Generaattori

- Generaattorissa käämi (tai johdinsilmukka), jonka pinta-ala on A, pyörii magneettikentässä vakionopeudella, jolloin johdinsilmukan tason normaalin ja magneettikentän kenttäviivojen välinen kulma muuttuu tasaisesti.
- Yhteen pyörähdykseen kuluvassa ajassa T käämin kiertokulma on $2\pi = 360°$.
- Ajanhetkellä t kiertokulma on

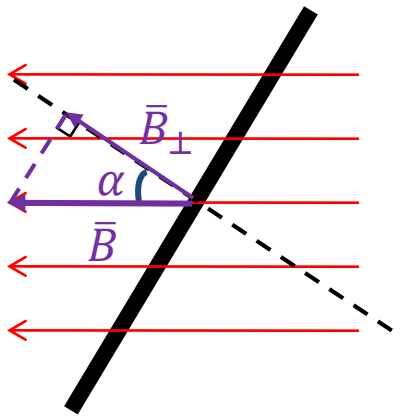
$$\alpha = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = t \cdot f \cdot 2\pi = 2\pi f t$$

- Johdinsilmukan läpäisevä magneettivuo

$$\Phi = AB_{\perp} = AB\cos\alpha$$

on siis jaksollinen ajasta riippuva funktio

$$\Phi(t) = AB\cos(2\pi f t).$$



Pyörivän käämin *kulmanopeus* on $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (\mathrm{rad/s})$.

- Induktiolain perusteella käämiin indusoituu jännite e ajan funktiona.

$$e = e(t) = -N\frac{d}{dt}\Phi(t) = -N\frac{d}{dt}AB\cos(2\pi ft) = -ABN\frac{d}{dt}\cos(2\pi ft)$$

$$e = e(t) = -ABN \cdot 2\pi f \cdot (-\sin(2\pi ft)) = 2\pi fABN\sin(2\pi ft)$$

- Koska $-1 \leq \sin(2\pi ft) \leq 1$, on jännitteen huippuarvo $e_0 = 2\pi fABN$.
- Jännite vaihtelee siis sinimuotoisesti arvojen e_0 ja $-e_0$ välillä:

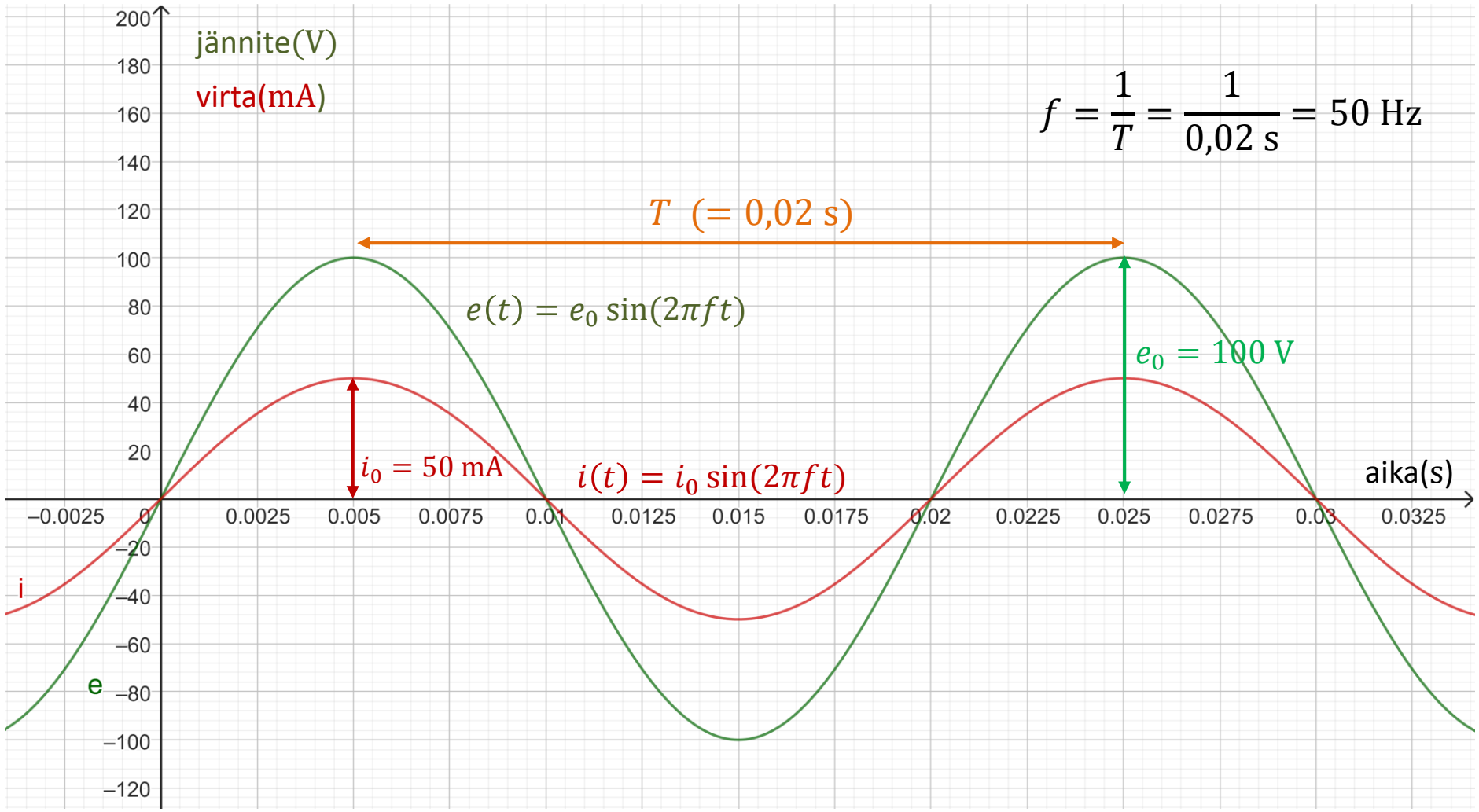
$$e = e(t) = e_0\sin(2\pi ft)$$

- Jos virtapiirissä vaihtovirran kulkua rajoittaa vain resistanssi R, niin virta $i = \frac{e}{R}$ vaihtelee samassa vaiheessa jaksollisesti ääriarvojen i_0 ja $-i_0$ välillä:

$$i = i(t) = i_0\sin(2\pi ft)$$

- Vaihtovirtapiirissä myös käämit ja kondensaattorit vastustavat virran kulkua ja aiheuttavat *vaihe-eroa* virran ja jännitteen (huippujen) välille.

Esimerkkikuvaaja vaihtojännitteestä ja vaihtovirrasta:



Vastuksen teho vaihtovirtapiirissä

- Kun vaihtovirtapiirissä on vastus, jonka resistanssi on R, niin vastus muuttaa sähköenergiaa lämmöksi teholla

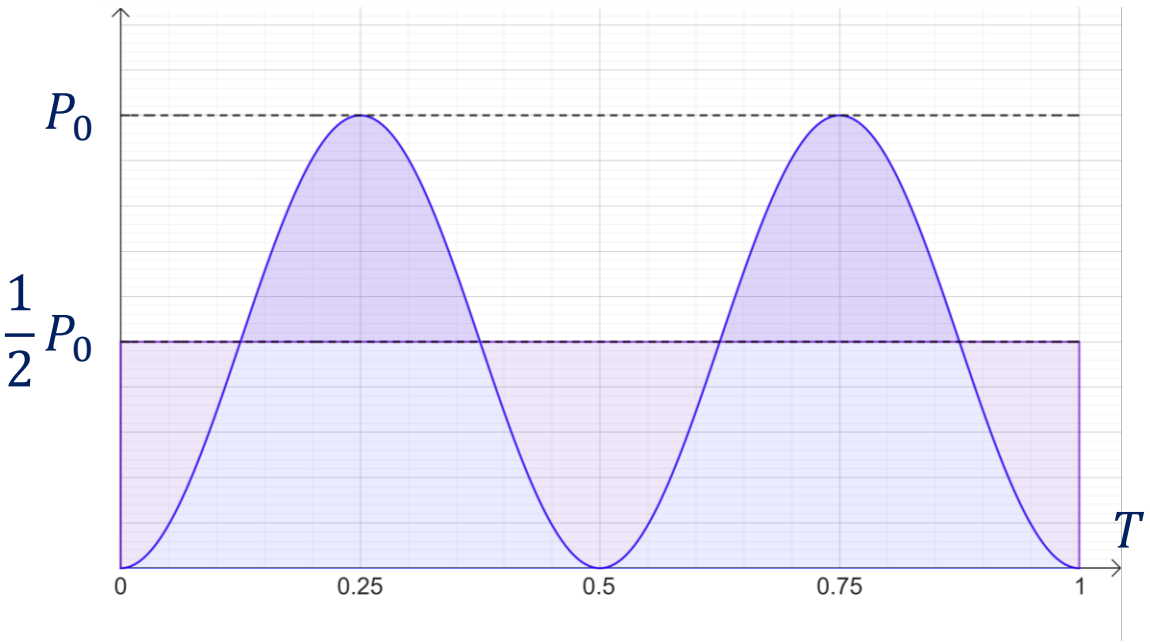
$$P = P(t) = e(t)i(t) = Ri(t)^2 = Ri_0^2 \sin^2(2\pi f t) = P_0 \sin^2(2\pi f t),$$

missä P_0 on tehon huippuarvo.

- Yhden jakson $T = 1/f$ aikana lämmöksi muuttunut sähköenergia saadaan integraalina

$$E = \int_0^T P(t)dt = \frac{1}{2}P_0 T = \frac{1}{2}Ri_0^2 T$$

(graafisesti tai algebrallisesti integroimalla)



Vaihtovirran tehollinen arvo

- Vaihtovirran tehollinen arvo I on yhtä suuri kuin tasavirran arvo, joka synnyttää vastuksessa yhtä suuren lämpöenergian E samassa ajassa.
- Vastaavaa jännitettä U kutsutaan vaihtojännitteen teholliseksi arvoksi
- Yleismittarit ilmoittavat vaihtovirrasta juuri nämä teholliset arvot.
- Aiemman perusteella:

$$E = PT = UIT = RI^2T = \frac{1}{2}Ri_0^2T$$

- Josta saadaan tehollinen virta

$$I^2 = \frac{1}{2}i_0^2 \quad \text{eli} \quad I = \frac{i_0}{\sqrt{2}}$$

ja vastaavasti tehollinen jännite $U = \frac{e_0}{\sqrt{2}}$.