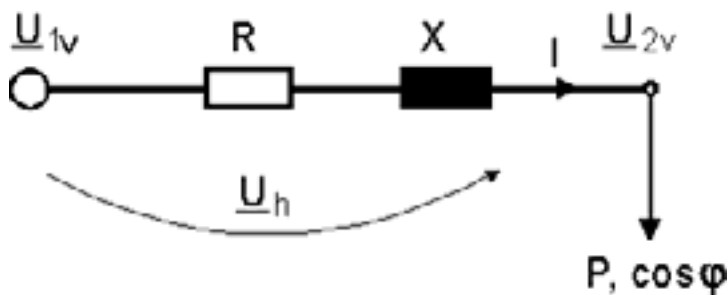


JÄNNITTEENALENEMA



Virran kulku johtimessa synnyttää johdon impedanssissa [tehohäviötä](#) ja jännitteenalenemaa.

Tarkastellaan alla olevan kuvan mukaista tilannetta, jossa johto on kuvattu pelkällä sarjaimpedanssilla (kapasitanssi ja konduktanssi jätetty pois).



Johdon loppupäässä on kuorma, jonka pätöteho on P ja kuorman tehokerroin on $\cos\varphi$. Kulma φ on johdon loppupään jännitteen ja kuormitusvirran välinen vaihesiirtokulma. Kuormitusvirran I kulkiessa johtimessa syntyy sen impedanssissa *jännitehäviö*, jonka vuoksi johdon loppupään jännite \underline{U}_2 on eri suuri kuin johdon alkupään jännite \underline{U}_1 . Jännitehäviö on näiden jännitevektoreiden erotus.

$$\underline{U}_h = \underline{U}_{1v} - \underline{U}_{2v} = \underline{I} \underline{Z} = \underline{I} (R + jX)$$

Laskettaessa [kuormitusvirtaa](#) tulisi jännitteenä yhtälössä käyttää johdon loppupään jännitteen arvoa \underline{U}_{2v} , mutta tätähän ei yleensä tiedetä. Tavallisesti virhe jää kuitenkin merkityksettömän pieneksi, vaikka laskennassa käytetäänkin alkupään jännitettä \underline{U}_{1v} .

Sähkönjakeluverkossa yleensä on tärkeä tietää *jännitteenalenema*, joka on jännitteiden \underline{U}_{1v} ja \underline{U}_{2v} itseisarvojen erotus.

$$U_h = |U_{1v}| - |U_{2v}|$$

Yksinkertaisempiin laskelmiin (ei tarvita vektorilaskentaa) ja käytännössä riittävään tarkkuuteen päästään laskemalla jännitteenalenema likimääräislausekkeella

$$U'_h = IR\cos\Phi + IX\sin\Phi = I_p R + I_q X$$

I_p = kuormitusvirran pätökomponentti

I_q = kuormitusvirran loiskomponentti

R = johdon kokonaisresistanssi/vaihe

X = johdon kokonaisreaktanssi/vaihe

Edellä mainittuja yhtälöitä käytettäessä on syytä muistaa, että niistä tulos saadaan vaihejännitesuurena ts. jos lasketaan esim. prosentuaalisia jännitteenalennuksia on vertailujännitteenä käytettävä myös vaihejännitettä.

On myös syytä muistaa, että em. likimääräisyhtälö kertoo jännitteiden itseisarvojen erotuksen, joka on riittävä jakeluverkkolaskelmissa. Siirtojohtojen tehonsiirrossa on jännitteiden itseisarvojen erotuksen lisäksi merkitystä myös jännitteiden välisellä kulmalla, joten siirtoverkkolaskelmat on tehtävä ensin mainitun yhtälön mukaisesti osoitinlaskentana.

[Partanen, Jarmo: Sähköenergiatekniikan perusteet, LTKK Opetusmoniste 1996]

[🟡Etusivulle](#) [🟢Hakemistoon](#)

TEHOHÄVIÖT

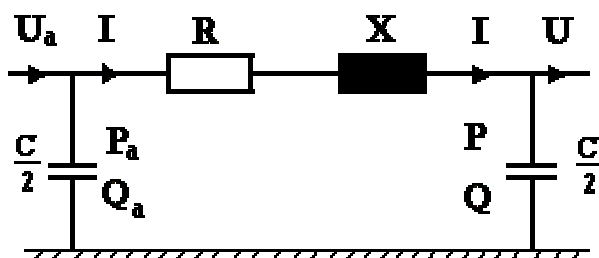


Virran kulkiessa johtimen läpi syntyy johdon impedanssissa (R, X) [jännitteenalenemaa](#) ja tehohäviötä.

Teho- eli kuormitushäviöitä ovat kuormitusvirran synnyttämät pätöteho- eli virtalämpöhäviöt ja loistehohäviöt.

Kolmivaihejohtimessa, jonka resistanssi on R ja jossa kulkee virta I , syntyy virran neliöön verrannollinen pätöteho- eli häviö $P_{hv} = I^2 R$, joten koko kolmivaihejohdon pätöteho- eli häviö on $P_h = 3 I^2 R$. Pätöteho- eli häviö muuttuu lämmöksi ja menee siten hukkaan.

Alla olevassa kuvassa on kolmivaihejohdon sijaiskytkentä, jonka resistanssi ja induktiivinen reaktanssi vaihetta kohti ovat R ja X . Johdon alkuun syötetään pätöteho P_a ja loisteho Q_a ja johdon loppuun saapuu pätöteho P ja loisteho Q . Virta on koko johdossa I .



Virran pätö- ja loiskomponentti johdon lopussa ovat:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} U} \quad \text{ja} \quad I_q = \frac{Q}{\sqrt{3} U}$$

Koska $I^2 = I_p^2 + I_q^2$, on johdolla syntyvä pätöteho- eli häviö P_h

$$P_h = P_a - P = 3 I^2 R = 3 (I_p^2 + I_q^2) R = 3 \left(\frac{P^2}{3U^2} + \frac{Q^2}{3U^2} \right) R, \text{ joten}$$

$$P_h = \left(\frac{P}{U} \right)^2 * R + \left(\frac{Q}{U} \right)^2 * R$$

Johdon induktiivisessa rektanssissa syntyvälle loistehohäviölle Q_h saadaan vastaavasti

$$Q_h = \left(\frac{P}{U}\right)^2 * X + \left(\frac{Q}{U}\right)^2 * X$$

Loistehon siirto vaikuttaa molempiin häviöihin, joten sitä on rajoitettava *kompensoinnin* avulla. Loistehon kehittämiseen käytetään kondensaattoria, mikä voidaan kytkeä vaiheiden välille kolmio- tai tähtikytkentänä. Kompensointi voidaan siis toteuttaa joko rinnakkais- tai sarjakompensointina.

[Paavola, Martti, Sähköjohtojen laskeminen, WSOY 1969]

[Etusivulle](#) [Sähköasemiin](#) [Hakemistoon](#)