

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Jarkko Mäkivaara

RADIOAMATÖÖRITELEVISIOTOISTINASEMA

Tekniikan Porin yksikkö

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Elektroniikan ja informaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

ALKULAUSE

Tämä insinööri työ on tehty lisäämään satakuntalaisten radioamatöörien aktiviteettia mikroaaltotaajuusalueilla sekä kokeilemaan televisolähetteellä.

Insinööri työn aikana kehitetty radioamatööritelevisiotoistinasema lahjoitetaan Teljän radioamatöörien käyttöön. Teljän radioamatöörien puolesta tarvike-hankinnoissa ja asennustyössä ovat avustaneet: Sakari Nylund (OH1KH), Juhani Perho (OH1QG) ja Jarmo Kettunen (OH1MRR). Toistinaseman kuuluvuuskartan on tuottanut Arvi Kokkonen, TELECOM FINLAND. Porin teknillisellä oppilaitoksella työn valvojana on toiminut DI, Ilkka Kulmala. Heille haluan lausua parhaimmat kiitokseni työn aikana saamastani tuesta.

Porissa 1.8. 1996

JARKKO MÄKIVAARA

RADIOAMATÖÖRITELEVISIOTOISTINASEMA

Mäkiavaara, Jarkko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Elektroniikka & Informaatiotekniikka
Tekniikan Porin yksikkö
Tammikuu 1997
Kulmala Ilkka

AVAINSANAT: RADIOAMATÖÖRI, TELEVISIO, TOISTINASEMA

UDK: 621.393.9
621.397

TIIVISTELMÄ

Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella Suomen ensimmäinen radioamatöörien käyttöön tarkoitettu televisiotoistinasema. Toistimella oli tarkoitus pystyä toistamaan elävää videokuvaa ja ääntä 1.2GHz:n taajuus-alueella ja näin pidentämään yhteysetäisyyksiä. Väliaikoina, kun toistinta ei käytetty tuli sen lähettää tekstisivuja, jotka toimivat radioamatöörien välisenä informaatiokanavana.

Toistinajatuksen tarkoitus oli saada paikalliset radioamatöörit kiinnostumaan tästä uudesta lähetelajista ja samalla saada liikennettä hiljaisille mikroaalto-taajuuksille. Vaatimuksena toistinaseman toiminnalle oli hyvä kantavuus, vastaan-ottamisen helppous ja radioamatöörimääräysten mukainen toiminta.

Toistinaseman laitteisto pohjautuu kulutuselektroniikan ja mikroaaltotekniikan komponentteihin. Toistinaseman ytimenä toimii PC-mikrotietokoneessa toimiva ohjelma, jonka toimintaa voidaan kauko-ohjata toistimen kautta. Ohjelma on kirjoitettu Turbo Pascal 7.0 ohjelmointi-kielellä.

RADIO AMATEUR TELEVISION REPEATER

Mäkiavaara, Jarkko

Satakunta polytechnic

Technology, Pori

Degree Program of Electrical Engineering

Electronics and Information Technology

January 1997

Project Supervisor: Ilkka Kulmala, MSc(Tech)

Classification 621.393.9, 621.397 (UDC).

KEYWORDS: RADIO AMATEUR, TELEVISION, REPEATER

ABSTRACT

The objective of this final year project was to design the first television repeater in Finland intended for the use of radio amateurs.

The aim of the repeater was to repeat live video and audio signal on the 1.2 Ghz radio amateur band thus extending the contacts. While there was no activity on the repeater it was to transmit text pages, which could be used as information media between radio amateurs. The idea was to get the local radio amateurs interested in using this new transmitting method and to activate silent microwave frequencies.

The requirements for the repeater were long distance contacts, easy receiving, and operation in accordance with the radio amateur rules.

The equipment of the repeater is based on commercial and microwave electronic components. The heart of the system is a PC-computer program whose working can be remotely controlled. The program was written using the Turbo Pascal 7.0 programming language.

II ALKULAUSE

III TIIVISTELMÄ

IV ABSTRACT

1 JOHDANTO

1.1 Taajuusalueet

1.2 Modulaatiomenetelmät

1.3 FM-kynnys

2 TOISTINASEMAN TOIMINNALLINEN MÄÄRITTELY

2.1 Toistinaseman toiminta

2.2 Toistinaseman käyttö

3 TOISTINASEMAN TEKNINEN MÄÄRITTELY

3.1 Toistinaseman masto-osa

3.1.1 Lähetin

3.1.2 Vastaanotin

3.1.3 Masto-osan jännitteensyöttö

3.1.4 Suotimet

3.1.5 Suotimen laskentaesimerkki

3.1.6 Antennit ja syöttöjohdot

3.1.7 Masto-osan liitännät

3.1.8 Kotelointi

3.2 Toistinaseman ohjauslogiikka

3.2.1 Logiikan toiminta

3.2.2 Logiikan toteutus

3.2.3 Logiikan ohjaus

3.2.4 Analogiasignaalien valinta

3.2.5 DTMF-dekoodaus

3.2.6 Videokohinasalpa

3.2.7 Watchdog

3.2.8 Kotelointi

4. YHTEYSETÄISYYDET

4.1 Yhteyden laadun arvionti matemaattisesti

4.2 Yhteyden laadun arvionti maastoprofiilista

4.3 Yhteyden laadun arviointi tietokonepohjaisesti

5. TOISTINASEMAN OHJELMISTO

5.1 Ohjelmiston toiminta

5.2 Keskeytysohjelmoiti

5.3 Kauko-ohjaus

5.4 Tiedostotoiminnot

5.5 Logiikan ohjaukseen käytetyt rutiinit

6 YHTEENVETO

7 LÄHDELUETTELO

8 LIITEET

1. LIITEET

1.1 ATV-toistinaseman toteutuksen aikataulu

1.2 ATV-toistinaseman lohkokaavio

1.3 Esimerkkilupakaavake

1.4 Radioamatööri-toistinaseman lupa

1.5 ATV-toistinaseman kuuluvuuskartta

2. TOISTINASEMAN PIIRILEVYT

2.1 Toistinaseman logiikan piirikaavio

2.2 Toistinaseman logiikan piirilevy (juotospuoli)

2.3 Toistinaseman logiikan piirilevy (komponenttipuoli)

2.4 Toistinaseman logiikan piirilevyn komponenttisijoittelu

2.5 Toistinaseman logiikan piirilevyn komponenttiluettelo

2.6 Masto-osan jännitesyötön reguloinnin piirikaavio

2.7 Masto-osan jännitesyötön reguloinnin piirilevy

2.8 Masto-osan jännitesyötön reguloinnin komponenttisijoittelu

2.9 Masto-osan jännitesyötön reguloinnin komponenttiluettelo

2.10 Ääniapukantaaalto generaattorin piirikaavio

2.11 Ääniapukantaaalto generaattorin piirilevy

2.12 Ääniapukantaaalto generaattorin komponenttisijoittelu

2.13 Ääniapukantaaalto generaattorin komponenttiluettelo

3. MITTAUSTULOKSET

3.1 Suotimen taajuusvaste

3.2 Lähettimen harmoniset yliaallot

3.3 Ääniapukantoaalto moduloituna

3.4 Ääniapukantoaallon harmoniset yliaallot

4. OHJELMAN LISTAUS

1 JOHDANTO

Radioamatööritelevisiotoiminta (ATV) on radioamatöörien välistä kommunikointia televisiolähetteen avulla. Yhteydet koostuvat yleensä yhteyden laadun testailusta, radioteknisistä kokeiluista ja sosiaalisesta kanssakäymisestä. Usein yhteyksien alussa ja virittelyssä lähetetään testikuvia, jotka voivat olla tietokonegrafiikalla tai palkki-generaattorilla muodostettuja kuvia. Televisioyhteyden aikana voidaan myös välittää videokameralla tallennettuja filmejä asianomaisen lähiympäristöstä, matkoista, kerho-illoista tai muista harrasteista. Radioamatöörejä sitovat lakipykälät kieltävät kuitenkin kaupallisten, poliittisten ja uskonnollisten aiheiden käytön. Lähetystyyppejä lähetetään yleensä kotoa, mutta nykyään ovat yleistyneet lähetykset lentokoneista, kuumailmapalloista ja jopa avaruusaluksista.

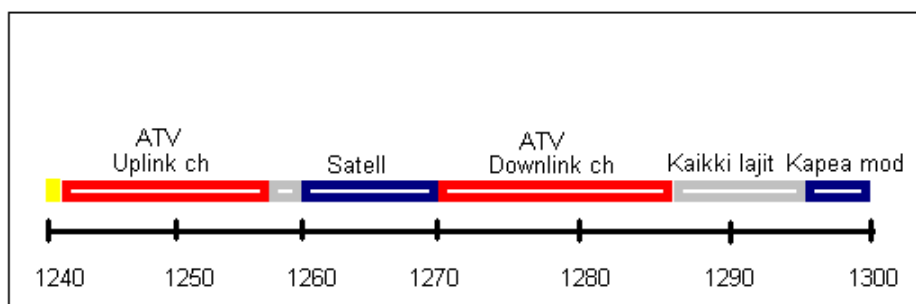
Johtuen lähetteen vaatimasta suuresta kaistanleveydestä on käytettävä UHF- tai SHF-taajuuksia. Näillä korkeammilla taajuusalueilla ei saavuteta kovin pitkiä yhteyksiä (n.100km). Toistinasemilla saadaan kätevästi yhteysetäisyyksiä pidennettyä. Lisäksi toistinasema voi toimia informaatiokanavana ja mielenkiintoisena kokeilukenttänä.

Radioamatöörit olivat aikoinaan kehittämässä televisiota. Vanhimmat artikkelit ovat vuodelta 1925. Tällöin suoritettiin kokeiluja motorisoiduilla pyyhkäisylevyillä, joilla saatiin välitetty kuva liikkumaan. 1940-luvulla kehitettiin elektroninen musta-valko-televisio ja 1960-luvulla suomalaiset radioamatöörit lähettivät Euroopan ensimmäiset värilliset kuvat [LÄHDE 15].

Nykyään alan kokeilijoita on Suomessa melko vähän (n. 20 aktiiviharrastajaa). Tekniikan kehittyessä parempiin lähetelajeihin ja kulutuselektroniikan räjähdysmäinen kasvu on parantanut kotivideolaitteiden saatavuutta ja näin lisännyt kiinnostusta aihetta kohtaan.

1.1 Taajuusalueet

Yleisesti radioamatööritelevisiossa käytettävät taajuusalueet ovat 1.2GHz ja 10GHz. Näillä taajuusalueilla on riittävästi tilaa televisiolähetteen vaatimalle taajuuskaistalle.



Kuva 1. 1.2GHz amatöörialueen taajuusjako

USA:ssa on myös mahdollista käyttää 430 - 450 MHz:n aluetta. Tällä taajuusalueella pystytään pitämään pitkiä yhteyksiä monien eri etenemisilmiöiden avulla. Jos lähetteenä käytetään tynkäsivukaista-AM modulaatiota voidaan vastaanottimena käyttää tavallista TV-vastaanotinta. Tämä taajuusalue ei kuitenkaan Suomessa sovellu ATV-lähetysille, koska käytössä on vain kapea osa taajuusalueesta (432-438MHz).

Mielenkiintoisena uutena taajuusalueena 10GHz tarjoaa paljon tilaa lähetille ja kulutuselektronikan valmiit vastaanottimet helpottavat kokeilujen aloittamista. Vastaanottimena voidaan käyttää sateliittivastaanotossa 11-12GHz:llä käytettyä viritin/lautasantenni pakettia. Lautasantennin mikroaaltopäätä joudutaan kuitenkin modifioimaan siten, että vastaanottoalue muuttuu 10GHz:lle.

Lähettimenä voidaan käyttää Gunplexer-oskillaattoria tai lähetinkonvertertia. Gunplexerin taajuus on vahvasti riippuvainen käyttöjännitteestä, niinpä sitä voidaan helposti moduloida käyttöjännitteen muutoksilla. Lähetä on suoraan FM-moduloitua. Lähtöteho tällaisessa

lähettimessä on 1-30mW luokkaa, jolloin yhteysetäisyydet ovat täysin riippuvaisia siitä kuinka korkealle antennit saadaan. Vapaassa tilassa 10GHz signaali etenee lähes vaimentumatta lyhyillä matkoilla.

1.2 Modulaatiomenetelmät

Modulaatiomenetelmänä käytetään yleensä tynkäsivukaista amplitudimodulaatiota ja taajuusmodulaatiota. Tynkäsivukaistamodulaatiota käytetään yleisradiovälitteisessä televisiokuvan siirrossa sekä taajuusmodulaatiota televisiosateliiteissa. Yksinkertaisemman rakenteensa vuoksi ensimmäisiä kokeiluja tehtiin AM-modulaatiolla, mutta nykyisin on siirrytty käyttämään FM-lähetettä paremman kuvan ja vastaanottimien saatavuuden vuoksi.

Tynkäsivukaista-AM	Taajuusmodulaatio
<ul style="list-style-type: none">+lähettimen yksinkertainen rakenne+parempi kuvanlaatu heikolla signaalilla+pienempi kaistanleveys	<ul style="list-style-type: none">+parempi lineaarisuus+voidaan käyttää C-luokan vahvistimia+FM-kynnyksen ylittävän kuvan laatu+signaali/kohinasuhde+parempi kuvanlaatu monitie-etenemisyhteydellä+sietää paremmin signaalin tason vaihteluita (fading)
<ul style="list-style-type: none">-tehoton-vaaditaan lineaariset asteet-tehovahvistimet AB-luokassa-vaatii hyvän signaalin puhtaalle kuvalle-monitie etenemisessä haamukuvat-alttiimpi kipinähäiriöille	<ul style="list-style-type: none">-vaatii suuremman kaistanleveyden-kuvan laatu heikoilla signaaleilla johtuen FM-kynnyksestä-monimutkaisempi

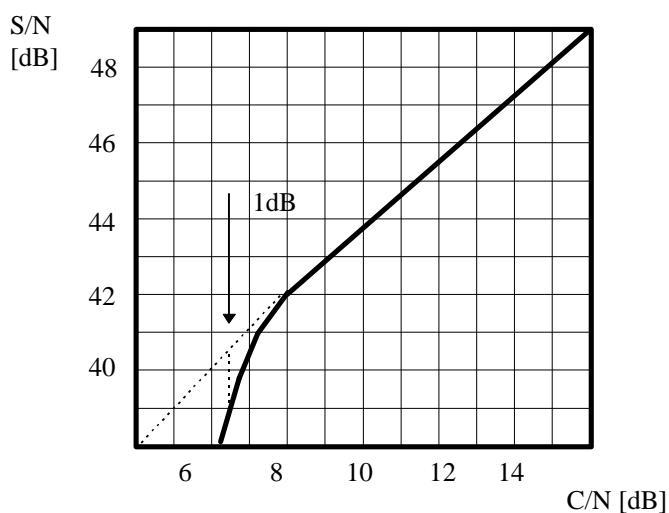
Kuva 2. TV-modulaatiolajien edut ja haitat

Yleensä käytetään värilähetystä, vaikka musta-valkolähetteellä saadaan parempi kuva heikolla signaalitasolla. Etuna voidaan myös ajatella musta-valkokuvan tarvitsema pienempi kaistanleveys taajuusmodulaatiolla. Suurin haitta värien käytöstä on ns. väri-kohinan ilmaantuminen normaalilla signaalitasolla.

1.3 FM-kynnys

FM-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. Kynnys on siis mitta siitä, kuinka heikkoja signaaleja vastaanottimella voidaan vielä häiriöttömästi vastaanottaa.

Kun C/N -suhde on riittävän suuri paranee ilmaistun videosaalin signaali/kohinasuhde S/N lineaarisesti C/N -suhdetta kasvatettaessa. Pienillä C/N arvoilla videosaalin S/N -suhde putoaa jyrkästi. Tätä epälineaarista aluetta, jossa S/N poikkeaa 1dB sanotaan FM-kynnykseksi. Absoluuttinen arvo riippuu taajuusmoduloidun signaalin kaistanleveydestä ja deviaatiosta. Perussatelliittiviritimien kohinakynnys on luokka 7 dB.



Kuva 3. FM-kynnys

Vastaanottimen kynnystasoa voidaan pienentää kaventamalla välitaajuusvahvistimen kaistanleveyttä tai käyttämällä FM-ilmaisimena vaihelukkopohjaista ilmaisinta (PLL).

Välitaajuusvahvistimen kaistanleveys on aina kompromissi, sillä mentäessä liian kapealle alueelle putoaa osa lähetteen informaatiosta pois ja kuvan laatu kärsii.

FM-ilmaisulle on tyypillistä ns. impulssikohina, joka näkyy helpoimmin kuvan värillisissä osissa. Eniten impulssikohinaa näkyy punaisessa värissä. Kun vastaanotin on oikealla taajuudella lähettimeen nähden, näkyy kuvassa yhtä paljon valkoisia ja mustia impulssikohinapiikkejä.

2 TOISTINASEMAN TOIMINNALLINEN MÄÄRITTELY

2.1 Toistinaseman toiminta

Radioamatööritelevisiotoistinaseman tehtävänä on toistaa vastaanotettua televisiosignaalia ja samalla vahvistaa sitä. Etuna tästä saavutetaan pidempiä yhteysetäisyyksiä sekä yhteyksiä, jotka eivät ilman toistinta olisi mahdollisia. Toistinasema toimii samalla kokoontumispaikkana, josta alan harrastajia löytyy.

Koska toistinaseman on vastaanotettava ja lähetettävä samaan aikaan, on sen käytettävä kahta eri taajuutta samanaikaisesti. Jotta lähetin ei häiritsisi vastaanotinta, on lähetteen oltava puhdasta. Tämä toteutetaan yleensä suodattimilla.

Radioamatööritoistinaseman toiminta jakautuu itse toistotilaan ja tekstisivujen lähetys-tilaan. Kun toistinasemalla ei ole liikennettä, voidaan kanavalla lähettää tietokoneen tuottamaa teksti- ja kuvainformaatiota. Informaatio voi kertoa harrasteesta, radioamatööri-kerhosta, tekniikasta, toistinasemasta ja tulevista tapahtumista. Lähetettävän informaation on oltava radioamatöörimääräyksen mukaista, joten poliittisten, uskonnollisten ja kaupallisten aiheiden käsitteleminen ei ole suotavaa.

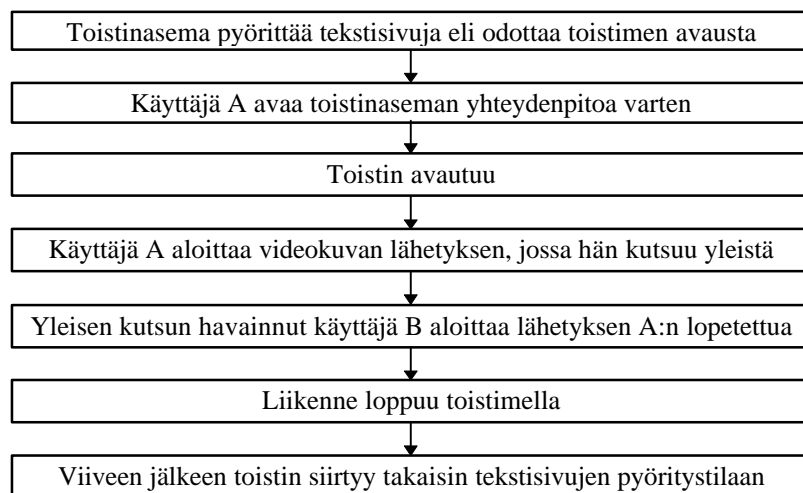
Toistinta voidaan kauko-ohjata käyttäjän toimesta ns. DTMF-koodeilla. Näillä koodeilla tulee toistinasemaa voida ohjata radioamatöörimääräyksen mukaan käynnistämään ja sammuttamaan toistotilan sekä hätätapauksissa sulkemaan koko toistimen. Lisäksi ovat mahdollisia erilaiset palvelut käyttäjälle, kuten esim. toistinaseman lokitietojen näyttäminen, yhteystilaston esittäminen, kellonajan näyttö ja toistinaseman kameroiden ohjaus. Toistinaseman yhteyteen voidaan kätevästi liittää vaikkapa kerhorakennuksen murtohälytys. Tässä kuitenkin vain muutama esimerkki siitä mihin toistinasemaa voidaan soveltaa.

Toistinaseman suunnittelussa on otettu huomioon näiden lisätoimintojen tarvitsemat liitännät.

2.2 Toistinaseman käyttö

Toistinasemaa käytetään vuorotellen kuten toistinasemia yleensä. Tästä tavasta käytetään nimitystä simplex. Toistimen välittämää kuvaa voidaan samalla monitoroida, koska lähetin ja vastaanotin ovat eri taajuuksilla.

Toistinasemaa käytetään avaamalla se toistotilaan kauko-ohjauskoodilla *. Tällöin toistin ilmoittaa avaavansa toistotilan ja siirtyy toistamaan käyttäjän lähettämää kuvaa. Tässä tilassa se toistaa kaiken, mitä vastaanotin ottaa vastaan. Jos vastaanotettavaa signaalia ei ole, se toistaa myös kohinaa, joka on tavallista tällä taajuusalueella. Jotta ei turhaan toistettaisi pelkkää kohinaa, tunnistaa toistimen logiikka videosignaalin katkeamisen minuutin kuluttua ja siirtyy takaisin tekstisivujen lähetystilaan. Koska katkaisuaika on näin pitkä, ei ole vaaraa siitä, että yhteys katkeaisi yhteysvuorovaihdon aikana. Toistin voidaan myös sulkea manuaalisesti ohjauskoodilla #.

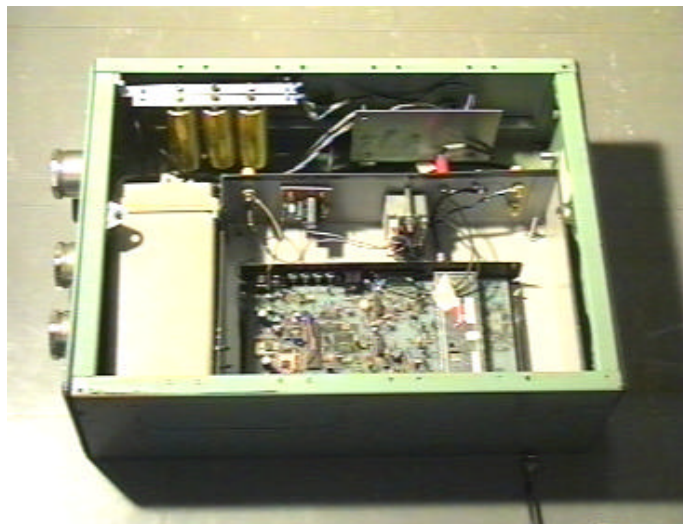


Kuvio 1. Toistinasemayhteyden kulku

3.1 Toistinaseman masto-osa

Masto-osa sisältää lähettimen, vastaanottimen sekä jännitesyötön reguloinnin. Vastaanotin ja lähetin on koteloitu erillisiin koteloihin, jotka on sijoitettu eri mastoihin. Sijoittamalla lähetin ja vastaanotin eri paikkoihin saadaan niiden keskinäiset häiriöt vähenemään. Masto-osa sijoitetaan mahdollisimman hyvälle paikalle mastoon. Lähettimen ja vastaanottimen sijoittamisella mastoon saadaan antennien syöttöjohdot lyhyiksi ja näin siirtohäviöt minimoitua. Vastaanottimesta lähtevä ja lähettimelle tuotava videosignaali kuljetetaan masto-osalle koaksiaalikaapelia pitkin. Audiosignaalit sovitetaan muuntajilla parikaapeliin. Sähkönsyöttö toteutetaan siirtämällä parikaapelia pitkin 20V vaihtosähköä ylös masto-osalle. Vaihtojännitteen tasasuuntauksen ja reguloinnin jälkeen se siirretään lähettimelle ja vastaanottimelle.

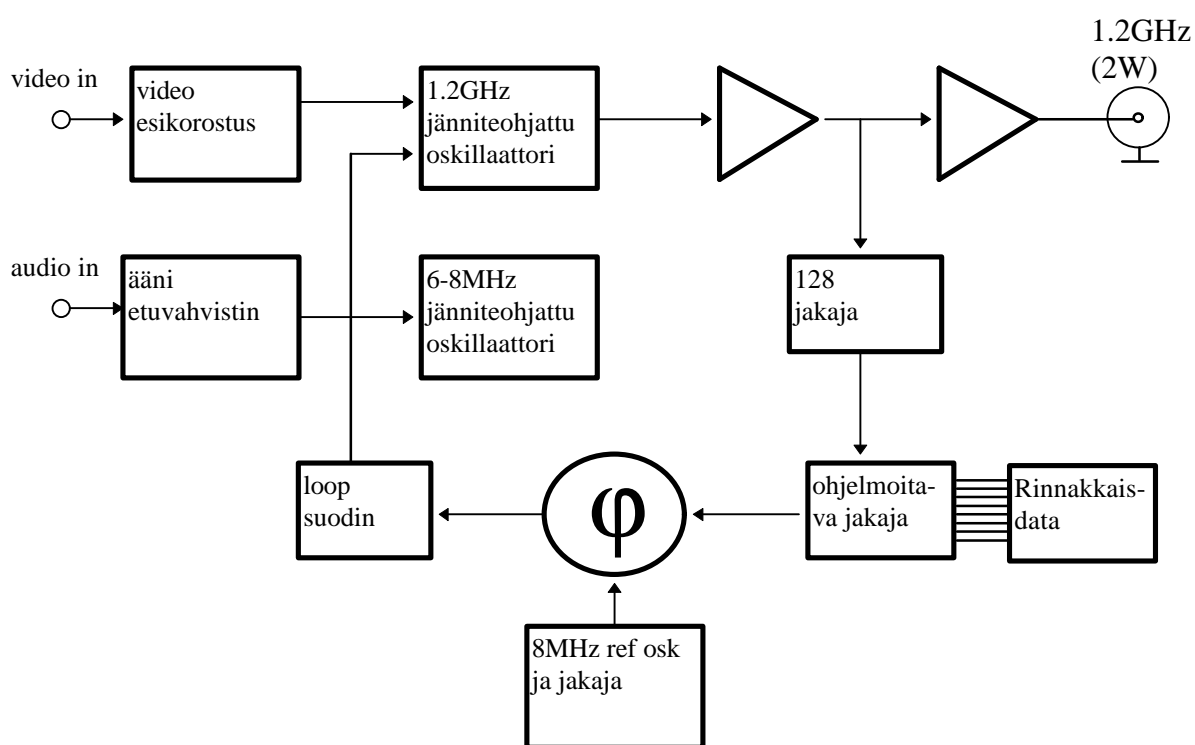
Masto-osan lähetin ja vastaanotin on koteloitu roiskevesitiiviiseen koteloon. Kotelo on vielä suojattu muovisella sadesuojalla.



Kuva 4. Kotelo ulkopuolelta

3.1.1 Lähetin

Toistinaseman lähettimenä käytetään yleisesti radioamatööritelevisiotoiminnassa käytettyä englantilasta Tim Forresterin (G4WIM) suunnittelemaa lähetintä (LÄHDE 7).



Kuva 5. Lähettimen lohkokaavio

Lähetin koostuu vaihelukitusta oskillaattorista, jota voidaan moduloida videosignaallilla. Lähtötehoa lisätään Mitsubishin valmiilla RF-vahvistin modulilla. Lähtöteho on n. 2W. Tämä tehotaso riittää melko hyvin, tosin olisi hyvä jos lähetin- ja vastaanottoantennin välillä ei olisi esteitä.

Lähettimen taajuus on aseteltavissa syöttämällä vaihelukkopiiriin rinnakkaismuotoinen jakoluku. Rakennussarjassa onkin kytkimellä valittavissa kaksi taajuutta 1.249 GHz ja 1.265 GHz. ATV-toistinaseman lähetin on aseteltu kiinteästi telehallintokeskuksen luovuttamalle 1.252 GHz:n taajuudelle.

Taajuus noudattaa seuraavaa kaavaa:

$$f_{out} = 0.00390625 * (\text{jakoluku}) * 128$$

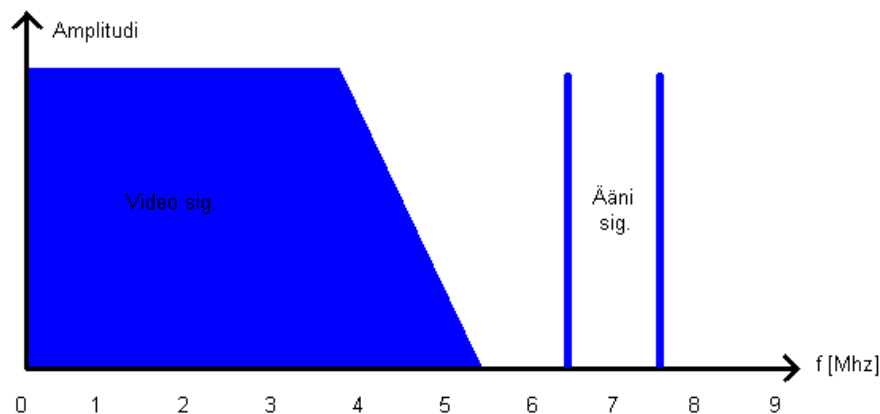
Kaavan mukaan taajuutta voidaan asettaa 100kHz välein.

Taajuustarkkuus on todella hyvä ja vaikka taajuus olisi pielessä vastaanottimen AGC korjaa taajuuden kohdalleen.

Taajuuden asettuminen kestää hetken johtuen vaihelukkopiirin hitaudesta, se päästää alle 30Hz muutokset lävitseen. Jos nopeammat muutokset pääsisivät läpi, moduloisi PLL-piiri kuvaa vääristäen.

Kuvasignaali liitetään mukaan tähän korkeaan taajuuteen moduloimalla kapasitanssi-diodien avulla jänniteohjattua oskillaattoria. Toistoalue on n. DC - 5.5 MHz ja tällöin syntynyt deviaatio on 16MHz leveä.

Lähetintä voidaan moduloida myös millä tahansa DC - 10 MHz signaalilla. Tämä mahdollistaa myös erillaiset datakokeilut.



Kuvio 3. Ilmaistu videosignaali

Ääni liitetään mukaan 6 - 8 MHz taajuusmoduloidulla oskillaattorilla, jonka kaistanleveyttä ja taajuutta voidaan muuttaa. Äänen laatu on lähes HIFI-tasoa johtuen leveästä kaistanleveydestä (n.200 kHz).

Äänilähteenä voi toimia tavallinen kapasitanssimikrofoni tai linjatasoinen audiosignaali, mutta tällöin lähettimen mikrofoni vahvistimen eteen on lisättävä jännitteenjako. Tällä pyritään estämään apukantoaalto generaattorin yliohjautuminen.

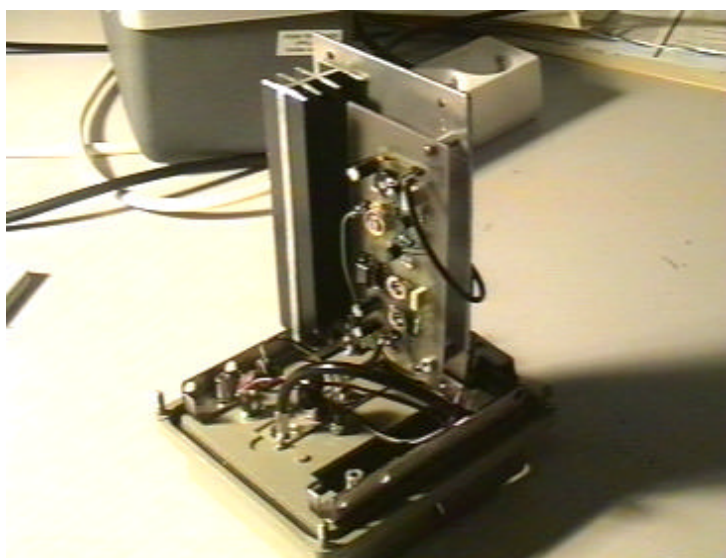
ATV-toistinaseman lähettimeen on lisätty ylimääräinen ääniapukantoaalto. Toteutus perustuu samanlaiseen oskillaattori kytkentään, jota käytetään myös rakennussarjan ääniosassa. Oskillaattori on rakennettu erilliselle kaksipuoleiselle piirilevyille. Piirilevyn komponenttipuoli on kokonaan kuparoitu ja toimii näin maatasona. Piirilevyssä on myös otettu huomioon linjatasoisen signaalin sovittaminen. Apukantoaalto oskillaattorin piirikaavio ja piirilevy ovat liitteenä 2.10.

Lähetin rakennetaan valmiina saatavalle kaksipuoleiselle piirilevyille, jonka toinen puoli on kokonaisuudessaan kuparoitu ja toimii näin hyvänä maatasona. Maatason merkitys on lähinnä suojata RF-taajuuksien kiertoa piirilevyssä ja se muodostaa tason, jota vastaan RF-taajuudet näkevät piirilevyn johtimet.

Piirilevyille sijoitettavat komponentit ovat pintaliitoskomponentteja. Komponentteja kiinnittäessä oli huomioitava niiden vaurioitumisherkkyys kovassa mekaanisessa käsittelyssä. Komponenttien kiinnityksessä käytettiin matalalämpöistä juotinta, jossa on terävä kärkiosa. Kiinnityksessä käytettiin apuna metallisia pinsettejä, jotka myös johtavat lämpöä pois komponentista. Osat ladottiin järjestyksessä matalimmasta korkeimpaan. Ensin vastukset, kondensaattori sekä kelat. Sitten IC-piirit, moduli ja kiteet. IC-piiri on koteloitu 28-nastaiseen DIL-koteloon, joten se oli sovitettava pintaliitosasennukseen sopivaksi taitamalla nastat piirin alle ja juottamalla näin syntynyt madallettu piiri kiinni.

Pääteastevahvistinmodulin kiinnityksessä oli oltava huolellinen. Moduli oli kiinnitettävä tukevasti metalliseen jäähdytyslevyyn tai suoraan metallikoteloon. Huonosti kiinnitettynä pääteaste moduli itseisvärähtelee mikroaaltotaajuuksilla, ja tämä havaitaan ylikuumentumisena. RF-maatasoa voidaan yrittää parantaa asettamalla kupariteippiä tai kalvoa modulin alle.

Lähetin koteloitiin umpinaiseen metallikoteloon. Kotelon valinnassa oli kiinnitettävä huomiota huollon ja asennuksen helppouteen. Hyvä kotelo avautuu kokonaan ja kaikkiin säätökomponentteihin pääsee käsiksi, kun lähetin on toiminnassa. ATV-toistinasemassa lähetin on koteloitu alumiinivalukoteloon. Koteloon kiinnitetään liitännät jännitesyötölle, video-tulolle, audio-tulolle sekä antennille. Tarvittaessa olisi voitu kiinnittää myös kytkimet tehonvalinnalle sekä kanavanvalinnalle.



Kuva 6. Toistinaseman lähetimen kotelointi

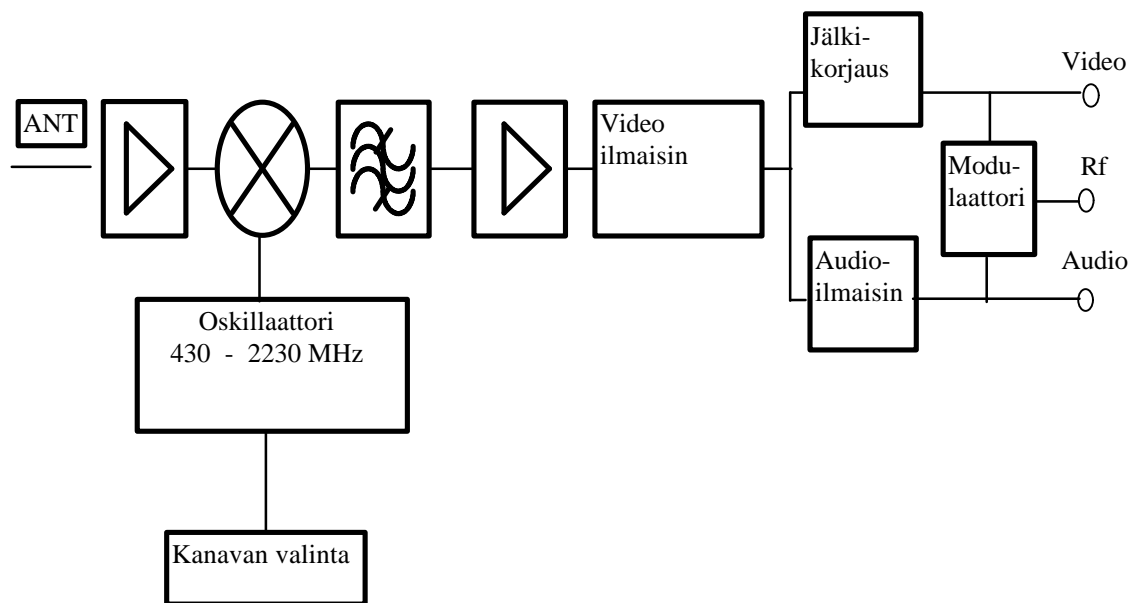
Laatikon vapaa tila on $< \lambda/10$, joten RF-taajuudet eivät pääse kulkemaan kotelon sisällä ja näin aiheuttamaan häviöitä. Häviöt ilmenevät harmoonisina yliaaltoina ja parastisen värähtelyn aiheuttamana lämpenemisenä. Prototyypissä oli juuri em. lämpenemisongelmia ja niiden kuriinsaamiseksi oli lähettimen piirilevy koteloitava kokonaan erilliseen koteloon.

Radioamatöörimääräyksen § 10.6 mukaan *yli 30 MHz taajuuksille osuvien harhalähetteiden vaimennuksen tulee olla vähintään 60 dB verrattuna lähettimen lähtötehoon. Harhalähetteen huipputeho (pX) ei saa ylittää 25 mW radioamatööri-toiminnalle osoitettujen taajuusalueiden ulkopuolella* [LÄHDE 10]. Toistinaseman

lähettimen harhalähetteet mitattiin Turun teknillisen oppilaitoksen radiolaboratoriossa. Ilman erillisiä suotimia lähete oli puhtaampi kuin 60dB. Lähettimen mittaustuloksia liitteessä 3.2.

3.1.2 Vastaanotin

Toistinaseman vastaanotin on perinteinen PAL-FM satelliittilähetyksien vastaanottoon soveltuva viritin. Vastaanottimesta saadaan toistimen käyttöön vastaanotettu video- ja audiosignaali.

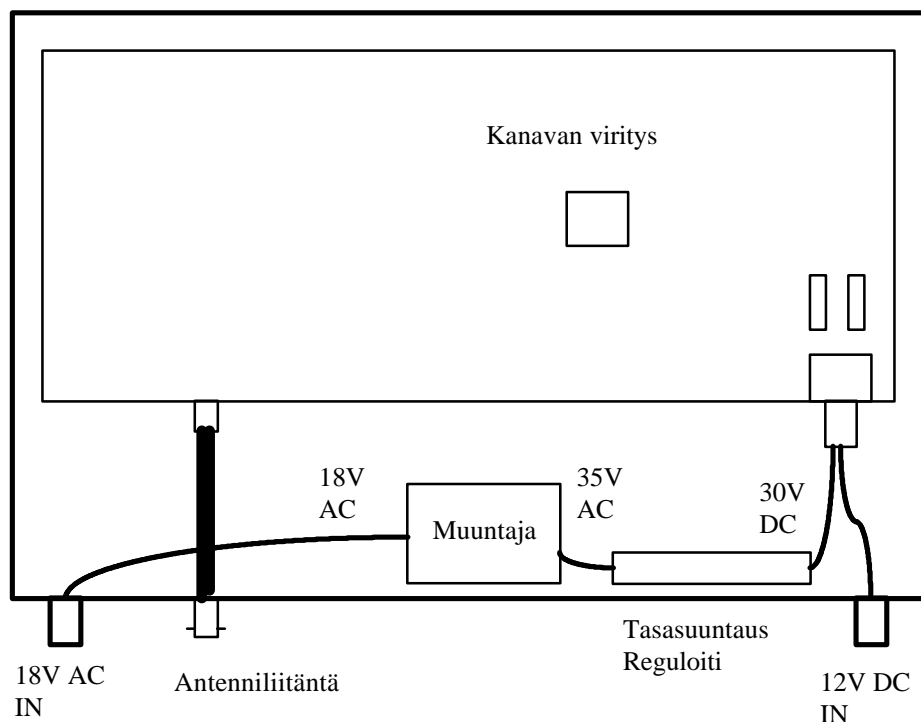


Kuvio 4. Virittimen lohko-kaavio

Toistinaseman vastaanottimena toimii halpa High Performance (HP-9100) merkinen viritin. Viritintä on modifioitu siten, että sen alkuperäinen kanavanvalintaprosessori on kytketty pois käytöstä ja kanava asetellaan kiinteästi jänniteohjauksella. Jännite asetellaan monikierrospotentiometrillä, jolla saavutetaan tarvittava taajuustarkkuus.

Vastaanottimen herkkyyttä parannettiin +20dB etuvahvistimella. Vahvistimen kohinaluku 1.2GHz taajuudella on n.1dB, joka lähentelee taajuusalueen pohjakohinatasoa. Etuvahvistin

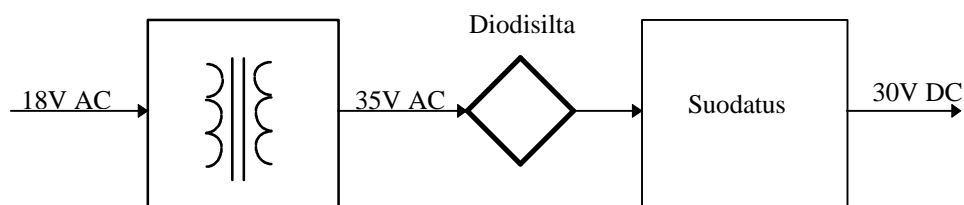
on suhteellisen kapeakaistainen GaAs-fet (Gallium Arsenidi) vahvistin. Vahvistavana osana on MGF-1302, joka soveltuu erinomaisesti matalakohinaisen etuvahvistimen rakentamiseen käytetylle taajuusalueelle. Tulopiiri on rakenteeltaan suuren Q-arvon omaava koaksiaaliresonaattori. Hyvälaatuinen etuvahvistin pudottaa koko vahvistin-asteiden kohinalukua, koska kohinaluvun määrää ensimmäinen vahvistinaste. Esivahvistimen merkitys korostuu myös, koska satelliittiviritin on alunperin suunniteltu vastaanottamaan välitaajuudella. Satelliittivastaanotossa mikroaaltopään konvertoitu ja vahvistettu välitaajuussignaali muodostaa melko suuren signaalivoimakkuuden verrattuna ATV-vastaanotossa antennista tulevaan nähden. Koska kulutuselektronikkalaitteiden häirion- ja RF-signaalien sietokyky on huono, viritin oli koteloitava metallikoteloon. Lisäksi koteloon on kiinnitetty tarvittavat liittimet.



Kuva 7. Vastaanottimen osasijoittelu

Vastaanotin vaatii toimiakseen +12V:n sekä +30V:n tasajännitteen. Masto-osan jännite-reguloinnista saadaan suoraan 12V. +30V:n jännite muodostetaan masto-osan jännite-

syötöstä muuntajan avulla. Tällöin 18V:n vaihtojännite muunnetaan 35V:n jännitteeksi, joka voidaan tasasuunnata ja vakavoidsa regulaattorin avulla +30V:n jännitteeksi.



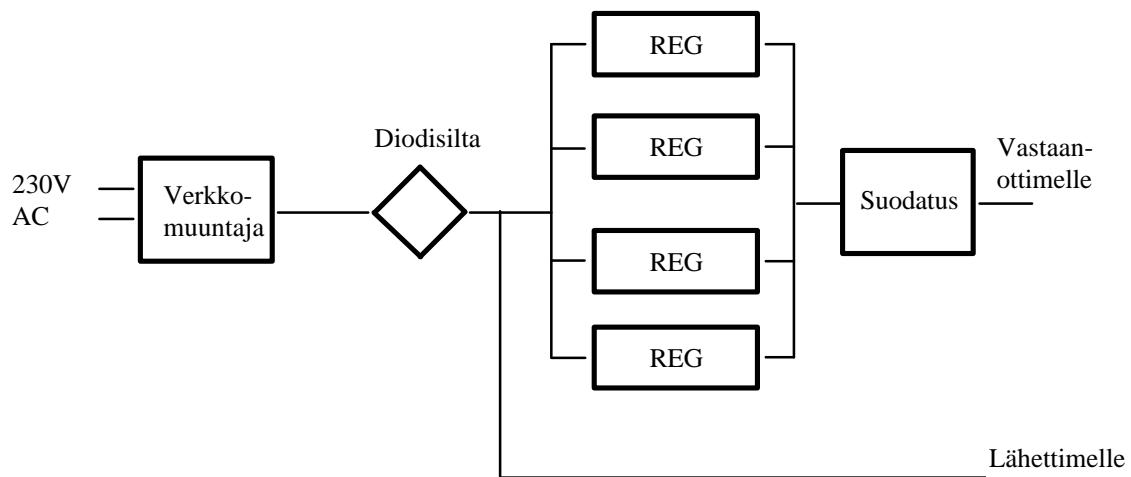
Kuvio 5. Kanavanvalintajännitteen muodostaminen

3.1.3 Masto-osan jännitesyöttö

Masto-osan jännitesyötössä sovitetaan syöttöjännite eri toimilaitteiden vaatimiksi jännitteiksi.

Masto-osan vastaanottimen jännitesyöttöä syötetään ohjauskaapelilla, jossa myös audio-signaalit kulkevat. Ohjauskaapelin jännite tuotetaan logiikkaosan kotelon sisällä sijaitsevan verkkomuuntajan avulla. Verkkomuuntaja muuttaa sähköverkosta saatavan 230V:n jännitteen 18V:n jännitteeksi. Lähettimen sähkösyöttö otetaan myös muuntajalta, mutta se muutetaan tasajännitteeksi jo logiikkaosalla. Siirrossa ohjauskaapeleita pitkin syntyy häviöitä, joita voidaan kompensoida muuttamalla muuntajan toisiokäämin kierrosmäärää. Tällöin myös lähtöjännite muuttuu. Käytännössä havaittiin johdon häviöksi 100m matkalla n.5V.

Jännitteen sovittaminen eri osille tapahtuu masto-osan sisällä sijaitsevan tasasuuntaus -ja regulointiosan avulla.

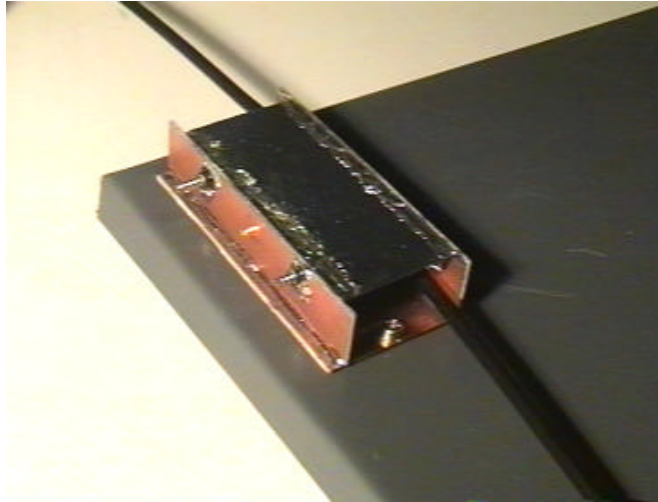


Kuvio 6. Masto-osan jännitesyöttön lohkokkaavio

Tasasuuntaus -ja regulointiosa on rakenteeltaan toteutettu rinnankytketyillä regulaattoreilla. Regulaattorien valmistushajonnasta aiheutuva tulojen impedanssiero on tasoitettu regulaattorien eteen sijoitetuilla sarjavastuksilla (0.22Ω 5W). Regulaattorien värähtelyä ja ripplejännitettä tasaa kondensaattorit. Puolijohdekomponentit on kiinnitetty tukevasti jäähdytyslevyyn. Jäähdytystä parantaa vielä jäähdytyslevyn kiinnitys masto-osan kotelon seinämään.

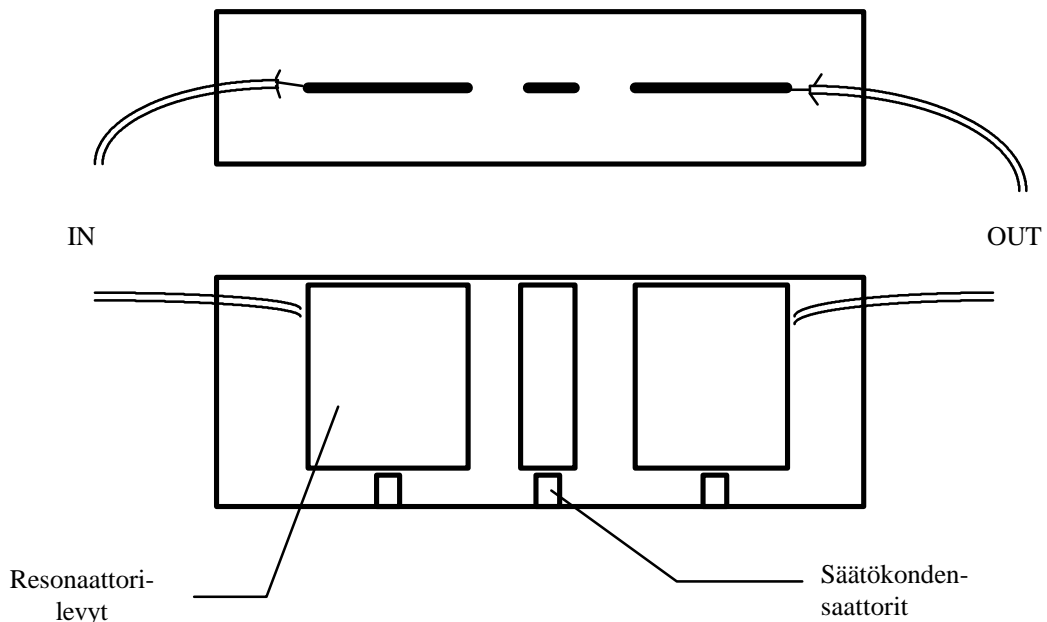
3.1.4 Suotimet

Toistinaseman masto-osaan on sijoitettu lähettimen ja vastaanottimen antennien väliin suotimet. Suotimien tehtävä on erottaa vastaanotto -sekä lähetyskanavat toisistaan siten, että vastaanotin ei yliohtaudu ja pysyy näinollen herkkänä. Lisäksi lähettimen lähdessä oleva suodin poistaa tehokkaasti lähettimen harmoonisia yliaaltoja.



Kuva 8. Suodin

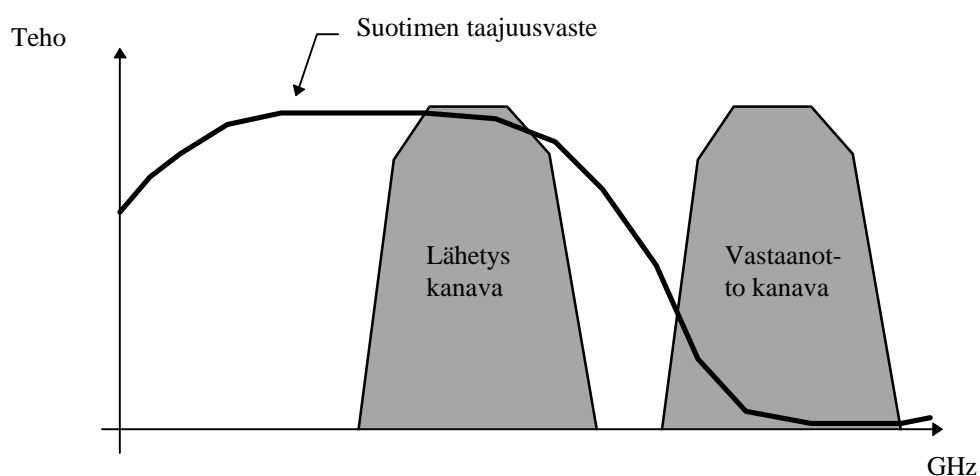
Suotimien toteutuksessa on käytetty ns. Combine-suodinta, joka perustuu stripline-tekniikkaan. Suodin on kolmepaaluinen eli se sisältää kolme resonaattoria, joiden taajuudet on laskettu soveltamalla Tchebyscheff-laskukaavoja mikroaaltotekniikkaan. Suotimien sovitus tapahtuu syöttämällä suoraan resonaattoreiden 50Ω pisteeseen.



Kuva 9. Suotimen rakenne

Suodin on rakenteeltaan kuparipintaista lasikuitupiirilevyä, josta on juottamalla rakennettu kotelomallinen. Kotelo voi olla täysin umpinainen, mutta se on otettava huomioon äärimmäisten resonattorilevyjen mitoituksessa. Toistinaseman suotimessa on päätylevyt jätetty pois laskennan yksinkertaistamiseksi. Resonaattorilevyt ovat umpinaista kuparilevyä ja ne on sijoitettu kotelon sisään lasketuille etäisyydelle seinämistä.

Suotimen mitoitus suoritettiin valitsemalla halutut parametrit suotimelle, sekä laskemalla näistä parametreista suotimien resonattoreiden koot ja etäisyydet.



Kuvio 7. Suotimen sivuunvirityksen periaate

Suotimen viritys tapahtuu ns. sivuun virittämällä, koska suunniteltu suodin on päästökaistaltaan leveä, mutta päästö- ja estokaistan reuna on jyrkkä. Tätä jyrkkyyttä käytetään apuna haettaessa parasta vaimennusta kanavien välille.

Lopullinen viritys tapahtui säätämällä suotimen kolmea putkikondensaattoria ja samalla seuraamalla piirianalysointia mittamalla suotimen taajuusvastetta. Suotimen vaimennusta pyrittiin parantamaan siirtämällä koaksiaalikaapelilla toteutettua linkitystä. Vaimennus tässä suodintyyppissä on n. 2 - 4 dB. Prototyypisuotimella mitattu arvo oli n. 4dB, joka kertoo suodintoteutuksen huonon Q-arvon. Suodinkotelon johtavuuden parantaminen esim. hopeoinnilla olisi ehkä parantanut tulosta. Suotimen mittaustuloksista on mittauspöytäkirja liitteessä 3.1.

3.1.5 Suotimen laskentaesimerkki

Seuraavassa esitän toistinasemassa käytetyn suodintyyppin mitoittamisen. Mitoitustapa on ensi kerran esitelty lähteessä [6].

Suodintyyppiksi valitaan kolmepaaluinen Combine-suodin, jonka mitoitus lasketaan Tchebyscheff-kertoimilla. Päästökaistan aaltoilu saa olla enintään 0.1dB. Suotimen keski-taajuus on 1252MHz ja kaistanleveys 40MHz.

1. Etsitään taulukosta 1 paalukertoimet 0.1dB suotimelle:

$$g_0 = 1.000$$

$$g_1 = 1.0315$$

$$g_2 = 1.1474$$

$$g_3 = 1.0315$$

$$g_4 = 1.000$$

Taulukko 1. 0.1dB Tchebyscheff-suotimen paalukertoimet

N	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11
1	0.3052	1.0000									
2	0.8430	0.6220	1.3554								
3	1.0315	1.1474	1.0315	1.0000							
4	1.1088	1.3061	1.7703	0.8180	1.3554						
5	1.1468	1.3712	1.9750	1.3712	1.1468	1.0000					
6	1.1681	1.4039	2.0562	1.5170	1.9029	0.8618	1.3554				
7	1.1811	1.4228	2.0966	1.5733	2.0966	1.4228	1.1811	1.0000			
8	1.1897	1.4346	2.1199	1.6010	2.1699	1.5640	1.9444	0.8778	1.3554		
9	1.1956	1.4425	2.1345	1.6167	2.2053	1.6167	2.1345	1.4425	1.1956	1.0000	
10	1.1999	1.4481	2.1444	1.6265	2.2253	1.6418	2.2046	1.5821	1.9628	0.8853	1.3554

2. Lasketaan suotimen kaistanleveys prosentteina keskitaajuudesta:

$$B = \text{kaistanleveys} / \text{keskitaajuus} \times 100$$

$$B = 40/1252 \times 100 = 3.19 \%$$

3. Toteutukseen valitaan 2.0mm paksuinen resonaattorilevy ja resonaattorien pituus on $8/\lambda$. Suotimen kotelon seinämien väliksi valitaan 20mm.

Lasketaan resonaattorien sähköinen pituus θ . Kun resonaattoripituus on $\lambda/8$.

$$\theta = 2 \times \pi / 8 = 0.7854$$

Tämän avulla voidaan laskea resonaattorien fyysinen pituus. Siihen vaikuttaa mm. väliaineena toimivan ilman nopeuskerroin.

$$L = \text{taajuus} / 8 \times \text{valonnopeus} \times \text{nopeuskerroin}$$

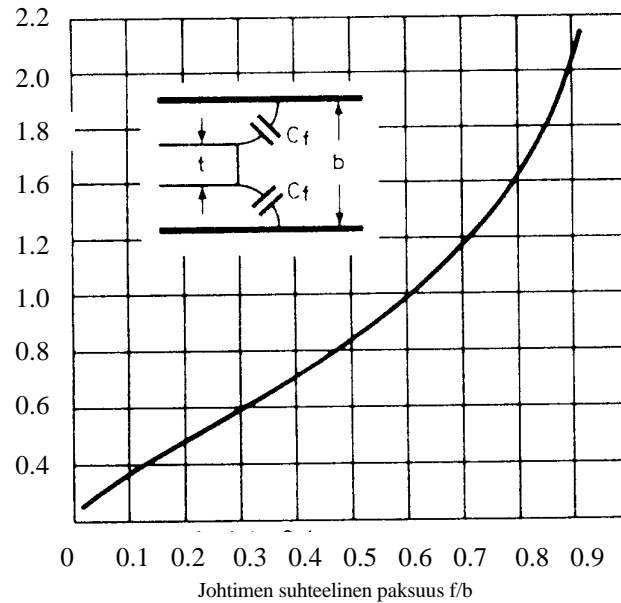
$$L = 1.252 / 8 / 300 \times 0.999$$

$$L = 29.92\text{mm}$$

4. Suotimen tulo- ja lähtöimpedansseiksi valitaan lähettimen käyttämä 50Ω . Resonaattorien impedanssiksi valitaan 70Ω , joka juontaa suotimen pintamateriaalina käytettävän kuparin suurtaajuussignaalien siirtokyvystä sekä Q-arvosta. Arvoja $50\Omega - 100\Omega$ voidaan käyttää 5% virhemarginaalilla. Optimi-impedanssi voidaan laskea kaavalla:

$$Z_{\text{optimi}} = 77 / \sqrt{\epsilon} \quad , \text{ jossa } \epsilon \text{ on permittiivisyys}$$

Normalisoitu
hajakapasitanssi C_f



Kuva 10. Liuskajohtimen hajakapasitanssi

5. Jotta resonaattorit toimisivat suotimen taajuudella on niiden kapasitanssi oltava:

$$C = 1 / [2 \times \pi \times F_0 \times Z_r \times \tan(\theta)]$$

$$C = 1 / [2 \times \pi \times 1.252 \times 10^9 \times 70 \times \tan(0.7854)]$$

$$C = 1.816 \times 10^{-12} = 1.8 \text{ pF}$$

6. Vakio Y , joka on linjan pituuden ja impedanssin funktio, lasketaan kaavalla:

$$Y = 0.5 \times Z_0/Z_r \times [\cot(\theta) + \theta/\sin(\theta)^2]$$

$$Y = 0.5 \times 50/70 \times (\cot(0.7854) + 0.7854/\sin(0.7854)^2)$$

$$Y = 0.918$$

7. Uloimmat resonaattorit toimivat sovitusmuuntajina. Näiden sovitusmuuntajien normalisoitu konduktanssi voidaan laskea.

$M = B \times Y / (g_0 \times g_1)$, jossa B = prosentuaalinen kaistanleveys
g0 ja g1 = paalukertoimet

$$M_1 = 0.0319 \times 0.918 / (1.0000 \times 1.0315)$$

$$M_1 = 0.0284$$

Sama konduktanssi vaikuttaa myös toisessa sovitussuuntajassa M2.

8. Keskenään resonoivien resonaattorien välillä oleva sovituskertoimen lasketaan kaikille resonaattoreille, jotka vaikuttavat toisiinsa.

$$K_{i,i+1} = B \times Y / \sqrt{g_i \times g_{i+1} + 1}$$

$$K_{12} = 0.0319 \times 0.918 / \sqrt{(1.0315 \times 1.1474)}$$

$$K_{12} = 0.027$$

$$\text{myös } K_{23} = 0.027$$

9. Normalisoitu kapasitanssi jokaisen resonaattorin ja maan välillä:

Tulo- ja lähtösuuntajille:

$$C_0 = 377/Z_0 \times [1 - \sqrt{M_1}]$$

$$C_0 = 377/50 \times (1 - \sqrt{0.0284})$$

$$C_0 = 6.269$$

$$C_4 = 6.269$$

Ensimmäiselle ja viimeiselle resonaattorille:

$$C_1 = 377/Z_0 \times [Z_0 / Z_r - 1 + M_1 - K_{12} \times \tan(\theta)] + C_0$$

$$C_1 = 377/50 \times 50/70 - 1 + 0.0284 - 0.027 \times \tan(0.7854) + 6.269$$

$$C1 = 4.125$$

$$C3 = 4.125$$

Keskimmäiselle resonaattorille:

$$C_i = 377/Z_0 \times [Z_0 / Z_r - K_{i-1,i} \times \tan(\theta) - K_{i,i+1} \times \tan(\theta)]$$

$$C2 = 377/50 \times (50/70 - 0.027 \times \tan(0.7854) - 0.027 \times \tan(0.7854))$$

$$C2 = 5.155$$

10. Keskenään resonoivien resonaattorien välinen kapasitanssi voidaan laskea kaavoilla.

Tulomuuntajan ja ensimmäisen resonaattorin välinen:

$$C_{0,1} = 377/Z_0 - C_0$$

$$C01 = 377 / 50 - 6.269$$

$$C01 = 1.271$$

$$C01 = 1.271$$

Keskimmäisten resonaattorien välillä:

$$C_{i,i+1} = 377/Z_0 \times K_{i,i+1} \times \tan(\theta)$$

$$C12 = 376.7 / 50 \times 0.027 \times \tan(0.7854)$$

$$C12 = 0.203$$

$$C23 = 0.203$$

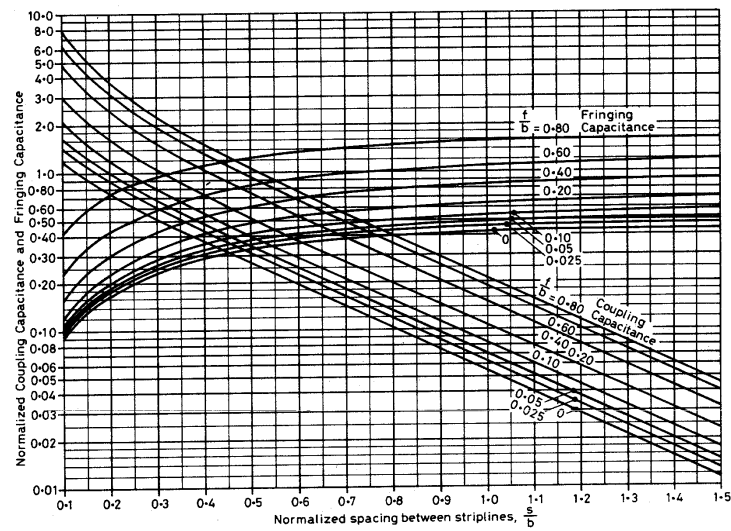
11. Kuvan 11 mukaan resonaattorien välinen etäisyys t/b ollessa 0.1 on:

$$S_{01} = 0.20 \times b$$

$$S_{12} = 0.72 \times b$$

$$S_{23} = 0.72 \times b$$

$$S_{34} = 0.20 \times b$$



Kuva 11. Sovitus- ja hajakapasitanssi sovitetuille resonaattoreille

12. Resonaattorin ja maatasen välinen hajakapasitanssi C_f voidaan katsoa kuvasta 10.

Kun t/b on 0.1 saadaan käyrästä arvoksi 0.58

13. Sovitetettujen stripline-linjojen reunojen välillä vaikuttava hajakapasitanssi saadaan kuvasta 11.

$$C_{f_{01}} = 0.20$$

$$C_{f_{12}} = 0.48$$

$$Cf_{23} = 0.48$$

$$Cf_{34} = 0.20$$

14. Resonaattorien leveys riippuu linjojen kapasitanssista ja reunojen välisestä hajakapasitanssista.

Resonaattorien leveydet:

Sovitusmuuntajille:

$$w_0 = b \times 0.5 \times (1 - t/b) \times (0.5 \times 10 - Cf - Cf_{0,1})$$

$$w_0 = b \times 0.5 \times (1 - 0.1) \times (0.5 \times 6.269 - 0.58 - 0.20)$$

$$w_0 = 1.06 \times b$$

$$w_4 = 1.06 \times b$$

Ensimmäisille resonaattoreille:

$$w_i = b \times 0.5 \times (1-t/b) \times (0.5 \times C_i - Cf_{i-1,i} - Cf_{i,i+1})$$

$$w_1 = 0.5 \times (1 - 0.1) \times (0.5 \times 5.155 - 0.20 - 0.48)$$

$$w_1 = 0.85 \times b$$

Keskimmäiselle resonaattorille:

$$w_n = b \times 0.5 \times (1-t/b) \times (0.5 \times C_n - Cf - Cf_{3,4})$$

$$w_2 = 0.5 \times (1 - 0.1) \times (0.5 \times 4.125 - 0.48 - 0.48)$$

$$w_2 = 0.50 \times b$$

$$w_3 = w_1 = 0.85 \times b$$

$$w_4 = w_0 = 1.06 \times b$$

Koottuna suotimen mitat ovat siis seuraavat:

$$b = 20.0\text{mm} \quad t = 2.0\text{mm}$$

$$w_0 = 21.2\text{mm} \quad S_{01} = 4.0\text{mm}$$

$$w_1 = 17.0\text{mm} \quad S_{12} = 14.4\text{mm}$$

$$w_2 = 10.0\text{mm} \quad S_{23} = 14.4\text{mm}$$

$$w_3 = 17.0\text{mm} \quad S_{34} = 4.0\text{mm}$$

$$w_4 = 21.2\text{mm}$$

Kuvan 12 mukaan kolmepaaluksella Tchebyscheff-suotimella saavutetaan 3dB kaistanleveys normalisoidulla taajuudella 1.4.

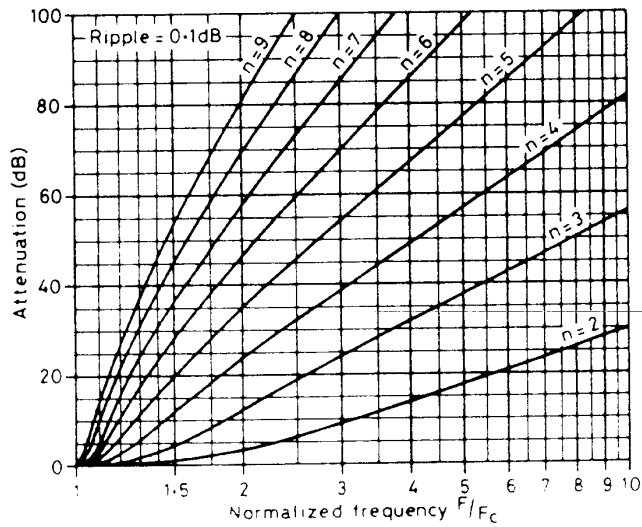


Fig 12.13. Response of 0.1dB Tchebyscheff filters

Kuva 12. 0.1dB Tchebycheff suotimen taajuusvaste

Kaistanleveys voidaan nyt laskea kaavalla:

$$W = (F / F_0 - F_0 / F) / B$$

$$1.4 = (F / 1252)$$

$$F = 50\text{MHz}$$

Koska suotimen toteutuksessa pyrittiin mahdollisimman yksinkertaiseen mekaaniseen ratkaisuun, päädyttiin sovitusrasuaattorien korvaamiseen suoralla koaksiaalisuötöllä. Näiden uloimpien impedanssisovitusmuuntajien poistamisen yhteydessä suotimen sovitussuuttuu ja näinollen linkityskohtien laskemisen yhteydessä on otettava huomioon rasuaattorien leveyden muutos.

Suoran koaksiaalisuötön linkityksien paikka rasuaattorin maadoitetusta päästä voidaan laskea:

$$q_1 = g_0 \times g_1$$

$$q_1 = 1.0315$$

$$L_1 = 1 \times \sqrt{2 \times p \times BW \times C \times Z_0 / q_1}$$

$$L_1 = 28.9 \times \sqrt{(2 \times p \times 57 \times 10^{6-12} \times 2 / 1.0315)}$$

$$L_1 = \underline{5.0\text{mm}}$$

ja sama pätee myös toiseen linkitykseen.

Nyt on laskettava äärimmäisten rasuaattorien leveyden uusi mitta:

$$w_1 = 0.5 \times (1-t/b) \times (0.5 \times C_1 - C_f - C_{f,2})$$

$$w_1 = 0.5 \times (1-0.1) \times (0.5 \times 5.155 - 0.58 - 0.48) \times b$$

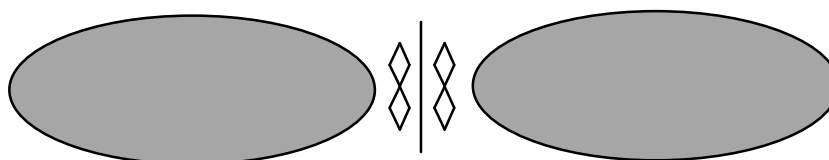
$$w_1 = 0.68 \times b$$

$$w_1 = w_2 = \underline{13.7\text{mm}}$$

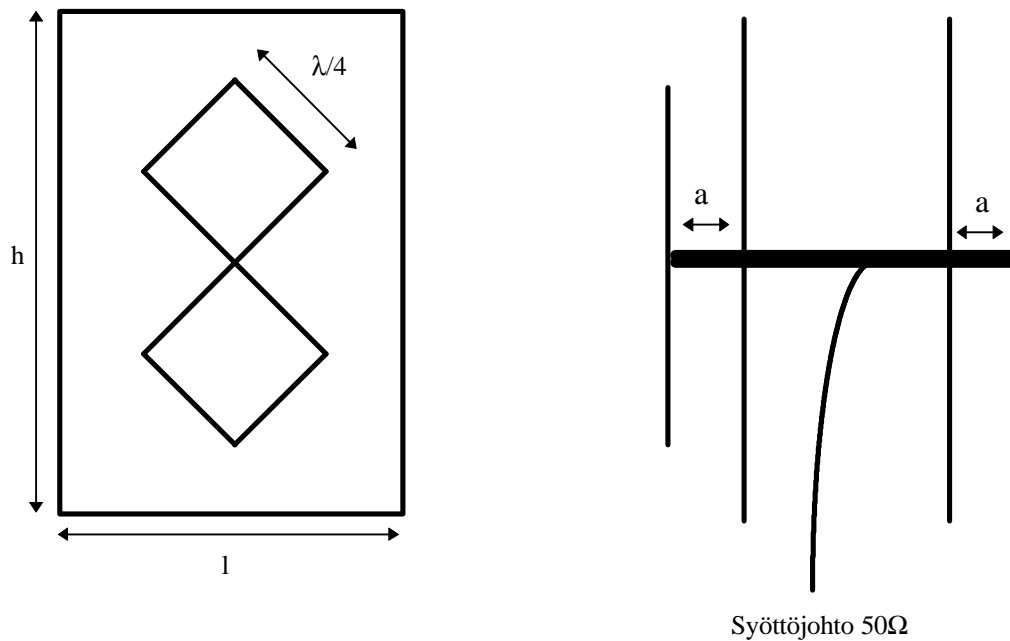
3.1.6 Antennit ja syöttöjohdot

Toistinasemakäytössä on yleensä suosittu ympärisäteileviä antennejä sekä vertikaalipolarisaatiota. Syynä tähän on toistinaseman käyttäjänä olevat mobileasemat sekä kannettavat asemat. ATV-toistinasema on tässä suhteessa erilainen, koska yhteyksiä pitävät asemat ovat yleensä kiinteitä asemia. Antennit voidaan vapaasti asettaa sopivaan asentoon eli eri polarisaatioihin, sekä asemien sijainin keskittyminen tiedetään tai voidaan ainakin arvioida. ATV-toistinaseman antenni voi olla näinollen vaikka suunta-antenni. Suuntaus voidaan kohdistaa sinne missä toistimen käyttäjät sijaisevat. Lisäksi tehoa pystytään paremmin ohjaamaan pois turhilta alueilta, kuten esim. mereltä.

Kyseessä olevassa toistinaseman toteutuksessa valittiin antenniksi ns. kaksisuuntaiset hybridiquadit. Näiden antennien suuntakuvio on kahdeksikon muotoinen ja vahvistusta saadaan n. 7dB antennien osoittamiin suuntiin. Valinnassa merkittävänä tekijänä oli antennin yksinkertaisuus, toimintavarmuus sekä suljetun rakenteen staattisen sähköön oikosulkuominaisuus. Sijoittamalla lähetin- sekä vastaanottoantenni eri polarisaatioon saadaan kanavien välille vaimennusta. Parhaimmillaan tämä vaimennus voi olla luokkaa 20dB. Tämä arvo kuitenkin vaihtelee heijastuksien ja antennien sijainnista johtuen.



Kuva 13. Antennin suuntakuvio



Kuva 14. Hybridiquad-antennin rakenne

Hybridiquad-antenni voidaan mitoittaa seuraavasti:

aallonpituus (λ) = valonnopeus/taajuus = $300/1252 = 0.23\text{m}$

sivunpituus ($\lambda/4$) = $23\text{cm}/4 = 5.8\text{cm}$

etäisyys heijastajasta (a) = $0.15 * \lambda = 3.45\text{cm}$

heijastajan korkeus (h) = $\lambda = 23\text{cm}$

heijastajan leveys (l) = $\lambda * 0.7 = 16\text{cm}$

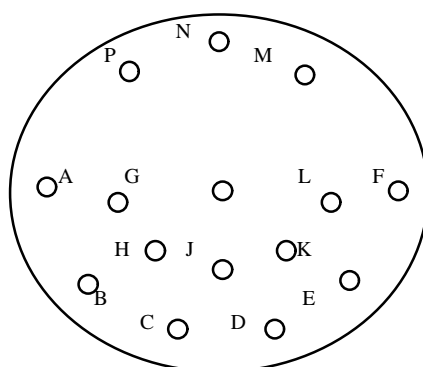
Syöttöjohtona käytetään tavallista RG-213 (50Ω) koaksiaalikaapelia. Koska etäisyys antennille on vain n.2 m lähettimen sijaitessa mastossa, ei tarvita parempilaatuista kaapelia. Kaapeli- sekä liitinhäviöt ovat näillä etäisyyksillä luokkaa 1dB. Pitkissä vedoissa häviöt ovat niin suuria, että esim. yksi watti 30m:n RG-213 kaapeliin syötettynä pystyy kuljettamaan vain n. 50mW perille. Antenni-kaapelit on liitetty masto-osaan kiinni vesieristeisen läpiviennin avulla.

3.1.7 Masto-osan liittännät

Masto-osan vastaanottimen liittännät on kerätty kulkemaan kahdeksanparisen Jamak-kaapelin avulla alas logiikkaosalle. Kaapelin lisäksi alas on vedetty RG-58 kaapeli, jossa siirretään videosignaalia. Kaapeli liitetään masto-osan vastaanottimeen vesieristeisen Amphenol-liittimen avulla.

Taulukko 2. Masto-osan vastaanottimen liittännän nastat

Nasta	Tehtävä
P	Jänniteliitäntä 20V AC
N	Jänniteliitäntä 20V AC
E	Video out
F	Video out (gnd)
D	Audio out
C	Audio out (gnd)

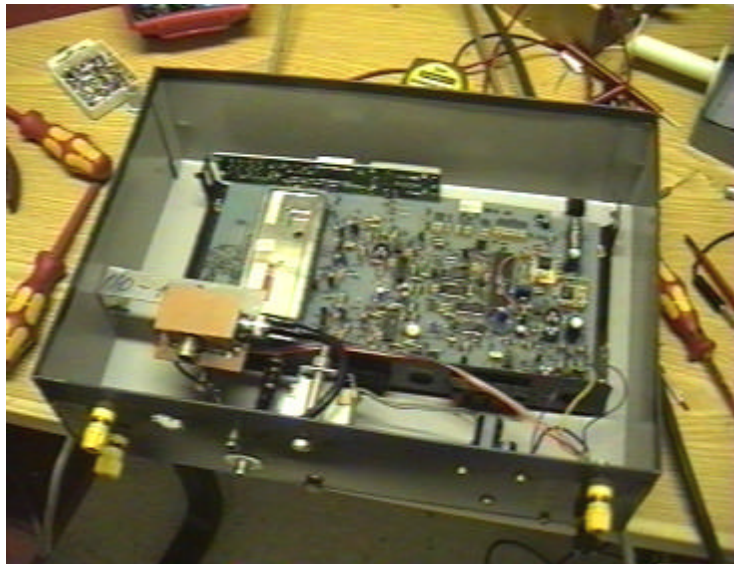


Kuva 15. Liittimen nastajärjestys

Masto-osan lähetin on liitetty logiikkaan myös Jamak-kaapelilla, jossa kuljetetaan lähettimelle sähkönsyöttö ja molemmat audio-parit. Lisäksi videosignaali siirretään RG-58 koaksiaalikaapelia pitkin.

3.1.8 Kotelointi

Koteloiden ulkokuori on päällystetty valkoisella maalilla, joka estää kotelon kuume-nemisen auringon paistaessa siihen. Lämpötila pysyy hyvin lähettimen ja vastaanottimen käyttölämpötilojen rajoissa. Kotelon alareunassa on reikä, josta mahdollinen konden-soituva vesi poistuu. Lisäksi kotelon päällä on roiskeveesisuoja, joka on valmistettu muovigallonasta. Koteloiden sisältämät toimilaitteet on kiinnitetty kotelon runkoon hitsatuilla korvakkeilla, vesitiiviiden säilyttämiseksi.



Kuva 16. Masto-osan vastaanotin

3.2 TOISTINASEMAN OHJAUSLOGIIKKA

3.2.1 Logiikan toiminta

Toistinaseman logiikan tehtävä on ohjata masto-osan toimilaitteita PC-tietokoneelta saatujen ohjeiden mukaan.

Logiikan avulla voidaan kytkeä lähettimelle videosignaali kahdeksasta eri lähteestä, sekä audiosignaali kummallekin lähettimen apukantaallolle neljästä eri lähteestä. Logiikka vastaanottaa sekä purkaa vastaanoton äänitaajuuskoodit (DTMF) ja välittää ne toistinta ohjaavalle PC-tietokoneelle. Logiikka sisältää myös oskillaattorin sähkötysidentifiointia ja käyttäjän komentojen kuittausta varten. Logiikan tehtävänä on myös tunnistaa vastaanottokanavalle tuleva videosignaali. Toistintoiminnan loputtua voidaan toistin tätä tietoa apuna käyttäen sulkea.

3.2.2 Logiikan toteutus

Logiikka on toteutettu perinteisellä TTL- ja CMOS-tekniikalla. Logiikka liitetään PC-tietokoneen kirjoitinporttiin.

Logiikan ominaisuuksia:

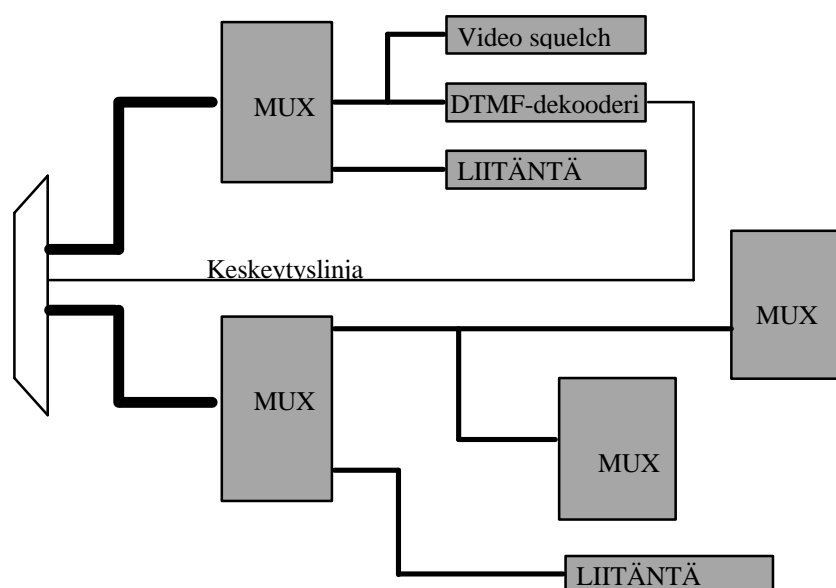
- Lähetettävän videosignaalin valinta kahdeksasta lähteestä
- Lähetettävien audiosignaalin valinta kummallekin kanavalle neljästä eri lähteestä
- DTMF-äänitaajuuskoodien vastaanotto ja purku
- Videosignaalin ilmaisu/videokohinasalpa toiminto
- Audiotaajuinen oskillaattori sähkötysidentifiointia varten
- Kahdeksan TTL-lähtöä mahdollisia lisälaitteita varten
- Neljä TTL-tuloa mahdollisia lisälaitteita varten



Kuva 17. Logiikka ja PC-tietokone

Logiikan ohjaamiseen tarvitaan useita linjoja. Koska kirjoitinportin ohjauslinjojen määrä on rajallinen, logiikan on multipleksoitava ohjauslinjoja lisää. Multipleksointi on toteutettu latch-piirien lähtöjen sallinnan avulla. Latchin valitsema linjoja ohjataan yhdellä kirjoitinportin linjalla.

Koko logiikka on rakennettu yhdelle kaksipuoleiselle piirilevylle. Piirilevyn piirikaavio, osasijoittelukaavio sekä painopiirilevyn kuvat on esitetty liitteessä 2.



Kuvio 7. Logiikan lohko-kaavio

3.2.3 Logiikan ohjaus

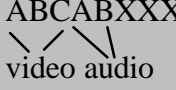
Logiikkaa ohjataan PC-mikrotietokoneen rinnakkaisportin avulla. Toistinaseman ohjelma huomioi logiikan ohjauksessa tarvittavan multipleksoinnin. Ohjaamalla rinnakkaisportin datajohtimia voidaan logiikalle syöttää tietoa. Tiedon luku tapahtuu rinnakkaisportin acknowledge, busy, paper end, select ja error nastoista.

Pääsääntöisesti logiikkaosassa olevat osat toimivat rinnakkaisportista saatavilla TTL-tasoisilla signaaleilla, kuitenkin rinnakkaisportin tasojen vaihtelun vuoksi ohjausignaalit on puskuroitu.

Logiikkaosan sähkönsyöttö otetaan koko toistinaseman kattavasta virtalähteestä. Logiikkaosassa sijaitsevan muuntajan jännite tasasuunnataan ja reguloidaan logiikan piirilevyllä.

Koska syöttöjännite on 20V vaihtojännitettä, on jännite tasasuunnattava ja asteittain pudotettava 5V:n tasolle reguloinnin avulla. Logiikan totuustaulukko on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Logiikan totuustaulukko

BITTIKUVIO	TOIMINTO
XXXXXXXX0	ulkoisten tulojen -ja videokohinasalvan tila luettavissa portin tulosta
XXXXXXXX1	DTMF-dekooderiin viimeisen saapuneen koodin BCD-luku luettavissa portin tulosta
XXXXXXXX↑	muiden datanastojen $2^1 - 2^7$ tilat lukkiutuvat latch piiriin
XXXXXXXX↓	datanastojen $2^1 - 2^7$ tilat menevät latch piirien läpi sellaisenaan
ABCABXXX 	asetellaan haluttu video ja audio lähdöt lähettimelle
XXXXX↑XX	ulkoisten lähtöjen asettaminen latch:iin
XXXXX↓XX	ulkoisten lähtöjen tilojen vapauttaminen
XXXXXX1X	audio 2 lähtö on 800Hz kanttiaaltoa tarvitaan sähkötytys identifioinnissa
XXXXXX0X	kanttiaaltogeneraattorin eroittaminen audio 2:sta

3.2.4 Analogiasignaalien valinta

Toistinaseman eri tiloissa lähettimelle syötetään video- ja audiosignaalia halutusta lähteestä. Lähteen valintaan käytetään CMOS-analogiamultipleksereitä.

Videolähteen valinnassa käytetään piiriä 4051, jolla on mahdollista valita yksi video-signaali kahdeksasta eri lähteestä. Valinnan suorittavat FET-pohjaiset analogiakytkimet, joita ohjataan sisäisellä logiikalla. Piiri on riittävän laadukas läpäisemään puhtaasti video-signaalin, rajataajuus on datalehtien mukaan n. 13MHz. Videosignaalin suurimmat taajuuskomponentit ovat n. 5MHz

Tulosignaali on 1V luokkaa ja se vaimenee piirissä n. 1dB. Videosignaalin syöttökaapelin ollessa n. 50m, signaali ei vaimene liikaa ja vaimennus voitiin kompensoida lähettimen deviaation säädöllä.

Audiosignaalien valinnassa käytetään piiriä 4052, jolla on mahdollista valita molemmille audiokanaville lähde neljästä eri tulosta. Piirin analogiakytkimet ovat yhdenmukaiset 4051 piiriin kanssa.

3.2.5 DTMF-dekoodaus

Toistinasemaa voidaan ohjata kauko-ohjauksella. DTMF-äänitaajuuskoodit soveltuvat luotettavuutensa takia erinomaisesti kauko-ohjaukseen. Ne eivät esim. reagoi kovin helposti radiotiellä ilmeneviin häiriöihin. DTMF-koodeja voidaan antaa esim. puhelimissa käytetyllä näppäimistöillä. DTMF-koodien lähetykseen on olemassa valmiita IC-piirejä, jotka ovat rakenteeltaan kideoskillaattoripohjaisia. Kideataajuus jaetaan ohjelmoitavalla jakajalla ja näin saadaan hyvin tarkka taajuuspari.

Taulukko 4. DTMF-äänitaajuusparit

taajuus/Hz		ylempi taajuusryhmä			
		1209	1336	1477	1633
alempi taajuusryhmä	697	1	2	3	A
	770	4	5	6	B
	852	7	8	9	C
	941	*	0	#	D

DTMF-vastaanottimena toimii dekodauspiiri MT8870, jonka toiminta perustuu vaihelukittuun silmukkaan. Vaihelukkotoiminnon ansiosta piiri tunnistaa koodin hyvin varmasti, mutta on myöskin hidas. Kun koodi saapuu piirin tuloon, se tulkitaan vaihelukon avulla ja koodin mukainen BCD-luku siirretään piirin lähtöihin. Tämän jälkeen piiri asettaa StD nastan ykköstitilaan ulkoisesti aseteltavan viiveen ajaksi. Tätä signaalia voidaan käyttää esim. rinnakkaisporttikeskeytyksen liipaisemiseen.

3.2.6 Videokohinasalpa

Videokohinasalvan tehtävä on katkaista toistotila ja siirtyä takaisin kuvien esitystilaan yhteyden päätyttyä.

Videokohinasalpa on toteutettu piirillä LM1881. Piirillä voidaan luotettavasti erotella signaalista synkronointi-, vertikaali- ja väripurskepulssi. Kohinasalpa on osaksi toteutettu ohjelmallisesti. Toistotilassa ohjelma laskee saapuneiden vertikaalipulssien lukumäärää. Jos tietystä ajasta ei tule tarvittavaa määrää pulsseja sammutetaan toistotila.

3.2.7 Watchdog

PC-tietokoneen toimintavarmuuden parantamiseksi on toistinaseman tietokoneeseen rakennettu ns. "watchdog" eli vahtikoira. Vahtikoiran toimintaperiaate on käynnistää tietokone jumiutumistilanteessa. Jumiutuminen voi tapahtua ainakin seuraavissa tilanteissa:

- käyttäjän aiheuttaman virhetilanteen johdosta
- ohjelmistovirheen vuoksi
- prosessorin, muistin tai emolevyn virhetoiminnan vuoksi
- sähköverkon transienttihäiriöistä

Vahtikoira on toteutettu osaksi ohjelmallisesti sekä osittain kovon avulla. Ohjelmisto lähettää rinnakkaisportin avulla pulssia, jota vahtikoiran kovo-osa tarkkailee. Jumiutumisen tapahtuessa pulssien tulo katkeaa. Vahtikoira havaitsee tämän. Kun tietyn ajan kuluessa ei ole tullut yhtään pulssia, vahtikoira katkaisee käyttösähkön hetkeksi ja käynnistää tietokoneen uudelleen. Toistinaseman ohjelmisto on asennettu niin, että koneen käynnistyessä automaattisesti, toistinojelma käynnistyy ja raportoi lokitiedostoon käynnistymisen syyn sekä kellonajan.

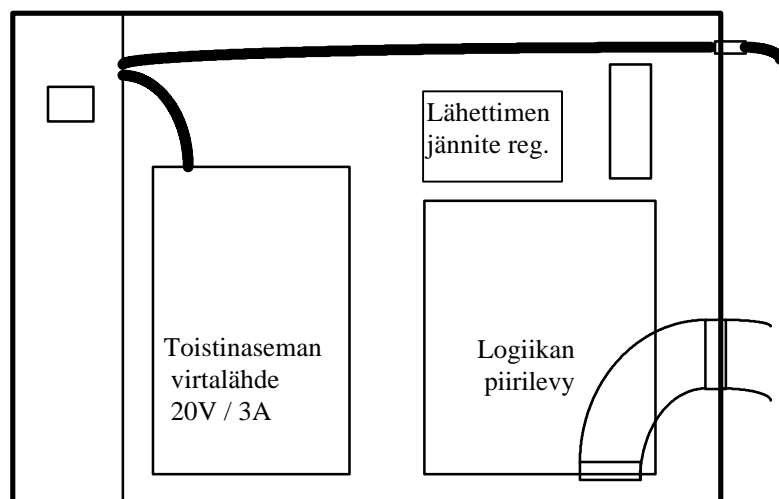
3.2.8 Kotelointi

Logiikka-osan kotelointiin on käytetty metallista koteloa, joka on asianmukaisesti maadoitettu.

Kotelon sisältäessä mm. toistinaseman virtalähteen oli sähköturvallisuuteen kiinnitettävä erityistä huomiota. Radioamatöörien sähköturvallisuusohjeiden mukaan kaikki sähköverkkoon liitetyt itserakennetut laitteet on suojattava sähköturvallisuusluokan 1 mukaan. Kotelo on kokonaisuudessaan toteutettu sähköturvallisuusluokkaan 1.

Logiikan liitännät:

- PC-tietokone liityntä (25 napainen DIN)
- Video in (8 kpl RCA)
- Audio in (8 kpl RCA)
- Video out (RCA)
- Audio out (2 kpl RCA)
- Jännitesyöttö masto-osalle (sokeripala)
- Käyttösähköliityntä (SUKO-johto)



Kuva 18. Logiikkaosan osasijoittelu

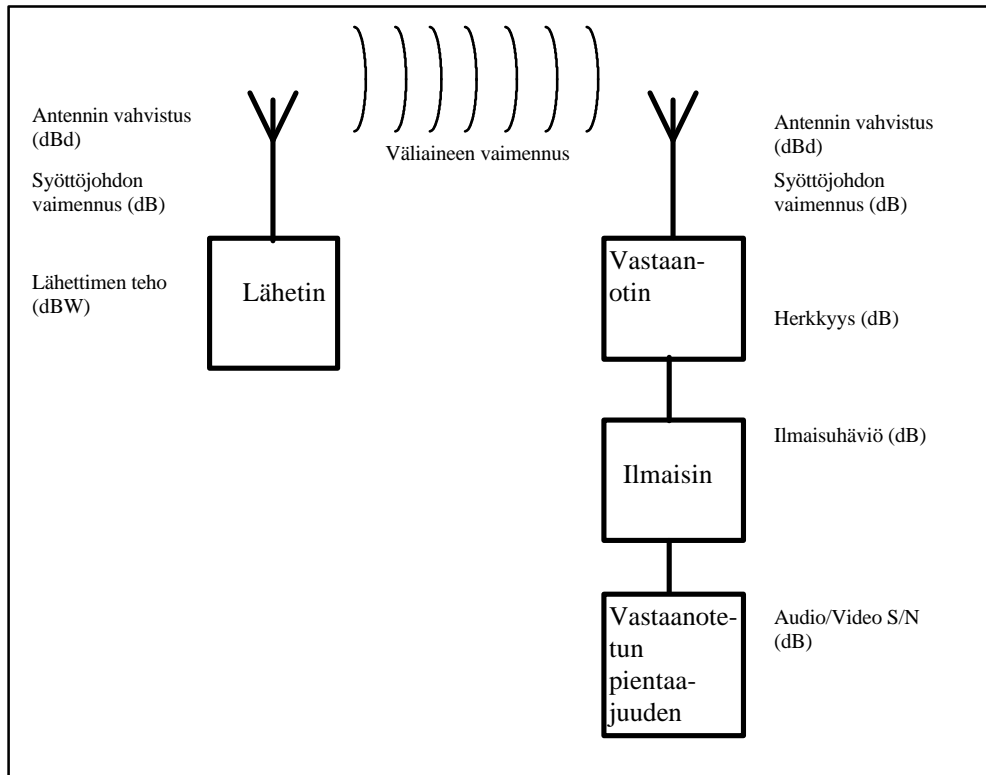
4 YHTEYSETÄISYYDET

ATV-yhteyksien pituuteen vaikuttavat monet asiat, kuten maaston peittoisuus, ilmakehän ilmiöt ja radiolaitteiden ominaisuudet.

Yhteysetäisyyttä voidaan arvioida matemaattisten kaavojen avulla, jolloin radiolaitteiden ominaisuudet toimivat matematiikan muuttujina. Maaston vaikutusta voidaan arvioida yhteispisteiden väliltä mitatusta maastoprofiilikartasta sekä maaston korkeustietokantapohjaisilla tietokoneohjelmilla. Parhaimmillaan pystytään esittämään karkea kuuluvuus-kartta.

4.1 Yhteysetäisyyksien arvioiminen matemaattisesti

Jokainen radiotiellä tapahtuva siirtojärjestelmä voidaan mallintaa kuvan 19 mukaisella lohkokaaviolla.



Kuva 19. Radiotiellä toimivan yhteyden malli

Valitsemalla osa yhteyden parametreista ja selvittämällä osa matemaattisesti tunnettujen kaavojen avulla voidaan mahdollinen yhteysetäisyys laskelmoida.

Yhteyden laadun arviointia helpottaa, jos tyydytään vain vapaan tilan etenemismuotoon, joka on käytetyin tapa siirtää informaatiota mikroaaltotaajuuksilla.

Vapaan tilan vaimennus saadaan kaavan

(1) $\text{Path loss (dB)} = 32.45 + 20 \log(\text{taajuus MHz}) + 20 \log(\text{etäisyys km})$
avulla.

Vastaanottimen efektiivinen herkkyys voidaan laskea kaavalla:

(2) $\text{ERS (dBW)} = -228.6 + 10 \log(B) + 10 \log(T) + \text{snr} + M - G_r + L$

Missä:

snr on vastaanotossa haluttu videosignaalin kohina/signaali suhde desibeleinä

M on ilmaisuhäviö (dB)

G_r on lähetin ja vastaanottoantennien yhteenlaskettu vahvistus (dB)

L on antennien syöttöjohtojen yhteenlaskettu häviö (dB)

B on vastaanottimen kaistanleveys

T on kohinalämpötila toimintataajuudella

Yleensä linkkijänteitä suunniteltaessa halutaan tietää tarvittavan lähettimen lähtöteho, jota voidaan arvioida kaavan

(3) $\text{Lähetysteho (dBW)} = \text{ERS} - \text{Path loss}$

avulla.

Laskuesimerkki:

Paljonko vaaditaan tehoa 1.3GHz taajuusalueella pidettävään 20km pituiseen radioamatööritelevisio-yhteyteen, kun lähetysantennin vahvistus: 15dB, vastaanottoantennin vahvistus: 10dB, kaapelihäviöt lähettimellä: 2dB, Kaapelihäviöt vastaanottimella: 6dB, lähetteen kaistanleveys: 18MHz ja ilmaisun järkeen vaadittava videosignaalin taso 20dB yli kohinatason?

Kaavalla (1) vapaan tilan vaimennus:

$$\begin{aligned}\text{Path loss (dB)} &= 32.45 + 20 \log (1300 \text{ MHz}) + 20 \log (20 \text{ km}) \\ &= 121\text{dB}\end{aligned}$$

Kaavalla (2) efektiivinen vastaanottimen herkkyys:

$$\begin{aligned}\text{ERS (dBW)} &= -228.6 + 10 \log (1800000 \text{ Hz}) + 10 \log (627 \text{ K}) + 20 \text{ dB} + 10 \text{ dB} - 25 \text{ dB} + \\ &8\text{dB} \\ &= -125.1 \text{ dBW}\end{aligned}$$

Kaavalla (3) tarvittava teho:

$$\begin{aligned}P \text{ (dBW)} &= 121 \text{ dB} - 125.1 \text{ dB} \\ &= -4 \text{ dBW}\end{aligned}$$

Joka vastaa n. 0.4 W tehoa.

Tämä teho on kuitenkin pätevä vain yhteyksissä, jossa väliaineena on pelkkä ilma. Lisävaimennusta aiheuttaa esim. puusto, joka hyvin lyhyellä matkalla kasvattaa vaimennuksen suuremmaksi kuin olisi suuremmalla teholla mahdollista kompensoida.

4.2 Yhteyksien laadun arviointi maastoprofiilista

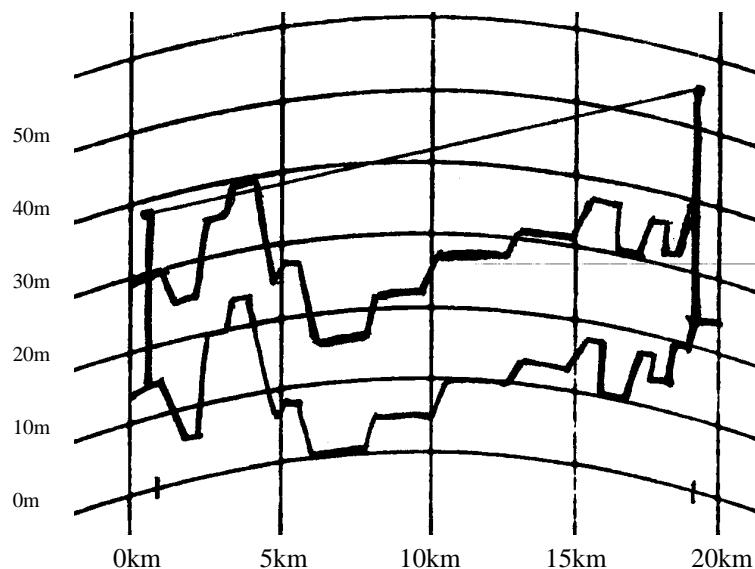
Koska maastonkorkeus sekä puusto vaikuttavat ratkaisevasti yhteyden laatuun, voidaan sitä arvioida maastoprofiilikartan avulla.

Maastoprofiili voidaan helposti selvittää peruskartan korkeuskäyrien avulla. Yhteyden päätepisteiden välille vedetään viiva ja molempien pisteiden alkukorkeudet selvitetään peruskartan mittakorkeuspisteiden avulla. Mittakorkeuspisteet ilmaisevat kartalla sijaitsevan paikan korkeuden mitattuna merenpinnan keskitasoon.

Maastoprofiili saadaan nyt aloittamalla toisesta yhteyden pisteestä käyrien korkeuden laskenta. Maaston korkeus voidaan piirtää valmiille profiilikartalle, jossa on otettu huomioon maapallon pinnan kaareutuminen sekä radioaaltojen kaartuminen horisontin taakse.

Puusto voidaan piirtää tähän profiilikarttaan arvioimalla tai konkreettisesti mittaamalla yhteysvälillä olevan puuston korkeus. Suomessa voisi käyttää esim. 18m korkeutta.

Kuvassa 20. on esitetty eräs ATV-toistinaseman todellinen yhteysväli. Etäisyyttä on n. 18km, maastona on mäntymetsää, peltoa sekä vettä. Kuva näkyy melko puhtaasti eikä kohinaa juuri ole.

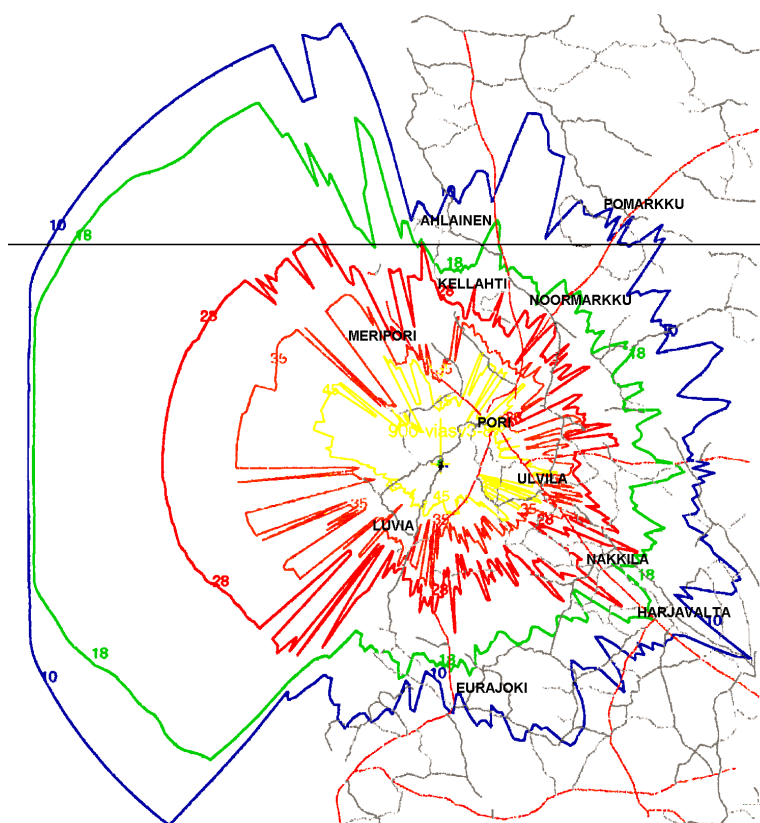


Kuva 20. OH1LLN ja OH1RTF:n välinen maastoprofiilikartta

4.3 Yhteyden laadun arvioiminen tietokonepohjaisesti

Parhaimmat arviot toistinaseman kuuluvuudesta saadaan tietokonepohjaisella, maastonkorkeustietokantaan perustuvalla ohjelmistolla. Kyseisiä ohjelmistoja on kuitenkin käytössä vain telealan yrityksillä.

Ohjelmistoon syötetään parametrejä, jotka kuvaavat lähettimen ominaisuuksia esim. antennin korkeus, lähetysteho, lähettimen maantieteellinen sijainti ja syöttöjohdon vaimennus. Ohjelmiston avulla saadaan näistä parametreistä sekä maastonkorkeustiedoista muodostettua kuuluvuuskartta haluttuun mittakaavaan. Kartalla on yleensä kuvattuna käyrästö, jonka jokainen käyrä ilmaisee tiettyä dB μ V-tasoa.



Kuva 21. Kuuluvuuskartta

5 TOISTINASEMAN OHJELMISTO

5.1 Ohjelmiston toiminta

ATV-toistinaseman ohjelmiston tehtävänä on ohjata koko toistinaseman toimintaa. Toistinaseman eri tiloissa tapahtuvia herätteitä seuraamalla tuotetaan vasteita logiikalle ja näytölle. Pääohjelman muodostaa slide show-tyyppinen tekstisivujen pyöritysohjelma. Sivut ladataan kovalevyltä ja ne ovat Colorix-formaatissa olevia bittikarttakuvia. Näytönohjaimelta saatava videosaanaali syötetään sellaisenaan lähettimelle, joten sivut näkyvät kanavalla. Sivujen näytön lomassa tarkastellaan aina välillä onko toistinasemaa komennettu DTMF-koodeilla.

Ohjelmisto on kokonaisuudessaan ohjelmoitu Turbo Pascal 7.0 ohjelmointikielellä. Pascal soveltuu erinomaisesti tämän tyyppisten kovoläheisten ohjelmien kehittämiseen.

Ohjelmiston laitteistovaatimukset:

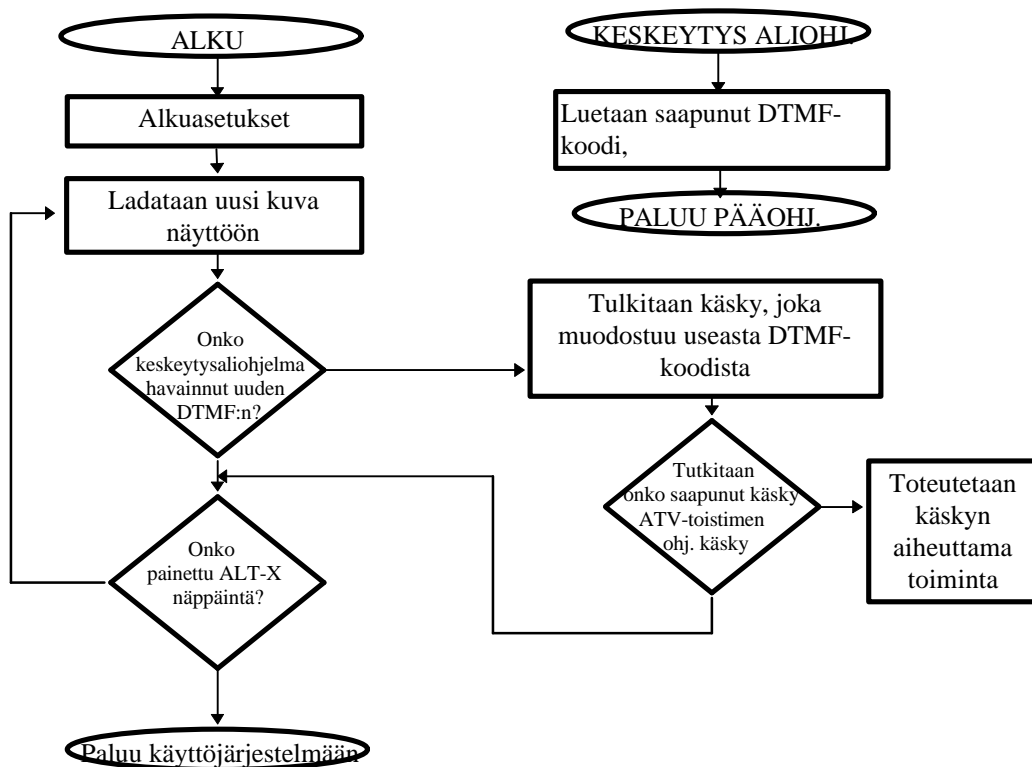
- 286 > prosessori
- MS-DOS käyttöjärjestelmä
- CGA-näytönohjain, josta saadaan videosaanaali ulos
- 640kt keskusmuistia
- 20Mt massamuistia

Ohjelmiston ominaisuuksia:

- slide show-tyyppinen Colorix-kuvien näyttö
- näppäimistöltä tulevien ohjaukskomentojen toteuttaminen

- yhteyden aikana tulevien ohjaukomentojen toteuttaminen
- tapahtumien kirjaus lokitiedostoon
- ohjelmiston käynnistymisen aiheuttajan raportointi lokitiedostoon
- ilmoitustaulusivu
- seuraava yhteys-sivu/yhteysajan jättö
- kellonajan näyttö
- toistotila
- testikuvan näyttötila
- sähkötyös identifiointi

Toistinaseman ohjelmiston karkea lohkokaavio:



Kuvio 8. Ohjelman karkea lohkokaavio

Ohjelman listaus on esitetty liitteessä 4.

5.2 Keskeytysohjelmointi

Koska DTMF-kauko-ohjauskoodit ovat suhteellisen nopeita ja voivat saapua koska tahansa, vaativat ne erityishuomiota ohjelmassa. Rinnakkaisportin keskeytystoiminnolla voidaan muuta ohjelmaa häiritsemättä vastaanottaa DTMF-koodeja.

Keskeytyksen tullessa ohjelma siirtyy suorittamaan keskeytyspalveluohjelmaa, joka tallettaa saapuneen koodin FILO-muistiin. Tämä koodi voidaan tulkita muualla ohjelmassa haluttuna hetkenä ja siirtyä suorittamaan haluttu vaste. Saapunut koodi ilmaistään välittämällä asetettu muuttuja palatessa takaisin keskeytyspalvelusta.

Keskeytysohjelmistossa oli hyvin tärkeää minimoida keskeytyspalveluohjelman koodi mahdollisimman lyhyeksi, jotta se pystytään suorittamaan ennen seuraavan DTMF-koodin saapumista. Lisäksi keskeytyspalveluohjelma ei saa kutsua muita keskeytyksiä aiheuttavia ohjelman osia, kuten tapahtuu esim. levytallennuksen aikana. Keskeytystoiminta liipaistään rinnakkaisliittynän nastan 10 avulla.

5.3 Kauko-ohjaus

Saapunut kauko-ohjauskoodi tulkitaan, kun todetaan, että keskeytyspalvelun asettama muuttuja on tosi. Käskyn numerosarja saadaan kun testataan IF-lauseilla keskeytyspalvelun asettaman FILO-muistin sisältöä.

Suurin osa kauko-ohjauskoodeista on kolme- tai neljämerkkisiä, kuten esim. 101 lokikirjan näyttö. Tärkeimmät, yhteyden pitoon liittyvät komennot ovat yksimerkkisiä.

Taulukko 5. DTMF-ohjaukset

Ohjaukoodi	Merkitys
*	Avaa toistinaseman toistotilaan.
#	Sulkee toistinaseman toistotilan, siirtyy tekstisivujen pyörytykseen.
000	Näyttää DTMF-koodit ja niiden selitykset.
001	Näyttää toistinaseman valvojan DTMF-koodit ja niiden selitykset.
100	Lähetää pelkkää testikuvaa 15min.
101	Näyttää viimeisimmän lokitiedoston sivun. (Toistimen käynnistys, sammutus, automaattisammutus ja sähkökatkot.)
102	Näyttää päiväyksen ja kellonajan.
103	Näyttää diagrammina toistinmen käytön aktiivisuuden viikonpäivien suhteen.
104	Näyttää kiiretuntidiagrammin.
105	Ilmoitustaululle kirjoitus.
106	Toistinaseman valvojan kutsu konsolille.
107	Kutsu kanavalla. Lähetää äänimerkkiä äänikanavalla 1.
200	Lähetää videokuva RCA-liittimestä 1. (Toistotila käyttää tätä).
201	Lähetää videokuva RCA-liittimestä 2.
202	Lähetää videokuva RCA-liittimestä 3.
203	Lähetää videokuva RCA-liittimestä 4.
204	Lähetää videokuva RCA-liittimestä 5.
205	Lähetää videokuva RCA-liittimestä 6.
206	Lähetää videokuva RCA-liittimestä 7.
207	Lähetää videokuva RCA-liittimestä 8.
300	Lähetää ääntä RCA liittimestä 1 ja 5 (kanavat 6.5MHz ja 7.5MHz). (Toistotila käyttää tätä).
301	Lähetää ääntä RCA liittimestä 2 ja 6 (kanavat 6.5MHz ja 7.5MHz).
302	Lähetää ääntä RCA liittimestä 3 ja 7 (kanavat 6.5MHz ja 7.5MHz).
303	Lähetää ääntä RCA liittimestä 4 ja 8 (kanavat 6.5MHz ja 7.5MHz).
400	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 0 ykköstilaan.
401	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 1 ykköstilaan.
402	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 2 ykköstilaan.
403	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 3 ykköstilaan.
404	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 4 ykköstilaan.
405	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 5 ykköstilaan.
406	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 6 ykköstilaan.
407	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 7 ykköstilaan.
500	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 0 nollatilaan.
501	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 1 nollatilaan.
502	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 2 nollatilaan.
503	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 3 nollatilaan.
504	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 4 nollatilaan.
505	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 5 nollatilaan.
506	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 6 nollatilaan.
507	Ulkoisten laitteiden liitännän bitti 7 nollatilaan.
950	Sammuttaa toistinaseman Masto-osan sähkönsyötön. Toistin on käynnistettävä uudelleen paikanpäällä. (Varovasti!)

Radioamatöörimääräyksen § 10.18 mukaan on *toistinaseman valvojan koska tahansa kyettävä kymmenen minuutin kuluessa katkaisemaan toistinaseman lähettimen toiminta* [LÄHDE 10]. Tämä pykälä toteutuu toistinaseman ohjauskoodin 950 avulla, jolla toistinaseman sähkönsyöttö voidaan katkaista.

5.4 Tiedostotoiminnot

Tiedostotoimintoja tarvitaan ohjelmistossa seuraavia tehtäviä varten:

- käynnistyksen yhteydessä tapahtuman kirjaamisessa lokitiedostoon
- toistimen avautuessa ja sulkeutuessa lokitiedostoon kirjauksessa
- slide show-kuvien näytössä
- ilmoitussivun näytössä

Tiedostotoiminnot käyttävät Turbo Pascal-ohjelmointikielen MS-DOS käyttöjärjestelmään pohjautuvia luku- ja kirjoitusrutiineja. Poikkeuksena Colorix-kuvien lukemisessa käytettävä lohkomainen luku, joka on toteutettu blockread-käskyllä. Toistinaseman eri tiloista raportoidaan lokitiedostoon (atv.log). Lokitiedostoon kirjataan tapahtuman päivämäärä, kellonaika ja tapahtuman aiheuttaja. Toiminnan avulla voidaan kätevästi selvittää esim. toistinaseman käynnistymisen syyt. Ohjelmistoa käynnistettäessä kysytään onko se käynnistetty manuaalisesti. Jos kysymykseen ei vastata, tulkitaan käynnistymisen syyksi sähkökatko. Lokiin kirjautuu myös toistimen avaukset ja sulut. Näitä tietoja voidaan tilastollisesti tarkastella ja tuottaa erilaisia taulukoita toistimen käytöstä. Lokilehti voidaan lukea antamalla DTMF-käsky 101.

```
Restart      :Su, 3/17/1996 :00:11:03.11
SysStop      :Su, 3/17/1996 :00:13:32.73
Restart      :Su, 3/17/1996 :00:16:27.56
Open         :Su, 3/17/1996 :00:18:13.45
Close        :Su, 3/17/1996 :00:18:26.52
SysStop      :Su, 3/17/1996 :00:18:42.23
Restart      :Su, 3/17/1996 :00:21:28.27
Open         :Su, 3/17/1996 :00:21:45.24
SysStop      :Su, 3/17/1996 :00:22:59.67
Restart      :Su, 3/17/1996 :00:36:24.66
Open         :Su, 3/17/1996 :00:36:31.69
Close        :Su, 3/17/1996 :00:36:42.18
Open         :Su, 3/17/1996 :00:37:09.37
Close        :Su, 3/17/1996 :00:37:19.47
SysStop      :Su, 3/17/1996 :00:38:45.10
Restart      :Su, 3/17/1996 :01:02:29.87
Restart      :Su, 3/17/1996 :01:14:25.00
```

Kuva 21. Esimerkki lokitiedostosta (atv.log)

5.5 Logiikan ohjaukseen käytettävät rutiinit

Logiikkaa ohjataan PC-tietokoneen rinnakkaisväylän kautta. Rinnakkaisporttia voidaan ohjata osoittamalla rinnakkaisportille varattuun muistipaikkaan (\$378), ja asettamalla sinne haluttu 8-bittinen tavu. Logiikan tilojen selvittäminen tapahtuu lukemalla muistiosoitteen (\$379) tavu. Koska rinnakkaisportissa on käytettävissä ainoastaan viisi tuloa, jokainen bitti on erikseen tulkittava AND-funktion avulla. Lisäksi on huomioitava nastojen 10 ja 11 käänteisyys.

Vaikka ohjelman käyttämät luku- ja kirjoitusrutiinit ovat suhteellisen hitaita, ne riittävät logiikan kytkintietojen välittämiseen.

6 YHTEENVETO

Suunnittelussa on pyritty mahdollistamaan jatkokehitys. Logiikan liitännät on suunniteltu niin, että niiden avulla on helppo liittää uusia laitteita toistimeen. Mielestäni toistinasema antaa tällä hetkellä hyvän pohjan sen jatkokehittämiselle.

Työn aikana esiin tulleita ongelmia olivat lähinnä häiriöt ja niiden kuriin saattaminen. Mikroaaltotekniikassa on monia tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa itseisvärähtelyllä täysin väärän toiminnan. Riittävän dupleksierotuksen löytäminen oli myös pahimpia ongelmia. Suodintoteutuksen kaistan optimointi ei ollut varsinaisesti ongelma, vaan pulmia aiheutti suotimen toteutus vähähäviöiseksi. Prototyypinä valmistettu suodin ei antanut mielestäni tarvittavia häviöominaisuuksia, suotimen Q-arvoa olisi voinut ehkä parantaa hopeoinnilla mutta tähän ei ollut mahdollisuuksia. Dupleksierotus on tällä hetkellä hyvä johtuen lähettimen ja vastaanottimen sijoituksesta eri mastoihin.

Tärkeimpinä kehityskohteina on toistimen tekstisivujen värien lisääminen. Syynä nykyisiin musta-valkosivuihin on rahanpuute. Toistimen käyttämä CGA-näytönohjain on käytännössä vain kaksivärinen. Moniväriset VGA → PAL konvertterit ovat kalliita, mutta niiden laatukin on huomattavasti parempi. Värejä saataisiin melkoisesti ja sivujen mielekkyys lisääntyisi huomattavasti.

Toistimen ohjattavuutta voitaisiin parantaa kattamaan radioamatöörien dataliikenneverkon (pakettiradio) mahdollisuudet. Toistimen DTMF-ohjauskoodit voitaisiin yhtä hyvin kuljettaa tätä kanavaa hyväksikäyttäen.

Tekstisivujen asiasisältö tulee kehittymään ajanmittaan. Sisältöä voidaan vaihtaa helposti Colorix-kuvia tekemällä ja siirtämällä ne vanhojen tilalle. Mielekkyyttä lisäävät myös sivujen aktiivinen vaihtuminen ja itsestään vaihtuvat sivut. Esimerkkinä tällaisesta voisi olla

pakettiradioverkon DX-vihjeiden näyttäminen omana sivunaan. Mikään ei estä tuottamasta liukuvaa grafiikkaa esim. Turbo Pascal:in grafiikkakomennoilla.

Mielenkiintoisena hyötynäkökohtana saattaisi tulla kysymykseen kerhorakennuksessa jo olevan murtohälytysjärjestelmän liittäminen toistinasemaan. Hälytyksen tullessa kerhorakennuksen sisätilan kamerakuvaa näytettäisiin toistimella.

7 LÄHDELUETTELO

[1] Räsänen, Antti - Lehto, Arto. 1992 RADIOTEKNIikka Otatieto Oy
ISBN 951-672-149-4

[2] Lindell, Ismo. 1985 RADIOAALTOJEN ETENEMINEN Otatieto Oy
ISBN 951-672-179-6

[3] Lindell, Ismo. 1986 ANTENNITEORIA Otatieto Oy ISBN 951-671-398-X

[4] Haikonen, Pentti. 1993 VIDEOTEKNIikka Monila Oy

[5] ARRL 1995. HANDBOOK FOR RADIOAMATEURS. The American Radio Relay
League

[6] RSGB 1985. MICROWAVE HANDBOOK I - II - III Radio Society of Great Britain

[7] Forester, Tim. 1994. 24CM TELEVISION TRANSMITTER. Elektor Electronics June.
s. 16 - 23.

[8] Dobricic, Dragoslav. 1990. AN UNCONDITIONALLY-STABLE, LOW-NOISE GaAs-
FET PRE-AMPLIFIER. Vhf Communications 4/90 s. 202 - 218

[9] Kaarna, Pertti - Mäkikara, Kari. PUHELINLAITEET. Teknisten jäsenpalvelu Oy

[10] THK 6D/94 M. Telehallintokeskus. RADIOAMATÖÖRIMÄÄRÄYKSET 1994.
ISBN 951-47-9843-0

[11] Bäckström, Rolf - Hokkinen, Olavi - Ketonen, Pekka - Pajunen, Pentti. 1984
SÄHKÖTURVALLISUUSOHJEET. Suomen radioamatööriliitto ry. s. 2

[12] Johnson, Richard - Jasik, Henry. 1984. ANTENNA ENGINEERING HANDBOOK
McGraw-Hill Book Company ISBN 0-07-032291-0

[13] Nelson, William. 1988. INTERFERENCE HANDBOOK Radio publications inc.
ISBN 0-933616-01-5

[14] Ikonen, Ari. 1992. TV-SATELLIITTIVASTAANOTTO Painomerkki Oy
ISBN 951-96616-0-3

[15] Rahola, Jaakko. 1966. CQ-LEHTI SEPTEMBER/1966 OH2AZT