

**Dugga nr 2 inom kursen Elektromagnetism 8p**

Fredag 19 februari 2010, kl. 10.15 – 12.00

*Motiveringa och beräkningar kan vara kortfattade, men tillräckligt tydliga för att tillåta en bedömning. Erhållna poäng räknas om till tentamenspoäng (bonus) vid ordinarie tentamenstillfälle omedelbart efter kursen. Hjälpmedel: kalkylator, Physics Handbook, lärobok (K.Hultqvist) och Översikt och sammanfattning (version 4).*

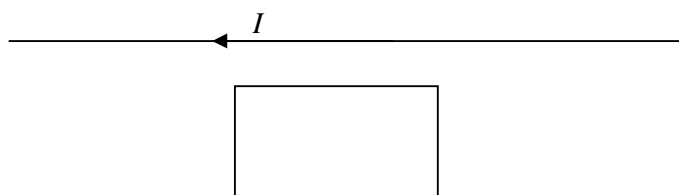
Lycka till! / D.L.

1. Genom en 0.8 m lång rak metallstav går en ström med styrkan 3.0 A (i stavens längdriktning). Staven befinner sig i ett homogent magnetfält med styrkan 0.6 T. Magnetfältet bildar vinkeln  $30^\circ$  med strömriktningen. Beräkna beloppet av den totala kraft på staven som orsakas av strömmen och magnetfältet. (1 p)

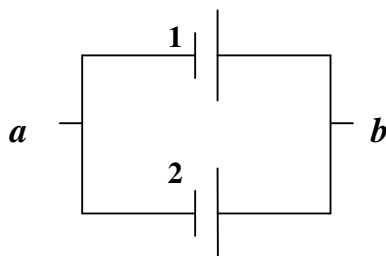
2. a) En solenoid utan järnkärna har längden 15.0 cm och radien 2.00 cm. Antalet varv är  $N=120$ . Beräkna solenoidens självinduktans (betrakta solenoiden som "lång"). (0.5 p)

b) Med vilken hastighet (A/s) måste strömmen genom solenoiden ändras för att få en elektromotorisk spänning på 4 mV ? (0.5 p)

3. En platt ledande slinga och en lång, rak ledare ligger i samma plan, så som nedanstående figur visar. Om strömmen  $I$  i ledaren plötsligt minskar, vilken riktning får den ström som induceras i slingan? Visa ditt svar med en enkel figur och ett kortfattat argument. (1 p)



4. Två batterier har parallellkopplats, som i nedanstående figur. Det ena batteriet (1) har en ems = 1.53 V och inre resistans = 0.05  $\Omega$ . Det andra batteriet (2) har en ems = 1.48 V och inre resistans = 0.15  $\Omega$ . Vad blir spänningen mellan anslutningspunkterna  $a$  och  $b$ ? (1 p)



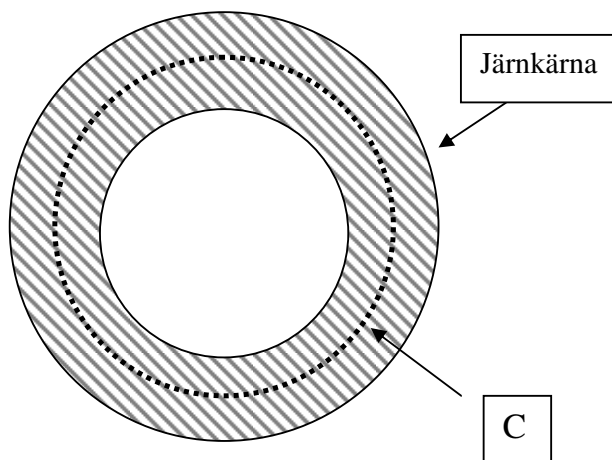
5. En växelströmgenerator med frekvens 90 Hz (dvs perioden  $1/90$  s) ansluts till en impedans  $Z$  som består av en resistans  $R = 20 \Omega$ , en induktans  $L = 9.0$  mH och en kapacitans  $C = 80 \mu\text{F}$  kopplade i serie (dvs samma ström  $I$  går igenom alla tre). Effektivvärdet av den totala växelspänningen  $V$  över  $Z$  är 100 V.

- a) Beräkna fasförskjutningen mellan  $V$  och  $I$ . (0.5 p)  
b) Beräkna effektivvärdet av strömmen  $I$ . (0.5 p)

6. En plattkondensator med kapacitansen  $0.10 \mu\text{F}$  ansluts till ett batteri med elektromotoriska spänningen 12 V. Kondensatorn får då en viss laddning. I mellanrummet mellan plattorna införs nu ett dielektriskt material med den relativa dielektriska konstanten  $\epsilon_r = 4.0$ . Beräkna den ändring av kondensatorns laddning som därvid äger rum. Ökar eller minskar laddningen? (1p)

7. En ideal, förlustfri transformators sekundärspole är ansluten till en en metallstav med resistansen  $0.10 \Omega$ . Till primärspolen ansluts en växelspanningskälla. Effektivvärdet av spänningen över primärspolen är 500 V. Primärspolen har 1000 varv och sekundärspolen 10 varv. Vad är effektivvärdet av strömmen i primärspolen? (1 p)

8. En smal, tätt lindad toroid med järnkärna är lindad med 500 varv ledningstråd. Järnkärnan antas ha den relativa permeabiliteten  $\mu_r = 201$ . Genom ledningstråden går en ström  $= 1.00$  A. Beräkna den totala bundna ström (magnetiseringsström) som går genom den plana cirkelyta vars rand är en cirkulär kurva  $C$  inne i järnkärnan (se figur). (1 p)



LÖSNINGAR DUGGA 2

19/2 2010

①  $\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B}) \rightarrow F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \theta$

där  $\theta$  är vinkeln mellan strömriktningen och det magnetiska fältet. Fäledes

$F = 0.6 \cdot 3 \cdot 0.8 \cdot \sin 30^\circ = \underline{0.72 \text{ N}}$

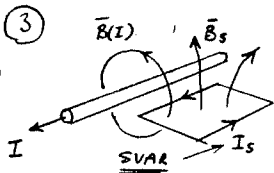
② a) Spälvinduktans  $L = \frac{\mu_0 N^2 \pi R^2}{l} =$

$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 120^2 \cdot \pi \cdot 0.02^2}{0.15} = 1.52 \cdot 10^{-4} \text{ H} = \underline{0.152 \text{ mH}}$

b) Enligt Faradays lag för

$|E| = -L \frac{dI}{dt} \rightarrow 4 \cdot 10^{-3} = 0.152 \cdot \frac{dI}{dt}$

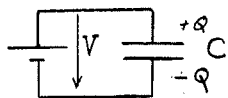
$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{0.152 \cdot 10^{-3}} = \underline{26.3 \text{ A/s}}$



$I$  = ström i ledaren  
 $B(I)$  = fält från denna ström (högerhandsregeln, se fig)  
 $I_s$  = inducerad ström i slingan  
 $\vec{B}_s$  = fält från  $I_s$

Argument: Då  $I$  minskar, så minskar  $\vec{B}(I)$  och även då flödet genom slingan.  $I_s$  har en sådan riktning att det inducerade fältet  $\vec{B}_s$  söker "hindra" minskningen av flödet (Lenz' lag).  $\vec{B}_s$  tar alltså samma riktning genom slingan som  $\vec{B}(I)$  (se fig). Enligt högerhandsregeln, i Amperes lag, måste  $I_s$  då ha den riktning som ses i figuren.

⑥ Före:

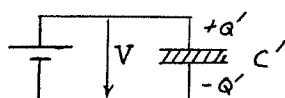


$V = 12 \text{ volt}$   
 $C = \epsilon_0 \frac{A}{a}$  (ytan) (avstånd)  
 $Q = C \cdot V$

$\therefore Q = 0.1 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \text{ [C]}$

Ändring av laddning  $Q' - Q = 4Q - Q = 3Q = 3 \cdot 0.1 \cdot 10^{-6} \cdot 12$   
 $= 3.6 \cdot 10^{-6} \text{ [C]} = \underline{3.6 \mu\text{C}}$  (ökning)

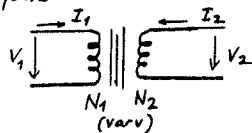
Efter:



$V = 12 \text{ volt}$   
 $C' = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{a} = 4.0 \cdot C$   
 $Q' = C' \cdot V = 4.0 \cdot C \cdot V = 4.0 \cdot Q$

⑦ För den ideala transformatorn gäller

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}, N_1 I_1 = N_2 I_2$



Vi får (med belastning  $R = 0.1 \Omega$ )

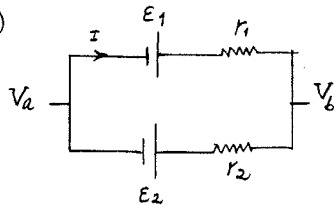
$V_2 = V_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} = 500 \cdot \frac{10}{1000} = 5 \text{ volt}$

Varav  $I_2 = \frac{V_2}{R} = \frac{5}{0.1} = 50 \text{ A}$

Varav

$I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = \frac{10}{1000} \cdot 50 = \underline{0.5 \text{ A}}$

④



$E_1 = 1.53 \text{ V}$   
 $r_1 = 0.05 \Omega$   
 $E_2 = 1.48 \text{ V}$   
 $r_2 = 0.15 \Omega$   
 $V_a, V_b$  = potential i a resp b

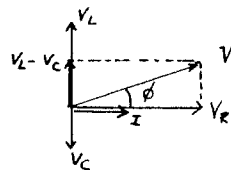
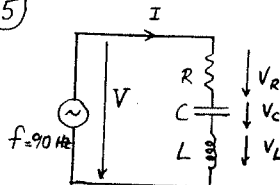
Total ems, räknat medurs runt slingan =  $E_1 - E_2$

$\therefore$  Ström  $I = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2} = \frac{1.53 - 1.48}{0.15 + 0.05} = \frac{0.05}{0.2} = 0.25 \text{ [A]}$

$V_a + E_1 - r_1 I = V_b \rightarrow V_b - V_a = E_1 - r_1 I$

$\therefore$  Spänning  $V_b - V_a = 1.53 - 0.05 \cdot 0.25 = \underline{1.5175 \text{ [V]}}$

⑤



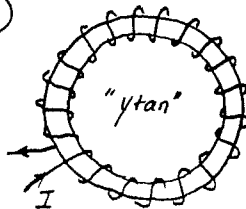
Komplexa impedansen  $Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$   
 $\therefore |Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = \sqrt{20^2 + (2\pi \cdot 90 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{2\pi \cdot 90 \cdot 10^{-6}})^2} \approx 26.26 \Omega$

$\tan \phi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{2\pi \cdot 90 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{2\pi \cdot 90 \cdot 10^{-6}}}{20} = -0.8506$

$\rightarrow \phi = \underline{-40.4^\circ}$

$|I| = \frac{|V|}{|Z|} \rightarrow |I| = \frac{100}{26.26} \approx \underline{3.81 \text{ A}}$

⑧



$N = 500$  varv  
 $I = 1 \text{ A}$   
 $\mu_r = 201$

$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M}$

( $\vec{B}$ ,  $\vec{H}$  och  $\vec{M}$  är parallella och följer järnkärnan)

$I_f$  = fria strömmen genom inneslutna yttan =  $N \cdot I$   
 $I_m$  = bundna strömmen (magnetiseringsströmmen) genom yttan.

Amperes lag:

$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_f + I_m)$

$\therefore \mu_r \mu_0 \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_f + I_m)$

Men  $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_f = N \cdot I$

$\therefore \mu_r \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \mu_r N I$

$\therefore \mu_r \cdot N I = I_f + I_m = N I + I_m$

$\therefore (\mu_r - 1) \cdot N I = I_m$

$\therefore I_m = (201 - 1) \cdot 500 \cdot 1 = 200 \cdot 500 = \underline{100\,000 \text{ A}}$