

RADIOAMATÖÖRIEN PERUSLUOKAN T1-MODUULI

- uusittu ja täydennetty aineisto -

”Tekniikka ja turvallisuusmääräykset”
**Maanpuolustuskoulutusyhdistyksen
radioamatöörikurssille**

**Alkuperäismateriaali ja copyright
Hannu Kärkkäinen, OH3NOB**

<http://www.oh3abn.net>

Tämän radioamatöörien perusluokan T1-moduulin tekniikan kalvosarjan pohjana on Hannun, OH3NOB; Kangasalalla käyttämä luentomateriaali. Alkuperäinen materiaali löytyy sivulta:

<http://oh3abn.net/sivut/wp-content/uploads/2016/12/T1ver041.pdf>

Hannun materiaali on suunniteltu kurssin opettajan ja oppilaan kannalta mahdollisimman tehokkaaksi – käsitellään vain asioita, jotka ovat keskeisiä uudelle radioamatöörille ja joita T1-moduulin tutkinnossa tarvitaan. Lisätietoa ja laajempaa syventymistä löytyy toki opettajilta, kurssilta ja mm. ”Tiimissä hamssiksi”-kirjasta.

Kunkin sivun alalaidassa on linkkejä www.oh3ac.fi/T1 -tiedostossa oleviin kaikkiin T1-kysymyksiin ja niiden vastauksiin. Lisäsivuja on noin 500. Linkit liittyvät voimassa oleviin tenttikysymyksiin. Sivujen oikeassa yläalaidassa on lisäksi linkkejä täydentävään materiaaliin.

Linkityksen, alkuperäismateriaalin editoinnin ja muutokset on tehnyt Jari Jussila, OH2BU. Parannus-, täydennys- ja korjausehdotuksia otetaan mielellään vastaan osoitteessa: oh2bu@oh3ac.fi

Tämä on tarkistettu versio, julkaistu 10.1.2018.

Sisältö ja sivunumerot

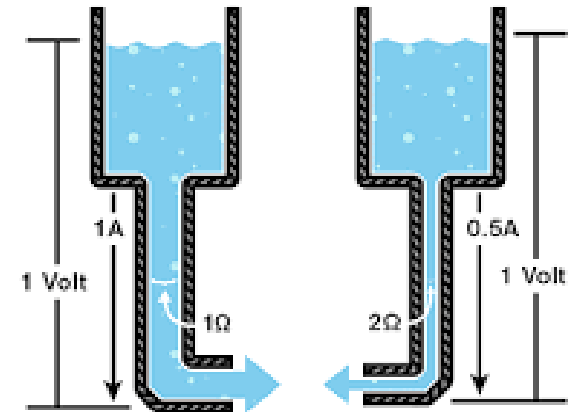
<u>Pääotsikot ja aiheet</u>	<u>Sivunumerot</u>
1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi Ohmin laki, sähköteho ja PUI m URI Lyhenteet, suuret ja pienet luvut Virtalähteiden kytkennät Vaihtovirta ja -jännite, muuntajat	4-20
2. Mittaaminen	21-23
3. Elektroniikan komponentteja Vastus, kondensaattori, kela Diodi, transistori, looginen piiri	24-36
4. Taajuus ja aallonpituus	37-39
5. Modulointi	40-44
6. Vastaanottimet Suora vastaanotin ja superi Peilitaajuudet ja kaksoissuperi	45-50
7. Lähettimet Kide- ja SSB-lähetin	51-54
8. Siirtojohdot	55-56
9. Antennit	57-63
10. Radioaaltojen eteneminen HF- ja VHF-eteneminen	64-68
11. Sähköturvallisuus	69-73
12. Häiriöt	74-76

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.1 Sähkövirta, johteet ja eristeet

Kun avaat hanan, vesi alkaa virrata. Veden määrä voidaan ilmoittaa vaikkapa litroina minuutissa. Kun kytket valot, lamppu syttyy, koska sähkövirta kulkee johdoissa. Sähkövirran (yksikkö "I") suuruus mitataan ampeereina (A).

Sähkövirta on elektronien liikettä johdoissa. Jotkut aineet päästävät sähkövirran helposti lävitseen, koska niissä on paljon vapaita elektroneja. Tällaisia aineita kutsutaan **johteiksi**. Hyviä johteita ovat kaikki metallit, suolavesi (merivesi), hiili, elektrolyytti (sähköä johtava liuos) ionisoitunut kaasu, tavallinen vesijohtovesi yms.



Eristeitä taas ovat muovit, kumit, tislattu vesi, kiille, porsliini, ilma ja tyhjiö, puhdas pii, kuiva puu, öljy, polyeteeni, lasi, kuiva paperi jne

Näiden aineiden välissä ovat **puolijohteet**, mm. pii ja germanium, joiden johtavuus riippuu olosuhteista. Niissä on kohtuullisesti liikkuvia elektroneja.

T1-moduulin kysymyksiä:

[01002](#) [01004](#) [01006](#) [01007](#) [01042](#) [01043](#) [01061](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.2 Jännite, tasa- ja vaihtovirta

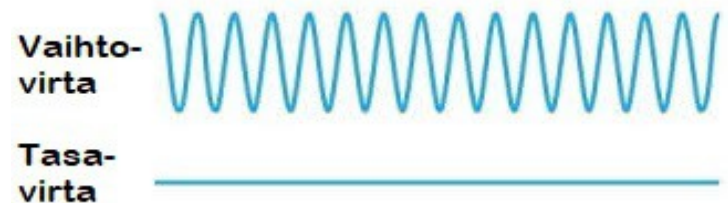
Paine saa veden virtaamaan putkistossa. Sähkövirran saa kiertämään jännite. Jännitteen (yksikkö "U") suuruus mitataan voltteina (V).

Tasavirta kulkee aina samaan suuntaan, sen suuruus voi vaihdella, mutta sen suunta ei vaihdu. Tasavirta lyhennetään kirjaimilla "DC" (direct current) tai merkillä 

Paristoista, akuista, aurinkopaneeleista saadaan tasajännitettä.

Kaikki sähkövirrat eivät ole samanlaisia, sillä joissain tilanteissa on parempi, että sähkövirran suunta vaihtelee ja jopa sen suuruus voi vaihdella. Tällaista virtaa kutsutaan **vaihtovirraksi** ja se lyhennetään kirjaimilla "AC" tai merkillä 

Pistorasiassa vaikuttaa 230 voltin suuruinen jännite, jota kutsutaan myös verkkojännitteeksi (verkkovirraksi). Vaihtovirtaa saadaan myös generaattoreista, esim. dynaamisesta mikrofonista ja vaihtosuuntaamalla tasavirrasta.



T1-moduulin kysymyksiä:

[01032](#) [01055](#) [01056](#) [01060](#) [01076](#) [01077](#)

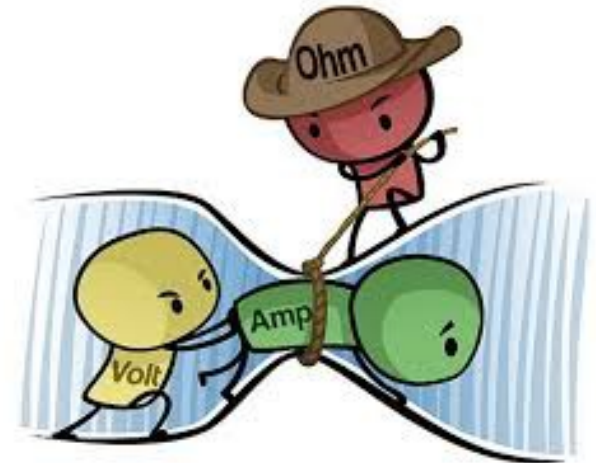
1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.3 Vastus eli resistanssi

Kapeampi kohta putkistossa vastustaa vesivirtaa. Samoin sähköjohdossa oleva laite, esim. lamppu (kuluttaessaan sähköä eli ollessaan kuormana) vastustaa sähkövirtaa. Sähkövirran vastustusta kutsutaan resistanssiksi (yksikkö "R") ja sen suuruutta mitataan ohmeina (Ω). (Kreikkalainen kirjain "omega")

Ohut sähköjohto vastustaa sähkövirtaa enemmän kuin paksu, samoin pitempi sähköjohto vastustaa virtaa enemmän kuin lyhyt. Sähköjohton resistanssi tasavirralla riippuu johtimen **poikkipinta-alasta** mutta ei poikkipinnan muodosta.

Resistanssin määrä riippuu myös materiaalista (aineesta), esim. jalometallit kulta ja hopea johtavat hyvin sähköä. Johtimen eristekerros sensijaan ei vaikuta johtimen resistanssiin.



1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.4 Lyhenteet ja Ohmin laki

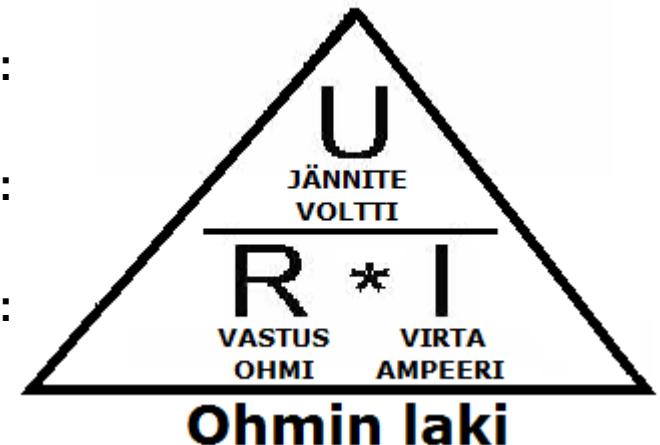
Seuraavat ovat tässä vaiheessa opitut tärkeimmät lyhenteet:

U	= jännite	= mitataan voltteina (V)
R	= resistanssi (vastus)	= mitataan ohmeina (Ω tai ohm)
I	= sähkövirta	= mitataan ampeereina (A)

Jos lisää vesiputkistoon vastusta ohentamalla putkia, piirissä kiertävän veden määrä pienenee. Jos taas lisää painetta, veden määrä kasvaa. Kiertävän veden määrä siis riippuu sekä vastuksesta että paineesta.

Samoin on sähkövirran kanssa: jos lisää resistanssia, virran määrä vähenee. Jos lisää jännitettä virta kasvaa. Virran suuruus riippuu siis sekä jännitteestä että vastuksesta.

- Jos jännite ja resistanssi tunnetaan, saadaan virta:
- **virta (I) = jännite (U) / resistanssi (R)**
- Jos virta ja resistanssi tunnetaan, saadaan jännite:
- **jännite (U) = resistanssi (R) * virta (I)**
- Jos jännite ja virta tunnetaan, saadaan resistanssi:
- **resistanssi (R) = jännite (U) / virta (I)**



T1-moduulin kysymyksiä:

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.4 Esimerkki: Laskeminen Ohmin lailla

Esimerkki:

Kuinka suuri virta kiertää leivänpaahtimen langoissa, kun laite kytketään 230 V jännitteeseen ja laitteen lankojen resistanssi (vastus) on 77 ohmia?

Ratkaisu:

Tehtävänä on laskea virran (I) suuruus.

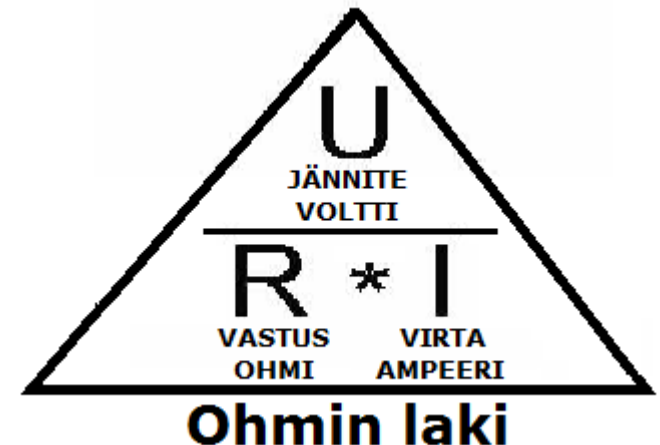
Tiedossa olevat arvot: $U = 230 \text{ V}$, $R = 77 \text{ ohm}$

Peitetään virta (I) kolmiosta, jolloin saadaan kaava:

$\text{virta (I)} = \text{jännite (U)} / \text{vastus (R)}$

$\text{virta (I)} = 230 \text{ voltia} / 77 \text{ ohmia}$

$\text{virta (I)} = \underline{2,987 \text{ A} = 3 \text{ ampeeria}}$



T1-moduulin kysymyksiä:

[01068](#) [01069](#) [01070](#) [01071](#) [01072](#) [01073](#) [01074](#) [03051](#) [03052](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.5 Sähköteho ja "PUImURI"

Kun jännite (U) ja virta (I) vaikuttavat yhtä aikaa tietyssä pisteessä, kuluttavat ne tuossa pisteessä energiaa eli sähkötehoa. Sähkötehon yksikkö on "P" ja sitä mitataan watteina (W)

Sähköteho (P) lasketaan seuraavasti:

teho = jännite x virta

$$P = U \times I$$

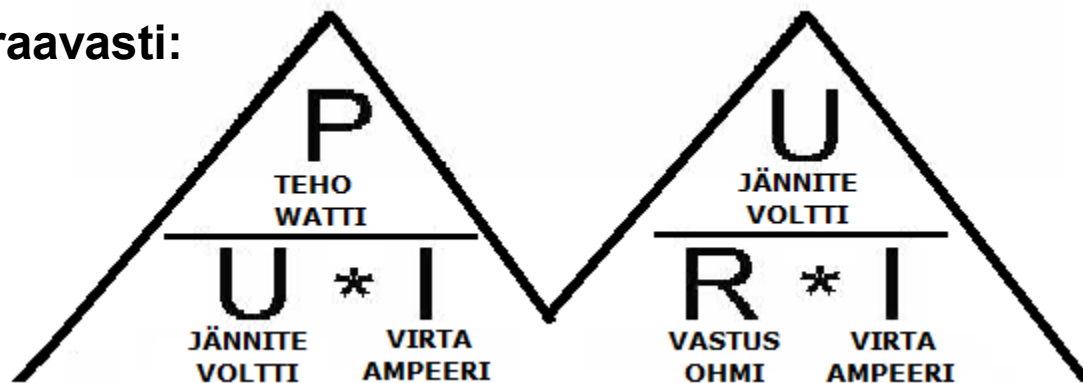
Yhdistettynä tehon kaava
Ohmin lakiin saamme:

"Puimuri" ($P=U \times I$ m $U=R \times I$)
muodostuu kahdesta

muistikolmiosta: tehon, jännitteen ja virran toisiinsa sitovasta kaavasta sekä Ohmin laista, joka sitoo toisiinsa jännitteen, resistanssin ja virran.

Peittämällä muistikolmioista kysytyn suureen, saat kaavan:

Esim.: Kuinka suuren virran (I) ottaa 1200 W silitysrauta 230 V sähköverkosta. Peitetään vasemmasta kolmiosta "I". Jäljellä jää kaava P/U eli $1200 \text{ W} / 230 \text{ V} = 5,2 \text{ A}$



T1-moduulin kysymyksiä:

[01031](#) [01018](#) [01065](#)

Tehonkesto:

[01083](#) [01084](#) [01085](#) [01086](#)

Lämpöteho:

[01087](#) [01088](#) [01089](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.5 Vaikeiden kysymysten ratkaisuja

Joissakin tapauksissa löytyy kummastakin kaavasta vain yksi tunnettu arvo. Tällöin helpoin tapa on kokeilla erikseen jokainen neljästä vaihtoehdosta ja löytää se oikea. Kysymyksen voi ratkaista myös seuraavasti:

(01092) Vastuksen resistanssi on $10\ \Omega$ ja siihen syötetään $4000\ \text{W}$ sähköteho. Vastuksessa kulkeva virta on:
A) $4000\ \text{A}$ B) $40\ \text{A}$ C) $20\ \text{A}$ D) $2\ \text{A}$

Tiedetään: $P = 4000\ \text{W}$, $R = 10\ \Omega$. Seuraavalla kaavalla saa virran (I):
 $I = \sqrt{(P / R)} = \sqrt{(4000\ \text{W} / 10\ \Omega)} = \sqrt{(400)} = 20\ \text{A}$

Vaikea esimerkki: $100\ \text{ohmin}$ vastuksen yli vaikuttaa $12\ \text{voltin}$ jännite.
Kuinka suuri tehohäviö vastuksessa syntyy?

Ratkaisu: Tehohäviö tarkoittaa vastuksessa lämmöksi muuttuvaa tehoa eli lasketaan normaalisti teho. Tehtävässä ei anneta virran suuruutta. Niinpä joudumme laskemaan ensin virran (I) ja sen jälkeen tehon (P):

virta (I) = jännite (U) / vastus (R)

virta (I) = $12\ \text{V} / 100\ \Omega = 0,12\ \text{A}$

teho (P) = $12\ \text{V} \times 0,12\ \text{A} = 1,44\ \text{W}$.

Vastuksen tehohäviö:

Vastuksen arvo:

Kaava: $I = \sqrt{(P / R)}$ tai kokeiltava:

[01028](#) [01029](#) [02054](#)

[01093](#) [01096](#)

[01017](#) [01090](#) [01091](#) [01092](#) [02038](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.6 Sähkötekniikan suureita

Esimerkki:

Fysiikassa nopeuden suure (mitattava ominaisuus) on "v" (lat. velocitas), mutta nopeuden mittaamisen yksikkö on "m/s" tai "km/h". Vastaavasti:

Tärkeimmät

Jännite

U

Virta

I

Vastus

R

Teho

P

Yksikkö

Voltti

V

Ampeeri

A

Ohmi

Ω

Watti

W

Muut

Impedanssi

Z

Induktanssi

L

Kapasitanssi

C

Taajuus

f

Yksikkö

Ohmi

Ω

Henry

H

Faradi

F

Hertsi

Hz

Käyttö

vaihtovirtavastus

kelat

kondensaattorit

värähdysten määrä

T1-moduulin kysymyksiä:

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.7 Suuria ja pieniä lukuja

Yksi ohmi on hyvin pieni vastus. Resistanssi voi olla 1000 ohmia tai 1 000 000 ohmia. Vastaavasti yksi ampeeri on melko suuri virta. Virrat voivat olla myös 0,001 ampeerin tai 0,000 001 ampeerin suuruisia.

Epämääräistä lukua nollia on vaikea hallita, joten usein käytetään yksikön edessä olevaa, kolmen nollan ryhmässä kulkevaa etuliitettä:

G	=	Giga	=	miljardi	1 000 000 000
M	=	Mega	=	miljoona	1 000 000
k	=	kilo	=	tuhat	1 000
			=	yksi	1
m	=	milli	=	tuhannesosa	0,001
μ	=	mikro	=	miljoonasosa	0,000 001
n	=	nano	=	miljardisosa	0,000 000 001
p	=	piko	=	biljoonasosa	0,000 000 000 001

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.7 Suuria ja pieniä lukuja

Vastukset saattavat usein olla Ω lisäksi $k\Omega$ tai peräti $M\Omega$.

Kondensaattorit ovat aina joko μF , nF tai pF .

Virta saattaa olla ampeerin lisäksi olla esimerkiksi mA .

Laskutehtävissä kannattaa olla tarkkana etuliitteen kanssa ja laskiessa muuttaa arvot perussuureeseen (esim. Ω , F , V tai A). Kysymysten vastausvaihtoehdoissa saattaa sama arvo olla kahteen kertaan mutta käyttäen eri etuliitettä. Esim. $40.000 \Omega = 40 k\Omega$

Esimerkki:

Sähkövirran (I) suuruus on $20 mA$
ja resistanssi (R) on $4 k\Omega$.
Laske jännitteen (U) suuruus.

Ratkaisu:

Kysytään jännitettä (U)

Kolmiosta saadaan

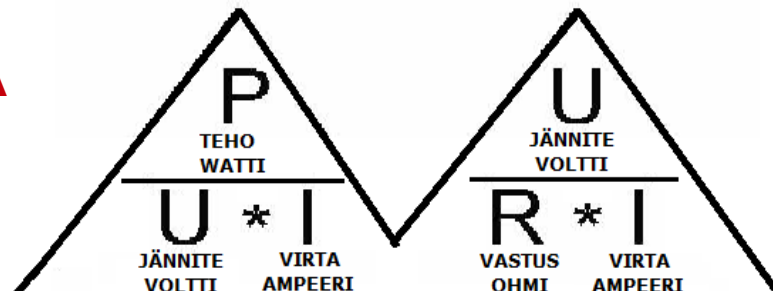
jännite (U) = virta (I) x resistanssi (R) eli

jännite (U) = $20 mA \times 4 k\Omega$ eli

jännite (U) = $0,020A \times 4\ 000 \Omega$

Laskin antaa tulokseksi jännite (U) = 80 voltia!

T1-moduulin kysymyksiä:

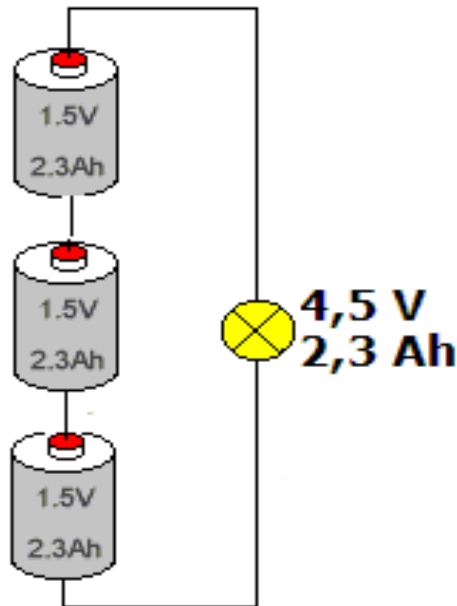


1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.8 Virtalähteiden kytkennät

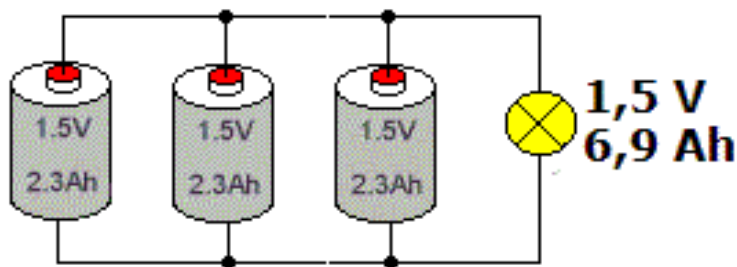
Jos paristoja (tai akkuja) kytketään **sarjaan**, kytkennästä saatava jännite nousee mutta kuormitettavuus pysyy samana kuin yhdellä paristolla tai akulla.

Jos kolme 1,5 V paristoa kytketään sarjaan, kytkennästä saadaan 4,5 V jännite! Tätä käytetään hyväksi mm. taskulampuissa.



Jos taas paristoja kytketään **rinnan**, jännite ei nouse, mutta kuormitettavuus nousee eli kytkennästä voidaan ottaa enemmän virtaa kuin yhdestä yksittäisestä paristosta. Myös latausenergiaa tarvitaan vastaavasti enemmän, jos kyseessä on ladattava akku.

Jos kolme 1,5 V paristoa kytketään rinnan, kytkennästä saadaan 1,5 V jännite mutta enemmän virtaa.



Kytcentä sarjaan:

[01035](#) [03028](#) [03036](#) [03037](#)

Kytcentä rinnan:

[01019](#) [01036](#) [03026](#) [03029](#) [03031](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.8. Varauskyky eli ampeeritunnit

Akun varauskyky ilmoitetaan ampeeritunteina (Ah). Yksinkertaisesti ilmaistuna henkilöauton 64 Ah:n akusta voidaan ottaa 1 A:n virtaa 64 tuntia, 2 A:n virtaa 32 tuntia, jne.

Paristojen kokoisten sormiakkujen varauskyky voi olla luokkaa 2300 mAh eli 2,3 Ah. Auton akkujen varauskyky saattaa olla yli 100 Ah

Jos kytketään **rinnan** viisi kappaletta 1,2 voltin sormiakkuja, joiden varauskyky on 2 Ah, kytkennästä saatava jännite on edelleen 1,2 voltia, mutta varauskyky on ($5 \times 2 \text{ Ah} =$) 10 Ah!

Jos taas samat sormiakut kytketään **sarjaan**, kasvaa kytkennästä saatava jännite ($5 \times 1,2 \text{ V} =$) 6 volttiin, mutta varauskyky säilyy 2 Ah:ssa.

Koska akkujen sisäinen resistanssi on yleensä pieni, niistä voi hetimitäin ottaa huomattavan suuria virtoja mutta oikosulku tuhoaa akun nopeasti. Paristolla sisäinen resistanssi on suuri, niistä ei saa suuria virtoja mutta paristo saattaa kestää oikosulkua jonkin aikaa.

Hyvin huollettuina akkuja voidaan ladata uudelleen satoja kertoja.

T1-moduulin kysymyksiä:

[01054](#)

[03038](#)

[03039](#)

[03057](#)

[03058](#)



1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.8. Sisäinen resistanssi ja jännitehäviö

Paristoissa ja akuissa on ns. **sisäinen resistanssi**. Sen ollessa pieni on kuormitettavuus suuri. Kun virtalähteitä kytketään rinnan, niiden sisäinen kokonaisresistanssi laskee samalla tavalla kuin jos vastuksia kytketään rinnan ja kuormitettavuus nousee.

Jännitehäviö

Virran I kulkiessa vastuksen läpi tapahtuu vastuksen päiden välillä **jännitehäviö** eli potentiaalin lasku $U = R \cdot I$. Jännitehäviön suuruus riippuu siis vastuksen ja virran suuruudesta.

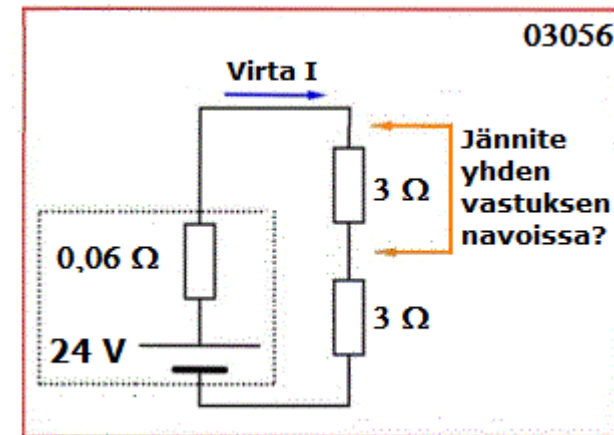
Napajännitteen putoaminen

Akun antama jännite putoaa kuormituksen vaikutuksesta aina jonkin verran; sitä vähemmän, mitä pienempi on sen oma sisäinen resistanssi.

Kuorman kokonaisvirta saadaan Ohmin lakia käyttäen: $I = U / R$

(Kuvassa $I = 24 \text{ V} / (0,06 \Omega + 3 \Omega + 3 \Omega) = 3,96 \text{ A}$)

Kuormaan saatava (yhden vastuksen yli) oleva jännite saadaan laske-
malla sen aiheuttama jännitehäviö: $U = R \cdot I = 3 \Omega \times 3,96 \text{ A} = 11,88 \text{ V}$



T1-moduulin kysymyksiä:

[01030](#) [03053](#) [03054](#) [03055](#) [03056](#)

[10031](#) [10037](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

1.8. Vaihtovirta ja -jännite

Pistorasiasta saatavan vaihtojännitteen suuruus vaihtelee ns. siniaalto-käyrän mukaisesti ja sillä on määrätty taajuus (50 Hz) ja amplitudi.

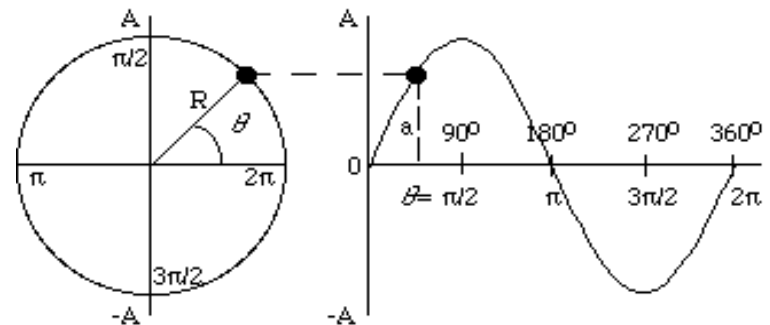
Siniaalto on jaksollinen, sinifunktion muotoinen aaltomuoto ja on harmonisen värähtelyn ”matemaattinen” perusmuoto. Siniaallon voi ajatella syntyvän pyörivän osoittimen kärjen kiertäessä ympyrän kehää vastapäivään tasaisella kulmanopeudella.

Silloin osoittimen kärjen projektiio suoralle, esimerkiksi koordinaattiston y-akselille, piirtää sinikäyrän.

Siniaaltoa voidaan käyttää radio-taajuisen vahvistimen ohjaussignaalinä, mikäli sen taajuus on sopiva.

Muita aaltomuotoja ovat mm kolmio-, neliö- ja kanttiaalto.

Vaihtojännitteen sinikäyrrä ja huippujännitteitä voi katsella esim. oskilloskoopilla.



T1-moduulin kysymyksiä:

[01057](#) [01044](#) [01075](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

Lisäkuva

1.8. Vaihtovirta ja -jännite

Pistorasiasta tulevan jännitteen suuruus vaihtelee välillä -325 V - +325 V, huippujen ero on siis 650 V. Koska sen **keskimääräinen teho (tehollisarvo)** on 230 V, sitä kutsutaan 230 V vaihtojännitteeksi. Tasajännitteellä, jonka suuruus on 230 V, on sama tehollisarvo. Lamppu loistaa yhtä kirkkaasti sekä 230 V tasa- että 230 V vaihtojännitteellä. Tehollisarvo on aina pienempi kuin huippuarvo.

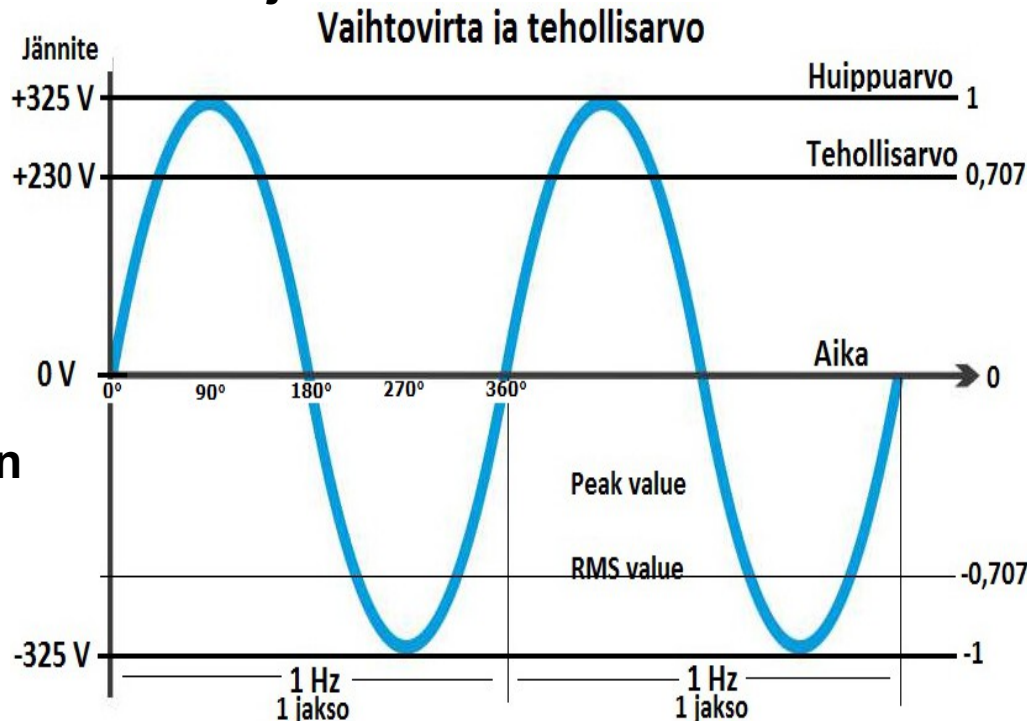
Tehollisarvosta voidaan laskea huippujännite kertoimella 1,41. Jos siis tehollisarvo on 230 V, huippujännite on

$$1,41 \times 230 \text{ V} = 325 \text{ V}$$

(Tarkka kerroin: $\sqrt{2} = 1,4142\dots$)

Vastaavasti tehollisarvo saadaan jakamalla signaalin "huipusta huippuun"-arvo luvulla 2,8

$$(650 \text{ V} / 2,8 = 230 \text{ V})$$



Vaihtovirrassa (230 V) näitä jaksoja on 50 kertaa sekunnissa eli 50 Hz.

T1-moduulin kysymyksiä:

[01027](#) [01058](#) [08013](#) [02026](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

Muuntaja ja
magneettivuo

2.0. Muuntajat

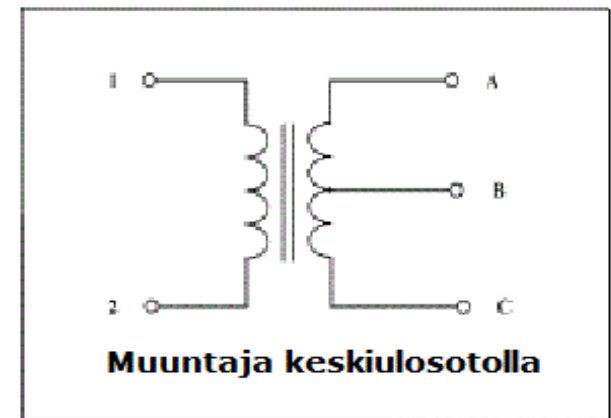
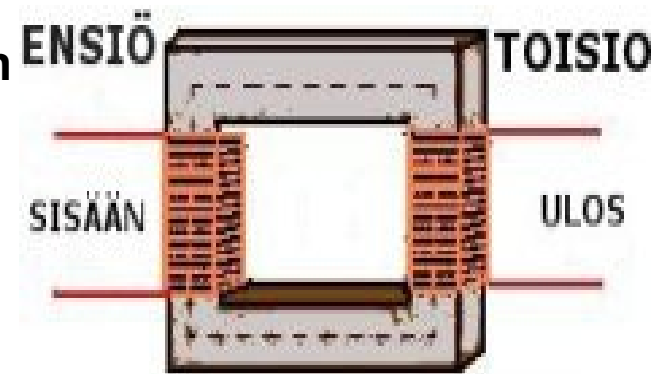
Muuntajia käytetään a) vaihtojännitteiden pienentämiseen ja suurentamiseen, b) vaihtovirtapiirien galvaaniseen erottamiseen ja c) elektronisten piirien keskinäisten impedanssien sovittamiseen.

Muuntaja muodostuu rautasydämeestä ja siihen kierretyistä kuparilangoista eli käämeistä. Muuntaja toimii ainoastaan vaihtojännitteellä.

Muuntajan toiminta perustuu magneettikentän vaikutukseen eli ns. induktiiviseen kytkentään.

Muuntajan sisäänmenopuoli on "ensiö" ja ulostulopuoli "toisio". Ulostulevan jännitteen suuruuden määrää ensiön ja toision kierrosten suhde.

Toisiossa voi olla myös **keskiulosotto**, jonka avulla toisiojännite saadaan puolitettua.



T1-moduulin kysymyksiä:

[02006](#) [02008](#)

[02009](#) [02028](#)

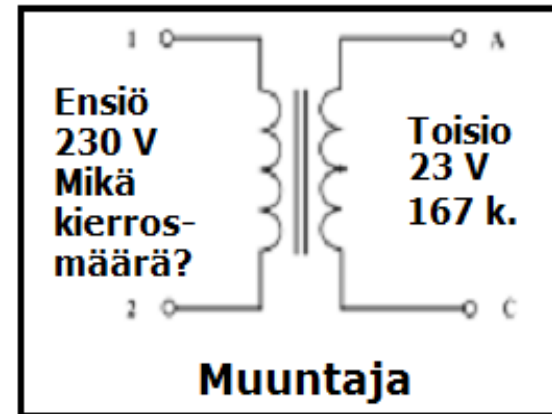
[03013](#)

1. Sähkövirta, jännite ja resistanssi

2.0 Muuntajat

Esimerkki: Muuntajan ensiökäämissä on merkintä 230 V ja toisiokäämissä merkintä 23 V. Purat toisiokäämin ja lasket sen kierrosmääräksi 167 kierrosta. Paljonko ensiökäämissä on kierroksia?

Ratkaisu: Jännitteiden suhde on $230 \text{ V} : 23 \text{ V} = 10$. Niinpä kierrosmäärien suhteenkin täytyy olla 10. Ensiökäämissä on siis $10 \times 167 = n. 1670$ kierrosta.



Muuntajassa häviää hieman tehoa mm. lämmöksi, mutta käytännössä muuntaja oletetaan häviöttömäksi, joten tehot ensiö- ja toisiopuolella ovat yhtäsuuret. Muuntajan ensiö ottaa tehoa (sähköverkosta) yhtä paljon kuin toisio antaa sitä käytettävälle laitteelle.

Muuntajan **tehonkeston määrää rautasydämen ominaisuudet ja sen poikkileikkauksen pinta-ala**. Niinpä muuntajat, joista otetaan paljon tehoa ovat suuria ja painavia. Esim. tietokoneissa käytetäänkin hakkurivirtalähteitä, joissa ei ole perinteisiä muuntajia.

Muuntajan ensiöpiirissä tulee olla ns. verkkosulake.

T1-moduulin kysymyksiä:

[02029](#)

Muuntajaan liittyviä laskuja:

[01094](#) [01095](#) [02010](#) [02011](#) [02040](#) [02069](#) [02080](#) [02081](#) [02083](#) [02084](#) [02085](#) [02086](#)

(20)

2. Mittaaminen

Yleismittarit ja jännite

Yleismittarilla voidaan mitata mm. virtaa (A), jännitettä (V) ja resistanssia (Ω). Mittareita on kahta päätyyppiä: **digitaaliset** eli numeronäytölliset ja **analogiset** eli viisarinäytölliset.

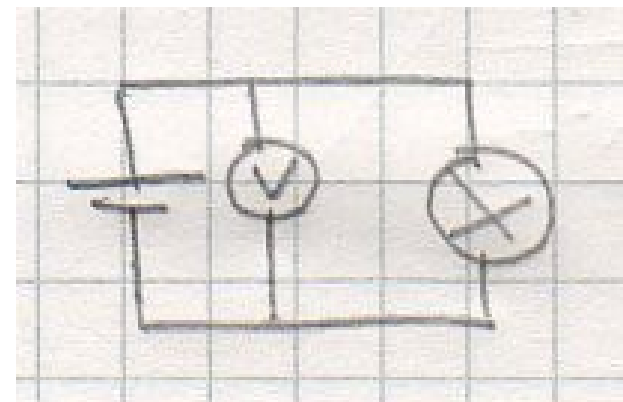
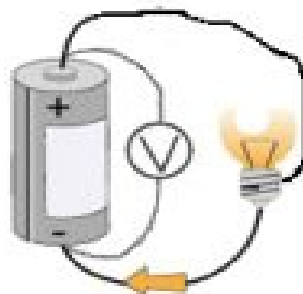
Kumpikaan ei ole toistaan parempi, digitaalista on nopeampi lukea, analoginen sopii paremmin nopeiden vaihteluiden (ääriarvojen) mittaamiseen.



Jännitteen mittaaminen

Jännitemittari kytketään **rinnan** mitattavan kohteen kanssa. Jotta mittaus ei vaikuttaisi mitattavaan kohteeseen, on sen sisäisen vastuksen oltava mahdollisimman suuri.

Jännitemittarin mittausaluetta voi laajentaa kytkemällä mittarin kanssa sarjaan **etuvastus**, jossa tapahtuu halutun suuruinen jännitehäviö.



Yleismittarista:

[08006](#) [08008](#)

Jännitteen mittaamisesta:

[08007](#) [08012](#)

2. Mittaaminen

Virran mittaaminen

Virta mitataan kytkemällä mittari **sarjaan**.

Virtamittari kytketään sarjaan tutkittavan piirin kanssa, laitteen läpi kulkeva virta kulkee samalla mittarin läpi. Virtamittari häiritsee mitattavaa piiriä aiheuttamalla piiriin jännitehäviön. Siksi on tärkeää, että mittarin sisäinen resistanssi on mahdollisimman pieni.

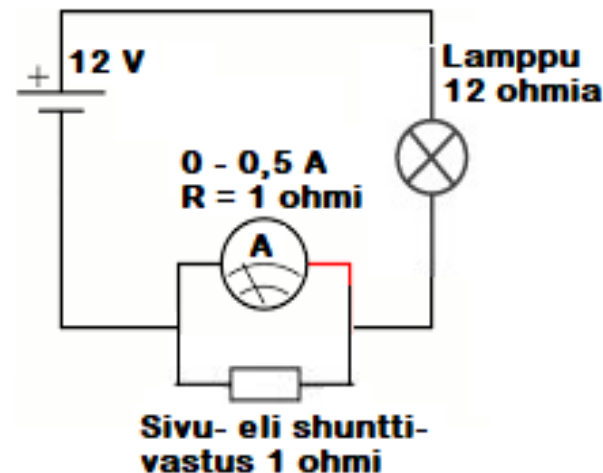
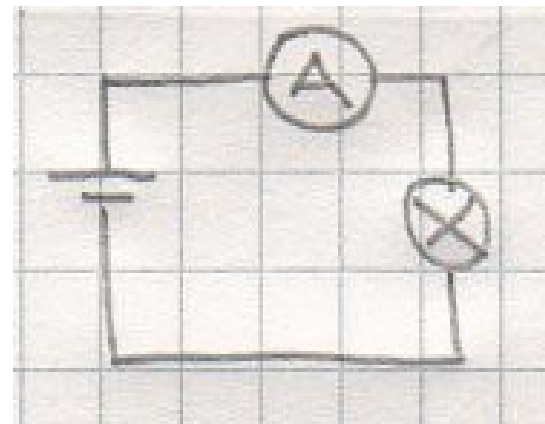
Jos virtamittarin asteikko ei riitä virtamittaus-alueella, asia voidaan kiertää ns **sivu- eli shunttivastuksella**: annetaan virran kulkea myös pienen vastuksen läpi ja mitataan vastuksessa vaikuttava jännite ja lasketaan virta.

Ennen laitteessa olevien vastusten yms. mittauksia täytyy sähköt tietysti katkaista laitteesta sekä useimmiten irrottaa ainakin komponentin toinen pää laitteesta.

Shunttivastus

Virran mittaaminen:

[08001](#) [08002](#) [08005](#) [08018](#)



2. Mittaaminen

Taajuuslaskuri ja oskilloskooppi

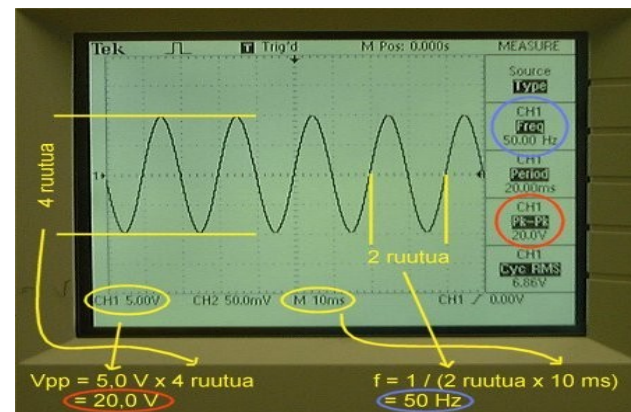
Taajuusmittarilla (taajuuslaskuri) voidaan mitata moduloimattoman kanta-aallon taajuus tarkasti. Jos läheteessä on mukana ”puhe” (modulaatio), ei mittaaminen yleensä onnistu.



Lähettimestä lähtevän virran mittaus on hankalaa, mutta eräs keino on mitata lähetyksen aikaansaama lämpö **lämpö- eli termoristimittarilla**.

Oskilloskooppi näyttää kuvaruudulla jännitteen muodon, esim. sini- tai kanttiaalto. Käyrästä voidaan mitata jännitteen suuruus ja taajuus, mutta ei virtaa, tehollisarvoa eikä resistanssia.

Mitattaessa suurtaajuus- eli RF-signaalia, näytölle on saatava vähintään puolen jakson täydellinen kuva, jotta jännite voidaan määrittää verhoikäyrästä. (Käyrän ”vaippa” eli reunat)



Oskilloskoopin kaistanleveyden tulee olla suurempi kuin mitattava taajuus, jotta amplitudiarvo olisi oikea ja taajuus voitaisiin mitata.

Taajuusmittari:

08004 08017

Termoristimittari:

08016

Oskilloskooppi:

08003 08009 08010 08013 08014 (23)

3. Elektroniikan komponentteja

Vastukset

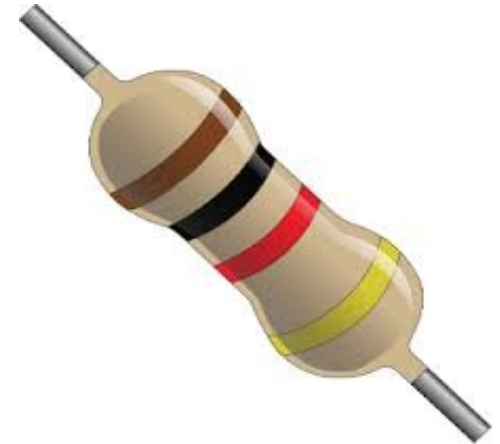
Virtapiirissä oleva vastus pienentää ja rajoittaa sähkövirtaa. Niitä voidaan käyttää myös jännitteen jakajana ja keinokuormana.

Vastuksen suuruus mitataan ohmeissa (Ω). Ohmi on pieni yksikkö, joten yleensä vastukset ovat kilo-ohmeja ($k\Omega$) tai megaohmeja ($M\Omega$).

Vastuksen kytkentäsuunnalla ei ole väliä, se toimii samalla tavalla sekä tasa- että vaihtojännitteellä. Vastuksella ei ole "+" tai "-" -napaa. Vastuksen arvo ja toleranssi merkitään joko värikoodilla tai numeroin.

Vastuksia ovat mm. massavastus, kalvovastus, lankavastus sekä käsisäätöiset trimmerit ja potentiometrit. Lankavastuksia ei voi käyttää suurtaajuuspiireissä.

Sähkövirran kulkiessa vastuksen läpi syntyy siinä pääasiallisesti lämpöä. Siksi vastuksilla on rajallinen tehonkesto. Kun vastuksia kytketään rinnan, vastuksien tehonkesto on yksittäisten vastuksien tehonkeston summa.



T1-moduulin kysymyksiä:

01020 02046 02098

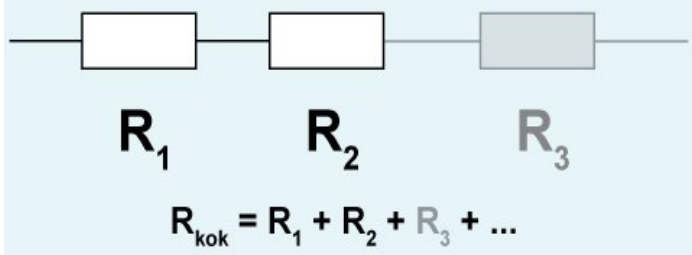
Tehonkesto:

03015 03017 03019 03021

3. Elektroniikan komponentteja

Vastuksien sarjaan- ja rinnankytkentä

Vastukset sarjassa

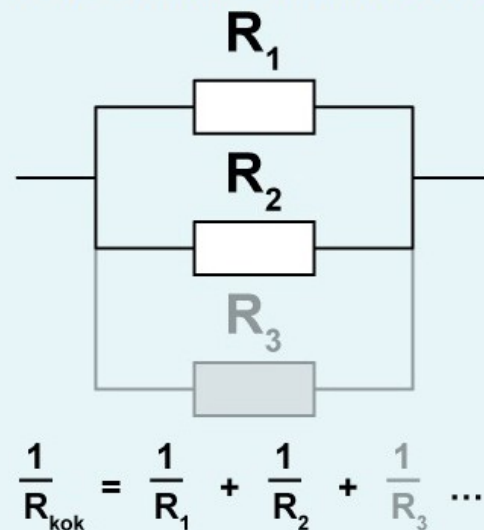


Vastuksia (R) voidaan kytkeä peräkkäin eli **sarjaan**. Kokonaisvastus saadaan laskemalla vastukset yhteen. Jos esim. 150 Ω ja 300 Ω vastukset kytketään sarjaan, saadaan yhteensä 450 Ω vastus.

Vastuksia voidaan kytkeä myös rinnakkain eli **rinnan**. Tällöin kokonaisvastus R saadaan laskettua oheisella kaavalla.

Kun vastukset R1 ja R2 on kytketty toistensa rinnalle, virta pääsee kulkemaan kahta eri reittiä. Kummassakin reitissä kulkevan virran suuruuden määrää vastuksen arvo. Jos kyseessä on kovin pieni vastus, niin virtaa kulkee paljon.

Vastukset rinnan



Sarjaan- ja rinnankytkennän periaate:

[03001](#) [03002](#)

Sarjaankytkentä:

[03003](#)

3. Elektroniikan komponentteja

Kondensaattorit ja kapasitanssi

Kun kaksi metallilevyä (tai jopa johtoa) asetetaan hyvin lähelle toisiaan ja niihin kytketään hetkeksi jännite, sähkökenttä varaa levyt. Mitä suurempi levyjen koko, sitä suurempi on varautumisen määrä. Myös levyjen välinen etäisyys ja niiden välissä oleva eristeaine vaikuttavat varautumiseen.

Komponenttia kutsutaan kondensaattoriksi ja sen varauskyky (**kapasitanssi**) mitataan faradeina (F).

Faradi on erittäin suuri yksikkö. Yleensä yksikkönä käytetään mikrofaraajeja (uF) tai jopa pienempiä osia: $0,000\ 000\ 001\text{F} = 1\text{nF}$

Kondensaattori ei päästä tasavirtaa lävitseen mutta vaihtovirralla se aiheuttaa vastuksen (reaktanssi), jonka suuruus riippuu kondensaattorin suuruudesta ja vaihtovirran taajuudesta. Taajuuden kasvaessa kapasitiivinen reaktanssi laskee.

Yhdessä vastuksien kanssa voidaan tehdä mm. suodattimia, aikavakio- ja viivepiirejä.



T1-moduulin kysymyksiä:

[01008](#) [02001](#) [02003](#) [03010](#) [01066](#) [02064](#) [02049](#) [02021](#) [02055](#) [02058](#) [03011](#) (26)

3. Elektroniikan komponentteja

Vastuksien rinnankytkentä: esimerkki

Jos kytket 150 Ω ja 300 Ω vastukset rinnan, saadaan kokonaisvastus laskettua kaavalla:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{300} + \frac{1}{150}$$

Josta laskimen avulla saadaan:

$$\frac{1}{R} = 0,01$$

Laskimen 1/x -näppäimen avulla saadaan:

$$R = 100$$

Rinnankytkennässä tulos on aina pienempi kuin yksittäiset vastukset.

Vaihtoehtoinen laskentatapa!

On olemassa helpompi laskukaava kun pitää laskea kaksi rinnan olevaa vastusta. Jos kytkee 150 Ω ja 300 Ω vastukset rinnan, saadaan kokonaisvastus laskettua kaavalla:

$$R = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2} \quad \frac{150 \times 300}{150 + 300} = \frac{45000}{450} = 100 \Omega$$

Kaava on helppo muistaa ja laskea, mutta sitä voi käyttää kerrallaan vain kahden rinnan olevan vastuksen laskemiseen. Jos vastuksia on kuitenkin kolme (tai enemmän), voi kaavalla laskea ensin mitkä tahansa kaksi vastusta ja sitten niiden tuloksella kolmannen vastuksen samalla kaavalla.

Rinnankytkentä:

[02091](#) [02094](#)

Rinnan- ja sarjaankytkentä:

[02090](#) [02092](#) [02093](#) [02095](#) [02096](#) [02097](#) [03007](#) [03008](#) (27)

3. Elektroniikan komponentteja

Erilaisia kondensaattoreita

Kondensaattorit luokitellaan lähinnä käytetyn eristemateriaalin mukaan

Keraamiset kondensaattorit (kerkot) ovat kapasitanssiltaan pieniä (pF/nF) ja niitä käytetään lähinnä suurtaajuuspiireissä (esim. resonanssipiireissä) erottamaan tasajännite ja vaihtojännite sekä mm. häiriönpoistossa ohjaamaan suurtaajuus maahan.

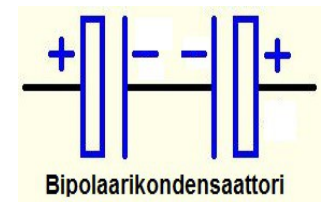
Elektrolyyttikondensaattorit (elkot) ovat kapasitanssiltaan suuria (nF/uF) ja niitä käytetään mm. tasaamaan jännitevaihteluita. Elkot toimivat kuin pienet ”akut”: lataavat ja purkavat itseensä sähköä. Elkot on ehdottomasti kytkettävä oikein päin, sillä muuten ne voivat jopa räjähtää. Niihin on merkitty + ja - -navat ja suurin käyttöjännite.

Tantaalikondensaattori toimii samalla tavalla kuin elko.

Elkoja ei voi käyttää suurtaajuuspiireissä.

Bipolaarikondensaattori muodostuu kahdesta elkosta miinus-päät vastakkain. Käytetään mm. kaiuttimien jakosuotimissa.

Kapasitanssidiodi – nimestään huolimatta – on itse asiassa sähköisesti säädettävä kondensaattori



T1-moduulin kysymyksiä:

[02002](#) [02003](#) [02022](#)

[09016](#)

[02102](#)

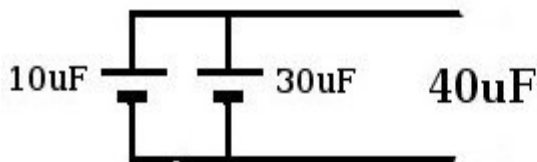
3. Elektroniikan komponentteja

Kondensaattorien rinnan- ja sarjaankytkentä

Kun kaksi tai useampia kondensaattoria kytketään rinnan, varauskyky kasvaa. Kondensaattorien arvot lasketaan siis yhteen.

Kondensaattorien sarjaankytkennässä varautuminen pienenee vastusten rinnankytkennän tavoin. Kun kaksi tai useampia kondensaattoreita kytketään sarjaan, niiden yhteisarvo lasketaan samalla kaavalla kuin vastuksien rinnankytkentä.

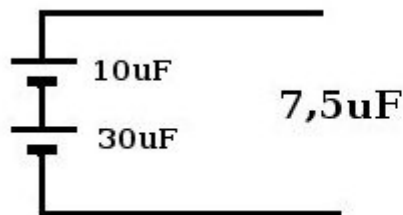
(Rinnan tai sarjaan kytkettyjen kondensaattoreiden arvo lasketaan siis päinvastoin kuin vastuksilla!)



$$C = 10\mu\text{F} + 30\mu\text{F}$$

$$C = 40\mu\text{F}$$

Kun kondensaattorit on kytketty rinnan, niiden arvot lasketaan yhteen!



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{10} + \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{C} = 0,1333 \dots$$

1/x -näppäimellä

$$C = 7,5\mu\text{F}$$

Kun kondensaattorit on kytketty sarjaan, niiden arvot lasketaan samoilla kaavoilla kun vastusten rinnankytkentä!

Rinnan kytkentä:

[03004](#) [03044](#)
[03006](#) [03045](#)

Sarjaan kytkentä:

[03009](#) [03042](#) [03047](#) [03049](#)
[03023](#) [03043](#) [03048](#) [03050](#)

Rinnan ja sarjaan kytkentä:

[03016](#) [03020](#) [03040](#) [03046](#)
[03018](#) [03022](#) [03041](#)

3. Elektroniikan komponentteja

Induktanssi

Kelat ja induktanssi

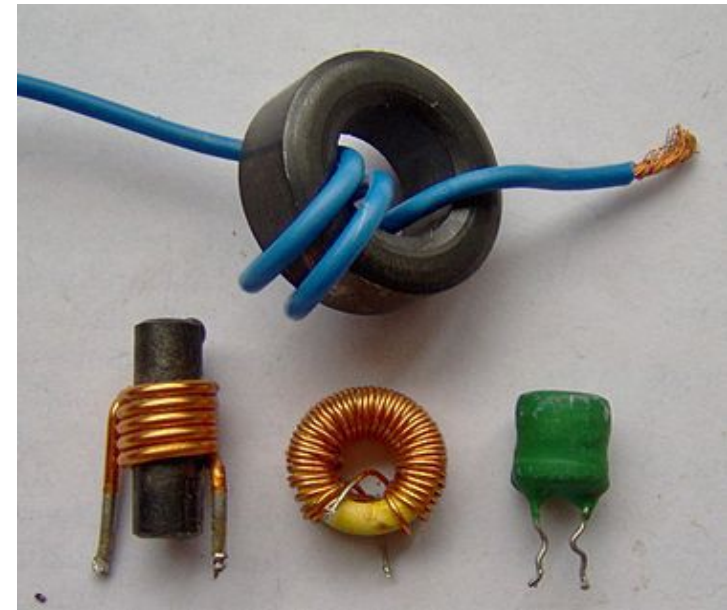
Kela syntyy, kun lankaa käämitään rullalle vierekkäin (tai päällekkäin).

Tasavirralla kela ei aiheuta vastusta, mutta vaihtovirtaa se vastustaa (reaktanssi) sitä enemmän mitä suurempi on värähtelyn taajuus ja kelan suuruus.

Kelan suuruus (induktanssi) mitataan henreinä (H). Yksi henri on hyvin suuri yksikkö, joten yleisesti käytössä ovat millihenrit (mH) tai mikrohenrit (uH).

Induktanssin suuruuteen vaikuttavat kierrosten määrä, kelan halkaisija ja sydänaineen materiaali.

Keloja käytetään mm. häiriönpoistoon, ali- ja ylipäästösuodattimiin, kaiuttimien jakosuotimissa sekä tietenkin suurtaajuuspiireissä.



Induktanssi:

02004 02005

Yksikkö:

01067 02065

Reaktanssi:

02023 02060

3. Elektroniikan komponentteja

Kelat ja induktanssi

Keloja saa sekä ilmaeristeisinä että rautasydämisinä.

Ilmaeristeisiä käytetään resonanssi- eli värähtelypiireissä, koska niissä hyvät suurtaajuusominaisuudet. Niiden koko on suurempi

Ferriitti- ja rautasydämet vahvistavat magneettikenttää ja niitä käytetään yleisesti mm. äänitaajuussuotimissa ja muissa pientaajuuspiireissä. Niillä aikaansaadaan hyvin korkeita induktansseja ja samalla pienempi koko.

Joskus lankojen mutkittelu laitteen sisällä aiheuttaa tahatonta induktanssia korkeataajuiselle (VHF/UHF/SHF -alueiden) värähtelylle! Induktiivinen kytkentä (vrt. kapasitiivinen kytkentä) tarkoittaakin kahden kelan välistä kytkeytymistä (esim. muuntaja), jossa energia siirtyy kelasta toiselle.

Keloja kytketään harvoin sarjaan ja erittäin harvoin rinnan. Kelojen laskukaava on sama kuin vastuksilla.



T1-moduulin kysymyksiä:

[02051](#) [03013](#)

[02107](#)

Kelojen sarjaankytkenta (laskuja):

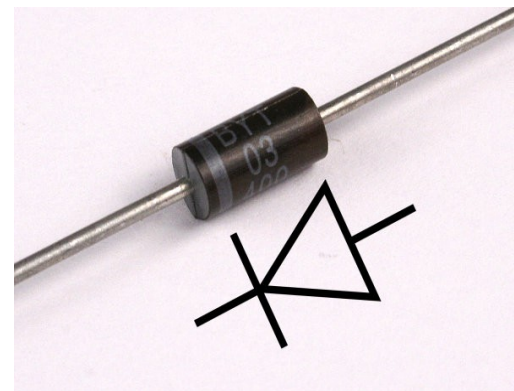
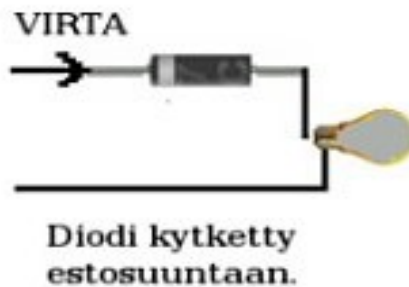
[02039](#) [02041](#) [02043](#) [02045](#) [03005](#)

3. Elektroniikan komponentteja

Diodi

Diodi on puolijohteesta (piistä tai germaniumista) tehty komponentti, joka päästää virtaa lävitseen vain toiseen suuntaan. Piidiodeissa on yleensä 0,6-0,7 V kynnyksjännite, ennen kuin se päästää virtaa lävitseen. Germaniumdiodeissa kynnyksjännite on 0,2-0,3 V.

Diodien avulla vaihtovirta saadaan muutetuksi tasavirraksi, koska diodi estää virran suunnan muuttumisen. Tätä kutsutaan tasasuuntaukseksi.*) Diodia voidaan käyttää myös ilmaisimena kidekoneessa. Releen käämin rinnalle kytketty diodi suojaa myös komponentteja käämin aiheuttamilta jännitepiikeiltä. Diodien käytössä huomioitavia ominaisuuksia ovat virta- ja jännitekestoisuus.



*) Tasasuuntauksen vastakohta on vaihtosuuntaus, jossa tasavirrasta tehdään vaihtovirtaa. Tähän ei voi käyttää diodeita.

T1-moduulin kysymyksiä:

[02020](#) [02025](#) [02026](#) [02027](#) [02031](#) [02047](#) [02048](#) [03014](#)

[02112](#)

3. Elektroniikan komponentteja

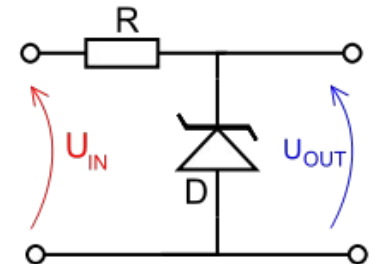
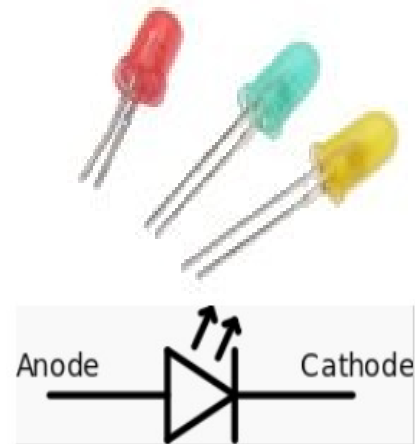
LED-, kapasitanssi- ja zener-diodit

Valodiodi eli LED tuottaa valoa hyvin pienellä virralla. Niinpä niitä käytetään merkkivaloina. Ledit tarvitsevat lähes aina etuvastuksen rajoittamaan läpi kulkevaa virtaa.

Kapasitanssidiodi eli varaktori on sähköisesti säädettävä kondensaattori. Sen kapasitanssi pienenee estosuuntaisen jännitteen kasvaessa. Varaktoriin eräs tärkeä sovellus on virityspiirin resonanssitaajuuden säätö esimerkiksi radiovastaanottimissa.

Zenerdiodin yli vaikuttava jännite ei juurikaan muutu, vaikka sen läpi kulkeva virta muuttuisikin. Niinpä zenerdiodia käytetään jännitteen tasaukseen (regulointi) ja vakavointiin (stabilointi)

Zenerdiodi kytketään estosuuntaan ja virtaa rajoitetaan etuvastuksella. Jos virtalähteeseen lisätään zenerdiodi, saa ulos kohtalaista tasajännitettä, mutta tällaisesta virtalähteestä ei voi ottaa ulos suuria virtoja etuvastuksen vuoksi.



T1-moduulin kysymyksiä:

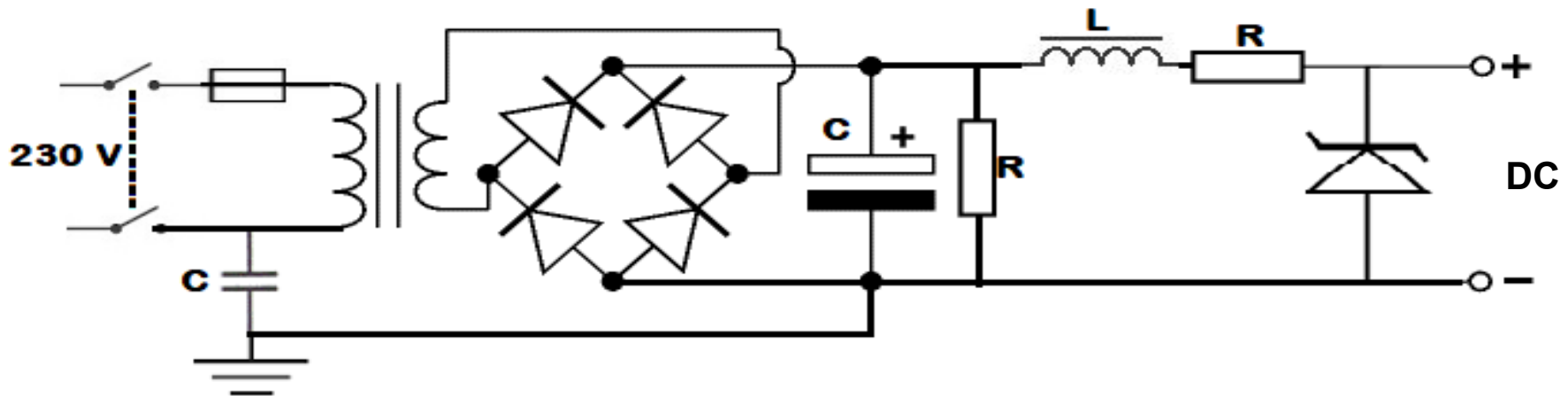
[02016](#) [02014](#) [02013](#) [02012](#) [02037](#) [02059](#)

3. Elektroniikan komponentteja

Bleeder-vastus
OH5YW bleeder
Kokoaaltotasasuuntaaja
Puoliaaltotasasuuntaaja

Virtalähde

- Häiriönpoistokondensaattori maattaa mahdolliset suurtaajuudet
- Muuntaja muuttaa verkkojännitteen muuksi vaihtojännitteeksi.
- Tasasuuntaussilta muuttaa vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi.
- Kondensaattori varautuu jokaisen jännitehuipun kohdalla ja purkautuu kohti seuraavaa huippua eli kondensaattori tasoittaa jännitettä.
- Purkaus- eli bleedervastus purkaa elkon varauksen käytön jälkeen
- Etuvastus rajoittaa virtaa ja zenerdiodi reguloi/stabiloi jännitteen.



Kaksi- napainen virta- kytkin	Sulake Häiriön- poistokond. Maadoitus	Muuntaja	Kokoaalto- tasasuuntaus- silta	Elektro- lyytti- konden- saattori	Purkaus- eli bleeder- vastus	Kela eli kuristin	Etu- vastus	Zener- diodi	Tasa- virta ulos tulo
--	--	----------	--------------------------------------	--	---------------------------------------	-------------------------	----------------	-----------------	--------------------------------

T1-moduulin kysymyksiä:

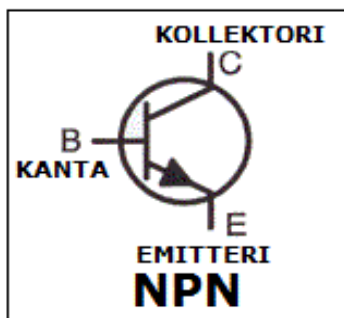
10038 10040 10042 10043 10048

3. Elektroniikan komponentteja

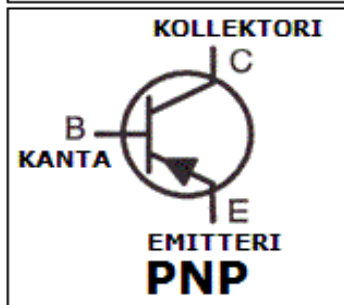
Transistori

Transistori on puolijohteista - piistä, galliumarsenidista tai germaniumista - valmistettu aktiivinen komponentti. (Aktiivisiksi komponenteiksi sanotaan sellaisia komponentteja joissa toisen jännitteen tai virran avulla voidaan ohjata komponentin kautta kulkevaa virtaa.) Rakenteellisesti transistori sisältää kaksi diodia, jotka on kytketty ”seläkkäin”.

Transistoreita on kahta perustyyppiä: bipolaari- ja kanavatransistoreja:

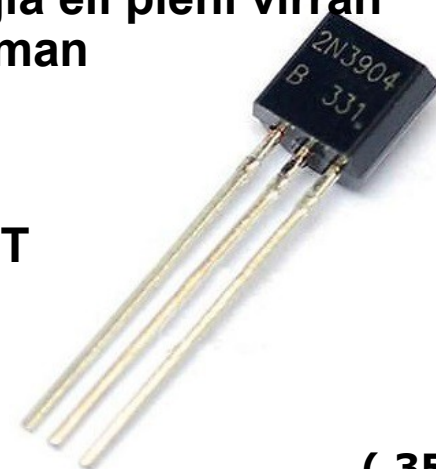


Bipolaaritransistoreita on edelleen kahta päätyyppiä: **NPN-transistorit** ja **PNP-transistorit**. Niissä on kolme elektrodia: kanta B, kollektori C ja emitteri E.



Bipolaaritransistorit ovat virtavahvistajia eli pieni virran muutos kannalla B saa aikaan suuremman virtamuutoksen kollektorin C ja emitterin E välillä.

Kanavatransistoreista tunnetuin on FET transistori, jonka johtimia merkitään: G (gate), D (drain) ja S (source)



T1-moduulin kysymyksiä:

[02017](#) [02018](#) [02019](#) [02030](#) [02052](#) [02056](#)

3. Elektroniikan komponentteja

Loogiset piirit

Loogisissa piireissä on yleensä kaksi sisäänmenoa ja yksi ulostulo. "Totuustaulukon" tekeminen helpottaa ratkaisun löytämistä.

"AND" (JA) -piirissä molemmissa sisäänmenoissa täytyy olla virtaa TOSI (1), ennenkuin ulostulossa on virtaa TOSI (1) .

Logiikan mukaan: A:n pitää olla TOSI (1) **ja** B:n pitää olla TOSI (1), jotta ulostulo Q olisi TOSI (1). Mikäli virtaa ei ole, on kyseessä EPÄTOSI (0)

- (A) Jos sinulla on rahaa (1) ja
- (B) Kauppa on auki, (1)
- (Q) Sinä ostat kaupasta karkkia (1)



"AND" (JA) -PIIRI			
sisäänmenot		ulostulo	
A	B	=	Q
1	1	=	1
1	0	=	0
0	1	=	0
0	0	=	0

Sekä A **ja** B pitää olla TOSIa (1), jotta myös Q olisi TOSI (1)

"OR" (TAI) -piirissä joko A:n **tai** B:n pitää olla TOSI (1), jotta ulostulo Q olisi TOSI (1):

- (A) Jos olet syntynyt 12. helmikuuta (1) tai
- (B) jos olet syntynyt 31. tammikuuta (1),
- (Q) olet horoskoopiltasi Vesimies (1)



"OR" (TAI) -PIIRI			
sisäänmenot		ulostulo	
A	B	=	Q
1	1	=	1
1	0	=	1
0	1	=	1
0	0	=	0

AND (JA)-piiri:

[02074](#) [02075](#)

OR (TAI)-piiri:

[02066](#) [02067](#) [02072](#) [02073](#)

Kumpikin piiri:

[02061](#) [02062](#) [02077](#)

4 Taajuus ja aallonpituus

Sähkömagneettinen säteily

Radioaallot ovat **sähkömagneettista säteilyä**, energiaa, kuten näkyvä valo, röntgenaallot ja gammasäteily, taajuusalueeltaan 3 Hz - 300 GHz.

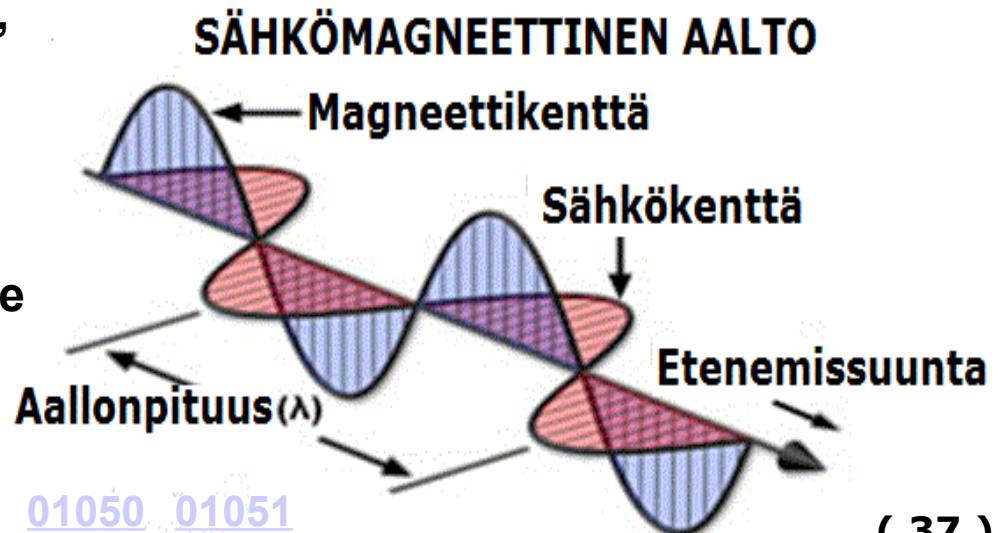
Sähkömagneettisessa säteilyssä ovat mukana sekä sähkökenttä että magneettikenttä jotka ovat **kohtisuorassa (90 asteen kulmassa) toisiaan ja etenemissuuntaa vastaan**. (Maxwell: Sähkövarausta ympäröi aina säteittäinen sähkökenttä, ja sähkövirtaa ympäröi pyörteinen magneettikenttä. Sähkö- ja magneettikenttä ovat samassa vaiheessa ja kohtisuorassa toisiaan ja myös aaltoliikkeen etenemissuuntaa vastaan.)

Avaruudessa (tyhjiössä) sähkömagneettisen säteilyn nopeus on 300 000 km/s (299 792,458 km/s), väliaineessa (esim. ilmassa tai syöttöjohdossa) vähemmän.

Sähkömagneettinen kenttä tarvitsee antennin sovittajaksi syöttöjohdon ja avaruuden välille sekä lähetyksessä että vastaanotossa.

T1-moduulin kysymyksiä:

[01008](#) [01009](#) [01010](#) [01011](#) [01024](#) [01050](#) [01051](#)



4 Taajuus ja aallonpituus

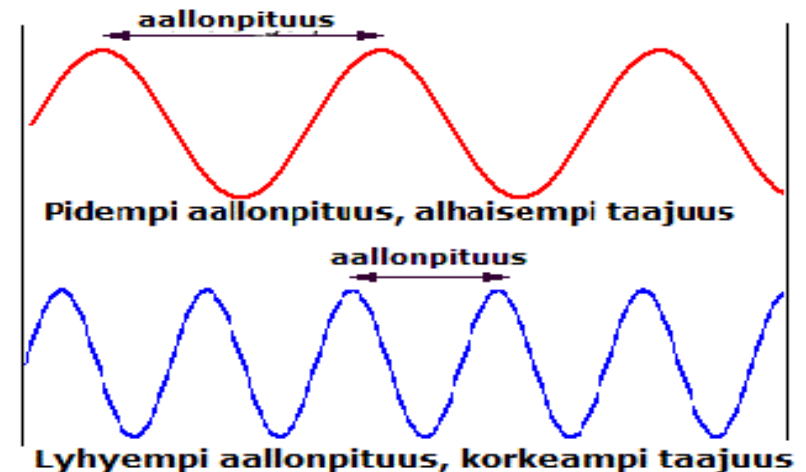
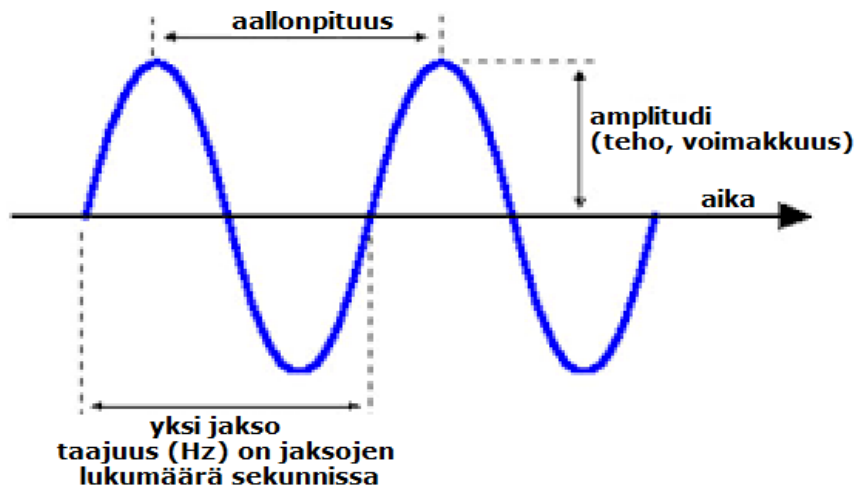
OH5YW: aallonpituus

Taajuus

Taajuus kertoo värähtelyjen lukumäärän sekunnissa ja sen yksikkö on Hertsi (Hz). Yksi hertsi on radiotaajuuksilla hyvin pieni yksikkö, paljon yleisempi on megahertsi (MHz) eli miljoona värähdystä sekunnissa.

Aallonpituus tarkoittaa nimensä mukaisesti yhden värähdyn eli aallon pituutta metreinä. Koska radioaallot kulkevat 300.000 km sekunnissa, aallonpituus kertoo, kuin pitkän matkan radioaalto kulkee yhden jakson (taajuuden) aikana eli aallon huipusta huippuun välisenä aikana.

Aallonpituus on erittäin tärkeä mitta esimerkiksi antennoja tehtäessä.



T1-moduulin kysymyksiä:

[01063](#) [07001](#)

4 Taajuus ja aallonpituus

Taajuuden ja aallonpituuden laskeminen

Aallonpituus saadaan laskettua taajuudesta - ja päinvastoin - hyvin yksinkertaisella kaavalla:

$$\frac{300}{\text{taajuus (MHz)}} = \text{aallonpituus metreinä} \quad \text{tai} \quad \frac{300}{\text{aallonpituus (m)}} = \text{taajuus (MHz)}$$

Jos taajuus on 100 MHz, sen aallonpituus on $300/100 \text{ (MHz)} = 3 \text{ metriä}$.
Jos aallonpituus on 3 metriä, sen taajuus on $300/3 \text{ (m)} = 100 \text{ MHz}$.

Radioamatööritaajuuksia kutsutaan myös niiden aallonpituutta vastaavalla nimellä, esimerkiksi 145 MHz:n aluetta kutsutaan 2 metrin alueeksi, koska aallonpituus on 2 m luokkaa.

Esim: 1,8 MHz = 160 m alue	14 MHz = 20 m alue	28 MHz = 10 m alue
3,5 MHz = 80 m alue	18 MHz = 17 m alue	50 MHz = 6 m alue
7 MHz = 40 m alue	21 MHz = 15 m alue	144 MHz = 2 m alue
10 MHz = 30 m alue	24 MHz = 12 m alue	432 MHz = 70 cm alue

T1-moduulin kysymyksiä:

[06007](#) [06012](#) [06014](#) [06016](#) [06018](#) [06020](#) [06022](#) [06024](#) [06026](#) [06028](#) [06030](#)
[06008](#) [06013](#) [06015](#) [06017](#) [06019](#) [06021](#) [06023](#) [06025](#) [06027](#) [06029](#)

5 Modulaatio

”Kiteen hiomista”

Kideoskillaattori

Jos haluat vastaanottaa tai lähettää radiolähetettä, tarvitset aina värähtelijän eli oskillaattorin, joka värähtelee halutulla taajuudella.

Yksinkertaisin oskillaattori on kide, joka alkaa värähdellä sille ominaisella taajuudella, kun siihen kytketään jännite (ns. pietsosähköinen ilmiö).

Kiteitä käytetään tietokoneessa, televisiossa yms, kun halutaan saada aikaan yksi, tietty taajuus.

KIDE



Wikipedia: Kide on pietsosähköinen elektroniikan komponentti, joka on yleensä kvartsia. Kytkennässä kide värähtelee mekaanisesti ominaisvärähtelytaajuudellaan ja toimii sähköisenä resonanssipiirinä.

Suuren induktanssin ja pienen sisäisen resistanssin vuoksi piirin hyvyysluku on suuri ja siten kideoskillaattorin **värähtelyn spektri on hyvin kapea**. Lisäksi kiteen toimintataajuuden lämpötila- ja jänniteriippuvuus ovat suhteellisen vähäisiä joten värähtelytaajuus on erittäin vakaa. Vakautta voidaan edelleen parantaa lämpötilakompensoinnin avulla.

T1-moduulin kysymyksiä:

02057

5 Modulaatio

Q-arvo

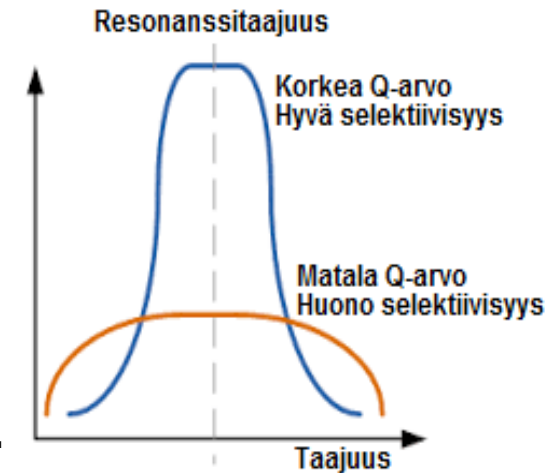
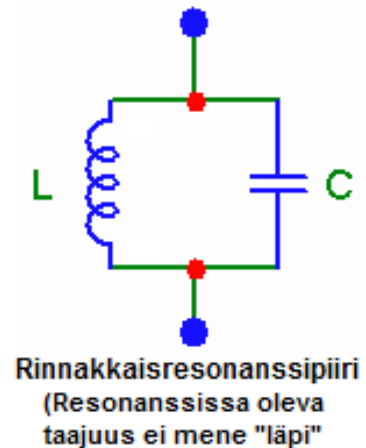
Q-arvo ja Q-kertoja

Oskillaattorin voi valmistaa myös kelasta ja kondensaattorista. Värähtelytaajuus riippuu näiden arvoista, ja värähtelytaajuuden voi tehdä säädettäväksi.

Värähtelypiirin hyvyys ilmoitetaan ns. Q -kertoimena. Mitä pienempi **Q-arvo** on, sitä enemmän piirissä on häviöitä. Kiteessä tapahtuu vähän häviöitä, joten sen Q -arvo on erittäin korkea (satoja). Kela-kondensaattori piirin Q-arvoa voidaan parantaa käyttämällä hopeoitua kela ja ilmaeristeistä kondensaattoria.

Jos vastaanottimen värähtelypiirin Q-arvo on korkea, sen valintatarkkuus eli selektiivisyys on hyvä ja lähekkäin olevat radioasemat voidaan erottaa toisistaan.

Vastaanottimissa voidaan käyttää myös **Q-kertojaa** valintatarkkuuden parantamiseen. Q-kertoja on viritettävä suurtaajuusvahvistin, jossa osa vahvistetusta signaalista syötetään takaisin sisääntuloon.



T1-moduulin kysymyksiä:

[02024](#) [02087](#) [03025](#)

5 Modulaatio

Kantaaallon modulaatio

Jos rakentaa 3.5 MHz:n taajuudella toimivan lähettimen, tarvitsee värähtelijän (oskillaattorin), joka tuottaa 3.5 MHz:n taajuuden kantaaallon. Jotenkin kantaaaltoon pitää voida liittää myös informaatiota (puhetta, dataa yms). Tätä kutsutaan kantaaallon modulaatioksi.

Yksinkertaisin tapa moduloida kantaaaltoa on laittaa se päälle tai pois. Tätä kutsutaan sähkötykseksi. (CW)

Kantaaaltoon voidaan lisätä puhetta. Tämä voidaan tehdä monella tapaa ja se toteutetaan yleensä lähettimen modulaattorissa. (Demodulaatio on modulaation vastakohta eli informaation esille saamista moduloidusta signaalista.) Yksinkertaisin tapa monista on AM-modulaatio.

Ihmisen puheen taajuuksista (lisätieto)

Myös ihmisen puhe on värähtelyä, jonka taajuus on n. 80-10.000 Hz. Korva kuulee jopa 20.000 Hz saakka. Puheen ja musiikin selkeydelle ja kirkkaudelle tärkeä taajuusalue on n. 2.000-6.000 Hz.

Puheen ymmärrettävyyteen riittää kuitenkin, kun kuulet siitä 3.000 Hz eli 3 kHz leveän alueen. Puhe vaatiikin tämän levyisen kaistanleveyden kantaaaltoa moduloitaessa. Mutta esim. pelkkä 1.000 Hz:n signaali tarvitsee kaistanleveyttä vain tuon 1 kHz:n verran.

T1-moduulin kysymyksiä:

[01013](#)

[01037](#)

[01053](#)

[01059](#)

[02050](#)

5 Modulaatio

FM-modulaatio
AM-modulaatio

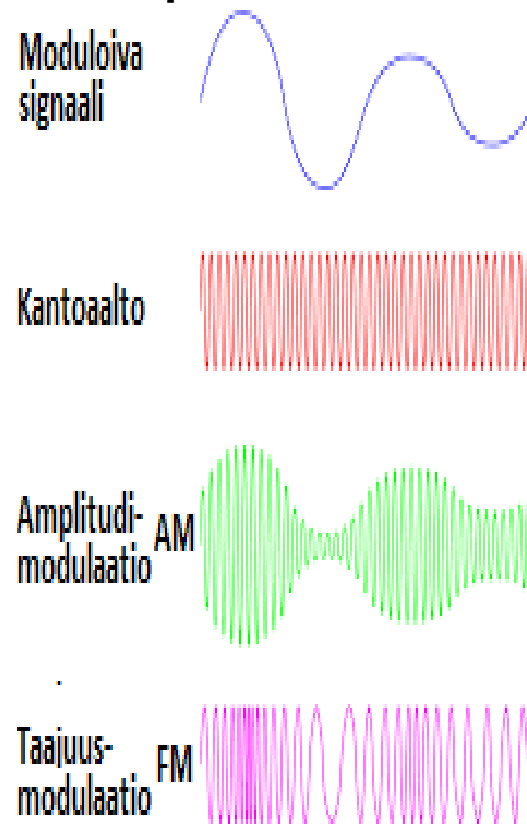
AM- ja FM -modulaatio

AM- eli amplitudimodulaatiossa kantaaallon voimakkuus muuttuu puheen voimakkuuden tahdissa ja kantaaallon molemmin puolin muodostuu 3 kHz:n sivukaistat, jotka ovat toistensa peilikuvia. Kaistanleveys on siis 6 kHz.

Tämä 3 kHz leviää AM -modulaatiossa lähetystaajuuden kummallekin puolelle eli jos puhut taajuudella 3600 kHz puheesi leviää 3597 - 3600 ja 3600 - 3603 kHz:lle eli 6 kHz leveydelle.

FM- eli taajuusmodulaatiossa kantaaallon taajuuden annetaan vaihdella hieman puheen tahdissa. Kantaaallon hetkellinen taajuus muuttuu siis moduloivan signaalin amplitudin mukaisesti.

Kantaaallon voimakkuutta pidetään vakiona: parempi häiriösieto kuin AM-lähetteillä, sillä informaatio on taajuusmuutoksena eikä suoraan signaalin voimakkuutena. FM:n kaistanleveys on aina 6 kHz ja spektrin osiin kuuluu sivukaistoja.



T1-moduulin kysymyksiä:

[01014](#) [01022](#) [01023](#) [01039](#)

5 Modulaatio

SSB = Single Side Band

Kaistanleveys on AM-modulaatiossa (6 kHz) turhan suuri eikä yhteyteen tarvita kaikkia lähetteen osia. Niinpä kantaaalto vaimennetaan ja toinen (identtistä) sivunauhoista poistetaan. Puhutaan SSB- eli yksisivunauhalähetteestä.

Lähetystaajuuden ala- tai yläpuolelle jäävät kaistat ovat:

- alempi sivunauha, "LSB" (lower sideband) (3 kHz)
- ylempi sivunauha, "USB" (upper sideband) (3 kHz)

Jos pelkästään kantaaalto on vaimennettu, mutta kumpikin sivunauha jätetty, on kyseessä vähän käytetty "DSB" eli double side band. (6 kHz)

Koska AM-moduulaatiossa kantaaaltoon ja kahteen sivunauhaan käytetty teho käytetään nyt vain yhteen sivunauhaan, on SSB tehokas modulaatiotapa.

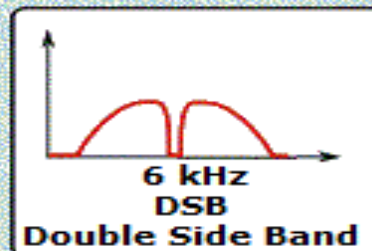
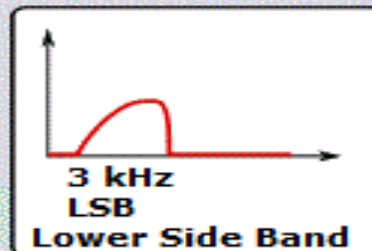
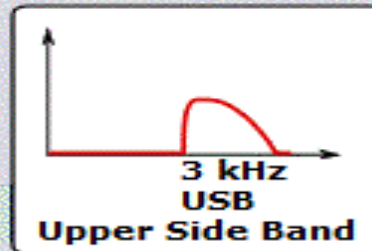
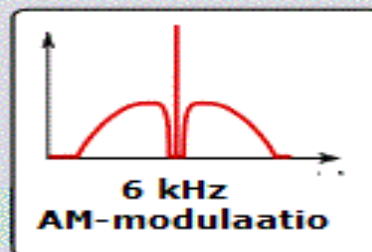
Vaihemodulaatiota käytetään PSK-digimodessa.

Alabandeilla (1.8, 3.5 ja 7 MHz) käytetään LSB-lähetettä, USB -lähetettä.

T1-moduulin kysymyksiä:

[01015](#) [01016](#) [01038](#) [01045](#) [01046](#) [01047](#)

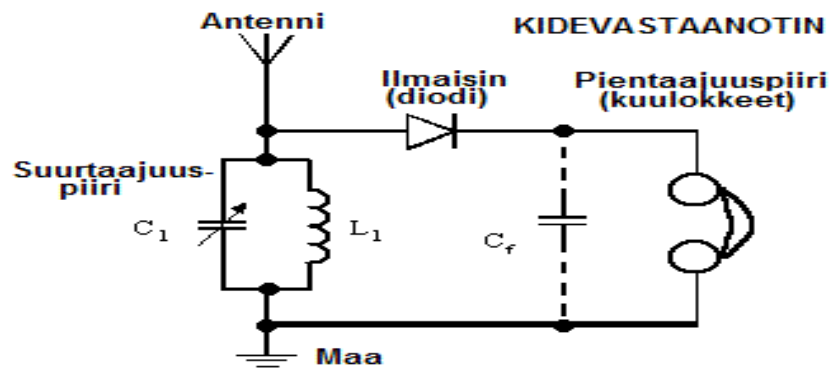
SSB-modulaatio



6 Vastaanottimet

Suora vastaanotin

Kaikkein yksinkertaisin AM-vastaanotin on ns. suora vastaanotin, jossa on ainoastaan oskillaattori (suurtaajuuspiiri) ja ilmaisins (verhokäyräilmaisindiodi), jossa ääni erotetaan kantaallosta sekä pientaajuusaste (kuulokkeet). Tällaista vastaanotinta kutsutaan myös vanhalla nimellä "kidevastaanotin."



Suoran vastaanottimen etuna ovat laitteiston yksinkertaisuus ja herkkyys eli heikotkin asemat saadaan kuuluviin. Huono puoli on huono selektiivisyys eli pari asemaa kuuluu kerralla. Sitä voidaan parantaa suurtaajuusvahvistimella (Q-kertoja), mutta resonanssitaajuus voi vuotaa antennin kautta häiritsemään muita vastaanottimia.

T1-moduulin kysymyksiä:

[01014](#) [04024](#) [04033](#) [04010](#) [04025](#) [04023](#) [04020](#) [04031](#) [04005](#) [04013](#) [04040](#)

6 Vastaanottimet

Suorasekoitusvastaanotin

Antennista tulevaan taajuuteen sekoitetaan oskillaattorista tuleva haluttu kuunneltava taajuus, jolloin sekoitustuloksena syntyy kuuloalueella oleva äänitaajuinen signaali sekä korkea ei haluttu signaali. Informaatio saadaan alipäästösuodattamalla sekoitustulos, varsinaista ilmaisua ei tarvita.

Tyypillistä on huono selektiivisyys, koska asemien erottelu tapahtuu vasta pientaajuusasteessa, ilmaisimen jälkeen. Sekä SSB- että CW-lähetetä muutetaan suoraan audiotajuudeksi.



Erilaisia oskillaattoreita:

- kideoskillaattori
- säädettävä oskillaattori VFO (Colpitts ym.)
- taajuussyntetisaattori
- jännitesäätöinen oskillaattori VCO

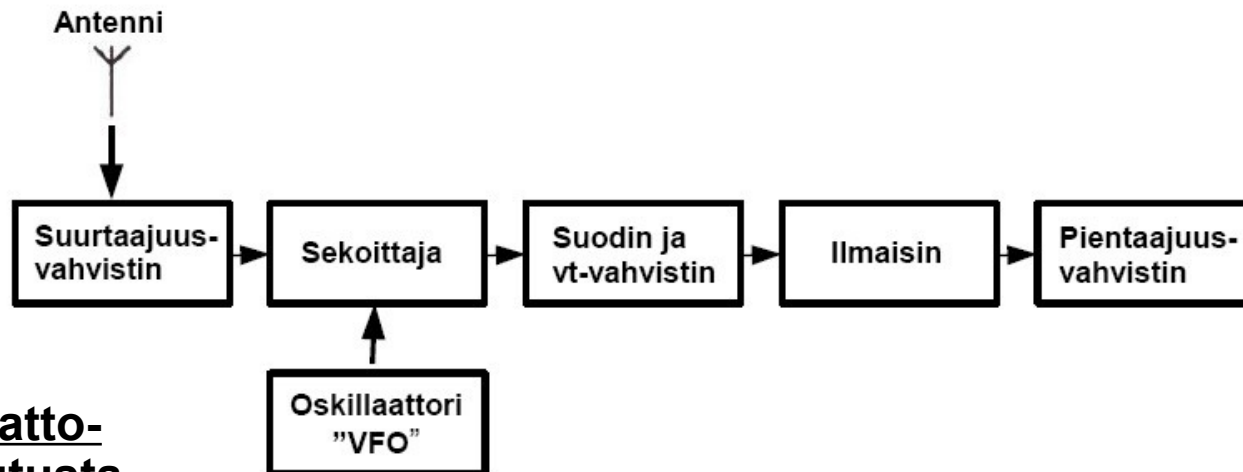
T1-moduulin kysymyksiä:

[04009](#) [04036](#) [04019](#)

Supervastaanotin pääpiirteittäin

Supervastaanotin tulee lyhenteenä sanoista ”Superheterodyne vastaanotin.” Nykyään lähes kaikki vastaanottimet ovat ns. supervastaanottimia.

Suurtaajuus-
vahvistimessa
vahvistetaan
antennista
tuleva värähtely
ja ohjataan
se sekoittajaan.



(Paikallis-)Oskillaattori
ssa luodaan halutusta

kuuntelutaajuudesta hieman eroava taajuus ja ohjataan sekoittajaan.

Sekoittajassa syntyy molempien taajuuksien summa ja erotus. Yleensä summataajuus poistetaan suotimessa, joka määrää kaistanleveyden. Näin syntyy välitaajuus, jota on helpompi käsitellä kuin pelkkää suurtaajuutta. Välitaajuus etenee vt-vahvistimeen ja ilmaisimeen, jossa äänitaajuinen signaali erotetaan radiotaajuisesta signaalista (demodulaatio). Äänitaajuus vahvistetaan vielä ennen kuulokkeita tai kaiuttimia pt-vahvistimessa.

Superin ominaisuudet ja osat:

Sekoittaja:

[04038](#) [04028](#) [04034](#) [04022](#) [04037](#) [04032](#) [04016](#) [04003](#) [04026](#) [04035](#) [04041](#) (47)

6 Vastaanottimet

Supervastaanotin

Supervastaanotin yksityiskohtaisemmin

Haluat kuunnella taajuudella 14250 kHz olevaa asemaa. Käännät asema-
valitsimen eli paikallisoskillaattorin (VFO) taajuudelle 13800 kHz.

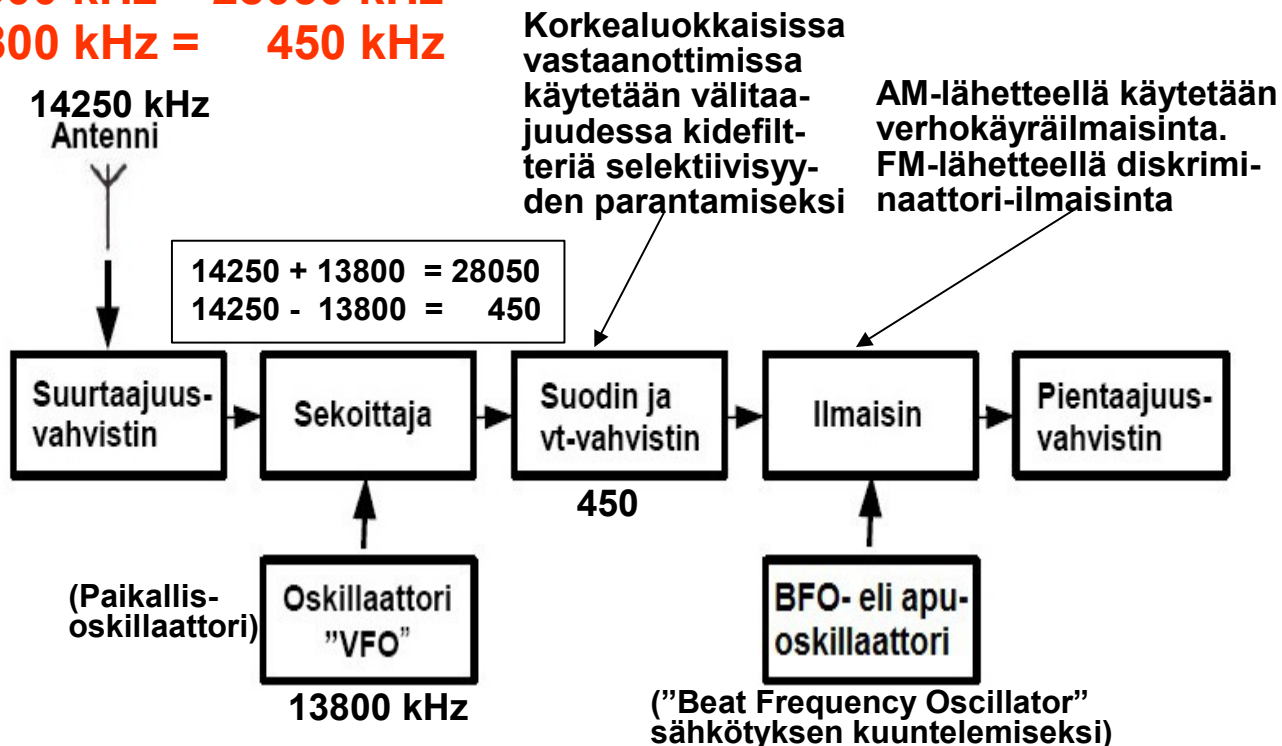
Sekoittajassa syntyy molempien taajuuksien summa ja erotus:

$$14250 \text{ kHz} + 13800 \text{ kHz} = 28050 \text{ kHz}$$

$$14250 \text{ kHz} - 13800 \text{ kHz} = 450 \text{ kHz}$$

Näistä suodatetaan korkeampi taajuus pois, jolloin jäljelle jää 450 kHz:n välitaajuus.

Välitaajuus on aina kiinteä taajuus!
Kuunneltava taajuus tulee (kiinteän) välitaajuuden ja VFO:n erotuksesta!



St-vahv: Kide- ja vt-suodin:

04002 03024 04017 09017 04027

Vt-vahvistin:

04004 04012

Ilmais:

04011 04040

PT-vahvistin:

04006 04021

6 Vastaanottimet

Supervastaanotin

Peilitaajuudet

Supervastaanottimen ongelmana ovat ns. peilitaajuudet. Peilitaajuudella tarkoitetaan taajuutta, joka on välitaajuuden (tässä esimerkissä 450 kHz) päässä paikallisoskillaattorin (VFO) taajuudesta, sen ”toisella puolella”

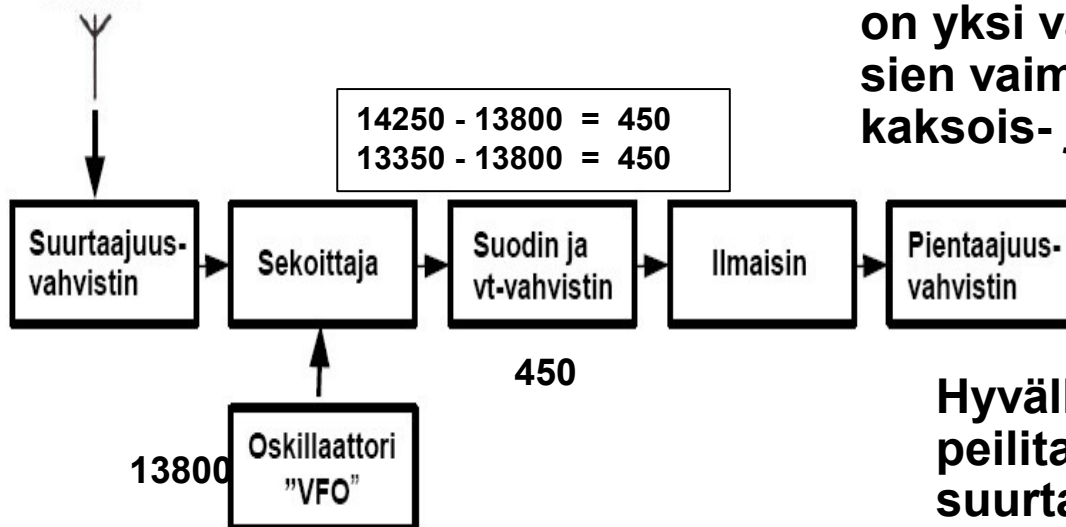
$$13800 \text{ kHz} + 450 \text{ kHz} = 14250 \text{ kHz}$$

$$13800 \text{ kHz} - 450 \text{ kHz} = 13350 \text{ kHz}$$

eli myös 13350 kHz:n kohdalla oleva asema kuuluu vastaanottimesta!

14250 / 13350

Antenni



Tavallisessa supervastaanottimessa on yksi välitaajuus, mutta peilitaajuuksien vaimentamiseksi on kehitetty kaksois- ja kolmoissupereita, joissa nimensä mukaisesti on kaksi tai kolme välitaajuutta.

Hyvällä suunnittelulla suuri osa peilitaajuuksista voidaan poistaa jo suurtaajuusasteessa.

T1-moduulin kysymyksiä:

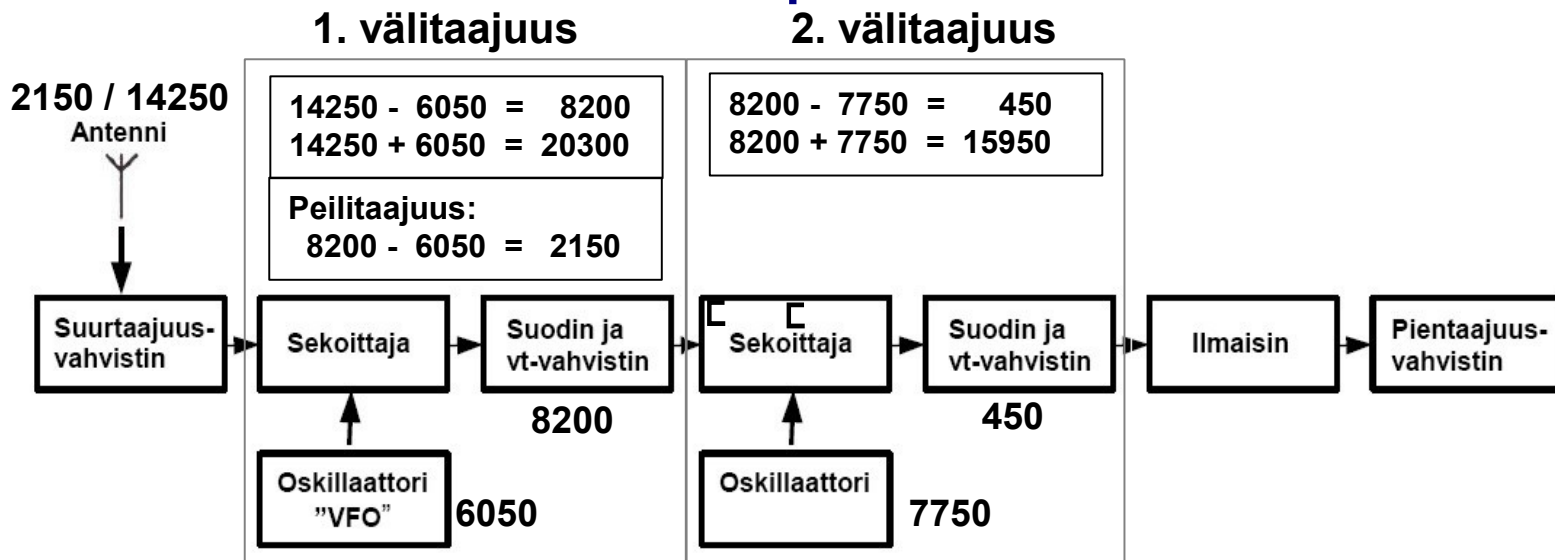
[04001](#) [04007](#) [04039](#) [04018](#)

Välitaajuus-laskuja:

[04042](#) [04043](#) [04044](#) [04045](#) [04046](#) [04047](#) (49)

6 Vastaanottimet

Kaksoissuperi



Kaksoissuperin välitaajuudet ovat usein 8200 kHz ja 450 kHz. Jos kuunteltava taajuus on 14250 kHz, VFO:n taajuus on $14250 - 8200 = 6050$ kHz.

Koska kuuntelutaajuuden ja peilitaajuuden ero on paljon suurempi kuin tavallisessa superissa, on se huomattavasti helpompi suodattaa pois.

Toinen merkittävä etu on, että vahvistus voidaan toteuttaa useammassa asteessa: vastaanotin on vakaampi ja sisäisten häiriöiden (värähtely) riski on vähäisempi. Myös pienempi välitaajuus (450 kHz) helpottaa ilmaisua.

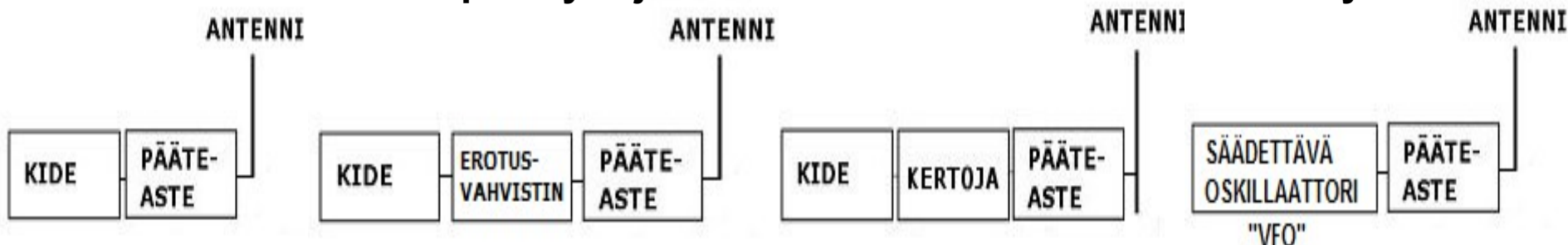
T1-moduulin kysymyksiä:

[04029](#) [04008](#) [04014](#) [04015](#) [04030](#)

7 Lähettimet

Sähkötyslähetin

Yksinkertainen lähetin saadaan yhdellä taajuudella värähtelevästä kideoskillaattorista ja pääteasteesta (-vahvistin.) Katkomalla kiteen antamaa kantoaaltoa vaikkapa käyttöjännitteellä saadaan antenniin sähkötystä!



Kide värähtelee vain yhdellä taajuudella, mutta lisäämällä lähettimeen **kertoja**, kiteen antama taajuus saadaan esim. kaksin- tai kolmin-kertaiseksi, jolloin päästään lähettämään korkeammallakin taajuudella.

Kiteen suurtaajuusteho tai tavallisessa lähettimessä muodostettu suurtaajuussignaali voi olla niin heikko, ettei sillä vielä saisi yhteyttä. Lähettimen pääteasteessa tai -vahvistimessa teho nostetaan tarvittavalle tasolle.

Erotusvahvistin tasaa kiteen ja pääteasteen välistä kuormaa. Kide voidaan korvata säädettävällä oskillaattorilla ("VFO") tai taajuussyntetisaattorilla.

CW-lähettimen osat:

[01053](#) [05003](#) [05004](#) [05019](#) [05025](#)

Kideohjaus:

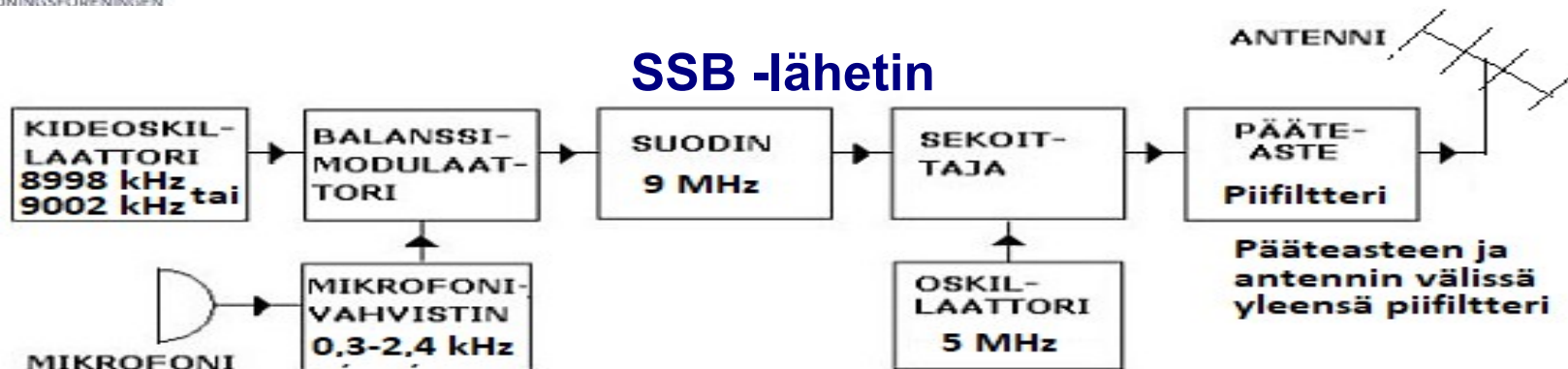
[05009](#) [05011](#) [05023](#)

Kertoja: PA:

[05012](#) [05013](#)

7 Lähettimet

SSB -lähetin



SSB-lähettimen rakenne on huomattavasti monimutkaisempi kuin sähkötyslähettimen, sillä kantaalto ja toinen sivunauha vaimennetaan. Balanssimodulaattoriin tuodaan värähtely kideoskillaattorista ja äänitaajuus mikrofonista.

Balanssimodulaattori eli balansoitu modulaattori vaimentaa kantaallon, mutta jättää jäljelle molemmat sivukaistat. Suodin poistaa toisen sivunauhan, jonka jälkeen sekoittajassa synnytetään lähetystaajuus.

Pääteaste sovitetaan anteeniin piisuotimella, joka on alipäästösuodin. Se estää yliaaltojen eli harmonisten pääsyn anteeniin. Sen kytkentäkaavio muistuttaa kreikan piikirjainta.



- Tarkoittivatkohan ne ihan tämmöistä pii-suodinta?

T1-moduulin kysymyksiä:

Piisuodin:

[05017](#) [05001](#) [02050](#) [02053](#) [05002](#) [05024](#) [03012](#) [05007](#) [05014](#) [05015](#)

7 Lähettimet

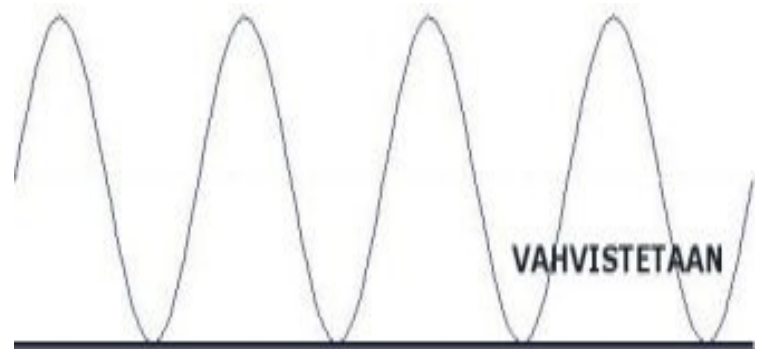
Vahvistusluokat / (Vahvistinluokat)

Pääteaste vahvistaa lähetteen halutun suuruiseksi. Jokaisella vahvistimella on sen vahvistusta kuvaava ominaiskäyrä – on sitten kyseessä putki-, transistori- tai muu vahvistin.

Vahvistimet jaetaan kolmeen eri luokkaan: A-, B- ja C- luokan vahvistimiin, jotka määrittelevät vahvistimen toimintapisteen ominaiskäyrällä.

Toimintapiste määrittelee myös, onko vahvistus lineaarista vai epälineaarista. SSB-lähettimen pääteaste vaatii lineaarisen vahvistimen (A- tai B) mutta sähkötykselle soveltuu myös epälineaarinen vahvistus (C).

A-luokan vahvistimessa virta kulkee koko ajan: molempien puolijaksojen ajan ja jopa ilman tulevaa aaltoa. Vahvistimen hyötysuhde on erittäin huono, n. 25 %, mutta sitä käytetään mm. pientaajuisissa äänivahvistimissa joissa halutaan korkealaatuista, säröytymätöntä vahvistusta.



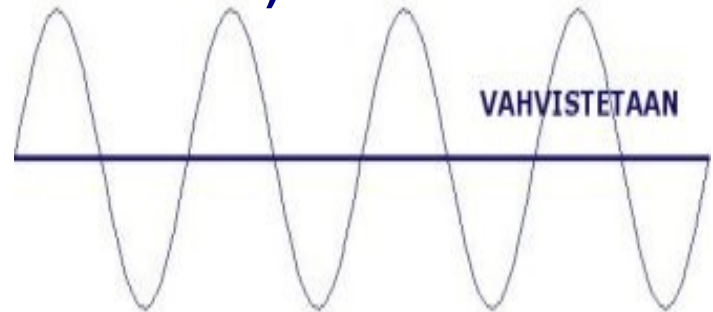
SSB:
[05016](#)

A-luokka:
[02034](#) [05021](#) [02035](#)

7 Lähettimet

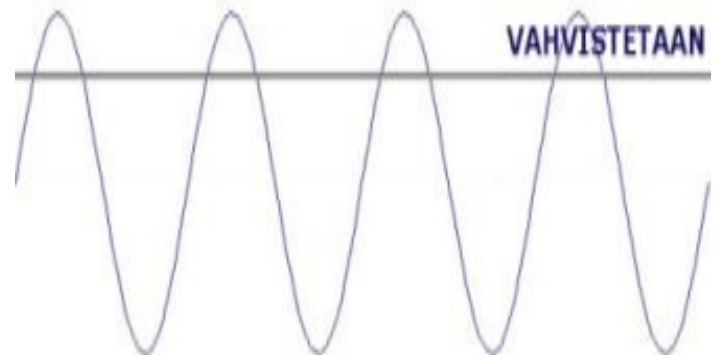
Vahvistusluokat / (Vahvistinluokat)

B-luokan vahvistimessa virta kulkee vain siniaallon toisen puoliskon aikana, hyötysuhde parhaimmillaan n. 75 %. B-luokan vahvistinta voidaan käyttää sähkötys- ja FM-lähettimissä sekä taajuudenkertoja-asteissa ja SSB-lähettimen pääteasteena.



C-luokan vahvistin toimii vain siniaallon huipun aikana. Tällaista vahvistinta käytetään mm. sähkötys- ja FM-lähettimissä sekä taajuudenkertoja-asteissa ja sen hyötysuhde on erittäin hyvä, jopa 90 %.

C-luokan vahvistin vahvistaa epälineaarisesti eikä sitä voi käyttää puheen vahvistamiseen. Tämän vuoksi puhevahvistimet ovat AB- tai joskus B-luokassa.



B-luokka:

[02033](#) [02036](#) [05022](#)

C-luokka:

[02032](#) [05020](#)

8 Siirtojohdot

Koaksiaalikaapeleita
Syöttöjohto se tämäkin

Koaksiaalikaapeli

Ulkona oleva antenni ja sisällä oleva lähetin on yhdistettävä toisiinsa. Tähän käytetään yleensä koaksiaalikaapelia.

Koaksiaalikaapeleita on paksuja ja ohuita. Yleisimmät impedanssit ovat 50, 60 ja 75 Ω .

Mitä ohuempi koaksiaalikaapeli on, sitä enemmän lähetystehosta häviää kaapeliin eikä pääse antenniin. Häviöt pienenevät myös kun välieristeenä käytetty muovi varustetaan ilmaonteloilla. Radioaalto etenee myös koaksiaalikaapelissa hitaammin kuin tyhjiössä.

Koaksiaalikaapelin vaimennus kasvaa nopeasti taajuuden kasvaessa. Alle 30 MHz:n taajuuksilla häviöt ovat melko pienet, mutta korkeammilla taajuuksilla asiaan on ehdottomasti kiinnitettävä huomiota. Jo 145 MHz:n taajuudella on käytettävä korkealaatuista, paksua kaapelia.

Koaksiaalikaapelin impedanssin voi mitata SWR- tai LC-mittarilla.

T1-moduulin kysymyksiä:

[01009](#) [06011](#) [06033](#)



8 Siirtojohdot

Avosyöttö

Kaapelin päähän tinataan liitin. Yleisesti käytetty liitin on ns. UHF- eli PL259-liitin. Tämä liitin soveltuu alle 300 MHz:n taajuuksille, mutta korkeammilla taajuuksilla suositellaan käytettäväksi ns. N-liitintä.

Avolinjassa eli **avosyöttöjohdossa** kaksi johdinta on eristetty toisistaan symmetrisesti muovieristeillä ja siinä on pienemmät häviöt kuin koaksiaalikaapelissa. Avolinjojen impedanssi on yleensä 300-600 ohmia.

Avosyöttöjohto soveltuu hyvin alle 30 MHz:n taajuuksille, mutta syöttöjohdon ja lähettimen välille tarvitaan sovitin, koska lähettimessä on yleisesti epäsymmetrinen UHF-naarasliitin. Avolinjan käyttö VHF/UHF-alueilla on huomattavasti vaikeampaa.



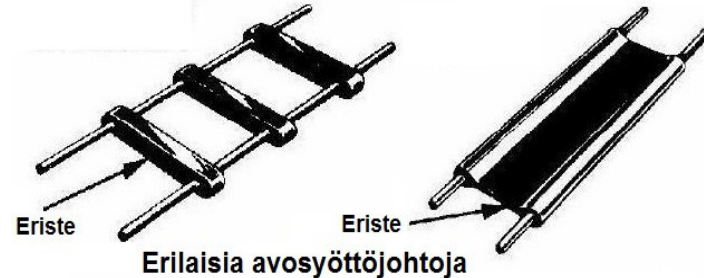
PL-259 eli ns. UHF-liitin



N-liitin



UHF-naarasliitin



T1-moduulin kysymyksiä:

[06005](#)

9 Antennit

OH5YW: Liikaa SWR:ää

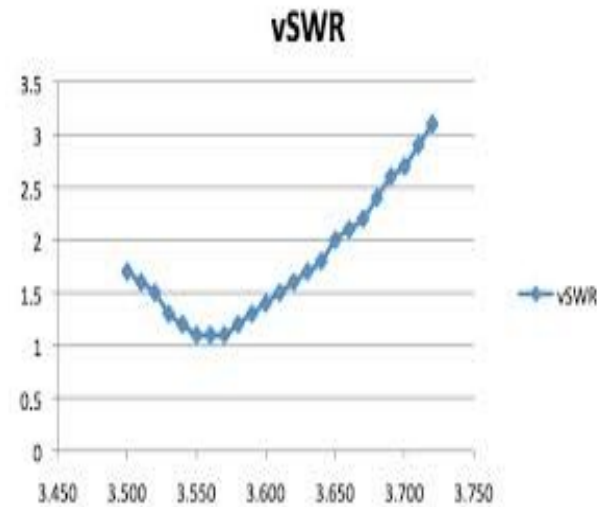
Impedanssit ja SWR (SAS)

Lähetin olettaa, että antennipistokkeessa on $50\ \Omega$ vastus lähtevälle radioaallolle. Tätä suurtaajuista vastusta kutsutaan **impedanssiksi** ja se mitataan myös ohmeissa! Sekä syöttökaapelin että antennin tulisi olla $50\ \Omega$. Koaksiaalikaapeli on useimmiten $50\ \Omega$, mutta avosyöttöjohdon kohdalla tarvitaan erikoisjärjestelyjä eli ”antenninvirityslaite.”

Jos antennin impedanssi ei ole $50\ \Omega$, osa radioaallosta heijastuu takaisin kaapeliin ja summautuu vastaantulevaan radioaaltoon. Tästä sovitusvirheestä syntyy ”seisova aalto”.

Seisovan aallon suhde (”SWR” tai ”SAS”) kertoo kuinka hyvin **antenni on sovitettu syöttöjohtoon.**

Lukema voidaan mitata ns. SWR -mittarilla. Paras lukema on 1:1, mutta jos lukema on yli 2:1 lähetin voi rikkoutua väärän sovituksen vuoksi.



T1-moduulin kysymyksiä:

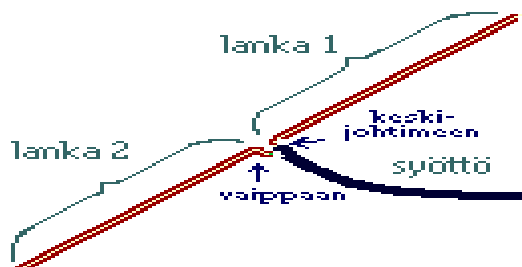
[01064](#) [06032](#) [06010](#) [06051](#) [08011](#) [08015](#) [08020](#)

Vaikea!
[06006](#)

9 Antennit

Dipoli

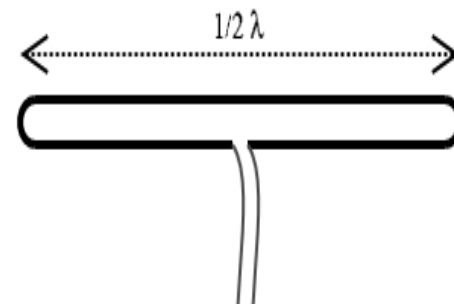
Radioamatöörin perusantenni on (puoliaalto)**dipoli**, jonka molemmat puoliskot ovat neljäsosa aallonpituudesta.



Puoliaaltodipoli



Inverted-V -dipoli
(yksi kiinnityspiste)



Taittodipoli, impedanssi
300 Ω

Jos rakennamme dipolin taajuudelle 3,5 MHz, aallonpituus on $300/3.5 = 85.70$ metriä. Neljäsosa tästä on $(85,70 \text{ m} / 4) = 21,40$ metriä! Antennin kokonaispituudeksi siis tulee $(21,40 \text{ m} + 21.40 \text{ m} =) \text{ n. } 42 \text{ m}$!

Dipolin impedanssi on taajuudesta riippumatta teoriassa 73 Ω, mutta aallonpituuteen nähden lähellä maata impedanssi on lähempänä 50 Ω.

Dipoli toimii kohtalaisesti myös parittomilla kerrannaisilla eli 7.0 MHz:n dipoli toimii myös $3 \times 7 \text{ MHz} = 21 \text{ MHz}$:in taajuudella. Dipolin voi laittaa myös pystyasentoon, jolloin puhutaan "pystydipolista."

T1-moduulin kysymyksiä:

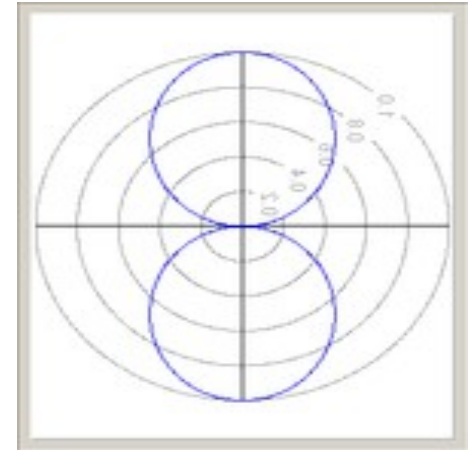
[06031](#) [06034](#) [06035](#) [06042](#)

9 Antennit

Muita antennoja

Korkealla olevan dipolin säteily on pienintä lanko-
jen päiden suuntaan. Jos siis asut Keski-Suomessa,
kannattaa antenni asentaa niin, että päät osoittavat
itä-länsi -suuntaan.

Antennin vahvistusta mitataan desibeleissä. Jos
verrokkina käytetään vapaassa tilassa olevaa
ympärisäteilevää antennia (ns. isotrooppinen
antenni), dipolin vahvistus on 2,1 dBi.



Kokoaaltosilmukka (quad) eli "vaakaluuppi" on nimensä mukaisesti
yhden aallonpituuden mittainen lanka, joka voidaan asettaa myös
suorakulmion muotoon. Sen säteilyvastus on 100Ω luokkaa ja se on
hyvä kotimaan antenni, sillä se "ampuu" signaaliin suoraan ylös josta se
heijastuu takaisin lähialueille.

Kaikkein yksinkertaisin antenni on **pitkälanka eli long-wire** ("vieteri"),
joka nimensä mukaisesti on pitkä lanka vedettynä lähimpään puuhun.
Pitkälangan säteilyvastus on epämääräinen, joten lähettimen ja antennin
välissä tarvitaan sovitin eli "antenninvirityslaite."

9 Antennit

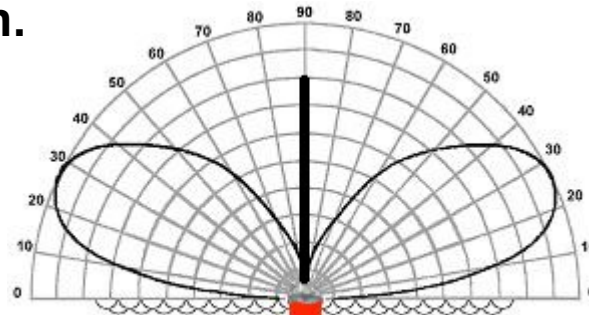
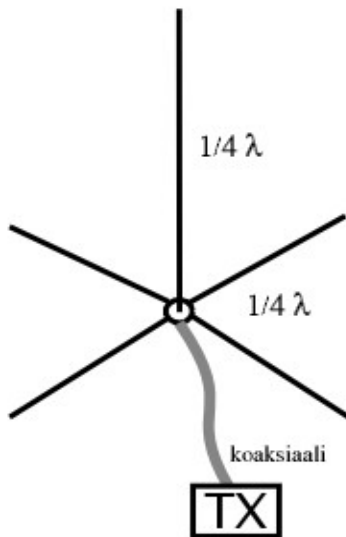
5/8 -piiska

Ground Plane eli "vertikaali"

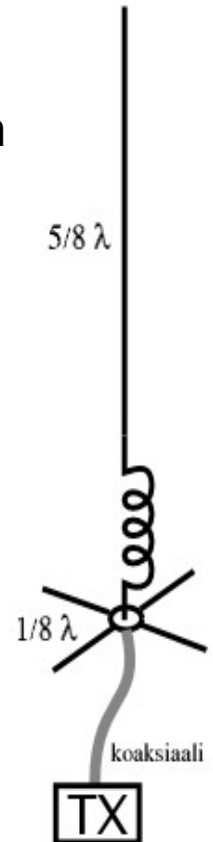
GP eli Ground Plane eli "vertikaali" on pystyantenni, jonka osien pituus on yleensä $1/4$ aallonpituudesta. Vertikaalit eivät ole suunta-antenneja, vaan ne säteilevät kaikkiin suuntiin (ympärisäteileviä). Ne sopivat siis hyvin mm. autoantenneiksi.

Teoriassa $1/4$ -aallon GP:n säteilyvastus on 36Ω (eli puolet dipolin impedanssista), mutta taivuttamalla "jalkoja" alaspäin päästään lähelle 50Ω :a.

Jos GP:n pituus on $5/8$ aallonpituudesta, antennin vahvistus on suurimmillaan, mutta säteilyvastus ei ole 50Ω , joten sovitusta tarvitaan.



Vertikaalin lähtökulma on matala. Korkeus ei vaikuta niin voimakkaasti kuin vaaka-antenneissa.



T1-moduulin kysymyksiä:

[06003](#)

9 Antennit

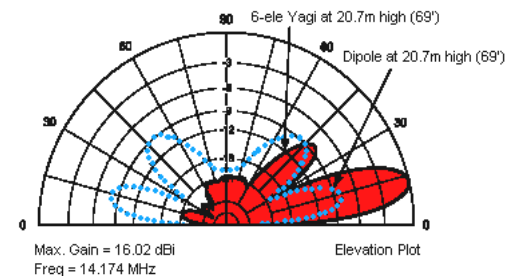
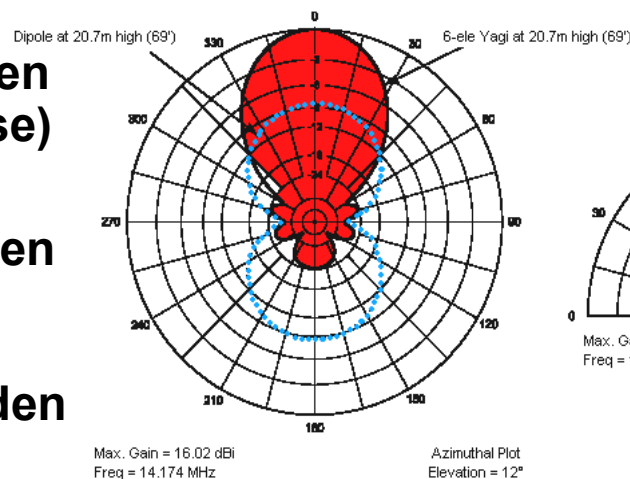
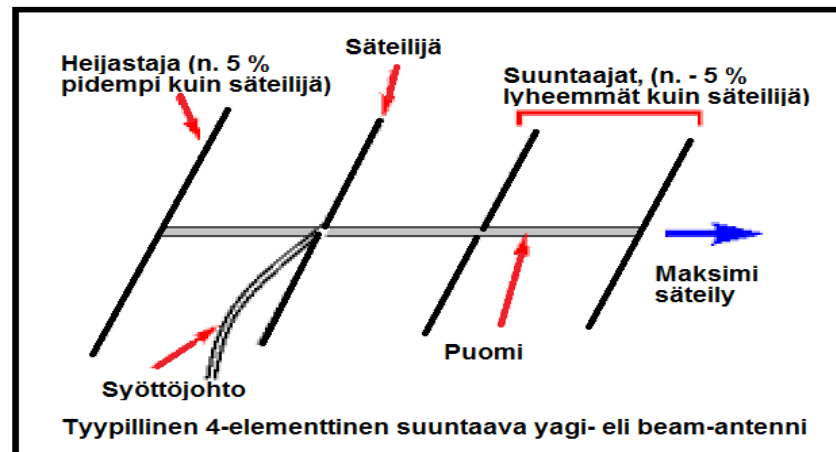
Yagi- eli beam-antenni

Suunta-antennit lähettävät nimensä mukaisesti säteilyä tiettyyn suuntaan. Tunnetuin on **yagi- eli beam-antenni** ("biimi"), jollainen mm. TV-antenni on.

Yagi-antennin vahvistus on sitä suurempi, mitä pidempi sen puomi on.

Yagiantennin yhteydessä puhutaan etu-takasuhteesta (front-to-back, "FB"), joka kertoo maksimisuuntaan (eteen) säteilevän tehon suhteen vastakkaiseen suuntaan (taakse) säteilevään tehoon.

Taittodipolia voi käyttää kaikkien antennien säteilijänä. Sen impedanssi muuttuu kuitenkin yagirakenteessa riippuen muiden elementtien etäisyydestä.



Yagi-antennin ja **dipolin** säteilykuvio ja lähtökulma

T1-moduulin kysymyksiä:

[06004](#) [06009](#)

9 Antennit

Antennien mitoitus

Antennit rakennetaan yleensä koko-, puoli- tai neljännesaallon pituisiksi. Antennin tyypillä (dipoli, vertikaali jne) ei ole merkitystä. Tällöin:

- kokoaalto-antennin ($1/1$) pituus on sama kuin ko. aallonpituus
- puolialto-antennin ($1/2$) pituus on puolet aallonpituudesta
- neljännesaalto-antennin ($1/4$) pituus on neljännes aallonpituudesta

Esimerkki: Kun rakennetaan 7,0 MHz:lle antenni, täytyy ensin laskea taajuuden aallonpituus, joka on $(300/7,0 \text{ MHz} =) 42,85 \text{ m}$

- kokoaalto-antenni	($1/1$)	on	42,85 m
- puolialto-antenni	($1/2$)	on $(42,85 \text{ m} / 2 =)$	21,42 m
- neljännesaalto-antenni	($1/4$)	on $(42,85 \text{ m} / 4 =)$	10,71 m

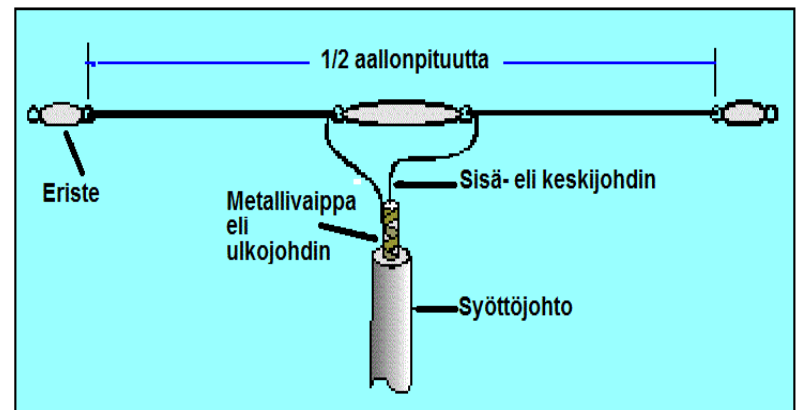
Lisäinfo: Dipolin mitoitus

Koska sähkö kulkee metallissa hitaammin kuin tyhjiössä ja myös langan eriste ja korkeus vaikuttavat, täytyy antenna mitoitettaessa käyttää ns. lyhennyskertointa, joka on 0.94-0,98.

Antennin pituuslaskuja:

[06001](#) [06037](#) [06039](#) [06041](#) [06043](#)

[06036](#) [06038](#) [06040](#) [06042](#) [06044](#) [06045](#) [06046](#) [06047](#) [06048](#) [06049](#) [06050](#) (62)



9 Antennit

Lähtökulma ja polarisaatio

Jos HF-taajuuksilla halutaan DX-yhteyksiä kauas, antennin säteilyn pitää lähteä mahdollisimman pienessä kulmassa (matalalla) kohti horisonttia. Silloin signaali kohtaa ionosfäärin mahdollisimman kaukana ja heijastuu sieltä vastaavasti vielä kauemmas. Etenemiseen tarvitaan siis vähemmän heijastumiskertoja maan ja ionosfäärin välillä..

Vaaka-antennien lähtökulmaan vaikuttaa antennin korkeus: mitä korkeammalla, sitä matalampi lähtökulma.

Polarisaatio

Polarisaatio määritellään radioaallon sähkökentän voimaviivojen suuntaiseksi. Vaakasuoraan asennettu antenni (vaakadipoli) lähettää vaakapolaroitua (horisontaalista) radioaaltoa, kun taas pystysuorassa oleva antenni, (vertikaali) lähettää pystypolaroitua (vertikaalista) radioaaltoa.

Polarisaatio ei vaikuta radioaaltojen etenemiseen, mutta vaakatasossa oleva antenni vastaanottaa paremmin vaakapolaroitua aaltoa.

HF-taajuuksilla polarisaatio kiertyy ionosfäärissä, joten asemien polarisaatioeroa ei tavallisesti huomaa. Sen sijaan VHF-taajuuksilla vastaanotossa saattaa olla selvä ero riippuen vasta-aseman antennin polarisatiosta.

T1-moduulin kysymyksiä:

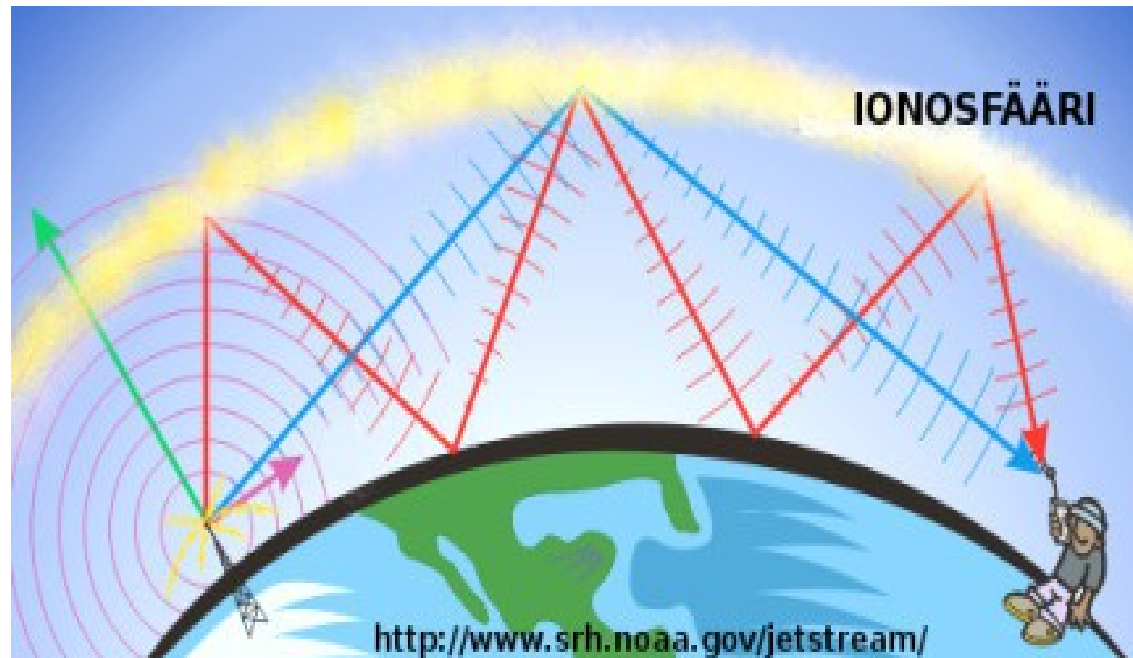
[01010](#) [01011](#) [01012](#) [01051](#) [07005](#)

10 Radioaaltojen eteneminen

Radioaalto, kuten näkyvä valo, etenee suoraan. Kuitenkin ilmakerrosten lämpötilaerot yms. saavat aallon taipumaan hieman kohti maanpintaa. Taipuminen on kuitenkin niin pientä, että ilman muita tekijöitä radioyhteydet rajoittuisivat kotimaahan, horisonttinäkymään tai ns. radiohorisonttiin. Paikallinen säätila tai ilmanpaine ei vaikuta etenemiseen, aivan erittäin lyhyitä millimetriaaltoja lukuunottamatta.

On tärkeää erottaa, että HF- ja VHF/UHF-taajuuksilla pitkien (DX-) kaukoyhteyksien saaminen perustuu aivan eri tekijöihin.

Radioaaltoa, joka etenee heijastumatta mistään, kutsutaan **maa- eli pinta-aalloksi**. Yhteyden pituus rajoittuu silloin radiohorisonttiin.



T1-moduulin kysymyksiä:

07001

10 Radioaaltojen eteneminen

Skippi ja katve

HF-taajuudet (1)

Alle 30 MHz:in taajuuksilla radioaallot heijastuvat ilmakehän yläosassa olevasta **ionosfääristä**, erityisesti F-kerroksesta, jolloin pitkät, kansainväliset yhteydet onnistuvat helposti. Ionosfäärivyöhyke on noin 65 - 1000 km maanpinnan yläpuolella.

VHF-taajuudet eivät heijastu vaan menevät ionosfäärin läpi!

Kun radioaalto ensimmäisen kerran heijastuu takaisin maahan tai mereen - heijastuakseen taas takaisin ionosfääriin - jää sen "alle" kuollut alue, katve, jossa signaali ei kuulu. Tämä katve voi olla jopa 100-1500 km 10-30 MHz:n alueella kun samaan aikaan esim. 3.5 ja 7 MHz:n alueella voi pitää 200-300 km yhteyksiä.

Ionosfääri muodostuu nimensä mukaisesti ilmakehän molekyyleistä, jotka ovat ionisoituneet auringon säteilyn vaikutuksesta.

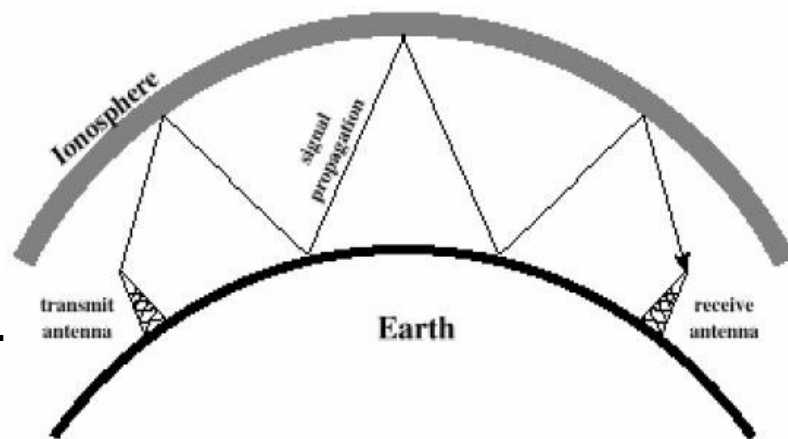
Ionosfäärin "kunto" vaihtelee vuorokauden ja vuodenaikojen mukaan ja eniten auringonpilkkujen määrän mukaan.

F-kerros ja heijastuminen:

[07007](#) [07011](#) [07015](#) [07019](#)

HF-DX- eli kaukoyhteydet:

[07006](#) [07022](#) [07027](#)



10 Radioaaltojen eteneminen F-kerros yöllä ja päivällä

HF-taajuudet (2)

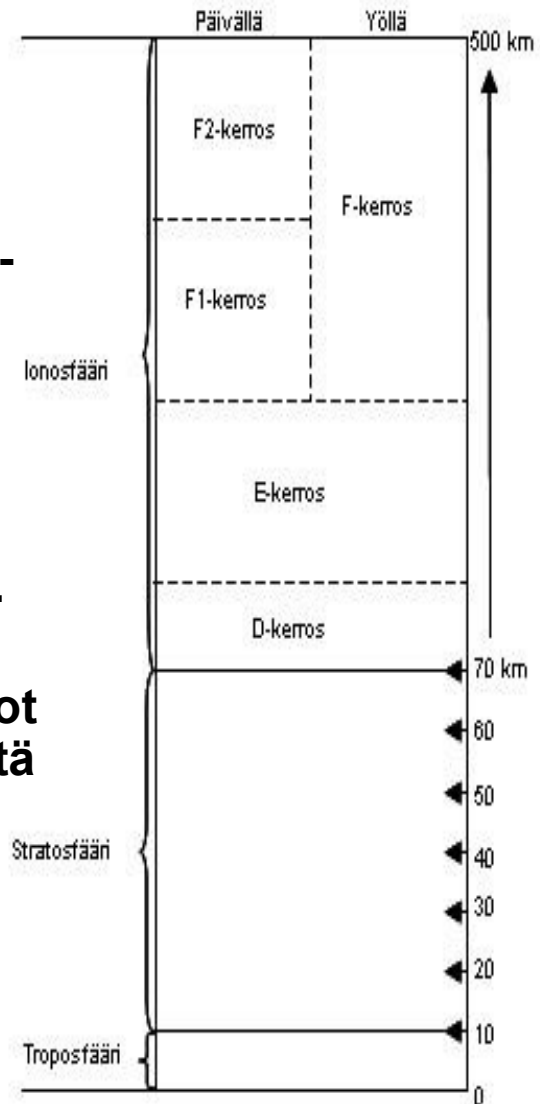
Ionosfääri jakautuu kolmeen kerrokseen (D, E ja F), joista ylin F-kerros heijastaa HF-aaltoja.

F-kerros on yöllä yhtenäinen 250...350 km korkeudella. Se jakautuu päivällä kahdeksi eri kerrokseksi: F1-kerros on 140...250 km ja F2-kerros 250...350 km.

E-kerros esiintyy 80...100(-140) km korkeudella. Eräissä tapauksissa kesäaikaan VHF-aallot saattavat heijastua tilapäisesti ionisoituneesta E-kerroksesta ns. Es-etenemisenä. HF-aaltoihin E-kerros ei vaikuta.

D-kerros on 50...90 km korkeudella. D-kerroksessa tapahtuu suurin vaimeneminen. Erityisesti keskiaallot (mm. 160 m ja 80 m) imeytyvät kerrokseen pääsemättä aina takaisin maan pinnalle. Syynä on voimakas absorbtio.

Talvi-iltaisina ja -öisin yhteydet Keski-Eurooppaan onnistuvat mainiosti esim. 3,5 MHz tai 7 MHz taajuuksilla.



T1-moduulin kysymyksiä:

[07028](#)

Eurooppa ja kotimaa:

[07017](#) [07018](#) [07024](#) [07029](#)

10 Radioaaltojen eteneminen

Tropo-eteneminen
Meteorivana
Auroora

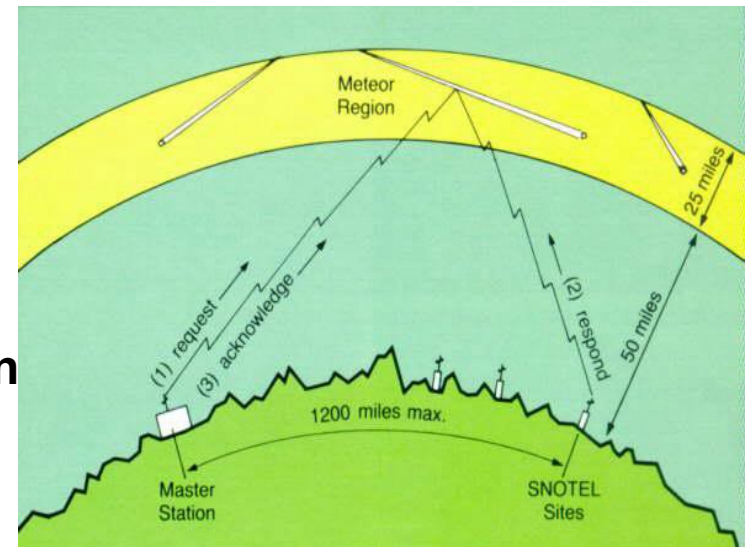
VHF- ja UHF-taajuudet (1)

Ionosfääri päästää yli 30 MHz:n (VHF/UHF) -taajuudet lävitseen, joten mikäli näillä taajuuksilla halutaan pitkiä yhteyksiä on turvauduttava erikoiskeinoihin. Koska ionosfääri ei estä signaalia, nämä radioaallot soveltuvat paremmin avaruusyhteyksiin ja etenemisominaisuudet lähestyvät valon ominaisuuksia.

VHF/UHF-taajuuksilla käytettävissä olevilla antenniratkaisuilla on suuri merkitys erityisesti kaukoyhteyksissä.

Earth-Moon-Earth (EME)-yhteyksissä radioaalto suunnataan Kuuhun, josta pieni osa heijastuu takaisin. Tähän tarvitaan suuria antennoja ja tehoja.

Meteorisirona eli Meteor Scatter eli MS-yhteyksissä radioaalto suunnataan pienten meteorien ilmakehään jättämiin palojälkiin, vanoihin, jotka heijastavat hetken – jopa muutaman sekunnin - radioaaltoja.



T1-moduulin kysymyksiä:

[07003](#) [07020](#) [07025](#)

10 Radioaaltojen eteneminen

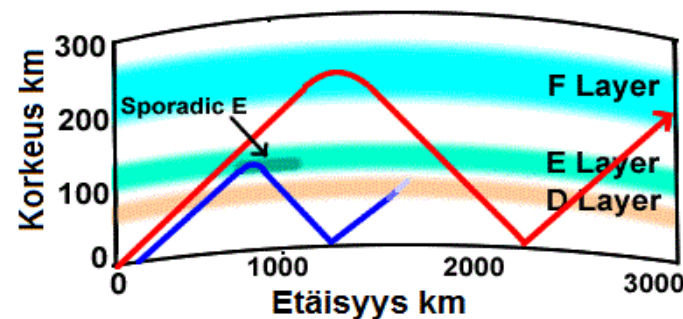
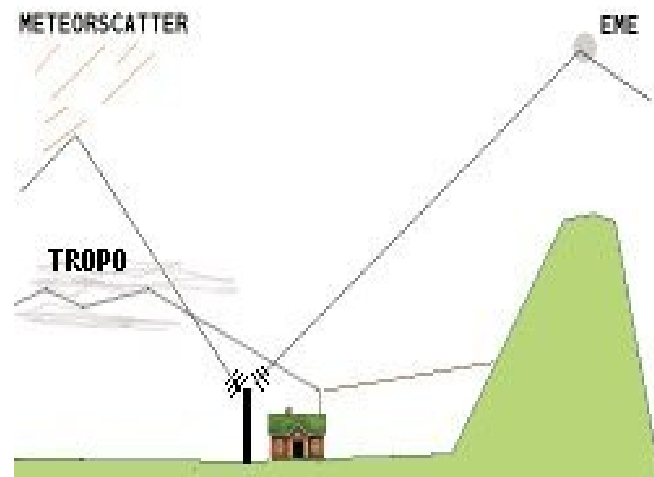
VHF- ja UHF -taajuudet

Revontuliyhteydet "auroora" perustuvat samantapaiseen ilmiöön, jossa revontulet toimivat "peilinä." Antennit käännetään pohjoiseen ja revontulien kautta heijastuneen signaalin tuntee "tuhnuisesta, kähisevästä" äänestä. Yhteys on sähkötyksellä helpompi ymmärtää kuin puheella.

Troposfäärissä etenemisessä kylmän ja lämpimän ilmamassan väliin syntyy radioaaltoja kuljettava kerros, jolloin pitkätkin yhteydet ovat mahdollisia.

Sporadisessa Es-etenemisessä ilmakehässä on E-kerroksessa radioaaltoja voimakkaasti heijastava keskus, joka syntymekanismi on epäselvä.

VHF/UHF-taajuuksilla saadaan pitkiä yhteyksiä myös satelliittien, metallimastojen ja esim. lentokone-heijastusten kautta sekä korkeilta paikoilta.



Revontulet:

[07002](#) [07009](#) [07013](#) [07016](#)

Muut VHF/UHF-etenemismuodot:

[07004](#) [07008](#) [07010](#) [07012](#) [07014](#) [07021](#)

11 Sähköturvallisuus

Suojausluokat

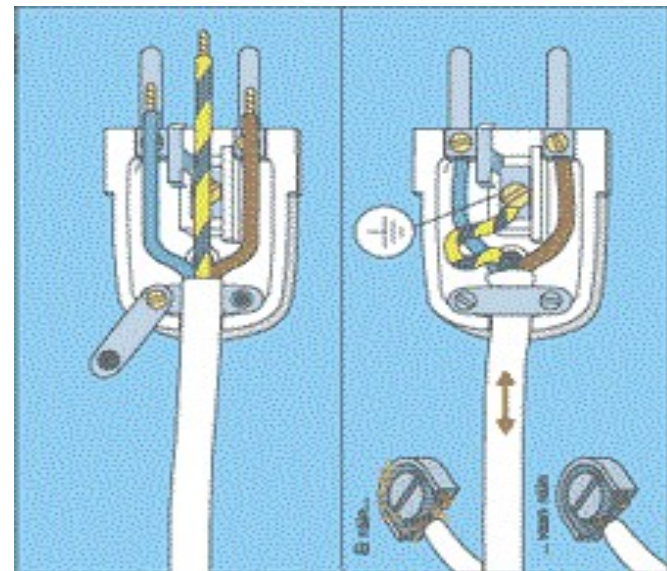
Radioamatöörien sähköverkkoon rakentamat laitteet kuuluvat **I -suojausluokkaan** eli laite käyttää maadoitettua pistoketta (**SU**oja-**KO**ske-tinpistotulppa). Tässä pistokkeessa on kolme johtoa: **sininen**, **ruskea** ja **keltavihreä** (kevi).

Keltavihreä (kevi) on maadoitusjohdin ja kytke-tään laitteen runkoon koneruuvilla. Mikäli runkoon tulee vikatilanteessa vaarallinen jännite, maadoitusjohdin yhdistää jännitteen maahan. Jos johtimet irtoavat, maadoitusjohtimen (kevi) tulee irrota viimeisenä, joten se jätetään hieman muita pidemmäksi. Suko-johdossa tulee poikkipinnan olla vähintään 1,5 mm² ja johtimien tulee olla saman suojavaipan alla.

II -suojausluokassa on lisäeristysenä muovikuoret ja sen sähköisiin osiin ei pysty vahingossa koskettamaan suojakotelon vuoksi. Pistoke on yleensä ns. "valmiiksi valettu" europistoke. Metalliosia ei saa suojamaadoittaa.

III -suojausluokan laitteet toimivat ns. pienoislämpöjännitteellä, joka voi olla enintään 50 V vaihto- tai 120 V tasajännitteellä. Pienolämpöjännite tehdään erillisellä -muuntajalla. Tällaisia laitteita ovat esim. lelut (junarata).

0 -suojausluokan sähköpistoke on pyöreä.



T1-moduulin kysymyksiä:

[10001](#) [10011](#) [10017](#) [10019](#) [10022](#) [10041](#) [10052](#) [10055](#)

11 Sähköturvallisuus OH5YW: Maadoita lähetin

Suoja- eli käyttömaadoitus

Normaalin SUKO -pistokkeen kautta saatavan maadoituksen **lisäksi** radioasemalla tulee olla ns. suoja- eli käyttömaadoitus, mikä tarkoittaa kaikkien aseman (metalli-)laitteiden mahdollisimman suoraa kytkemistä maahan. Maadoitusjohtimeksi käy 20 metrin pituinen 0,7 metrin syvyyteen kaivettu 16 mm² paksuinen kuparijohto, johon laitteet yhdistetään.



- Hän ei maadottanut lähetintään.

Vaakaelektrodin sijasta tai sen lisänä voi olla pystyelektrodeja.

Laitteet tulee yhdistää suojamaadoitukseen rinnankytkentä- eli ns. tähtiperiaatteella, ei peräkkäin!

Käytännössä seinään yleensä kiinnitetään kuparinen kisko, josta vedetään maadoitusjohto maahan ja kiskoon yhdistetään kaikki aseman laitteet (eri) johtimilla.

Käyttömaadoitukseksi ei kelpaa vesijohto.

Maadoitus tulee aina tehdä ruuviliitoksella tai muulla vastaavalla kiinteällä liitoksella.

T1-moduulin kysymyksiä:

[10002](#) [10018](#) [10025](#) [10045](#) [10046](#) [09008](#)

11 Sähköturvallisuus

Termejä, suojaerotus ym.

- Pistokytkin tarkoittaa pistotulppaa ja pistorasiaa yhdessä.
- Jatkojohto ei saa muuttaa laitteen suojaluokkaa huonommaksi.
I-suojaluokan jatkojohdon saa liittää II-suojaluokan pistorasiaan jne.
- Kosketusjännite: kahden kohdan välistä kosketeltavissa oleva jännite.
- Askeljännite: Meneminen liian lähelle maahan pudonnutta johdinta, johdossa kiinni olevaa puuta tai työkonetta voi aiheuttaa vaaratilanteen.
- Pistotulppa tulee valita laitteen suojaluokan mukaan, eikä saa olla yhteinen yhtä useammalle verkkojohdolle. Pistotulppa saa olla mitoitettu suuremmalle virralle kuin verkkojohto.

Suojaerotus

Suojaerotus tarkoittaa sitä, että korjattavana olevaan laitteeseen kytketään sähkö (suojajännite) ilman suojamaadoitusta. Tämä tehdään yleensä ns. galvaanisesti ensiö- ja toisiokäämin erottavalla suojaerotusmuuntajalla (yleensä 230 V:230 V) sekä erikoispistotulpalla. Tällöin sähköiskua ei voi saada maan kautta.

Suojaerotusmuuntajaan ei saa kytkeä yhtäaikaaisesti useampia laitteita.

T1-moduulin kysymyksiä:

[10004](#) [10005](#) [10014](#) [10015](#) [10024](#) [10026](#) [10033](#) [10020](#)

11 Sähköturvallisuus

Luvat, verkkokytkin ja käyttöpaikka

Sähköasennukset ovat luvanvaraisia mutta radioamatöörit saavat valmistaa itselleen asemalaitteita ja käyttää niitä ilman tarkastusta. Riittävän ammattitaidon omaava henkilö saa tehdä sähköasennustöitä valvonnan alaisena. Rakennettaessa on aina noudatettava sähköturvallisuusmääräyksiä.

- Laitteen jännitteiset osat on suojattava koteloimalla ja maadoittamalla.
- Omarakenteisen sähkölaitteen verkkokytkin tulee olla kaksinapainen eli katkaista molemmat sähköjohdot ja kestää kuormitusvirta. Kytkimeen tulee merkitä "I" ja "0" kuvaamaan "päällä/poissa" -tilannetta. Vipu tai vedonpoistin ei saa olla metallia. Ensiössä tulee olla sulake.
- Joissakin olosuhteissa sähkömagneettinen kenttä saattaa vaikuttaa ihmisen terveyteen. Suurtaajuinen sähkö voi aiheuttaa kosketeltaessa palovammoja ja voi esiintyä paikoissa, joissa on tasajännitettä.
- Verkkokäyttöisen laitteen käyttö on vaarallista, jos käyttöpaikka on märkä tai kostea tai sisältää syövyttäviä aineita, varsinkin, jos sähkölaitetta joudutaan pitelemään käsin johtavalla alustalla polvi- tai istuma-asennossa. Jopa 230 V sähköisku on hengenvaarallinen, mutta tajuntansa menettänyt voidaan elvyttää. Sähköiskun vaara syntyy laitetta huollettaessa, jos pistokytkin on pistorasiassa.

T1-moduulin kysymyksiä:

[10003](#) [10010](#) [10013](#) [10016](#) [10034](#) [10035](#) [10036](#) [10050](#) [10021](#)

12 Häiriöt

Häiriön aiheuttajia

Radiolähetys voi aiheuttaa häiriöitä omaan tai naapurin radioon tai TV-kuvaan tai jopa muihin viestiverkkoihin. Mahdollisia syitä ovat esim.:

- huono lähettimen käyttömaadoitus,
- korkea SWR (SAS) antennissa,
- huonot tai hapettuneet liitokset omassa tai naapurin antennissa,
- naapurin huonolaatuinen vastaanotin,
- naapurin sisäantenni tai huono ulkoantennin sijoitus,
- naapurin tai taloyhtiön käyttämä television laajakaistavahvistin,
- vika omissa lähetyslaitteissasi,
- ylimodulaatio (mikrofonivahvistus liian suurella),
- liian suuri lähetysteho (pienempi lähetysteho pienentää häiriöitä),
- lähettimen ali-/ylipäästösuojaus on huono ja päästää harmonisia,
- lähetin aiheuttaa sähkötyksellä avainiskuja (clicks) tai
- lähete pääsee jostakin syystä sähköverkkoon.

Tietokoneissa ja muissa sähkölaitteissa saattaa vastaavasti olla jyrkkäreunaisia piirejä, jotka aiheuttavat häiriöitä jopa UHF-taajuuksille saakka. Vastaavasti nämä laitteet saattavat häiriintyä jo muutaman watin lähetystehosta ja normaalista puhelälähetyksestä.

T1-moduulin kysymyksiä:

[09003](#) [09007](#) [09008](#) [09009](#) [09015](#)

12 Häiriöt

Alipäästösuoodin
Kaistanpäästösuoodin
Ylipäästösuoodin

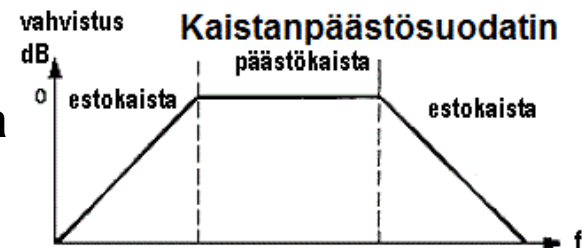
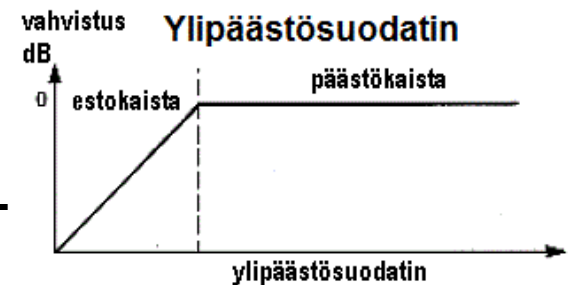
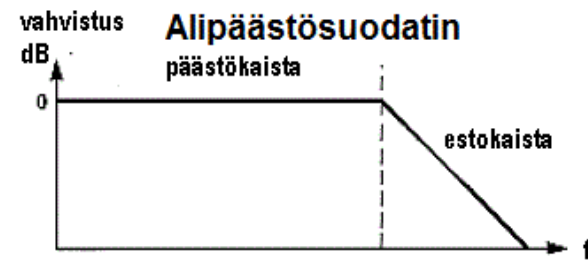
Ali- ja ylipäästösuodatin

Harmonisten (yliaaltojen) pääsy antenniin voidaan estää **alipäästösuodatimella**, joka päästää lävitseen tietyn taajuuden **alla** olevat taajuudet, mutta vaimentaa voimakkaasti korkeampia taajuuksia.

Ylipäästösuoodin päästää korkeat taajuudet lävitseen, mutta vaimentaa voimakkaasti matalampia taajuuksia.

Kaistanesto- ja kaistanpäästösuoittimet ovat suotimia, joissa on sekä ali- että ylipäästö eli ne päästävät tai estävät lävitseen vain kaistan radioaaltoja.

Suotimia käytettäessä on tärkeää, että lähettimen antennikaapelissa oleva suodin estää häiriöitä aiheuttavia taajuuksia pääsemästä antenniin mutta päästää ne taajuudet, joilla haluamme lähettää. Vastaavasti häiriintyvän vastaanottimen antennikaapeliin laitetaan suodin joka poistaa häiritsevät taajuudet mutta päästää taajuudet, joita halutaan katsoa tai kuunnella.



T1-moduulin kysymyksiä:

[09001](#) [09004](#) [09006](#) [09010](#) [09011](#) [09019](#) [09021](#)

Erilaisia häiriötyyppejä

Suurtaajuus ei kuulu sähköverkkoon!

Häiriö voi levitä myös sähköverkon kautta. Sähköverkkoon ei saa mennä minkäänlaisia suurtaajuuksia!

Verkkokuristin (-suodatin) estää radiotaajuuden pääsyn sähköverkkoon/verkosta. Sen voi tehdä itse kiertämällä laitteen sähköjohtoa ferriittisauvan ympärille useita kierroksia, jolloin siitä muodostuu suurtaajuuskuristin.

Vastaanottimen voimakkuudensäätö ei vaikuta häiriöön

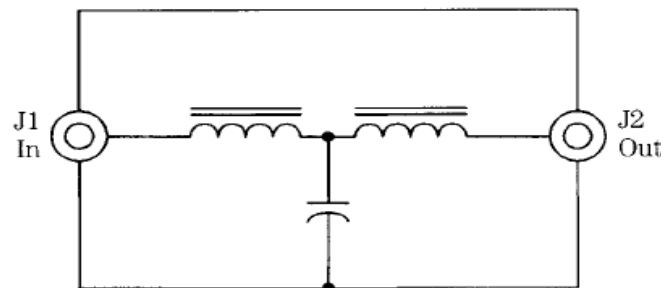
Joskus lähetys saattaa mennä suoraan naapurin vastaanottimen pientaajuusasteelle (esim. kaiutinjohtoja pitkin). Häiriön tunnistaa siitä, ettei vastaanottimen voimakkuudensäätö vaikuta asiaan. Kaiutinjohtojen kiertäminen ferriittitangon tai -renkaan ympärille saattaa tässäkin tapauksessa auttaa asiaan.

Antennikaapeli antennina

Joskus häiriö menee vastaanottimeen syöttöjohdon vaippaa pitkin – vaippa toimii antennina. Tällöin auttaa ns. vaippavirran katkaisu. (Kuva oikealla)

T1-moduulin kysymyksiä:

[09002](#) [09005](#) [09014](#) [09016](#) [09018](#) [09020](#)



12 Häiriöt

Erilaisia häiriötyyppejä

Korkea SWR sekä maadoituksen ja verkkosuodatuksen puute.

Huono maadoitus, verkkosuodattimen puute tai korkea SWR (SAS) saattavat aiheuttaa sen, että lähetettäessä suurtaajuus pääsee sisään lähettimeesi. Tämä voi aiheuttaa sen, että asteikko- ja muut valot kirkastuvat huomattavasti vaikka niiden normaalisti pitäisi himmentyä lähetettäessä.

Avainklikki

Vastaanottimessa kuuluvat napsahdukset (avainklikit) saattavat johtua sähkötyslähetimestä. Lähetin aktivoituu liian nopeasti avainta painettaessa. Klikit voidaan poistaa avainnussuotimella.



Kiusaavatko Radiohäiriöt teitä?

Vapautukaa niistä! Soittatte puhelimella 38 418 ja ilmoitatte nimenne ja osoitteenne, niin me ryhdymme neuvotteluihin häiritsevien koneiden omistajan kanssa häiriöiden poistajan asentamisesta niihin.

Radiohäiriöpoistotoimisto

Dipl. ins. E. A. Liuksiala.

T1-moduulin kysymyksiä:

[09012](#) [09013](#)