskohinakerroin F_{TOT} voidaan määrittellä, jos ensimmäisen asteen vahvistus G_1 on tunnettu.

$$F_{TOT} = F_1 + (F_2 - 1) / G_1$$

Koska vastaanottimella aina on oltava tietty vahvistus, voimme tämän yhtälön avulla nähdä, että vahvistinketjun ensimmäiset asteet ovat ne jotka vaikuttavat kokonaiskohinakertoimeen eniten. Ottakaamme käytännön esimerkki:

Meillä on konvertteri jolla on kohinakerroin 1,0 dB ja vahvistus 30 dB. Se kytketään transceiveriin jolla on kohinakerroin 15 dB. Mikä on vastaanotinjärjestelmän koko kohinakerroin?

Ensin joudumme muuttamaan kaikki dB-luvut kertoimiksi. 1,0 dB = 1,26 kertaa, 15 dB = 31,6 kertaa ja 30 dB = 1000 kertaa. Lopputulos on 1,29 kertaa, mikä vastaa kohinakerrointa 1,1 dB.

Jos konvertterin vahvistus olisi ollut vain 20 dB, tulokseksi olisi saatu 1,96 dB. 10 dB:n vahvistuksella tulokseksi olisimme saaneet 6,36 dB. Näemme miten tärkeää on että konvertterilla on tietty vahvistus. Pohjimmiltaan tämä johtuu siitä että kompromissi on tehty niin, että keskinäismodulaatio-ominaisuuksien on oltava hyviä lyhytaalloilla.

Transvertteri

Tässä kuvailemme transvertteriä joka on tarkoitettu 144 MHz:lle. Alun perin transvertteri suunniteltiin toimimaan yhdessä QROlle-transceiverin kanssa. Koska tämä transceiveri toimii vain kahdella amatöörialueella, 80 ja 20 metrin alueilla, valittiin transvertterin välitaajuudeksi 14 MHz. Transvertteri voi tietenkin toimia yhdessä myös muiden transceiveerien kanssa, mutta silloin joudutaan sovittamaan yksiköt toisiinsa. Transvertteriä voidaan myös muuttaa niin että välitaajuudeksi saadaan 28 MHz; myöhemmin kerromme miten tämä tehdään.

Kohinakerroin on mitattu 1,0 dB:ksi ja vahvistus on hieman yli 30 dB. Se sopii siis useimmille amatööreille joilla on moderni lyhytaaltotransceiveri. Jos transceiverissä on etuvahvistin, vahvistusta voidaan laskea noin 20 dB:iin. Myös 144 MHz:llä on tänään vaarana keskinäismodulaatio-ongelmat, erityisesti tiheään asutuilla seuduilla. Joskus voi olla jopa parempaa nostaa kohinakerrointa huomattavasti keskinäismodulaatio-ominaisuuksien parantamiseksi. On erittäin ärsyttävää, kun läheiset VHF-lähettimet aiheuttavat keskinäismodulaatiosta johtuvia häiriöitä. Myöhemmin kerromme kuinka vahvistusta vähennetään.

Liittäminen HF-rigiin

Koska transvertterin oskillaattoriosio on kideohjattu 130 MHz:llä, viritys tapahtuu väliataajuudella 14 MHz. Jos halutaan esim. työskennellä taajuudella 144,310 MHz, viritetään siis transceiveri taajuudelle 14,310 MHz. Käytetään siis transceiverin asteikkoa, mutta ei välitetä MHz-luvusta. Koska transvertteri toimii lineaarisesti, voimme käyttää eri lähetelajeja, esim. CW:tä tai SSB:tä. Transceiverin kaikkia ominaisuuksia voidaan hyödyntää 144 MHz:llä.

Ohjaujännite ja kaikki muut jännitteet on valittu sopiviksi QROlle-transceiveriin. Jos omistaa toisentyyppisen transceiverin, projektin kotisivuilta voi löytää vinkkejä miten liittäminen siihen voidaan tehdä. QROlle:n takapuolelle voidaan asentaa 5-napainen DIN-liitin, jonka kautta transvertteri saa sopivat jännitteet.

Monesta syystä on tarkoituksenmukaista että transceiverin tietyt osat kytketään pois käytettäessä transvertteriä. Meidän transvertterissämme lähetinsekoittaja tarvitsee 0 dBm (1 mW) ohjaussignaalin. Transceiverin pääteaste ja joku ohjainaste tulee kytkeä pois, jos tämä on mahdollista. Tulisi siis löytää kohta lähetinpiirissä, jonka taso on lähetettäessä 0 dBm. QROlle:ssa tämä piste on ohjainasteiden välissä. Voimme antaa kaksinapaisen releen (esim. Elfa 37-047-15) kytkeä tämä signaali BNC-liittimeen QROlle:n takapaneelissa.

Releen toista napaa käytetään katkaisemaan viimeisen ohjainasteen jännite sekä pääteasteen bias-etujännite. Relettä voitaisiin ohjata +9 V:lla tavallisen katkaisijan kautta, mutta tätä ei suositella, koska vaarana on, että kytkimen kääntäminen unohtuu kun transvertteri on kytketty. Transceiverin lähetinteho voi tuolloin polttaa transvertterin. Turvallisuussyistä on parempi antaa transvertterin ohjata rele päälle. DIN-pistokkeen navat 2 ja 5 ovat yhdistetty transvertterissä. Transceiverin DIN-kannan napaan 2 tuodaan +9 V ja navasta 5 otetaan ohjaus releelle. Silloin rele vetää automaattisesti kun ohjauskaapeli on yhdistetty laitteiden välille.

Ohjauskaapelin lisäksi yksiköt yhdistetään kahdella koaksiaalikaapelilla. Yhtä käytetään vastaanotettavalle signaalille joka kytketään transceiverin antennituloon, ja toisella viedään uudesta asentamastamme BNC-liittimestä ohjaussignaali lähetinasteelle.

Jos QROlle on kytketty vaihtoehto 2 mukaisesti (ks. QROlle:n rakennusohje) niin transvertteri toimii QROlle:n taajuusalueella 14,0–14,4 MHz, mikä tarkoittaa että se kattaa taajuusalueen 144,0–144,4 MHz. Eräs erittäin tärkeä 2 metrin taajuusalue on 144,4–144,5 MHz, jossa kaikki majakat sijaitsevat. QROlle:n voi helposti modifioida jotta se kattaa myös tämän alueen, enemmän tästä asiasta tulossa www-sivuilla.

CW-generaattorin rakentamista QROlle:een suositellaan, jos sitä ei ole vielä tehty. Kokeilla taajuuksilla CW on erittäin tärkeä lähetelaji, ja ahkerassa käytössä. 144 MHz:llä on monta kiinnostavaa leviämismuotoa ja CW on lyömätön näiden tutkimisessa.

Harhasignaalit

Kun konvertteriä käytetään suurilla taajuuksilla ja se kytketään transceiveriin, syntyy helposti harhasignaaleja, ns. "spurious"-signaaleja kuunneltaessa. Tämän taustana on se, että nykyaikaisissa transceivereissa on monta eri oskillaattoria ja digitaalipiiriä jotka

tuottavat yliaaltoja. Konvertterin herkkyys on suuri, ja se kuulee helposti nämä yliaallot. Kuitenkin oppii nopeasti missä nämä harhasignaalit ovat, ja useimmiten ne eivät aiheuta suurempia ongelmia.

Harhasignaalien määrää voidaan vähentää huolellisella suojauksella ja sijoittamalla transvertteri jonkun matkan päähän transceiverista. Täysin "spurious"-vapaata tilannetta tuskin voidaan saavuttaa.

Jos QROlle:n viritetään 14,0 MHz:lle, pääoskillaattorin taajuus on 9,0 MHz. 16:a yliaalto osuu tällöin taajuudelle 144,0 MHz. Alueen reunalle saadaan siis harhalähete. QROlle:ssa oskillaattorin taajuus jaetaan 2:lla logiikkapiirissä. Puolen oskillaattoritaajuuden 31:nen yliaalto antaa myös harhalähetteen taajuudelle n. 144,310 MHz.

Kytkinkaava

Jos seuraamme vastaanotettua signaalia kytkinkaavassa, näemme että signaali vahvistetaan kahdessa vahvistinasteessa MOSFET:eillä Q1 ja Q2 (BF991). Vahvistus on suuri, n. 37 dB. Jos halutaan pienentää vahvistusta, voidaan pienentää 1,8 k Ω vastusarvoja, jotka ovat rinnakkain 470 nH kuristimien kanssa. Resonanssipiirit voidaan virittää C1, L3 ja L4 avulla. Näissä kolmessa resonanssipiirissä on verrattain korkea Q-arvo. 3 D-kaistanleveys on noin 2,5 MHz. Peilitaajuusvaimennus on erittäin hyvä, 67 dB:iä ja bandin ulkopuoliset VHF-asetat suodattuvat pois tehokkaasti.

Transvertterissä käytetään balansoitua diodisekoittajaa kahdella diodilla D1 ja D2 (2 kpl BAS85). Sekoittajaa käytetään sekä lähetettäessä että vastaanotettaessa. Kytkentään käytetään kytkindiodeja D4, D5, D6 ja D7 (4 kpl BAT18). Tällainen sekoittaja voi toimia lineaarisesti korkealla tulosignaalilla, edellyttäen että oskillaattoriteho on suuri (enemmän kuin +5 dBm). Sekoittaja alkaa muuttua epälineaariseksi signaalin tulotasolla n. -5 dBm. Koska sekoittaja vaimentaa signaalia n. 6 dB, voidaan laskea maksimi lähtötason olevan n. -15 dBm ja tuolloin laskelmassa on pientä marginaalia.

Lähetettäessä korkea taso on tärkeää. Silloin ei jouduta vahvistamaan niin paljoa jotta lähtötehoksi saadaan 15 W. Liian suuri vahvistus johtaa helposti epävakauteen. Tehokas suojaus auttaa tietenkin, mutta tämä on kallista ja tylsää. On suuri etu jos voidaan pärjätä ilman suojausta.

Transceiverista lähtevä 0 dBm signaali vaimennetaan kahdella vastuksella, 33 Ω ja 22 Ω . Siten saadaan sekoittajalle sopiva taso. Tiettyä hajontaa voi mahdollisesti esiintyä lähetinosan vahvistuksessa. Silloin vastusten arvoja voidaan muuttaa. Kapasitiivisesti kytketyn bandisuotimen keloilla L8 ja L9 suodatetaan peilitaajuussignaali ja oskillaattorisignaali pois. Sen jälkeen signaali vahvistetaan kahdessa asteessa Q5 ja Q6 (BFR92A). Nyt signaalitaso on n. +7 dBm, mikä riittää täysin ohjaamaan Mitsubishin valmistetta olevaa lähetinmoduulia RA13H1317M. Moduulin sisäänmenossa on loukku, jonka taajuus voidaan virittää kondensaattorilla C2. Loukun taajuus tulee olla 130 MHz. Tällä tavalla oskillaattorisignaalia vaimennetaan edelleen ja se onkin 63 dB:iä lähtötason alapuolella. Peilitaajuus on vielä alemmalla tasolla.

Lähetinmoduuli sisältää kaksi teho-FET:iä. Moduuli toimii lineaarisesti jos sen läpi annetaan kulkea tyhjäkäyntivirtaa. Tämä virta säädetään trimmerillä. Jotta moduuli

saadaan aivan lineaariseksi, tyhjäkäyntivirran on oltava aika suuri, n. 300 mA. Luonnollisesti tämä virta säädetään kohdalleen ilman ohjaussignaalia. Täydellä ohjaussignaalilla moduuli vie n. 2 A 13,5 V syöttöjännitteellä, ja silloin lähtöteho on 15 W. Moduuli muuttuu epälineaariseksi jos siitä yritetään saada enemmän tehoa ulos. Lähetettäessä SSB:tä tulee olla hieman varovainen, jotta piiriin ei syötä liian paljon ohjausta. Toinen yliaalto 288 MHz:llä vaimentuu vain 25 dB moduulissa. Alipäästösuodin (kela L12) vaimentaa tätä yliaaltoa tasoon n. 45 dB 144 MHz lähtösignaalin alapuolelle.

Antennirele on halpa ja yksinkertainen rele. Koska tämä on induktiivinen, ja ei sovitettu 50 ohmiin, sen induktanssi täytyy kompensoida. Tämä tapahtuu 6,8 pF kondensaattorilla joka sijaitsee antennilähdössä. Tässä kohdassa on myös lähtötasoindikaattori. Lähtevä signaali ilmaistaan diodilla D3 (BAS85). Mittapisteessä Tp3 on 2,2 V tasajännite jos lähtöteho on 15 W ja transvertteri näkee 50 ohmin kuorman.

Mitsubishilta löytyy lähetinmoduuleita joilla on suurempi lähtöteho. Jos sellaista yrittää käyttää, täytyy muistaa että antennirele tuskin kestää korkeampaa lähtötehoa. Jäähdytystä on myös parannettava. Jos halutaan onnistua tässä, lähtösignaali tulee johtaa suoraan ulos transvertterin kotelosta koaksiaalikaapelilla, jolloin vastaanoton ja lähetyksen antenninvaihtokytkenä on käytettävä koaksiaalirelettä.

Alimpana oikealla piirikaaviossa sijaitsee transvertterin kideoskillaattori. 130 MHz kide on 5:nen tai 7:nen yliaallon kide joka on sarjaresonanssikalibroitu. Kelan L7 avulla oskillaattori viritetään niin että se värähtelee vakaasti. Tällä kelalla voidaan myös vaikuttaa taajuuteen muutama kHz. Puskuritransistori Q4:n tehtävä on eristää oskillaattori sekoittajasta. Kun sekoittajan tulosignaali on suuri, impedanssi muuttuu ohjauksen mukaan. Tämä voi aiheuttaa oskillaattorin taajuusmodulaatiota. Tämän takia oskillaattori on eristettävä.

28 MHz

Kuten sanottu transvertterin välitaajuus voidaan muuttaa 14 MHz:stä 28 MHz:iin. Kidetaajuuden on tuolloin oltava 116 MHz ja myös sarjaresonanssikalibroitu. Jotta oskillaattori saadaan värähtelemään, C5:n arvo muutetaan 15 pF:sta 22 pF:iin. Sekoittajassa muutetaan C3:n arvo 100 pF:sta 33 pF:iin. RX-lähdössä on myös muutettava C4 100 pF:sta 47 pF:iin, mutta tämä ei ole niin kriittistä.

Laitekotelo

Transvertteri on rakennettu kaksipuoliselle piirikortille, jonka mitat ovat 61 x 105 mm. Kortti on asennettu alumiinista valettuun koteloon, jonka mitat ovat 120 x 95 x 34 mm (Elfa 50-055-33). Kortin ja kotelon pohjan väli on 4 mm. Lähetinmoduuli on asennettu kortin viereen, ja kotelon ja moduulin välissä on 2 mm:n välilevy alumiinista, jonka mitat ovat 18 x 66 mm. Tämä välilevy on tarpeellinen, jotta moduuli saadaan samalle korkeudelle kuin piirikortti. Kotelon lämpökapasiteetti on tarpeeksi iso moduulin jäähdyttämiseksi. Lämmönkehitys ei ole niin suurta workittaessa CW:tä tai SSB:tä. Jos käytetään lähetelajeja jossa lähetetään kantoaaltoa jatkuvasti, jäähdytystä on parannettava.

Rakennussarja

Auttaakseni kiinnostuneita amatöörejä hankkimaan tarvittavat osat transvertteriin, ja lisäksi saada hintaa alas, minulta voi tilata näitä osoitteilla sm6djh(ät)ssa.se tai oh6nt(ät)sral.fi ainakin tietyn ajan. Sarjojen lukumäärä on liian pieni jotta mekaaniset osat voitaisiin koneistaa valmiiksi, joten reijityksen joutuu tekemään itse. Komponenttiluettelo, rakennusohje, viritysohje ja muuta informaatiota julkistetaan projektin www-sivuilla.

Hauskoja rakenteluja.

SM6DJH, Olle

