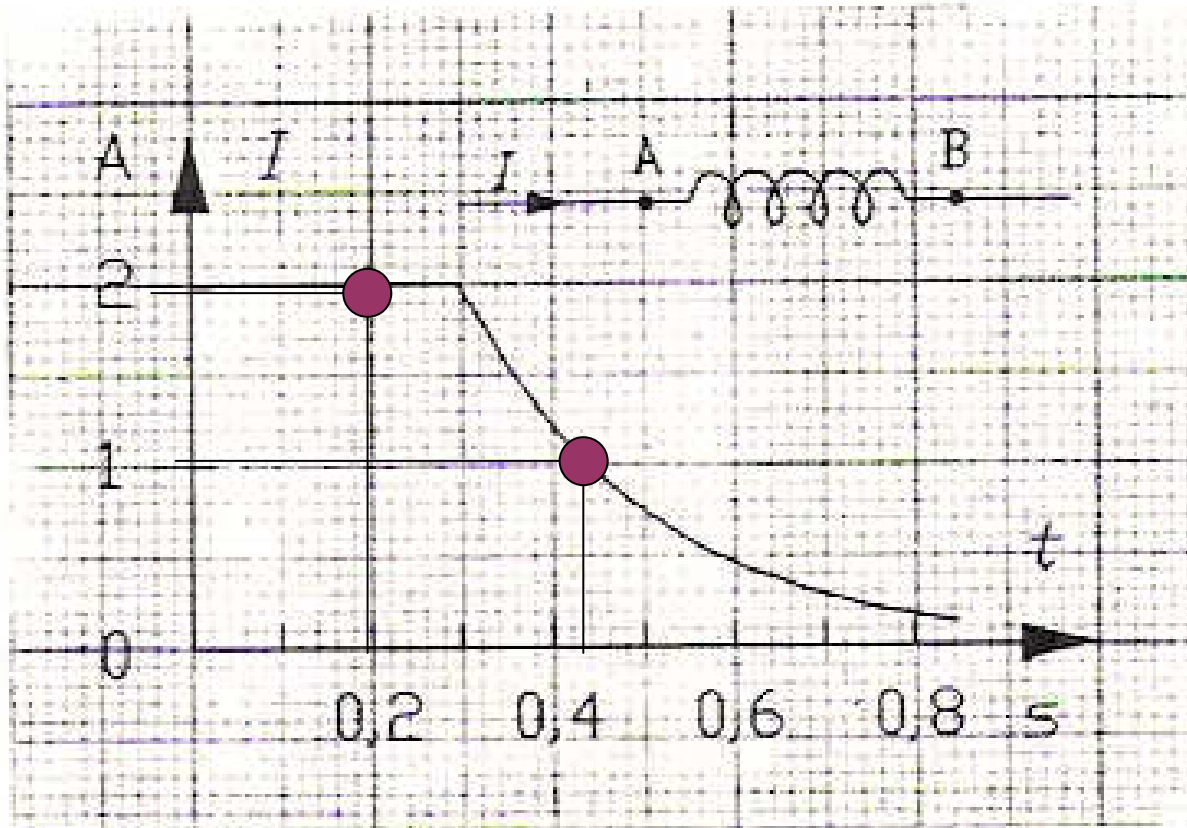


**7-33.** Käämin resistanssi on  $4,0 \Omega$  ja induktanssi  $0,80 \text{ H}$ . Käämissä kulkeva virta muuttuu oheisen kuvion mukaisesti. Laske jännite  $U_{AB}$  hetkellä  $0,20 \text{ s}$  ja hetkellä  $0,44 \text{ s}$ . (YO-S90-10)



$$R = 4,0 \Omega \quad L = 0,80 \text{ H}$$

$$t_1 = 0,20 \text{ s} \quad U_{AB1} = ?$$

$$t_2 = 0,40 \text{ s} \quad U_{AB2} = ?$$

Käämin päiden välinen jännite on käämin resistanssin aiheuttaman jännitehäviön ja käämin *itseinduktiojännitteen* summa;

$$U_{AB} = RI + L \frac{dI}{dt}$$

$U_{AB}$  = käämin päiden välinen jännite

$RI$  = käämin resistanssin aiheuttama jännitehäviö ("ohminen jännitehäviö")

$L \frac{dI}{dt}$  = käämin itseinduktiojännitteestä aiheutuva jännitehäviö.

Tarkemmin ilmaistuna:  $U_{AB} = V_A - V_B = R - E_i = RI - \left( -L \frac{dI}{dt} \right) = RI + \frac{dI}{dt}$ .

Käämin itseinduktiojännite määriteltiin lausekkeena  $e_i = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ .

Huom! Toisaalta käämille pätee myös  $e_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ .

$L$  = käämin induktanssi (virtapiirin hitauden mitta, "viive"), joka ilmaisee **käämin kyvyn vastustaa sähkövirran muuttumista** eli *itseinduktioilmiön voimakkuuden*.

Induktanssin yksikkö  $[L] = \frac{Vs}{A} = \text{H}$  (= henry).

Palataan sitten tehtävän kysymyksiin.

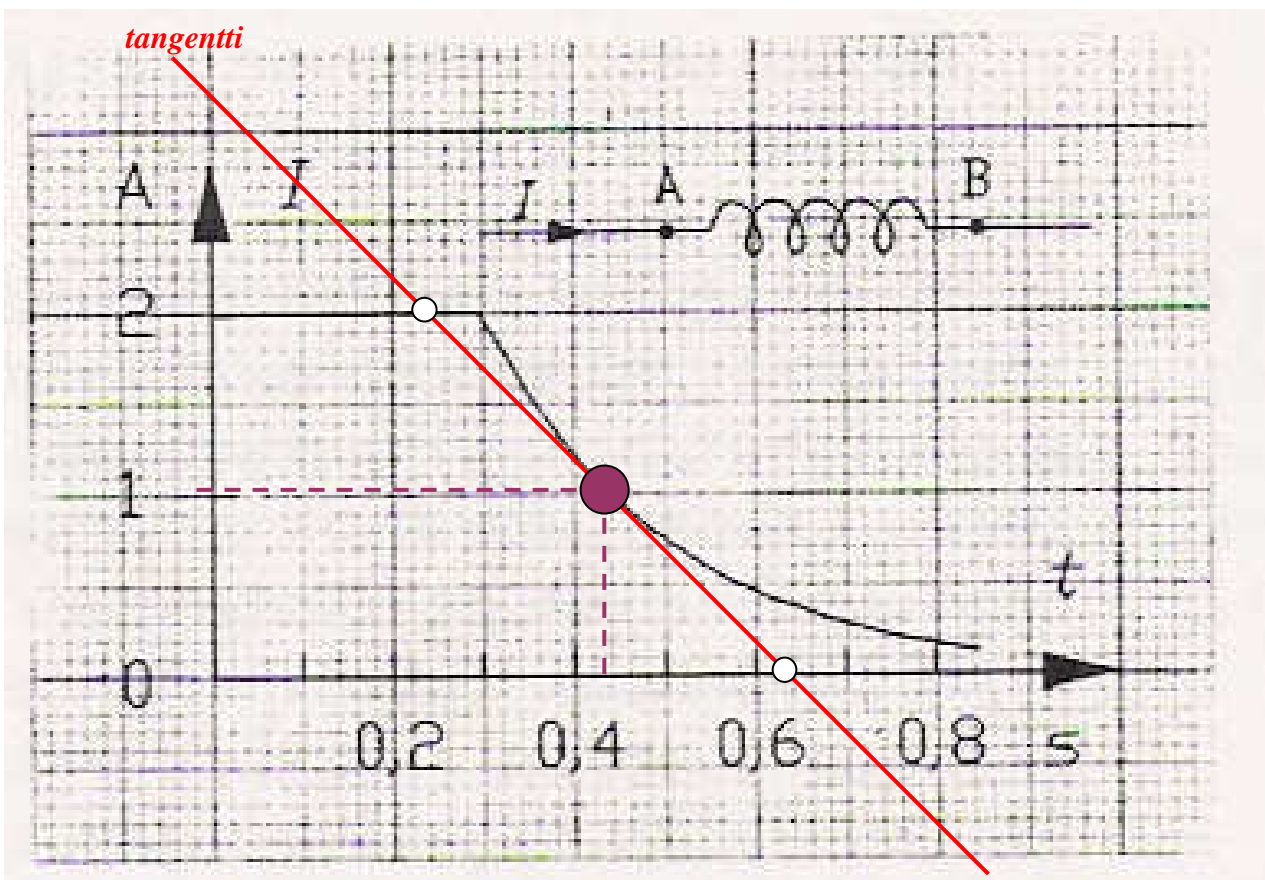
- virta  $I$  tarkasteluhetkellä luetaan kuvaajalta  $I = I(t)$
- virran muuttumisnopeuden  $L \frac{dI}{dt}$  ilmaisee kuvaajan tangentin fysikaalinen kulmakerroin tarkasteluhetkellä

**$t_1 = 0,20\text{s}$ :** Kuviosta saadaan:  $I_1 = 2,0\text{ A}$  ja  $\frac{dI}{dt} = 0$  (virta ei muutu)

Täten jännite  $U_{AB1} = RI_1 = 4,0\Omega \cdot 2,0\text{ A} = \underline{8,0\text{ V}}$ .

**$t_2 = 0,44\text{s}$ :** Kuvaajasta luetaan:  $I_2 = 1,0\text{ A}$ .

Piirretään  $(t, I)$ -kuvaajalle **tangentti kohtaan  $t = 0,44\text{ s}$  eli pisteeseen  $(0,44\text{s}; 1,0\text{A})$**  ja määritetään **tangentin fysikaalinen kulmakerroin**. Tämä on **virran muuttumisnopeus** hetkellä  $t_2 = 0,44\text{s}$



Otetaan sitten tangentilta kaksi pistettä, esim.  $(0,24\text{s}; 2,0\text{A})$  ja  $(0,64\text{s}; 0\text{A})$  ja määritetään tangentin

fysikaalinen kulmakerroin  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(0 - 2,0)\text{A}}{(0,64 - 0,24)\text{s}} = \frac{-2,0\text{A}}{0,4\text{s}} \approx -5,0 \frac{\text{A}}{\text{s}} = \frac{dI}{dt}$

Käämin päiden välinen jännite  $U_{AB2} = RI_2 + L \frac{dI}{dt} = 4,0\Omega \cdot 1,0\text{A} + 0,80\text{H} \cdot \left(-5,0 \frac{\text{A}}{\text{s}}\right) = 0\text{V}$ .

Siis  **$U_{AB2} = 0\text{ V}$** .

**Vast. Jännite  $U_{AB}$  on  $8,0\text{ V}$  hetkellä  $0,20\text{ s}$  ja  $0\text{ V}$  hetkellä  $0,44\text{ s}$ .**

## ***SUMMA SUMMARUM:***

Käämin päiden välinen jännite  $U_{AB}$  on käämissä tapahtuvan jännitehäviön ja itseinduktiojännitteen summa;

$$U_{AB} = RI + L \frac{dI}{dt}$$



- kun sähkövirta kasvaa  $\rightarrow$  itseinduktiojännite  $E_i = -L \frac{di}{dt}$  estää virran kasvua  
 $\rightarrow$  käämi toimii vastuksen tavoin
- kun sähkövirta vähenee  $\rightarrow$  itseinduktiojännite  $E_i = -L \frac{di}{dt}$  pyrkii estämään sähkövirran pienenemistä  $\rightarrow$  käämi toimii jännitelähteen tavoin
- kun sähkövirta ei muutu  $\rightarrow \frac{dI}{dt} = 0$  ja  $U_{AB} = RI$   
eli sähkövirtaa vastustaa vain käämin ohminen resistanssi.