

Ylä-Savon Ammattiopisto

Teppo Rinne
1,2 GHz ATV –lähetinjärjestelmä

ALKULAUSE

Päättötyöni aihe muodostui kuin itsestään, sillä kiinnostukseni mikroaaltoja kohtaan oli alkanut jo kauan ennen aiheiden valintaa. Ammattikoulussa päättötöissä ei ole koskaan juurikaan mitään uutta, kaikki on vain edellisen vuoden esittelyjen kopioita. Itse en halunnut näin tehdä, vaan halusin luoda jotain uutta. Jotain, mitä ei ennen ole Ylä-Savon ammattiopistossa tehty.

Haluan kiittää kaikkia ylä-savolaisia radioamatöörejä saamistani neuvoista ja tuesta. Komponenttihankinnoissa on erityisesti avustanut Lauri Mähönen (OH7AZL), Timo Hyvönen (OH7LMQ), Juhani Raittonen (OH7JEO) sekä Iisalmen radiokerho. Päättötyön valvojana toimi Reijo Ronkainen (OH7MHF). Haluan kiittää kaikkia heitä saamastani tuesta ja avusta. Päättötyössä on käytetty osin käytöstä poistettujen laitteiden osia, joiden osalta haluan myös kiittää nimeltä mainitsematonta savolaista yritystä.

Iisalmessa 30.2 2002

TEPPO RINNE

1,2 GHz ATV –lähetinjärjestelmä
Rinne, Teppo (OH7GCT)
Ylä-Savon ammattiopisto
Sähköala
Tammikuu 2002

TIIVISTELMÄ

Valitsin tämän päättötyön tarkoitukseni opiskella ja tutkia mikroaaltoja sekä rakentaa radioamatööriasemaani uuden taajuusalueen lähetin- ja vastaanotinlaitteisto. Laitteisto toimii 23cm:n (1,2GHz) taajuusalueella ja lähetysnormi on FM-moduloitu PAL (Phase Alternation Line). Lähetintä on mahdollista kehittää mm. laajakaistaiseen digitaalisen datan välittämiseen, sillä sitä voidaan moduloida lähes kaikilla singaaleilla DC-5,5 MHz.

ABSTRACT

I chose this diploma work in order to study and explore microwaves and build a new band transceiver system to my radio amateur station. System works in 23cm (1,2 GHz) band and transmit norm is PAL (Phase Alternation Line). It's possible to develop the transmitter to i.a. for transmitting wideband digital data because of it can be modulated with any singal DC-5,5 MHz.

1. SISÄLLYSLUETTELO

I ALKULAUSE

II TIIVISTELMÄ

1 SISÄLLYSLUETTELO

2 JOHDANTO

2.1 Taajuusalueet

2.2 Modulaatiot

2.3 Videosignaali ja modulointi

2.4 FM –kynnys

2.5 Määräykset

3 TEKNINEN MÄÄRITTELY

3.1 Lähetin

3.2 Pääteaste

3.3 Antennit ja syöttökaapelit

3.4 Esivahvistin

3.5 Ohjelmalähteet

4 VASTAANOTTO

4.1 Yhteysetäisyydet

4.2 Vastaanoton välineistö

5 YHTEENVETO

6 LÄHDELUETTELO

7 LIITTEET

2 JOHDANTO

Radioamatööri on henkilö, jolla on telehallintoviranomaisen myöntämä radioamatöörin pätevyystodistus. Radioamatöörit opiskelevat radiotekniikkaa ja pyrkivät soveltamaan opittuja asioita käytäntöön. Yleisiä yhteysmuotoja ovat sähkötys, puhe, kuva ja digitaaliset yhteydet.

Yhteyksien virittelyssä voidaan lähettää tietokoneella tai palkkigeneraattorilla muodostettuja testikuvia. Yhteyden aikana voidaan myös lähettää videokameralla tallennettuja filmejä vaikkapa muista harrasteista. Lakipykälät kieltävät radioamatööreiltä kaupallisten, poliittisten ja uskonnollisten aiheiden käytön yhteyksissä.

2.1 TAAJUUSALUEET

Televisiolähetysten vaatima suuri kaistanleveys rajoittaa Suomessa käytettäviä ATV – taajuuksia. Yleisesti Suomessa käytettävät taajuusalueet ovat 1.2 GHz, 2,4 GHz ja 10 GHz, mutta USA:ssa käytetään myös 430 MHz:ä AM:llä laajemman taajuusalueen mahdollistamana. Suuremmille taajuuksille siirtyessä tulevat vastaan rakenteelliset ongelmat, vaimennukset sekä kalliimmat osat. Radioamatööreille säädetyt taajuusalueet määrää Viestintävirasto. [Liite 7]

2.2 MODULAATIOT

ATV -järjestelmissä käytetään yleensä taajuusmodulaatiota. Ensimmäisiä kokeiluja tehtiin AM-modulaatiolla, mutta nykyisin on siirrytty käyttämään FM-lähetettä paremman kuvan ja vastaanottimien helpomman saatavuuden vuoksi.

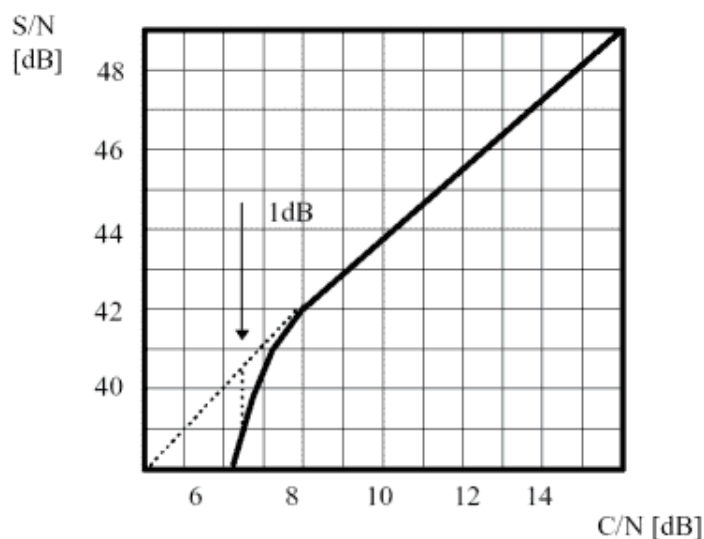
Taajuusmodulaatioissa saavutetaan parempi lineaarisuus, S/N –suhde, sietokyky signaalin tason vaihteluille sekä C –vahvistinluokan käyttö. FM –modulaatio vaatii huomattavasti suuremman kaistanleveyden ja on mutta on helpommin toteutettavissa AM-modulaatioon verrattuna. Heikoilla signaaleilla AM on kohinainen mutta FM näkyy tai ei näy johtuen vastaanottimien FM-kynnyksestä.

2.3 VIDEOSIGNAALI JA MODULOINTI

Videosignaali on analoginen signaali, joka sisältää kuvan juovien krominanssin (väri-informaatio), luminanssin (kirkkaus) ja tahdistuspulssit. Yhdessä nämä signaalit muodostavat yhdistetyn värisignaalin eli CVBS –signaalin. CCIR –normin mukaisen videosignaalin amplitudi on 1 Vpp 75 ohmiin mitattuna. Liite 2:n mukaisesti videosignaalin amplitudi on välillä 0,3...1Vpp. 0,3V edustaa mustaa ja 1V valkeata, väliin jäävän alueen ollessa harmaasävyjä. Väri-informaatio liitetään videosignaaliin 4,4MHz:n apukanta-aallon avulla. Apukanta-aallon vaihemuutos vaikuttaa krominanssiin. PAL -järjestelmän etuna on sen yhteensopivuus mustavalkoisen sekä värisignaalin kanssa. Televisiokuva syntyy 625 kappaleesta kuvajuovia. Jokaiseen juovaan tarvitaan yksi liitteessä 2 esitetty videosignaali-pätkä. Juovat piirretään television kuvaruudulle lähtien vasemmalta oikealle, ylhäältä alas. TV-kuva on jaettu kahteen kenttään lomitetusti, jonka tarkoituksena on vähentää kuvassa esiintyvää välkkymistä. [Liite 5]

2.4 FM-KYNNYS

FM –kynnys kertoo kuinka heikkoja signaaleja vastaanottimella voidaan vastaanottaa häiriöttömästi. Suurilla kaistanleveyksillä ja pienillä signaalitasoilla kynnyksen merkitys korostuu erityisesti. Vastaanotossa on ominaista, että ilmaistu signaali huononee hyvin voimakkaasti, kun ilmaistavan signaalin kantoaaltokohinasuhde (C/N) putoaa tietyn rajan alapuolelle. Tätä kynnystä nimitetään FM-kynnykseksi. Kynnyksen arvo riippuu FM-ilmaisimen rakenteesta ja laadusta. Kynnystä voidaan parantaa vähäkohinaisilla etuasteilla. [Lähde 3]



2.5 MÄÄRÄYKSET

Suomen radioamatöörimääräyksistä vastaa Viestintävirasto, entinen Telehallintokeskus. Määräysten tavoitteena on sekä säilyttää sopu harrastajien välillä että antaa taitojen ja tietämysten mukaiset oikeudet toteuttaa harrastusta. Lähettimille vaaditaan haltijan pätevyystodistus sekä asemalupa. Pätevyystutkinto on viestintäviraston järjestämä koetilaisuus, jossa varmistetaan harrastajan tiedot sähkö- ja antennitekniikasta sekä turvallisuus- ja liikennemääräyksistä. Pätevyystodistuksia on neljä eri luokkaa, joista jokaiselle on määritelty sallitut taajuusalueet ja tehorojoitukset. Asemalupa sallii lähettimien hallussapidon, ja samalla se antaa radioamatööräkutsun. [Liite 8]

3 TEKNINEN MÄÄRITTELY

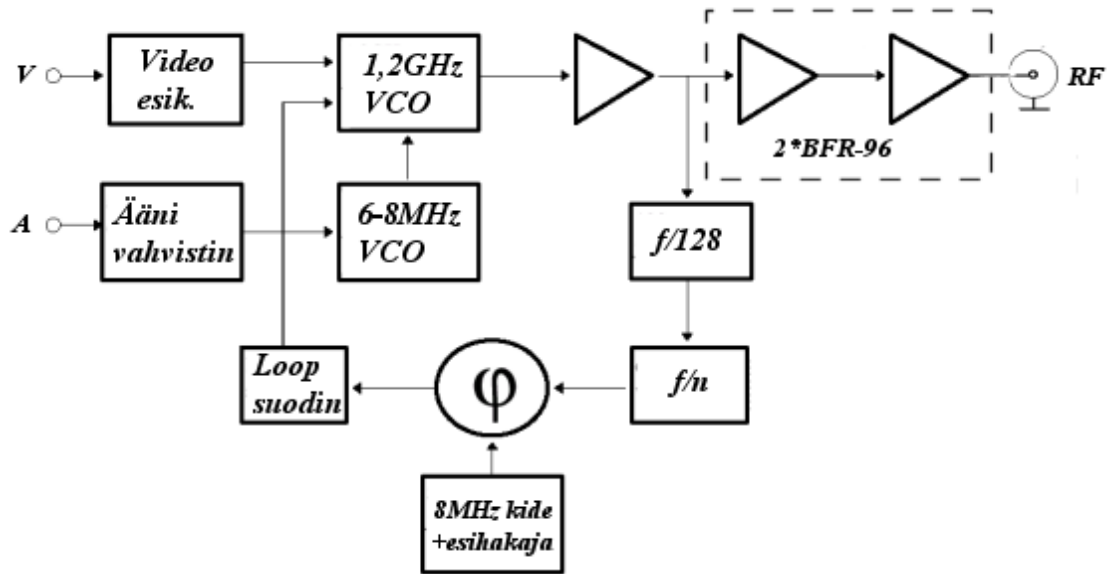
Lähetinjärjestelmän muodostavat ohjelmalähde, lähetin, syöttökaapeli ja antenni. Lisänä tähän on vastaanottoon tarkoitettut toinen antenni, esivahvistin, kaapeli, vastaanotin ja monitori. Näiden osa-alueiden rakentaminen ja sovittaminen toimivaksi kokonaisuudeksi on pitkä ja vaativa projekti, mutta samalla se opettaa paljon mikroaalloista. 1,2 GHz on hyvä alue aloittaa, sillä se on huomattavasti helpompi taajuusalue rakentaa laitteita itse kuin esim. 10 GHz. Harraste tarjoaa kokeneillekin harrastajillekin jatkuvasti uusia haasteita.



3.1 LÄHETIN

Lähetin on Elektor Electronicsin Helmikuun 1994 lehdestä. Sen on suunnitellut Englantilainen Tim Forrester (G4WIM). Lähetin on erityisen suosittu amatöörien keskuudessa sen yksinkertaisuuden ja edullisuuden vuoksi. Taajuuden säädön puute ei ole ongelma, sillä taajuutta joudutaan muuttamaan vain hyvin harvoin. Lähetin on

muutettavissa myös 2,4 GHz:lle vaihtamalla esijakaja ja virittämällä oskillaattorit uudelleen.



PLL, vaihelukittu silmukka eli synteesi, on oleellisin osa lähetinlevyä. Se koostuu 1,2 GHz:n oskillaattorista, esijakajapiiristä, ohjelmoitavasta jakajasta, referenssioskillaattorista, vaihevertailijasta sekä silmukkasuotimesta. Jännitesäätöisen oskillaattorin taajuus jaetaan ensin esijakajapiirillä 128:lla ja sen jälkeen PLL -piirin ohjelmoitavalla jakajalla. Saatu taajuus menee vaihevertailijaan ja sitä verrataan 8 MHz:n referenssioskillaattoriin. Vaiheiden erosta saatu tasajännite pehmenetään silmukkasuotimessa ja sillä ohjataan jännitesäätöistä oskillaattoria. Lähettimen taajuus voidaan laskea kaavalla $f_{out} = 0.00390625 * (jakoluku) * 128$. Taajuuden minimiaskellus on 100kHz. Jos taajuutta tarvitsee muuttaa usein, voi ohjelmoitavaa jakajaa ohjata esim. dippikytkimillä, mikroprosessorilla tai tietokoneen rinnakkaisportilla. Taajuus asettuu hetken aikaa johtuen vaihelukkopiirin hitaudesta, sillä se päästää alle 30Hz muutokset lävitseen. Nopeampien muutosten päästessä läpi vääristäisi PLL -piiri kuvaa. Kiteen taajuuden säätöä lähettimessä ei ole, sillä PAL -virittimien laajan AFC:n ansiosta 2 MHz:n lähetystaajuuden ryömimistä ei huomaa. [Liite 1]

Synteesi parantaa oskillaattorin ominaisuuksia huomattavasti. VCO:n värähtellessä synteestistä irrotettuna syntyy huomattavasti sivunauhakohinaa, kun synteesiin kytkettynä kohina vaimenee huomattavasti. Suurtaajuusoskillaattoreiden eräs ominaisuus on epästabiilisuus. Synteesi korjaa oskillaattorin epästabiilisuutta automaattisesti käyttäjän huomaamatta asiaa. [Liite 4] [Lähde 2]

Oskillaattorin kannalle kytkettyä kapasitanssidiodia ohjataan synteessin korjausjännitteellä, ääniapukantoaalto-oskillaattorilla sekä esikorostetulla videosignaalilla. Oskillaattorin kapasitanssidiodi toimii sekoittajana.

Lähettimeessä on videosignaalille esikorostus joka vaimentaa videosignaalin matalimpia taajuuksia. Esikorostus tasaa suurtaajuustiellä tapahtuvaa korkeampien taajuuksien vaimentumista parantaen kuvaa vastaanottopäässä. Vastaanottopäässä esikorostuksesta ei tarvitse huolehtia, sillä virittimissä on valmiina esikorostuksen kumoamiskytkennät. Esikorostuksen ja videotason säädön jälkeen signaali menee oskillaattorin kapasitanssidiodille. Jännite menee myös transistorin kannalle mikä aiheuttaa lähettimeen heikon AM-modulaation. Ominaisuudesta ei ole varsinaista haittaa, muttei mitään hyötyäkään.

Audiosignaalia ei lähettimessä juurikaan käsitellä, sen taso vain sovitetaan ja puskuroidaan taajuusmoduloidulle ääniapukantoaalto-oskillaattorille operaatiovahvistimella. Oskillaattorin perässä ei ole mitään alipäästösuodinta, joten rakenteesta aiheutuvat harmoniset lähetteet pääsevät suurtaajuusoskillaattoriin. Ääniapukantoaallon tasoa säätämällä voidaan harmoniset lähetteet sopivasti säätämällä vaimentaa määräyksiä vastaaviksi. Audiosisääntulossa on tasajännite, jolloin siinä on mahdollista käyttää elektreettimikrofoneja.

Hybridivahvistimen ulostulotaso ei riitä vielä pääteasteelle, joten tasoa on lisättävä kahdella noin 9dB:tä lisäävällä BFR96 -pohjaisella vahvistimella. Kytkentä on ATV – harrastajien yleisesti käyttämä vahvistin Dubus 2/84 –lehdestä. Vahvistimen maksimi ulostulotaso on noin 400mW, jolla voidaan pitää lyhyitä yhteyksiä ilman varsinaista pääteastetta. [Liite 2]

Oskillaattori tulee kasata välivahvistimien kanssa tukevaan metallikoteloon. RF – ulostulossa voidaan käyttää BNC –liitintä. Sen suurtaajuusominaisuudet ovat riittävät, mutta sitä ei voi käyttää suojaamattomana ulkotiloissa. Ulkona on suositeltavaa käyttää parempia N –liittimiä. Sisääntuloissa voidaan käyttää esim. RCA –liittimiä.

3.2 PÄÄTEASTE

Pääteaste on käytöstä poistetun 1,8 GHz:n linkkiradion lähettimen vanha pääteaste. Vaikkei sitä ole suunniteltu 1,2 GHz:lle, se on helposti muutettavissa toimimaan siellä lisäämällä yksi 3 pF trimmerikondensaattori kollektorilta maihin ja virittämällä pääteaste uudelleen siinä olevien foliopalojen avulla. Trimmeriä asennettaessa tulee ottaa huomioon sen johtimien aiheuttama kapasitanssi. Pääteasteen koteloinnin tulee olla mekaanisesti tukeva ja RF –tiivis. Pääteasteesta saadaan maksimissaan noin 35 dbm:n (3,5 W) teho. [Liite 3]

3.3 ANTENNIT JA SYÖTTÖKAAPELIT

Suuret taajuudet mahdollistavat lyhyen aallonmittansa vuoksi pienet mutta tehokkaat antennit. Mikroaalloilla on helppo saavuttaa 16 db:n vahvistus antenniin, mutta kaapeleiden vaimennukset kasvavat voimakkaasti taajuuden funktiona. Paras tulos saavutettaisiin jos lähetin sijaitsisi lähellä antennin syöttöpistettä ja vain matalataajuinen modulointi siirrettäisiin kaapeleilla. Tämä vaatisi hyvän kosteudenkeston lähettimen koteloinnilta joten toistimia lukuun ottamatta lähettimet sijaitsevat pääosin sisätiloissa ja vaimennus yritetään pitää kurissa paksuilla ja kalliilla kaapeleilla. Teollisuuden purkutavaroista löytyvillä käytetyillä kaapeleilla on hyvät suurtaajuusominaisuudet.

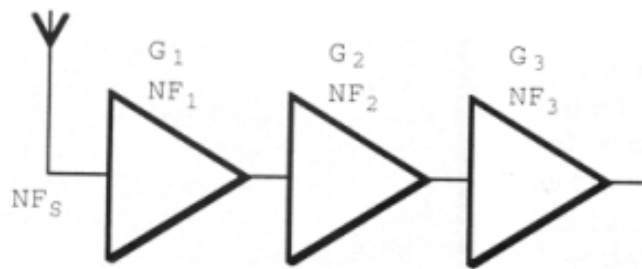
Antenni on helposti rakennettava ja toimintavarma Hybridiquadi. Antenni muodostuu kahdesta säteilijäloopista, jotka ovat syöttöpisteestä yhdistetty rinnakkain. Säteilijöiden takana on alumiininen heijastajalevy. Antennia rakentaessa on huomioitava, että satelliittivirittimet antavat kaapeliliitäntään noin 17V:n tasajännitteen. Virittimen vaurioitumisen estämiseksi on suositeltavaa asentaa antennin syöttöpisteeseen pieni tasavirranerotuskondensaattori. Antennilla väitetään olevan vahvistusta noin 10 dB dipoliin verrattuna. [Liite 6]

Mikroaalloilla voidaan käyttää myös satelliittivastaanotosta tuttuja peilejä. Peilit ovat hyvin laajakaistaisia antenneja, joiden vahvistus on verrannollinen taajuuden aallonpituuteen. Mikroaalloilla peilit tarjoavat suuren vahvistuksen ja kapean pääkeilan. Peilin muutokseen tarvitsee rakentaa uusi syöttöelementti ja laskea syöttöpiste muutettaessa se lähetinkäyttöön. Peilit ovat hankalia rakentaa, mutta vanhan käytetyn peilin voi muuttaa halvalla lähetinkäyttöön sopivaksi.

3.4 ESIVAHVISTIN

Esivahvistin on Elektor Electronicsin 6/96 lehdessä ollut kolmiasteinen mastovahvistin. Sen vahvistus on suurempi kuin 35 dB ja kohinaluku alle 1 dB. Esivahvistimen ensimmäinen aste on toteutettu laadukkaalla MGF1302 –fetillä ja asteen vahvistus on noin 14 dB. Asteen jälkeen on kolme elementtinen induktiivinen mikroliuskasuodin, jolla suodatetaan toiminta-alueen ulkopuolisia häiriöitä. Kaksi seuraavaa astetta ovat MSA0685 hybridivahvistimia, joilla saadaan pääasiassa raakaa vahvistusta kohinaluvun kärsimättä. Vahvistin saa käyttösähkösä suoraan virittimeltä, ja samalla se katkaisee tasavirtapiirin oikosulkuantennilta.

Esivahvistimien kohinaluku (signaali/kohinasuhde) määräytyy pääosin ensimmäisen asteen perusteella. Kaava kohinan laskentaan on $NF_S = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 G_2}$.



Mastovahvistimen rakenne on oltava tukeva ja sen on kestävä vettä, jäätä ja lunta. Hyvä, mutta tiivistämätön kotelo päästää kosteuden sisäänsä jättäen sen sinne. Kosteus lopettaa vahvistimen toiminnan ja hapettaa liitokset. Yleensä on helpompi tehdä avoin vahvistin jossa vesi pääsee helposti koteloon, mutta myös helposti pois sieltä. Kotelon voi myös sulkea hermeettisesti esim. epoksihartsilla tai tinaamalla kotelon ilmatiiviiksi.

3.5 OHJELMALÄHTEET

Lähettimellä saa lähettää kaikkea teostovapaata materiaalia. Lähettäjän kutsu on lähetettävä joko äänenä tai kuvana vähintään kerran kymmenessä minuutissa sekä yhteyden alussa ja lopussa. Ohjelmälähteenä voi olla mikä tahansa videosignaalia tuottava laite.

4 VASTAANOTTO

Radioamatööriviestintä on laillisesti kaikkien vastaanotettavissa, mutta ilman teknistä tietämystä ATV:n vastaanotto on hyvin vaikeata. Hyvä antenni ja esivahvistin ovat ehdottomat jo kilometrin yhteysetäisyydellä. ATV –lähetteen suuri kaistanleveys vaikeuttaa lähetteen vastaanottoa. Yleisenä nyrkkisääntönä pidetään, että kaistanleveyden kaksinkertaistuessa herkkyys putoaa 3 db. Lähettimen kaistanleveys on noin 30 MHz normaalin puhelälähetteen ollessa 10 kHz.

4.1 YHTEYSETÄISYYDET

Mikroaallot etenevät hyvinkin eri tavoilla. Pääosa etenemisestä on yleensä näköyhteys, eli lähettäjän ja vastaanottajan antennit näkevät toisensa. Näköyhteyksissä ei vaadita suuria tehoja, mutta käytännössä suoraa näköyhteyttä on mahdotonta saada. Toinen etenemistapa on heijastuminen suuresta pinnasta. Pintoina voi toimia korkeat kerrostalot tai muut rakennelmat. Kolmantena etenemistapana on troposcatter, eli ilmakehästä taittuminen tai heijastuminen, jolloin yhteydet horisontin yli ovat mahdollisia. Troposcatter aiheuttaa voimakkuuden vaihtelua, joka vaikeuttaa signaalin vastaanottoa. Eräs troposcatterin muodoista on heijastuminen revontulista, lentokoneesta tai vesisaderintamasta. Molemmat näistä aiheuttavat dopplersiirtymää, mikä tarkoittaa taajuuden hienoa muuttumista heijastuessa liikkuvasta kohteesta. Efekti on sama kuin ambulanssin ajaessa ohi. Mikroaaltojen etenemistä ei ole saatu vielä täysin selvitettyä, ja uutta tietoa löydetään jatkuvasti. DX –yhteydet ovat erittäin harvinaisia, mutta sopivan kanavoitumisen mahdollistamana on käytännössä mahdollista saada 500 km:n kuvayhteys. Lämpötila vaikuttaa huomattavasti mikroaaltojen etenemiseen. Optimaalisin vastaanottokeli on kova pakkanen kirkkaana talvipäivänä. Signaalivoimakkuuden laskua aiheuttavat kaikki mäet, puut, säätilat ja muut esteet antennin etukeilassa.

4.2 VASTAANOTON VÄLINEISTÖ

Vastaanotossa toimii samanlaiset antennit kuin lähetyksessäkin. Olisi kuitenkin suotavaa, että antennilla olisi hyvä vahvistus heikkojen signaalitasojen vuoksi. Antenni tulisi sijoittaa mahdollisimman korkealle, kauaksi puista tai muista maastoesteistä. Koska antennit ovat suunta-antenneja, käytetään niissä yleensä kääntömoottoria. Antenni tulisi suojata lumelta ja jäältä, sillä niiden kertyminen heikentää antennin toimivuutta.

Esivahvistin on erittäin tärkeä osa ATV -lähetteen vastaanottoa. Suuren kaapelivaimennuksen takia se määrää suurimmaksi osaksi kokonaisuuden herkkyyden, kohinaluvun sekä voimakkaiden signaalien keston. Vahvistimessa tulisi olla suodin taajuusalueen ulkona olevien lähetteiden aiheuttamien häiriöiden estämiseksi. Huono esivahvistin pilaa virittimen hyvän ilmaisimen.

Vastaanoton kaapelointiin voidaan käyttää normaalia televisioon tarkoitettua kaapelia, esim. Tellut ja RG-59. Vastaanotossa kaapelivaimennus korvataan raa'alla voimalla, esivahvistimen ulostulotasolla. Kaapelien liittimet on ehdottomasti suojattava vedeltä, sillä liittimen vuotaminen pilaa kaapelin muutamassa kuukaudessa.

PAL -virittimet ovat alun perin tarkoitettu 10 GHz taajuuksien vastaanottoon. Peilissä oleva mikropää toimii sekoittimena muuntaen 10 GHz:n taajuusalueen 1 GHz:lle ja vahvistaen signaalia noin 35 db:tä. Tällä saavutetaan kaapelivaimennuksen kumoaminen, kohinaluvun pieneneminen sekä vastaanottimen halvempi rakenne. ATV -käyttöön virittimet ovat muutettavissa yksinkertaisesti poistamalla mikropää ja korvaamalla se esivahvistimella ja antennilla. Samalla vastaanottimen ensimmäinen välitaajuusaste muuttuukin lohkokaaviossa vastaanotettavaksi taajuudeksi. Virittimen tehtävänä on vain ilmaista vastaanotettu signaali. PAL -virittimillä on eroja niiden mikropäävalinnoissa sekä ääniapukantaallaan taajuuseron suhteen. Vastaanottimia ei kannata itse rakentaa, sillä sopivia PAL -virittimiä saa muutaman euron kappalehintaan.

Amatööreillä on paljon toistinasemia käytössä 2m:llä sekä 70cm:llä. Uusia 1,2GHz:n toistimia rakennetaan pikkuhiljaa. Toistinasemilla ilmaistu signaali lähetetään eteenpäin uudella taajuudella. Toistinasemat mahdollistavat yleisen kutsutaajuuden ja laajemman näkyvyysalueen. Iisalmessa ATV -toistinta ei vielä ole, mutta sellaiselle on jo paljon kiinnostusta.

5 YHTEENVETO

Lähetin toimii, se valmistui ajallaan ja on käyttötarkoituksen mukaisesti kotoitettu. Vaikka alkuperäisen suunnitelman mukainen taajuudenvaihtaja jäikin toteuttamatta, ei sillä ole merkitystä lähettimen käytön kannalta. Kuvassa ja äänessä ei ole havaittu virheitä ja lähetystehokin on riittävä ensimmäiseksi lähettimeksi. Mielestäni päättötyön valmistuksessa ei ollut mitään ongelmia, vaan kaikki sujui ammattilaisen ottein. Kirjallisen osuuden tekemisen aloitin yli kaksi kuukautta ennen luovutusta. Tekstiosuus syntyi omalla painollaan hitaasti asioita miettiessäni. Tekstiä jouduin muuttamaan monia kertoja parhaan ymmärrettävyyden ja selkeyden saavuttamiseksi. Kirjallinen osuus on mielestäni virheetön, sisältää olennaiset asiat ja on helposti ymmärrettävässä muodossa.

Päättötyö antoi paljon minulle itselleni. Opin paljon suurtaajuisista signaaleista ja niiden etenemisestä. Projekti ei kuitenkaan pääty tähän, vaan tämä on vasta alku mikroaaltojen ihmeelliseen maailmaan. Paras kiitos itselleni olisi jos tulevaisuudessa joku toinen tekisi päättötyökseen radioamatööritoimintaan liittyvän aiheen tämän projektin pohjalta.

6 LÄHDELUETTELO

- [1] Elektor Electronics 2/1994
- [2] YSAO opetusmateriaali 2001/2002
- [3] TV-satelliittivastaanotto, Ari Ikonen 1992, ISBN 951-96616-0-3

7 LIITELUETTELO

- [1] Lähettimen piirikaavio
- [2] Oskillaattorivahvistimen piirikaavio
- [3] Pääteasteen piirikaavio
- [4] VCO:n sivunauhakohina
- [5] Videosignaalin 1 juova
- [6] Hybridiquadin mitoitus
- [7] Taajuusaluekaavio VHF-UHF
- [8] Radioamatöörimääräykset