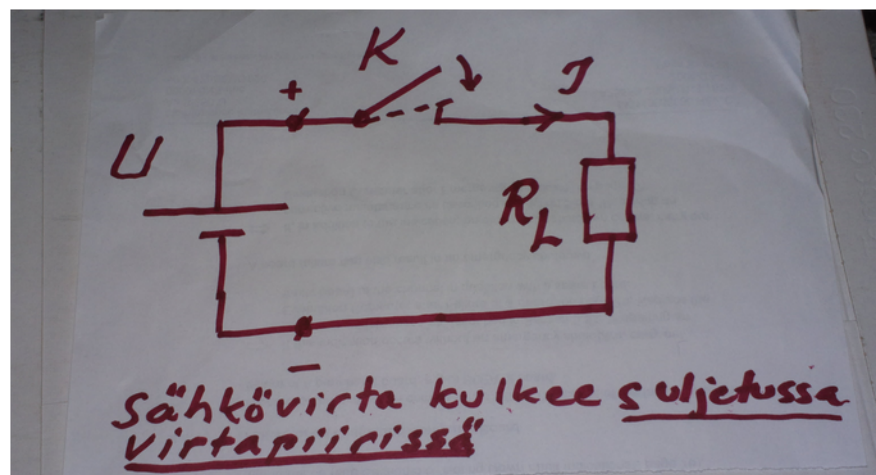


Jännite, virran voimakkuus ja teho

Jännite eli potentiaaliero mitataan impedanssin yli esiintyvän jännitehäviön avulla. Koska käytännön radioamatöörin kannalta jännitteen ja virran suhde on hiukan sama kuin kysymys siitä, oliko muna ennen kanaa, selvitämme asiaa hyvin yksinkertaistetuksi.

Olettaen että generaattorina toimii tasasähkölähde, jolla on tietty sähkömotorinen voima E sekä tietty sisäinen resistanssi R_i , joka kuitenkin tässä tarkastelussa oletetaan nolaksi. Tällöin voimme olettaa tässä tarkastelussa napajännitteen U olevan virtapiirin kaikissa käyttöolosuhteissa teholähteen sisäisen sähkömotorisen voiman E suuruinen. Samoin oletamme että kuormitusimpedanssi tai kuormitusvastus on puhtaasti resistiivinen, eli se on resistanssi.

Suljettu virtapiiri



Tyhjäkäyvän tasasähkö- l. teholähteen navoissa vaikuttaa napajännite U , joka kytketään kytkimellä K kuormitusresistanssille R_L . Syntyy suljettu virtapiiri, joka on edellytys sähkövirran kulle ja sähkötehon siirtymiselle. Sähkövirta alkaa kulkea kohden resistanssissa, jolloin sen johdosta huonompi sähköjohtokyky tulee sähkövirran kulkua jarruttavana tekijänä kuvaan mukaan. Tätä resistanssiksi kutsuttua ilmiötä voidaan verrata liikekitkaan, joka vaikuttaa mekaanisen tehon siirtämiseen kineettisen energian avulla.

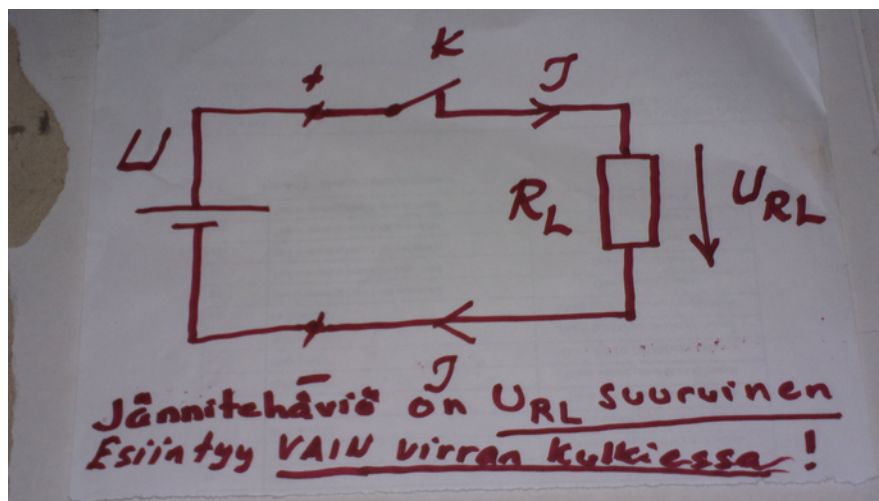
Koko virtapiirin matkalla, siis myös resistanssissa, on virran voimakkuus sama aina kun virtapiiri on sarjakytkenä. Jos virtapiirin muut osat ovat ideaalisia johteita, niissä ei ole resistanssia ja voimme keskittyä tarkastelemaan resistanssin R_L , eli kuormitusresistanssin, käyttäytymistä. Myös kuormitusresistanssin R_L koko osuudella on virran voimakkuus sama ja oletamme että sen kuvitteellisten sarjaan kytkettyjen homogeenisten alkeisresistanssien suuruudet ovat samoja. Näin kuormitusresistanssin jokainen kuvitteellinen sarjaan kytketty osaresistanssi vastustaa sähkövirran kulkua yhtä paljon.

Vastavoiman laki

Edellä verrattiin resistanssia liikekitkaan, ts. liikkuvan kappaleen liike-energian häviöihin, mikä on toimiva vertaus radioamatööritekniikan yhteydessä. Mekaniikasta tunnemme vastavoiman lain, jota valaistaan yksinkertaistetusti seuraavalla esimerkillä, joka sopii riittävällä tarkkuudella tämän esityksen puitteisiin. Soudamme soutuveneellä ja jokaisella airojen vedolla tunnemme veden vastuksen airoissa liikkeen aikana. Eli kun siirrämme (liike)energiaa airoihin ja edelleen veteen, vesi vastustaa airojen liikettä. Jos nyt ajattelemme resistanssissa olevan kitkaa, joka ei vaikuta paikallaan olevaan elektroniin, mutta vastustaa elektronin liikettä, on tilanne käytännön radioamatööri-tekniikan kannalta likimain sama kuin vedessä olevilla airoilla soudettaessa.

Jännitehäviö

Suljetussa virtapiirissä, jonka navoissa vaikuttaa jännite U , alkaa kulkea sähkövirta. Kuormitusresistanssin R_L sisäinen kitka aiheuttaa vastusta, joka ilmenee vastavoimana. Tässä tapauksessa on kysymys jännitehäviöstä. Jännitehäviötä voimme verrata airojen päässä olevan soutajan tuntemaan vastavoimaan, joka on samansuuruinen kuin soutajan airoihin kohdistama vetovoima. Suljetussa jännitteisessä virtapiirissä oleva kuormitusresistanssi R_L muodostaa sähkövirran vaikutuksesta teholähteen potentiaalille vastakkaisen, virran voimakkuudesta riippuvan, vastajännitteen I . jännitehäviön.



Kuormitusresistanssin R_L navoista mitattu jännite on aina suunnaltaan teholähteen napaisuuden mukainen ja sen suuruus määräytyy sähkövirran voimakkuuden aiheuttamasta jännitehäviöstä. Tässä esimerkissämme suljetun virtapiirin koko jännitehäviö syntyy kuormitusresistanssissa R_L , joten se on syöttävän teholähteen napajännitteen suuruinen ja luonnollisesti omaa saman napaisuuden.

Virran voimakkuus on resistanssin läpi kulkevien elektronien määrä aikayksikköä kohden.

Virran voimakkuuden voimme yksinkertaistetusti ajatella kuvaavan resistanssin läpi kulkevien elektronien määrää aikayksikköä kohden. Resistanssi rajoittaa virran voimakkuutta I . elektronien määrää aikayksikössä, jolloin syntyy edellä kuvattu jännitehäviö. Virran voimakkuus (I) riippuu

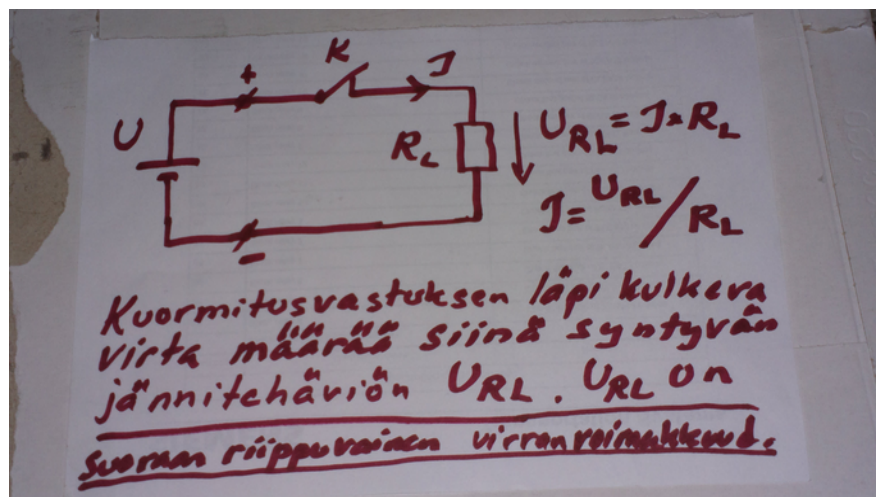
Ohmin lain mukaisesti resistanssin napajännitteestä I . siihen "tarjotusta" kuormitusolosuhteen jännitteestä (U) sekä resistanssin suuruudesta (R)

$$I = U / R$$

Suljetussa sarjaan kytketyssä virtapiirissä, johon vaikuttaa napajännite U , on sähkövirran kulkusuunta aina syöttävän teholähteen napajännitteen määräämä. Edellä kerrottu on ymmärrettävä niin, että ulkoinen teholähde määrää napaisuudellaan virran kulkusuunnan, eli sen kumpaan päähän kuormitusvastusta tehoa syötetään. Sähkötehon kuljettaminen tapahtuu sähkövirran avulla, joten tehon virtausosuunta on aina poispäin teholähteestä kohden kuormitusvastusta.

Jännitehäviö syntyy kuormassa vain silloin, kun sähkövirta kulkee sen lävitse

Edellä todettiin tehon virtaavan teholähteestä kohden kuormaa eli meidän tapauksessamme kohden kuormitusresistanssia R_L . Kuormitusresistanssissa R_L syntyy edellä kuvatun mukaisesti jännitehäviö vain silloin, kun sähkövirta kulkee sen lävitse. Sähkövirta siis kuljettaa tehoa tehonsiirtoon käytettyjä sähköjohtimia pitkin teholähteeltä kuormitusresistanssille I . kuormalle. Edellä kuvatusta voimme päätellä että teholähtellä tulee tehoa syöttäessään olla kyky ylläpitää napajännitettä sekä syöttää virtapiiriin virtaa.



Kuormitusresistanssissa R_L syntyy jännitehäviö suuruudeltaan U_{RL} , joka meidän tapauksessamme on teholähteen napajännitteen suuruinen, koska oletamme siirtotien eli kytkentäjohtimien olevan häviöttömiä.

Kuormitusresistanssin R_L navoissa vaikuttavan jännitteen U_{RL} suunnan siis määrää teholähteen syöttämän jännitteen napaisuus. Edellytyksenä kuormitusresistanssissa R_L syntyvälle jännitehäviölle on siis sähkövirran kulku. Sähkövirta kuljettaa sähkötehoa teholähteeltä kuormitusresistanssille R_L , jossa teho kulutetaan. Virtapiiriin syntyy tehohäviö sähkötehon muuttuessa kuormitusresistanssin tapauksessa lämmöksi. Tehohäviön I . kuormitusvastuksen ottama teho on sen navoissa vaikuttavan jännitteen I . siinä syntyvän jännitehäviön sekä virranvoimakkuuden tulo

$P = U_{RL} \times I \Rightarrow$ yleisesti $P = U \times I$, kun jännite U on kuormitusresistanssin navoissa vaikuttava jännite.

Kaavasta $P = U \times I$ näemme että tehonsiirron edellytyksiä ovat:

- * **suljettu virtapiiri**
- * **kuormitusresistanssin navoissa on jännite U**
- * **kuormitusresistanssin läpi kulkee sähkövirta I**
- * **kahden edellisen ehdon "summana" syntyy kuormitusresistanssissa jännitehäviö**
- * **jännitehäviö riippuu kuormitusresistanssin suuruudesta, virran voimakkuudesta sekä kuormitusresistanssin navoissa vaikuttavasta jännitteestä**

Ennen kuin alamme tarkastella tehoa, palaamme vielä käsittelemään alussa esitettyä peruskaavaa jännitteen, virran voimakkuuden ja resistanssin suhteesta.

Edellä siis määriteltiin virran voimakkuudeksi $I = U / R$. Yhtälö voidaan pyöryttää miten päin tahansa, kunhan aina kaksi tekijää on tunnettu. Perussääntö on se, että tuntematon tekijä pitää saada aina yksikseen yhtälön toiselle puolelle

Esimerkki 1:

Tunnettuja ovat I sekä R . Minkä suureen voimme laskea?

$I = U / R \Rightarrow$ kerromme yhtälön molemmat puolet R :llä: $I \times R = U$, saamme siis

$$U = I \times R$$

Vastaus:

Voimme laskea resistanssissa syntyvän jännitehäviön suuruuden

Esimerkki 2:

Tunnettuja ovat U sekä R . Minkä suureen voimme laskea?

Edelleen "peruskaavamme" on $I = U / R \Rightarrow$ Meidän ei tarvitse tehdä mitään, koska kaava on valmiiksi poikein päin.

Vastaus:

Voimme laskea resistanssin läpi kulkevan virran voimakkuuden.

Esimerkki 3:

Tunnettuja ovat U sekä I . Minkä suureen voimme laskea?

Peruskaava $I = U / R \Rightarrow$ tuntematon pitää saada yksin yhtälön toiselle puolelle, joten aloitamme kertomalla R :llä: $R \times I = U$ (tämähän meillä oli jo esillä esimerkissä 1) ja toisessa vaiheessa jaamme I :llä: $R = U / I$

$$R = U / I$$

Vastaus:

Voimme laskea resistanssin suuruuden.

Tehon laskenta

Kuormitusresistanssissa kuluva teho määriteltiin sen navoissa vaikuttavan jännitteen sekä virran voimakkuuden tuloksi $P = U \times I$. Tämäkin kaava voidaan pyöryttää miten päin tahansa, kunhan aina yhtälön toiselle puolelle saadaan kaksi tunnettua suuretta. Edellä kuvatun periaatteen mukaisesti:

$$P = U \times I \Rightarrow \text{peruskaava}$$

$$U = P / I \Rightarrow \text{kun tunnetaan teho sekä kuorman virran voimakkuus}$$

$$I = P / U \Rightarrow \text{kun tunnetaan teho sekä kuorman navissa vaikuttava jännite}$$

Tehonlaskun erikoistapaukset

On olemassa kaksi erikoistapausta, jotka on radioamatöörin syytä osata jos ei muutoin, niin sitten opettelemalla kaavat ulkoa. Ensimmäinen on tapaus, missä virran voimakkuus sekä resistanssi ovat tunnettuja ja halutaan tietää teho. Tämän probleeman ratkaisemiseen esitetään kaksi keinoa. Oletamme että virran voimakkuus $I = 5 \text{ A}$ ja resistanssi on 20 Ohm .

Keino 1:

Lasketaan vaiheittain välituloksen avulla

Vaihe 1. Lasketaan kuormassa syntyvä jännitehäviö U

$$U = I \times R \Rightarrow 5 \text{ A} \times 20 \text{ V/A} = 100 \text{ V}$$

Vaihe 2. Lasketaan kuormassa syntyvä tehohäviö P

$$P = U \times I \Rightarrow 100 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 500 \text{ VA} = 500 \text{ W}$$

Kannattaa huomata laaduista että laskennassa resistanssin mittayksikkö ohm on V/A sekä watti (W) VA (volttiampeeri).

Keino 2:

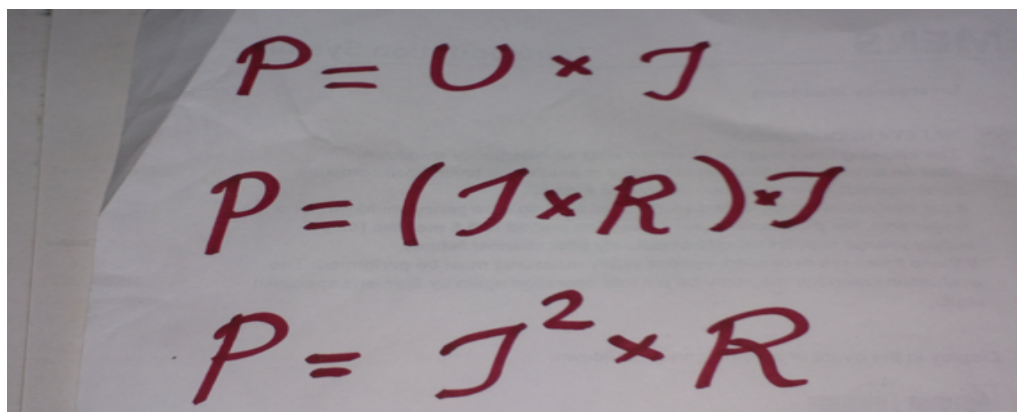
Lasketaan yhdessä vaiheessa

$P = U \times I \Rightarrow$ ainoastaan I on tunnettu, mutta huomamme että $U = I \times R \Rightarrow$ sijoitetaan jälkimmäinen kaavaan:

$$P = (I \times R) \times I = I \times I \times R = I^2 \times R$$

$$P = 5 \text{ A} \times 5 \text{ A} \times 20 \text{ V/A} = 500 \text{ VA} = 500 \text{ W}$$

Toisessa erikoistapauksessa tunnemme jännitteen sekä resistanssin. Olkoon $U = 30 \text{ V}$ ja $R = 5 \text{ Ohm}$. Tässäkin on vastaavat kaksi keinoa päästä eteenpäin:



The image shows three handwritten formulas in red ink on a piece of paper:

$$P = U \times I$$
$$P = (I \times R) \times I$$
$$P = I^2 \times R$$

Keino 1:

Lasketaan vaiheittain välituloksen avulla

Vaihe 1: $I = U / R = 30 \text{ V} / 5 \text{ V/A} = 6 \text{ A}$ (Ampeeri nousee siis viivan osoittajaan)

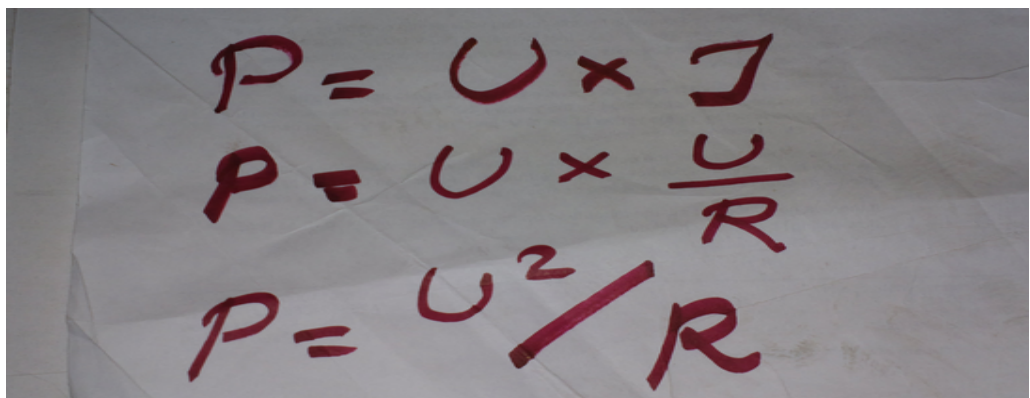
Vaihe 2: $P = U \times I = 30 \text{ V} \times 6 \text{ A} = 180 \text{ VA} = 180 \text{ W}$

Keino 2:

Lasketaan yhdessä vaiheessa

$P = U \times I \Rightarrow I$ on tuntematon, mutta $I = U/R$

$P = U \times U/R = U^2 / R = (30 \text{ V} \times 30 \text{ V}) / 5 \text{ V/A} = 180 \text{ VA} = 180 \text{ W}$



Handwritten derivation of the power formula:

$$\begin{aligned} P &= U \times I \\ P &= U \times \frac{U}{R} \\ P &= \frac{U^2}{R} \end{aligned}$$