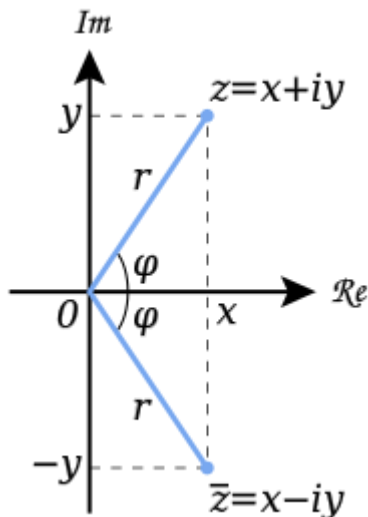


Impedanssisovitus

Impedanssisovituksella tarkoitetaan sähkötekniikassa ja aaltoliikeopissa tilannetta, jossa kuormitusimpedanssi on lähteen (tai siirtolinjan) sisäisen **impedanssin kompleksikonjugaatti**. Impedanssisovitusehdon ollessa voimassa lähteestä saadaan kuormaan siirtymään maksimaalinen **pätöteho**. Lisäksi suurtaajuisen signaalin **heijastuminen** takaisin lähteeseen voidaan estää.



Impedanssisovitusehdon mukaan esimerkiksi luonteeltaan **induktiiviseen** kuormaan saadaan siirtymään maksimaalinen pätöteho, kun lähteen sisäinen impedanssi on luonteeltaan **kapasitiivinen**.

Impedanssinsovitusta toteutetaan sähkötekniikassa kytkemällä lähteen ja kuorman väliin keloja ja kondensaattoreita, **muuntaja** tai **siirtolinja**. Pelkkä heijastus voidaan eliminoida vaimentimella tai suuntakytkimellä. Yleinen etenevän aallon sovitusta (optiikassa, akustiikassa, kvanttimekaniikassa) tehdään yhdistämällä siirtolinjoja, joissa on sopiva aaltoimpedanssi.

Optiikassa impedanssisovitus saadaan aikaan ohuilla pinnoituksilla (**ohutkalvo-optiikka**), jotka toimivat siirtolinjoina.

Impedanssisovitusta käytetään muun muassa toteutettaessa seuraavia **sähköopin** ja **elektroniikan** sovellutuksia:

- radiotekniikka
- sähköverkot
- audiolaitteet
- antennisovitukset
- kaapeliverkot

Kaiuttimen impedanssi

Kaiuttimen impedanssilla kuvataan kuormaa, jonka kaiutin muodostaa **vahvistimelle**. Mitä pienempi on kaiuttimen impedanssi sitä enemmän vahvistimelta vaaditaan virranantokykyä. Tavallisia nimellisarvoja kaiuttimille ovat 4 ja 8 ohmia.

Vahvistimille ilmoitetaan yleensä siihen kytkettäviltä kaiuttimilta vaadittava minimi-impedanssi. Kaiuttimien impedanssin tulee olla vähintään minimi-impedanssin suuruinen, mutta se voi olla suurempikin. Tällöin vahvistimesta ei saada täyttä **tehoa**.

Elektronisten laitteiden tulo- ja lähtöimpedanssit

[Hifi-laitteiston](#) tuloliitännät (AUX IN, TAPE IN) ovat yleensä suhteellisen suuri-impedanssisia, luokkaa 100 kΩ, ja lähtöliitännät (AUX OUT, TAPE OUT) pienempi-impedanssisia, muutamia kilo-ohmeja. Kaiutinliitännän lähtöimpedanssi on hyvin pieni, joten kaiutinlähtöä on varottava oikosulkemasta - muuten virta voi kasvaa hyvin suureksi ja rikkoa vahvistimen.

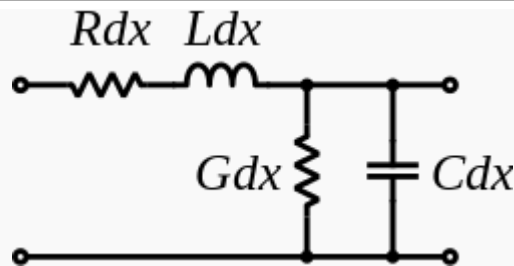
Kaapelin impedanssi

Radiotaajuisia signaaleita siirrettäessä tärkeäksi muodostuu käytetyn [koaksiaalikaapelin](#) tai [parikaapelin](#) impedanssi. Signaali siirtyy mahdollisimman vähä-häviöisenä ja puhtaana kun kaapelin ja sen päihin liitettyjen laitteiden impedanssit on sovitettu yhteen, eli on toteutettu [impedanssisovitus](#).

Milloin käytetään siirtolinjateoriaa?

Kun johtimen pituus on suurempi kuin kuudestoistaosa signaalin [aallonpituudesta](#), perinteinen [piiriteoria](#) on riittämätön, koska siinä ei huomioida signaalin rajallista etenemisnopeutta. Tällöin aletaan soveltaa siirtolinjateoriaa.

Siirtolinjan ominaisimpedanssi



Siirtolinjaelementin sijaiskytkentä.

Käytettäessä siirtolinjalle oheista sijaiskytkentää, sen ominaisimpedanssi voidaan laskea seuraavasti:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Kaavassa Z_0 on siirtolinjan ominaisimpedanssi, joka riippuu siirtolinjan johtimen [sarjaresistanssista](#) R , [sarjainduktanssista](#) L , eristeen [konduktanssista](#) G , [kapasitanssista](#) C sekä signaalin [kulmataajuudesta](#) ω .

Yhtälöstä nähdään, että pienillä kulmataajuuksilla ($\omega \approx 0$) siirtolinjan impedanssi riippuu pääosin sen häviöllisistä komponenteista (R ja G), [reaktiivisten](#) komponenttien jäädessä merkityksettömän pieniksi.

Suurilla kulmataajuuksilla ($\omega \gg 0$) reaktiiviset termit dominoivat, jolloin yleensä tehdään oletus häviöttömästä siirtolinjasta merkitsemällä R ja G nolliksi. Tällöin edellä oleva yhtälö sievenee muotoon:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Heijastuskerroin ja impedanssisovitus

Jos impedanssisovitusta ei ole tehty, signaali voi heijastua sen edetessä siirtolinjassa.

Impedanssisovituksessa kuormitusimpedanssi sovitetaan siirtolinjan ominaisimpedanssiin siten, että signaalin heijastumista ei tapahdu. Heijastuneen aallon suhdetta syötettyyn aaltoon kuvaa heijastuskerroin Γ . Rajapinnan impedanssien avulla lausuttuna sen suuruus on:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0},$$

missä

V_0^- on heijastunut aalto,

V_0^+ syötetty aalto,

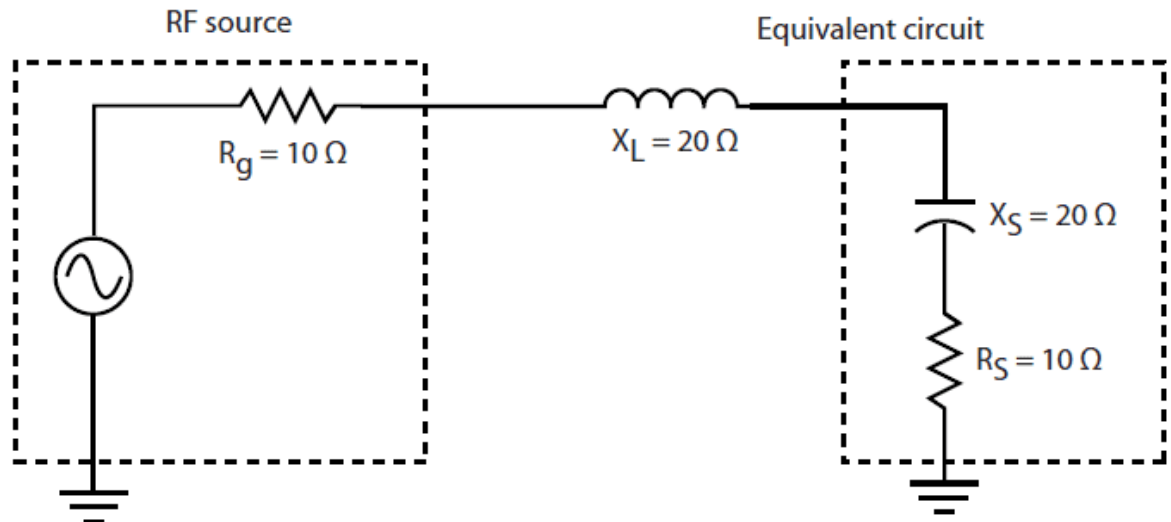
Z_L siirtolinjan ominaisimpedanssi ja

Z_0 kuorman impedanssi.

Heijastuskertoimen [itseisarvo](#) on aina välillä 0...1. Sen arvon ollessa nolla, $\Gamma=0$, saadaan kaikki syötetty teho siirtymään kuormaan. Arvon ollessa yksi, $\Gamma=1$, kaikki syötetty teho heijastuu takaisin impedanssin epäjatkuvuuskohdasta. Epäsovitetussa siirtolinjassa syötetty ja heijastunut aalto summautuvat muodostaen seisovan aallon. Tällöin jännitteen amplitudin vaihtelut on mahdollista mitata eri kohdista siirtolinjaa.

Heijastuksista aiheutuu signaalin vääristymistä ja tehohäviöitä. Siksi siirtolinja tulee päättää ominaisimpedanssin suuruiseen kuormaan, jotta heijastukset linjassa saadaan minimoitua ja siirtyvä teho näin maksimoitua.

Oikein päätetyssä siirtolinjassa. $Z_L = Z_0$



3. The equivalent circuit of the network in Figure 2 is a simple series RLC network where the reactances cancel and the source and load impedances match.

Impedanssisovitus toteutetaan sähkötekniikassa kytkemällä lähteen ja kuorman väliin **siirtolinja** tai muu sovitin. Pelkkä heijastus voidaan eliminoida vaimentimella tai suuntakytkimellä. Yleinen etenevän aallon sovitus (optiikassa, akustiikassa, kvanttimekaniikassa) tehdään yhdistämällä siirtolinjoja, joissa on sopiva aaltoimpedanssi.

Optiikassa impedanssisovitus saadaan aikaan ohuilla pinnoituksilla ([ohutkalvo-optiikka](#)), jotka toimivat siirtolinjoina.

Linjaohjain

Jos siirtolinjalla havaitaan signaalin heikkenemistä tai halutaan suurempi signaalikohinasuhde, käytetään linjaohjainta. Linjaohjain, tyypillisesti erikoisoperaatiovahvistin, vahvistaa siirrettävän signaalin ennen siirtolinjaa. Tällöin siirtolinjan toiseen päähän tarvitaan linjavastanotin, joka muuntaa signaalin takaisin alkuperäiseen amplitudiinsa. Linjaohjaimella voidaan vähentää myös yhteismuotoisia häiriöitä käyttämällä instrumentointivahvistimeksi kytkettyä linjaohjainta.