

Vahelduvvool

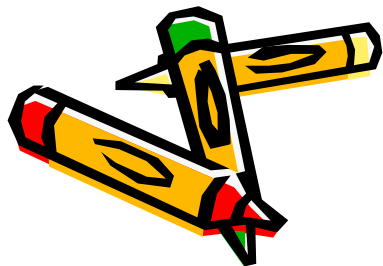
Füüsika
11 klass
Antsla Gümnaasium



Vahelduvvool



- Vahelduvvool - perioodiliselt muutuva suunaga vool
- Periood - ajavahemik, mille jooksul toimun voolu muutumine toimub.
Tähis T , ühik $1s$
- Sagedus - muutuste arv ajaühikus
Tähis f , ühik $1Hz$ (herts)
- Voolutugevuse hetkväärtus i - voolutugevus mingil ajahetkel t
- Voolutugevuse amplituudväärtus I_m - voolutugevuse maksimaalne väärtus.



Vahelduvvool



FAAS. Väljendatakse
kraadides

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$i = I_m \sin 2\pi f t$$

$$f = \frac{1}{T}$$



$$i = 3 \sin 100\pi t$$

$$I_m = 3\text{A}, f = 50\text{ Hz}$$

$$t = 0,1\text{s}$$

$$i = 3 \cdot \sin 100\pi \cdot 0,1 = 3 \cdot \sin 10\pi = 0$$

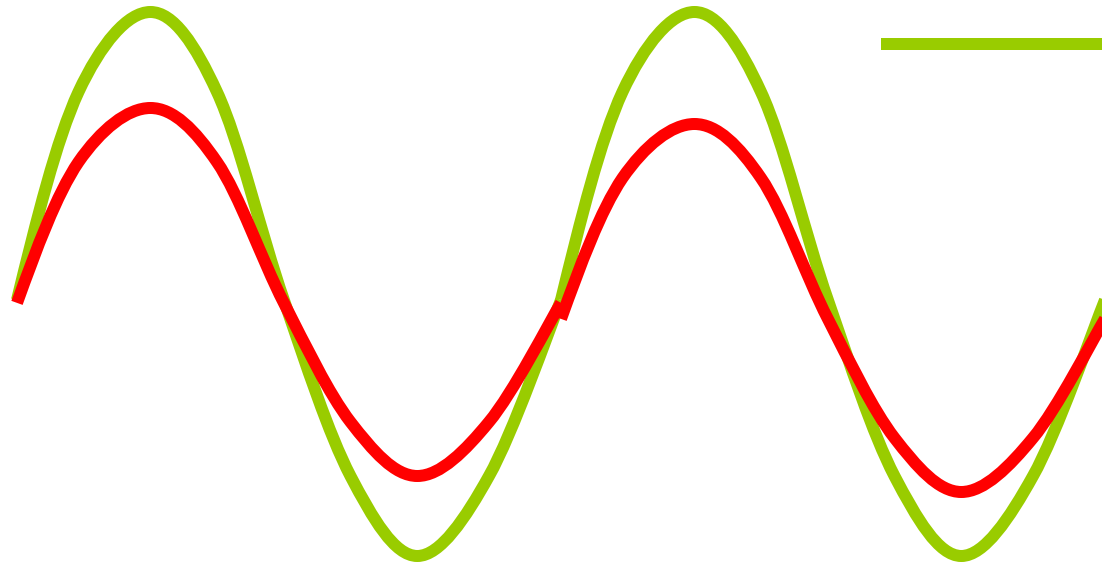


Aktiivtakistus R

- Takistus, mis on olemas ka alalisvoolu korral.
- Aktiivtakistusel muutuvad pinge ja voolutugevus samas faasis

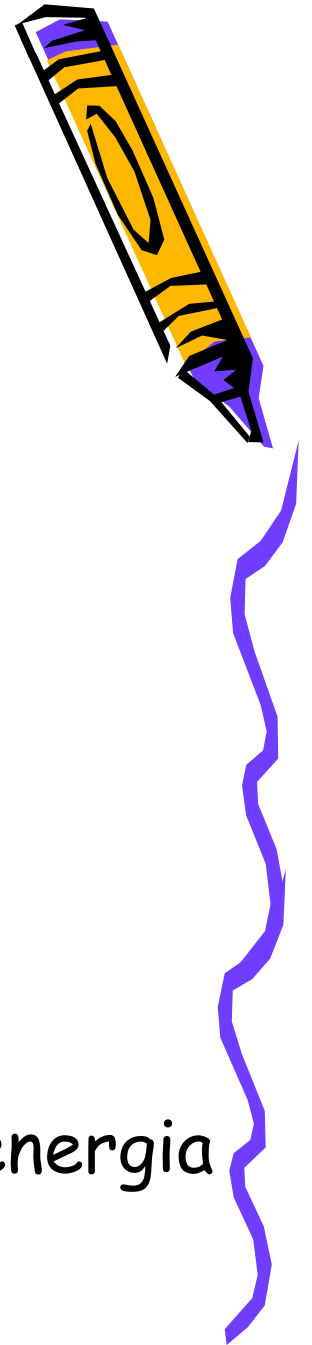


Aktiivtakistus



VOOL
PINGE

Aktiivtakistusel muundub elektrienergia soojuseks.

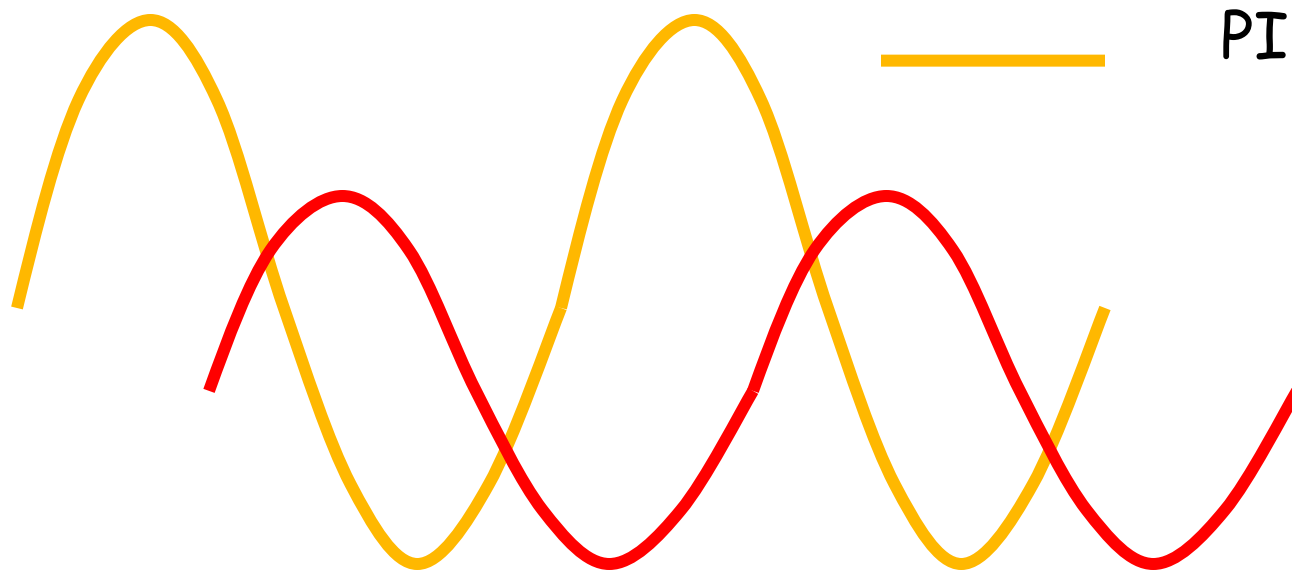


Induktiivtakistus

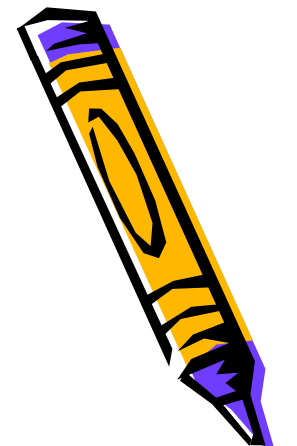
- Induktiivtakistus -takistus, mille tekitab vahelduvvoolu ahelasse lülitatud pool.
- Induktiivtakistusel muutuvad pinge ja voolutugevus erinevates faasides, pinge maksimumid saabuvad voolu omadest varem



Induktiivtakistus

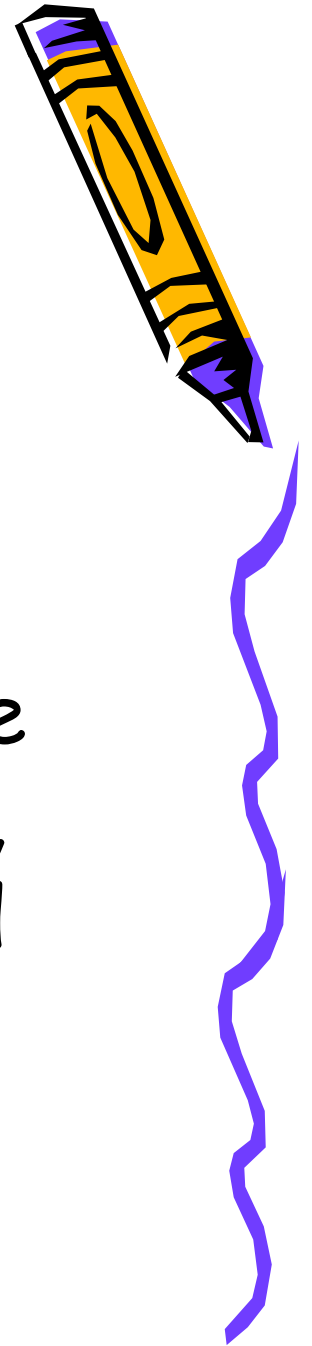


$$R_L = \omega L \quad \text{Ühik } 1 \quad \Omega$$

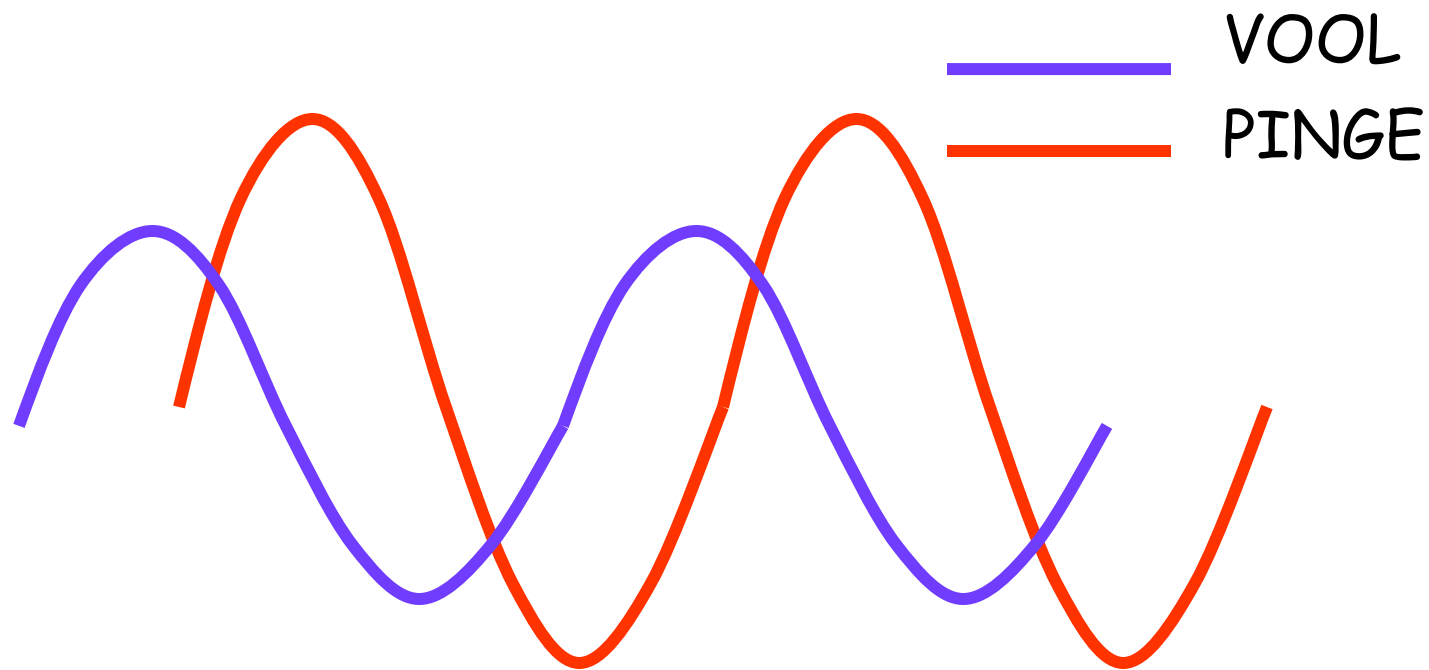


Mahtuvustakistus

- Mahtuvustakistus -takistus, mille tekitab vahelduvvoolu ahelasse lülitatud kondensaator.
- Mahtuvustakistusel muutuvad pinge ja voolutugevus erinevates faasides, voolutugevuse maksimumid saabuavad pinge omadest varem.



Mahtuvustakistus




$$R_c = \frac{1}{\omega C}$$

Ühik 1Ω C-kondensaatori
mahtuvus

Kogutakistus

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_c)^2}$$

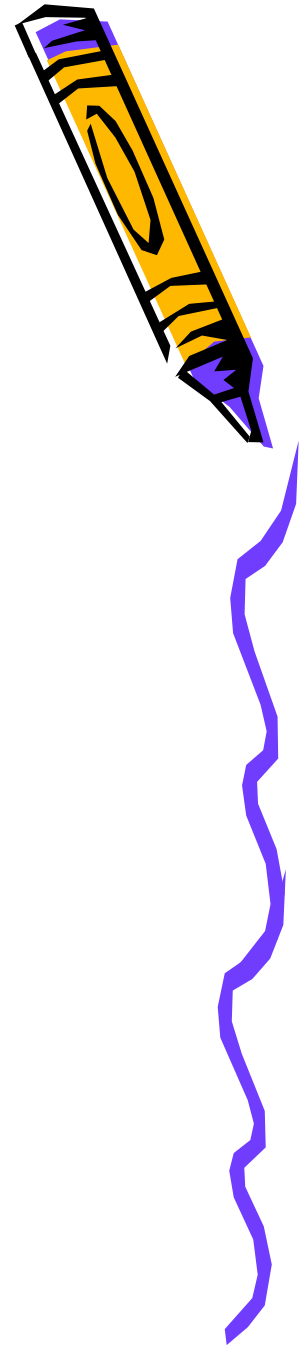
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega \times L - \frac{1}{\omega \times C} \right)^2}$$

R – aktiivtakistus

R_L – reaktiivtakistus

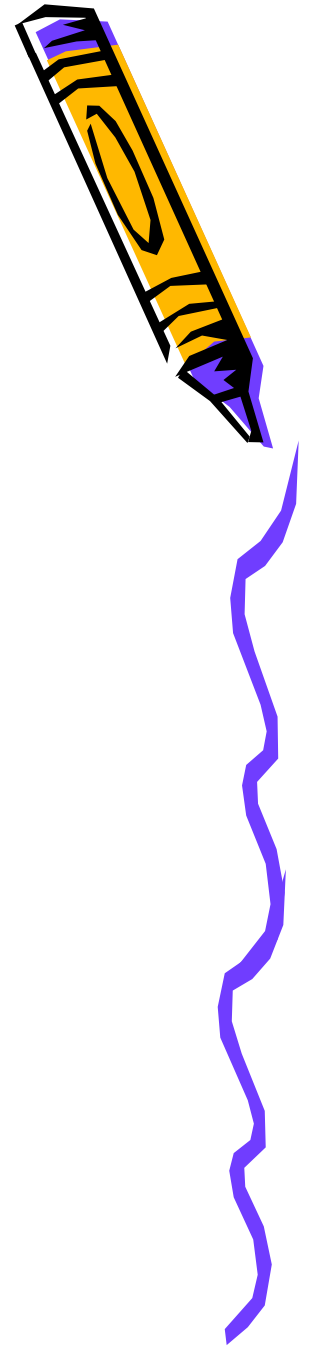
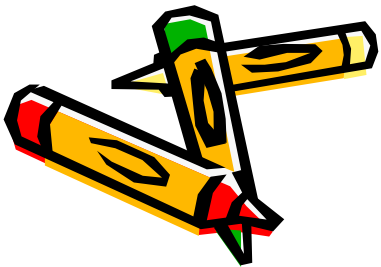
R_c – induktiivtakistus

Z – kogutakistus



Ohmi seadus vahelduvvoolu jaoks

$$I_0 = \frac{U_0}{Z}$$



Vahelduvvoolu võimsus

■ $P = I * U * \cos\varphi$, kus

I - voolutugevuse efektiivväärtus,

U - pinge efektiivväärtus ja

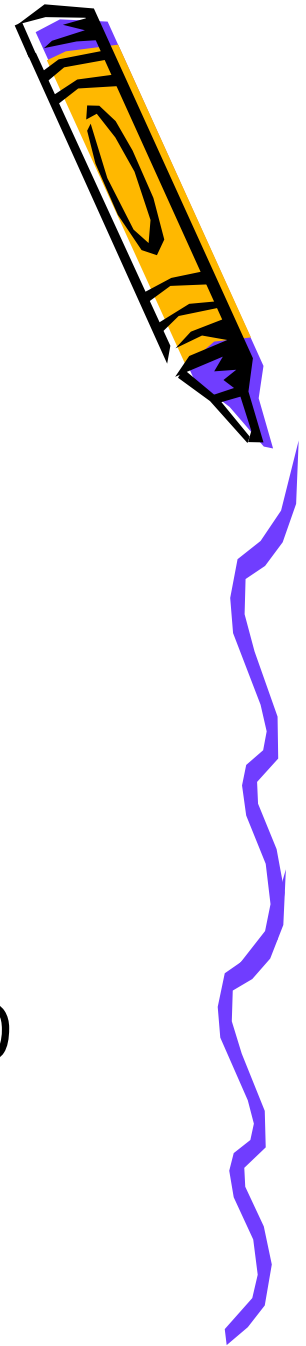
φ - voolutugevuse ja pinge faaside vahe

■ Voolutugevuse ja pinge efektiivväärtus

$$U = 0,707 U_m \quad I = 0,707 I_m$$

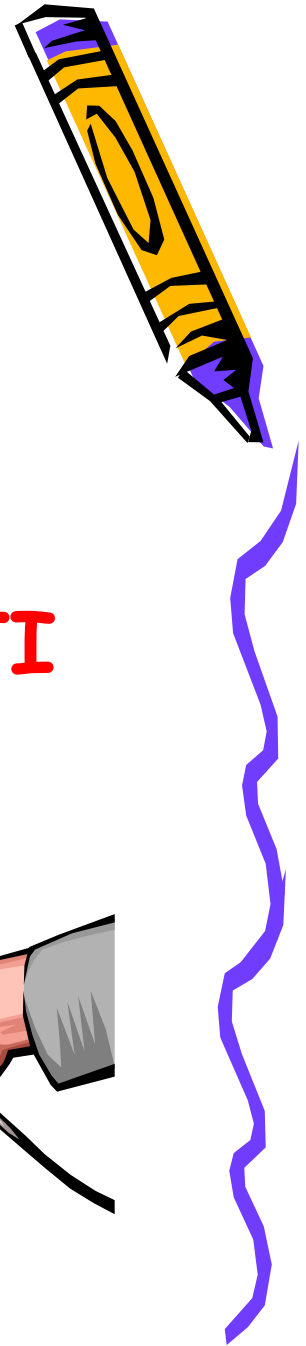
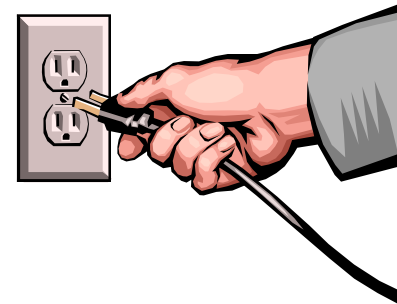
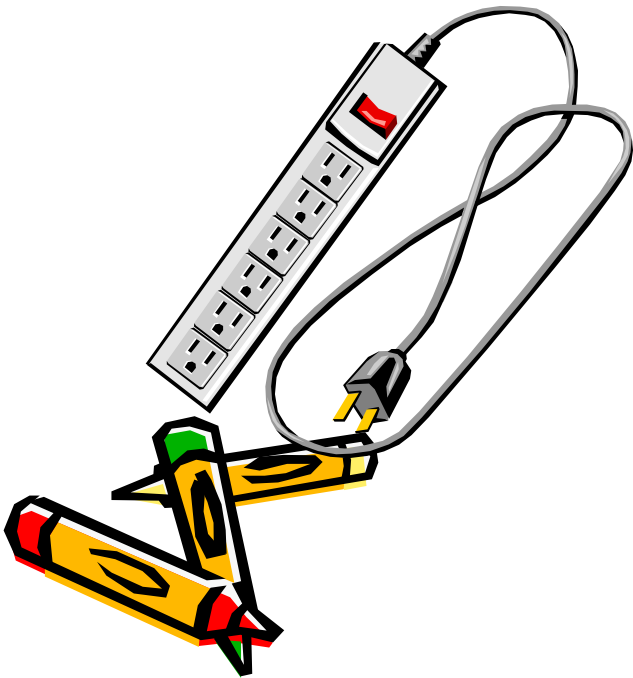
■ Kui $\varphi = 0$ siis $\cos\varphi = 1$ ja võimsus on maksimaalne

■ Kui $\varphi = 90^\circ$ siis $\cos\varphi = 0$ ja võimsus on 0



Elektritarbijad elamus

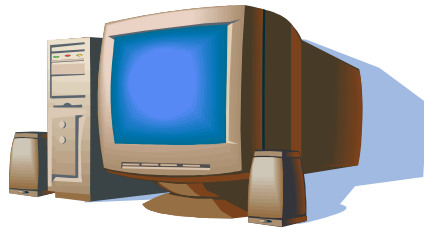
Enamus elektrilisi majapidamisriistu
ühendatakse vooluahelasse **RÖÖBITI**



Tarbijate ühendamine vahelduvvoolu võrku



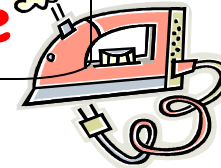
220 V



220 V



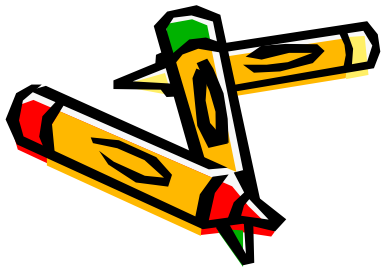
Faasijuhe



220 V

220 V

Nulljuhe



Elektrienergia ülekanne

- * Elektrienergia töö valem on $A=IUt$. seega pinge kasvades voolutugevus väheneb. *Mida kõrgem pinge, seda madalam voolutugevus.*
- * Joule'I-Lenzi seaduse järgi $Q = I^2Rt$, seega voolutugevuse vähenedes 2 korda, väheneb soojuskadu voolu ülekandel 4 korda.
- * Eelnevast nähtub, *et elektrivoolu on efektiivsem üle kanda kõrgel pingel*



Näide 1

- Olgu generaatori nimipinge 11000V ja nimivõimsus 66MW ning ülekandeliini takistus 2Ω .
- Siis voolutugevus ülekandel $I = P/U$ st
- $I = 66000000 : 11000 = 6000A$ ja soojuslik võimsuskadu
- $P_k = I^2 R = 6000^2 \cdot 2 = 36000000W = 36MW$
- Tarbijani jõuab $66 - 36 = 30MW$ s. t
- 55% energiast läheb kaduma

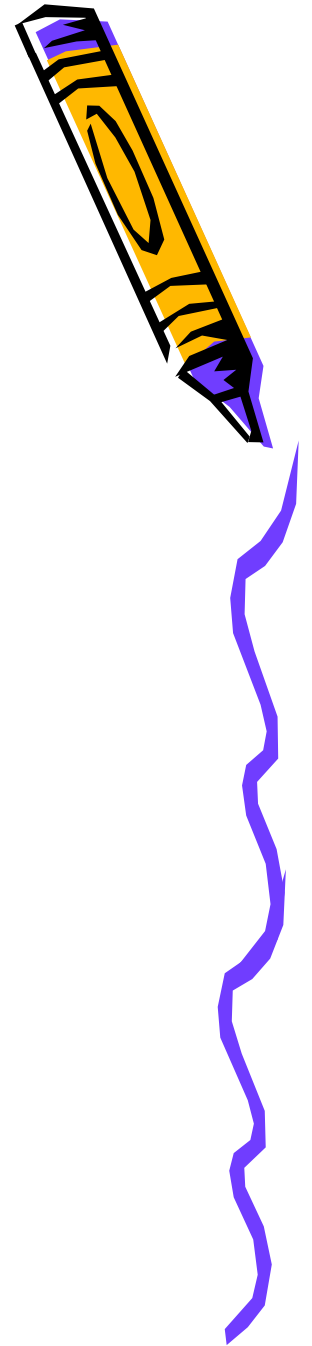
Näide 2

- Olgu generaatori nimipinge 11000V ja nimivõimsus 66MW ning ülekandeliini takistus 2Ω . Kui ülekandel pinget suurendada 220000V-ni
- Siis voolutugevus ülekandel $I = P/U$ st
- $I = 66000000 : 220000 = 300A$ ja
- **võimsuskadu** $P_k = I^2 R = 300^2 \cdot 2 = 180000W = 0,18MW$
- Tarbijani jõuab $66 - 0,18 = 65,82MW$
- *s. t ainult 0,3% energiast läheb kaduma*



Transformaator(trafo)

- Trafo- seadis, mis võimaldab teatud pingega vahelduvvoolu muundada teistsuguse pingega vahelduvvooluks samal sagedusel
- Koosneb elektrotehnilisest terasest kinnisel südamikul paiknevast kahest või enamast omavahelise ühenduseta mähisest(poolist).
- Mähist, millesse suunatakse elektrivool, nimetatakse *primaarmähiseks*.
- Mähist, mis on ühendatud voolutarvititega, nimetatakse *sekundaarmähiseks*



Trafo ülekandearv.



Trafo ülekandearv on primaarpinge ja sekundaarpinge suhe.

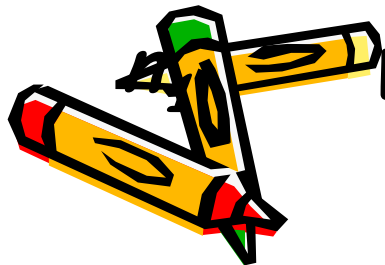
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = k$$

Kui $k < 1$, on trafo pinget tõstev

Kui $k > 1$, on trafo pinget madaldav

n_2

Keerdude arv sekundaarmähises



Keerdude arv primaarmähises

Näide 3

Kui suur on ülekandearv trafol, mida kasutatakse näites 2? Mitu keerdu peaks olema sekundaarmähises, kui primaarmähises on 200 keerdu?

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = k$$

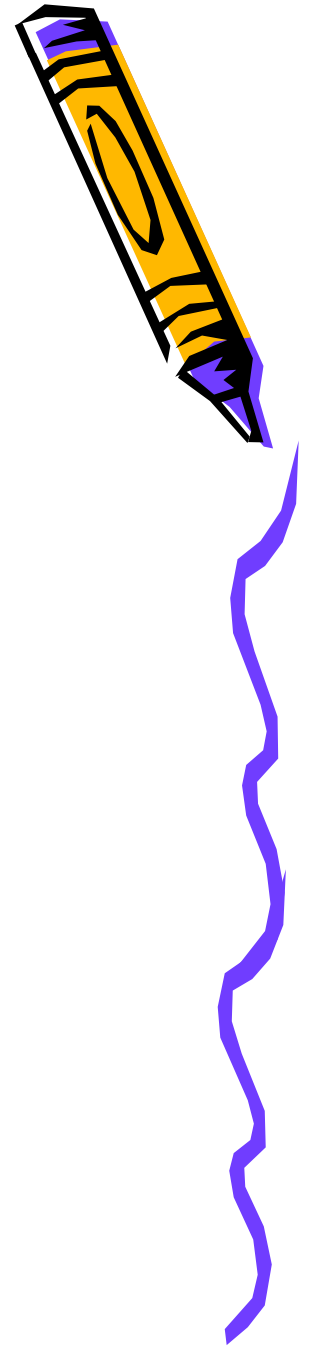
$$U_1 = 11000V$$

$$U_2 = 220000V$$

$$k =$$



Trafo kasutegur



Trafo kasutegur

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

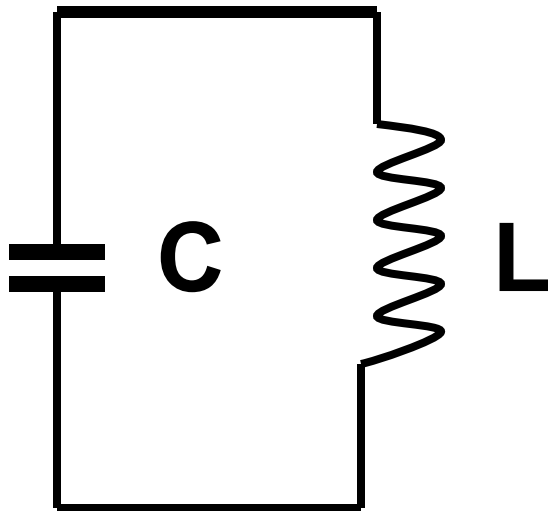


Võnkering

- Võnkering koosneb omavahel ühendatud kondensaatorist ja poolist.
- Võnkeringis muundub kondensaatori elektrivälja energia perioodiliselt pooli magnetvälja energiaks ja vastupidi.
- Võnkering on süsteem, mis tekitab muutuva voolu, mille sagedus on määratud võnkeringi moodustavate kehade omadustega.

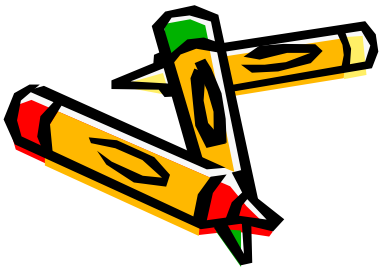


Võnkering

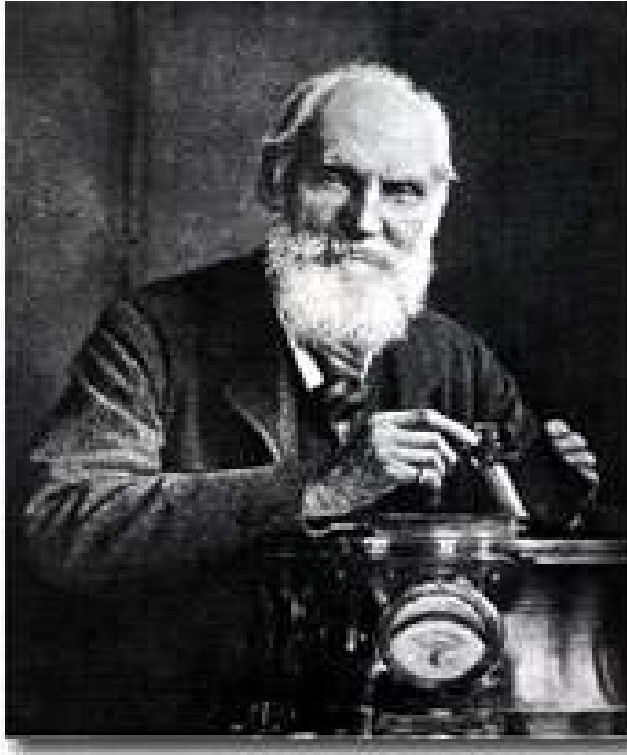


Võnkeringis toimuvate elektromagnetvõnkumiste perioodi määrab Thomsoni valem

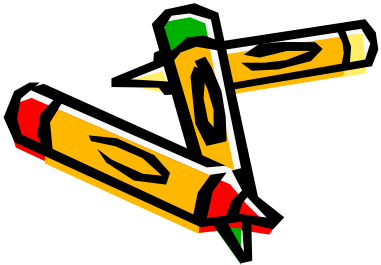
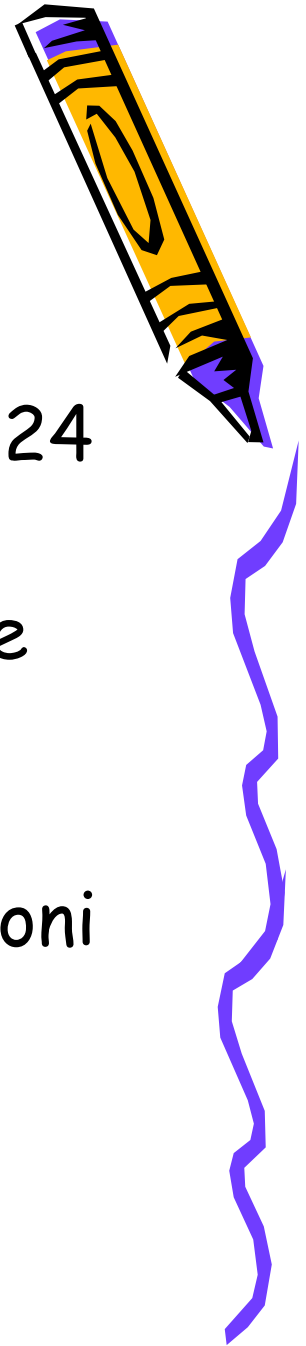
$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$



William Thomson (Lord Kelvin)

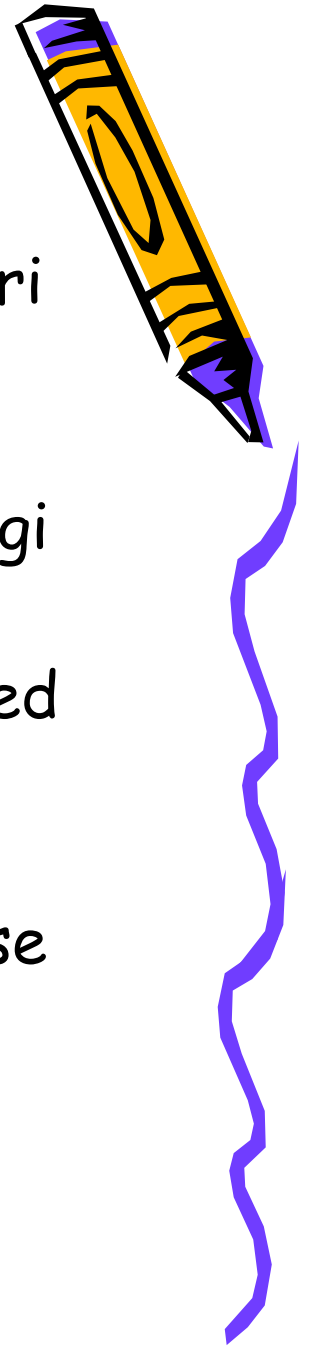


- Elas aastatel 1824 - 1907
- Rahvuselt iirlane
- Absoluutse temperatuuri skaala e. Thomsoni skaala autor.



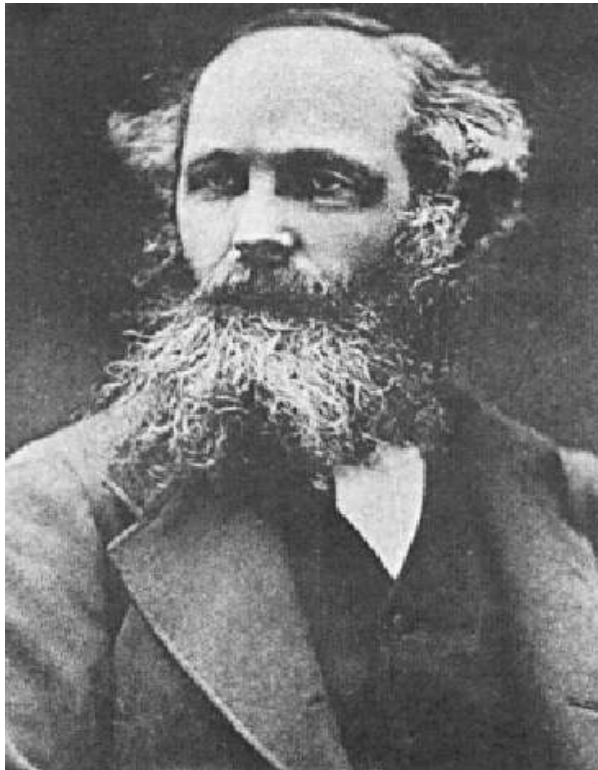
Elektromagnetvõnkumised

- ✘ Vahelduvvoolu võib nimetada elektriliseks võnkumiseks, mille sageduse määrab generaatori pöörlemissagedus.
- ✘ Võnkering on süsteem, mis tekitab elektrilise võnkumise, mille sagedus on määratud võnkeringi moodustavate kehade omadustega.
- ✘ Elektriliste võnkumistega kaasnevad samaaegsed magnetilised võnkumised.
- ✘ Seda nähtust (elektrivälja ja magnetvälja samaaegset perioodilist muutumist) nimetatakse *elektromagnetvõnkumiseks*.



James Clerk Maxwell

1831 - 1879



- Maxwelli elektrodünaamika

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

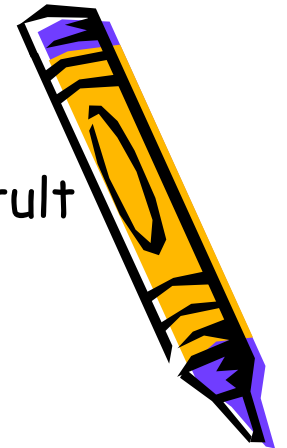
$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu_0 \mathbf{j}_c$$

where

$$\nabla = \hat{\mathbf{i}} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{\mathbf{j}} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{\mathbf{k}} \frac{\partial}{\partial z}$$



Elektromagnetlained



- Magnetväli tekib elektrivälja muutumise tagajärjel sõltumatult elektrivälja päritolust.
- *Elektri ja magnetvälja saab vaadelda ainult ühtsena - elektromagnetväljana*

Elektrivälja muutumine ühes punktis kutsub esile muutuva magnetvälja ja selle magnetvälja muutus kutsub esile elektrivälja muutuse naaberpunktis. Igasugune elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena.

Seda lainet nimetatakse elektromagnetlaineiks.

Elektromagnetlaine levib vaakumis kiirusega $3 \cdot 10^8$ m/s

