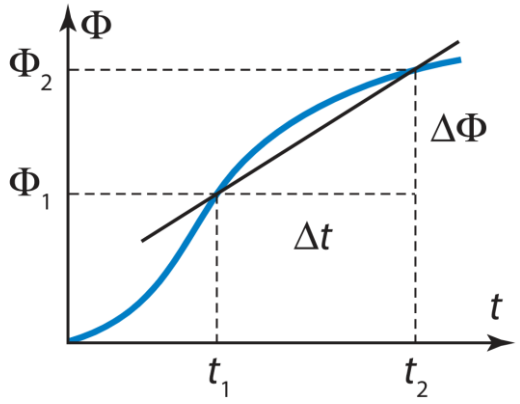
Induktiolaki

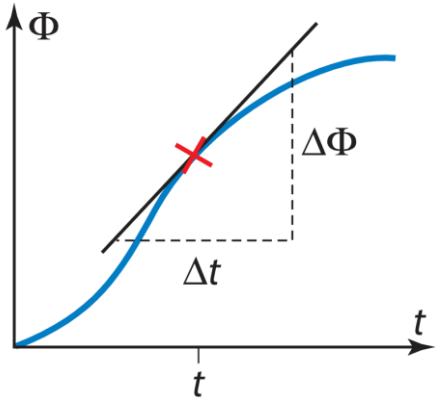
- Indusoituva jännite riippuu magneettivuon muutosnopeudesta.
- Kun silmukan läpäisevä magneettivuo muuttuu, silmukkaan syntyy keskimääräinen *induktiojännite*:

$$e_k = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$



  - Voidaan määrittää graafisesti (t, Φ) –koordinaatistossa
  - Induktiojännitteen suunta on sellainen, että sen vaikutukset vastustavat magneettivuon muutosta

- Jos kyseessä käämi, jossa N kierrosta: $e_k = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
- Hetkellinen induktiojännite saadaan derivaatan avulla (Faradayn induktiolaki): $e = -N\frac{d\Phi}{dt}$



t. 10.18, s. 165 (Yo-tehtävä K2017/8)

a) Testikäämiin indusoituva jännite saadaan induktiolain $e = -N\frac{d\Phi}{dt}$ avulla.

Testikäämin kierrosluku on $N = 3\,600$ ja testikäämin läpäisevä magneettivuo $\Phi = AB$, jossa $A = (0{,}042\ \mathrm{m})^2$ on testikäämin poikkileikkauksen pinta-ala.

Koska A pysyy vakiona, induktiolaki voidaan kirjoittaa muotoon

$$e = -N\frac{dAB}{dt} = -NA\frac{dB}{dt}.$$

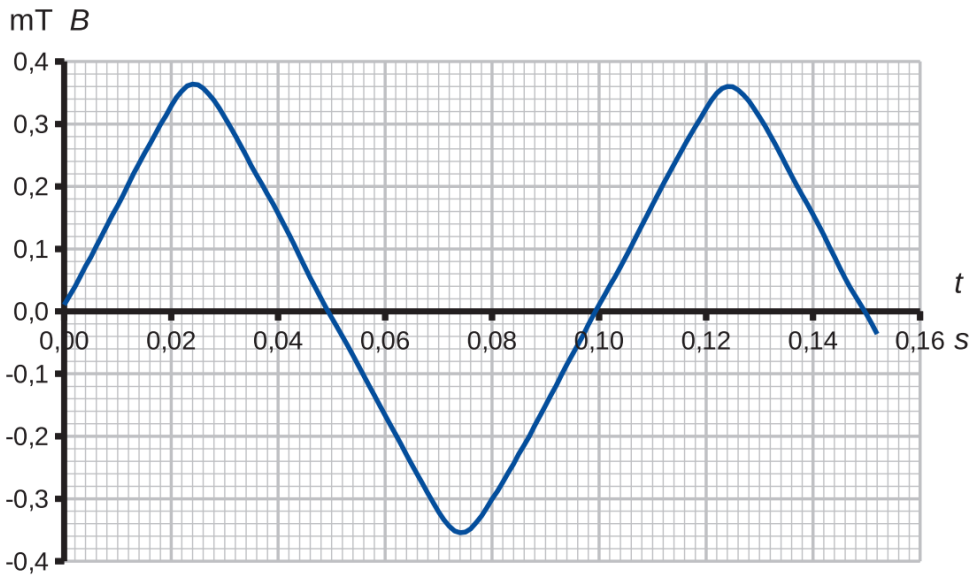
Kuvaajasta nähdään, että magneettivuon tiheyden ääriarvot saavutetaan ajanhetkillä $0{,}024\ \mathrm{s}$, $0{,}074\ \mathrm{s}$ ja $0{,}124\ s$ eli $50\ \mathrm{ms}$ välein.

Nämä ääriarvot ovat itseisarvoltaan (lähes) yhtä suuria.

Kuvaajan osat ovat lineaarisia ääriarvojen välillä (jos huippujen pientä pyöristymistä ei huomioida)

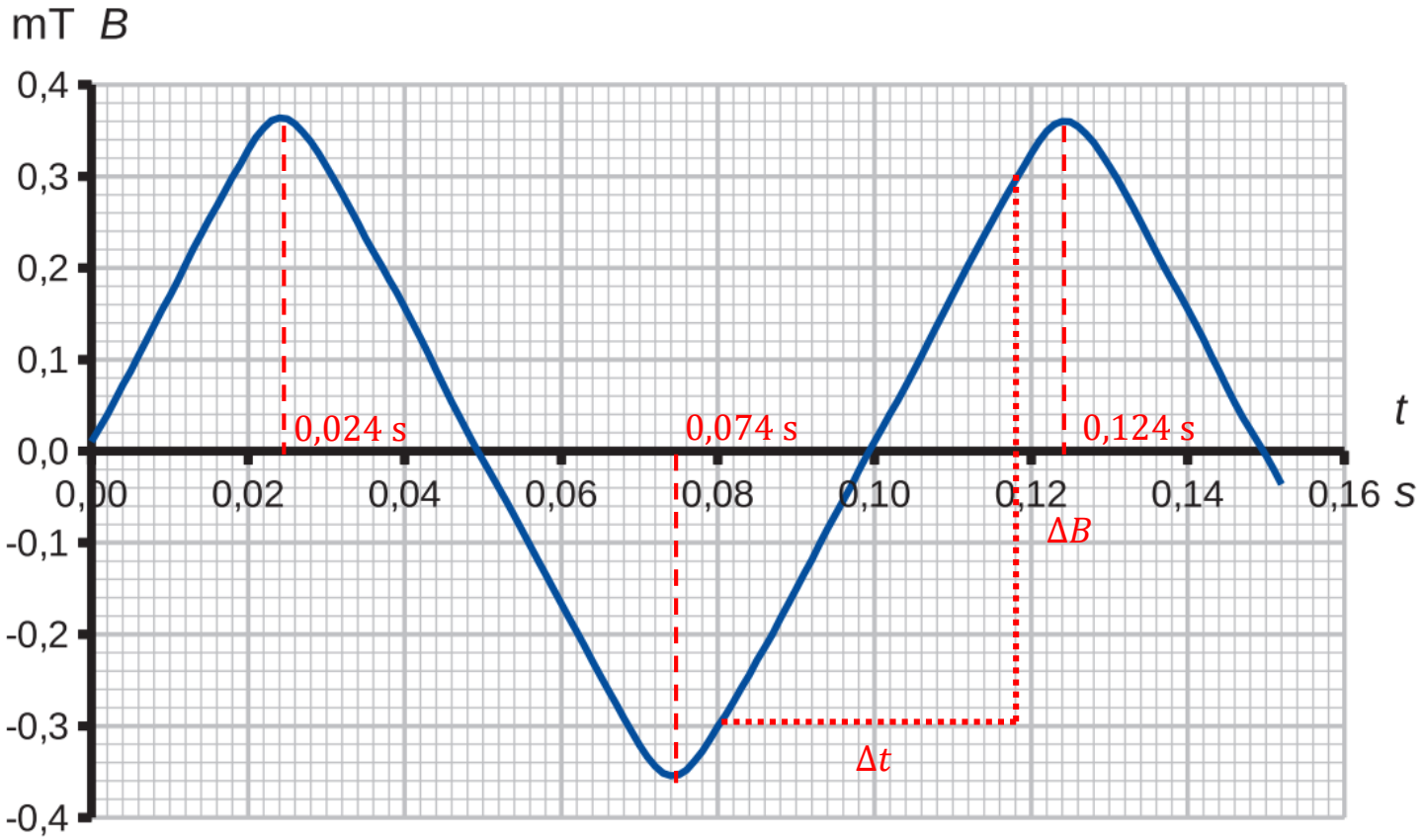
Lasketaan magneettivuon muutosnopeus (eli suoran kulmakerroin) jollakin lineaarisella osalla, esim. käyttämällä aikaväliä $0{,}08\ s - 0{,}118\ s$.

Alkuperäinen magneettivuon tiheyden kuvaaja:



$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{0{,}30\ \mathrm{mT} - (-0{,}30\ \mathrm{mT})}{0{,}118\ \mathrm{s} - 0{,}08\ \mathrm{s}}$$

$$\approx 15{,}79\,\frac{\mathrm{mT}}{\mathrm{s}}$$



Jaksollisuuden ja symmetrian perusteella muutosnopeuden itseisarvo on jokaisella lineaarisella osalla sama.

Kun magneettivuon tiheys on kasvussa, indusoitunut jännite on

$$e = -NA\frac{dB}{dt} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$= -3\,600 \cdot (0{,}042\ \mathrm{m})^2 \cdot 15{,}79\,\frac{\mathrm{mT}}{\mathrm{s}} \approx -100{,}27\ \mathrm{mV} \approx -100\ \mathrm{mV}$$

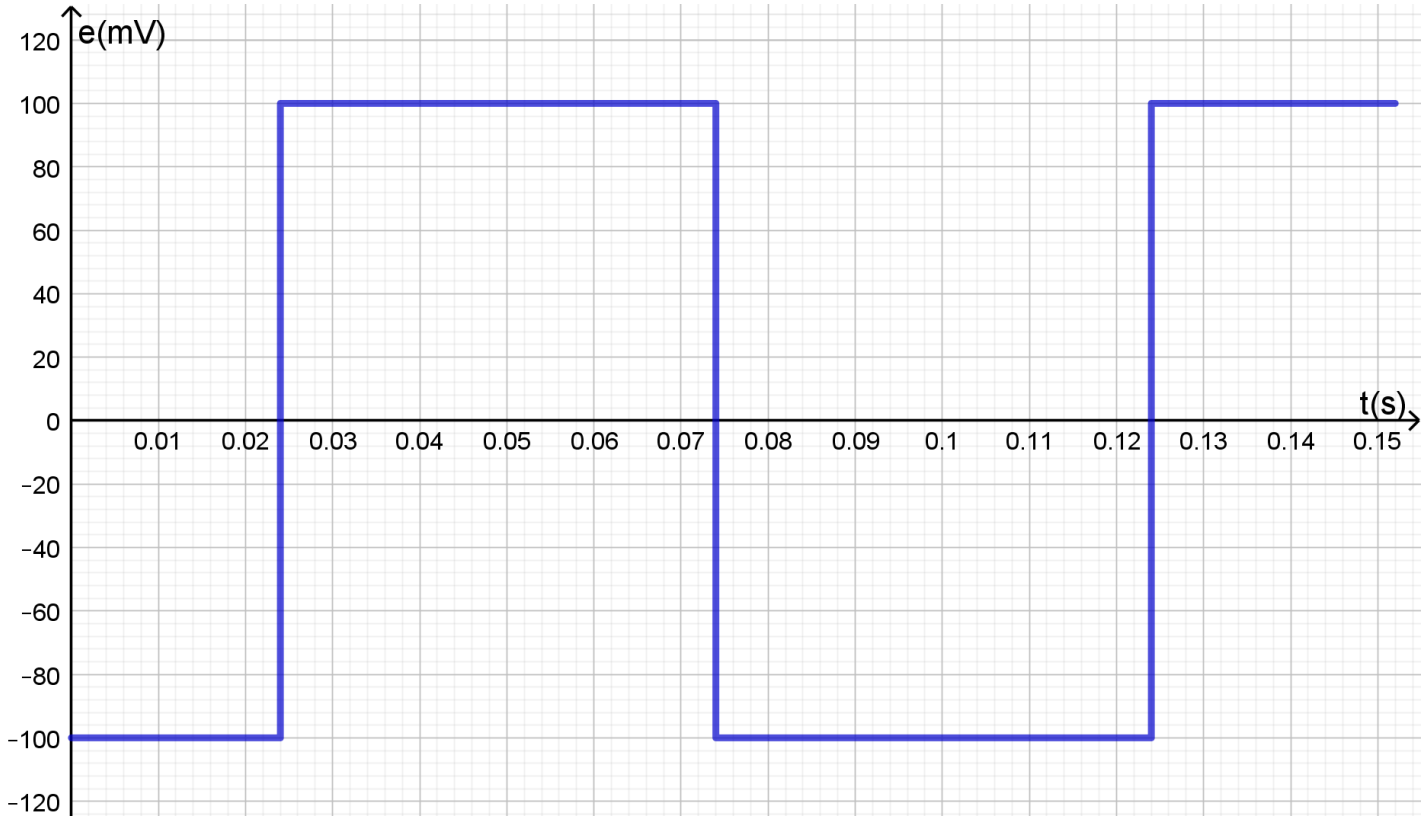
TI-Nspire:

$$-3600 \cdot (42 \cdot _\mathrm{mm})^2 \cdot 15.79 \cdot \frac{10^{-3} \cdot _\mathrm{T}}{_\mathrm{s}}$$

$$-0.100272816 \cdot _\mathrm{V}$$

Vastaavasti, kun magneettivuon tiheys on laskussa, indusoituvan jännitteen arvo on $e = 100\ \mathrm{mV}$.

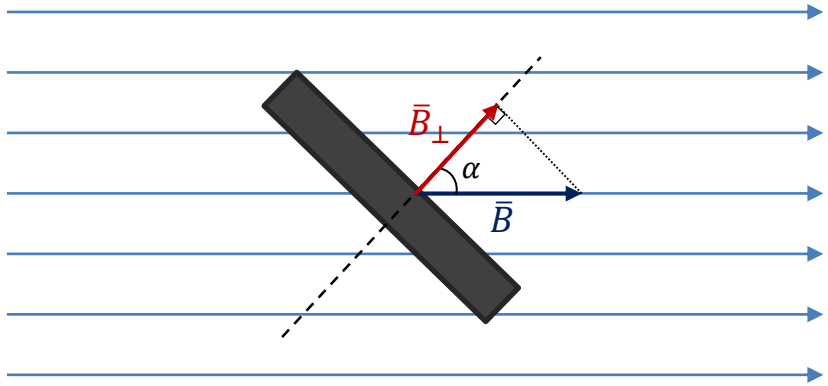
Jännitteen (idealisoitu) kuvaaja, kun magneettivuon tiheyden kuvaajan huippujen lievä pyöristyminen jätetään huomioimatta:



Huom!

Kuvaajan saisi Geogebralla derivoimalla (derivaatta kerrottuna tekijällä $-NA$), jos funktion $B(t)$ lauseke olisi tiedossa tai sovitettuna.

b) Kenttäkäämien akselit ja magneettikentän kenttäviivat ovat yhdensuuntaisia.



Lasketaan vektorin $\bar{B}$ kohtisuoran eli testikäämin akselin suuntaisen komponentin $\bar{B}_\perp$ pituus:

$$B_\perp = B\cos\alpha$$

Testikäämiin indusoituu nyt jännite

$$e = -NA\frac{dB_\perp}{dt} = -NA\cos\alpha\frac{\Delta B}{\Delta t},$$

koska kulma α on vakio.

Jännitteen huippuarvo on siis $100{,}27\ \mathrm{mV} \cdot \cos 65° \approx 42\ \mathrm{mV}$.