Vi får:

$$e = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \boxed{\mu_0\frac{N^2 \cdot A}{l}} \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

För en given solenoid är uttrycket $\mu_0 \frac{N^2 \cdot A}{l}$ en konstant och kallas solenoidens *induktans L*.

Känner man solenoidens induktans kan man alltså beräkna den inducerade spänningen ur strömändringen enligt:

$$e = L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Skriver vi om till $L = e\frac{\Delta t}{\Delta i}$ ser vi att enheten för induktans är Vs/A som i SI-systemet kallas henry (H).

Söker vi en inducerad momentanspänning ersätter vi som vanligt differenskvoten med en derivata och får:

$$e = L\frac{di}{dt}$$

Vid självinduktion i en spole är den inducerade spänningen
$e = L\frac{\Delta i}{\Delta t}$
Momentanvärdet ges av
$e = L\frac{di}{dt}$
L är spolens induktans.
Enhet: 1 H.

Anm.: Om solenoiden förses med järnkärna som i fig. 10 blir den en *elektromagnet*. Flödet genom den och därmed induktansen blir betydligt större och kan inte beräknas enligt ovan.

KONTROLL 5

Strömmen i en spole ökar linjärt från noll till 0,75 A på 2,5 s. Då induceras spänningen 3,0 mV i spolen. Beräkna spolens induktans.

Brytning av induktiv krets

När kretsen fig. 12 sluts kan den inducerade spänningen i spolen aldrig överstiga värdet av spänningen U hos spänningskällan. I så fall skulle strömmen börja gå åt andra hållet. Men vad händer när kretsen bryts? Strömmen tvingas mycket snabbt ner till noll. Det betyder att Δt i sambandet $e = L\frac{\Delta i}{\Delta t}$ blir mycket litet.

Fig. 12. När strömmen bryts, tvingas strömmen att minska mycket snabbt, och en stor inducerad spänning uppträder över spolen.

Den inducerade spänningen kan då bli mycket större än den pålagda spänningen U – så stor att det slår en gnista tvärs över strömställaren. Principen används exempelvis i tändspolen i äldre bilmotorer för att få en gnista att slå mellan elektroderna i tändstiften. Vid brytning av starka strömmar i induktiva kretsar med stor induktans måste man vara försiktig för att undvika brandfara.

Självinduktion förekommer i alla kretsar när strömmen ändras, men induktansen är oftast så liten att induktionen kan försummas.

ÖVNING 6.22–6.24

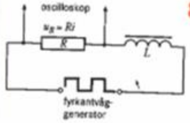


Fig. 13. Spänningskällan levererar en spänning som växlar periodiskt mellan värdet U och 0. På oscilloskopet kan man studera hur strömmen i kretsen ändras vid in- och urkoppling av U.

8 In- och urkoppling i en krets med induktans

Som du sett bromsas strömändringen när spänningen kopplas på i en krets som har induktans. Med oscilloskop eller mätdator kan vi studera förloppet.

Kretsen i fig. 13 innehåller en spole och ett motstånd. De är kopplade till en spänningskälla som växlar mellan en konstant spänning U och noll. Kretsen är sluten även när spänningen är noll.

Ett oscilloskop eller en mätdator registrerar spänningen över motståndet. Enligt Ohms lag är den i varje ögonblick proportionell mot strömmen. På skärmen kan vi alltså se hur strömmen varierar med tiden.

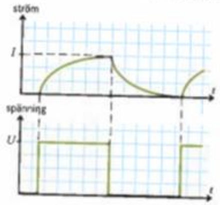


Fig. 14. Strömkurvans utseende i samband med att spänningen i kretsen i fig. 13 växlar mellan U och noll.

Strömkurvans utseende visas i fig. 14. I samma tidsskala visas hur den pålagda spänningen varierar. När spänningen U kopplas in, växer strömmen först hastigt men sedan allt långsammare mot sitt fulla värde I. När spänningen plötsligt blir noll, avtar strömmen på motsvarande sätt.

En närmare analys, som visar att strömkurvorna är exponentiellt växande respektive avtagande, kan göras så här:

När den *konstanta* spänningen U kopplats in får vi med en potentialvandring i varje ögonblick $U = Ri + L\frac{di}{dt}$. Jämför kretsen i fig. 11a.

När spänningen sedan försvunnit får vi i stället $0 = Ri + L\frac{di}{dt}$. Jämför kretsen i fig. 11b där strömmen avtar. Dessa båda differentialekvationer har lösningarna $i = \frac{U}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$ resp. $i = \frac{U}{R}e^{-\frac{R}{L}t}$. Derivering med avseende på tiden bekräftar sambanden.

ÖVNING 6.25–6.30

6.15

$B_1 = 120\,\mu T = 120 \cdot 10^{-6}\,T$

$B = 350\,\mu T = 350 \cdot 10^{-6}\,T$

$t_1 = 0\,s$

$t_2 = 0{,}20\,s$

[cm]

8,0

8,0

$N = 150$ varv

$e = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

en slinga

3) $A = s^2$

Beräkna genomsnittliga ems.

Lösning: 1) $e = N\frac{d\Phi}{dt} = N \cdot \frac{dB \cdot A}{dt} = NA\frac{dB}{dt} = Ns^2\frac{B_2 - B_1}{t_2 - t_1} =$

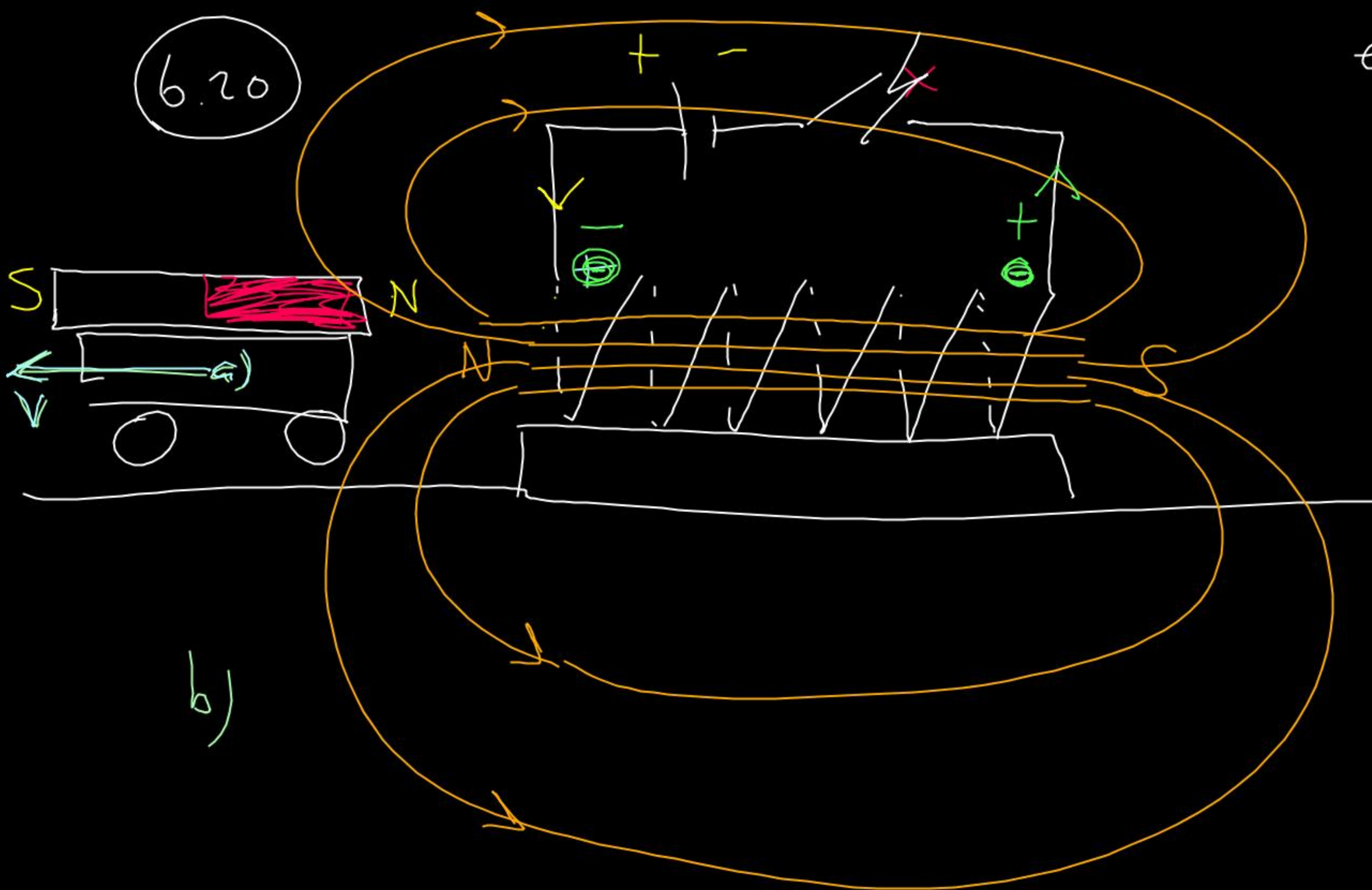
2) $\Phi = B \cdot A$ ins. i 1)

$= 150 \cdot 0{,}08^2 \frac{(350-120)\cdot 10^{-6}}{0{,}20 - 0} = 1{,}104\,mV$

Svar:

$e = 1{,}1\,mV$

6.20



$$e = L\frac{di}{dt}$$

$$e = N\frac{d\Phi}{dt}$$

stort

kort tid som Φ ändras på.

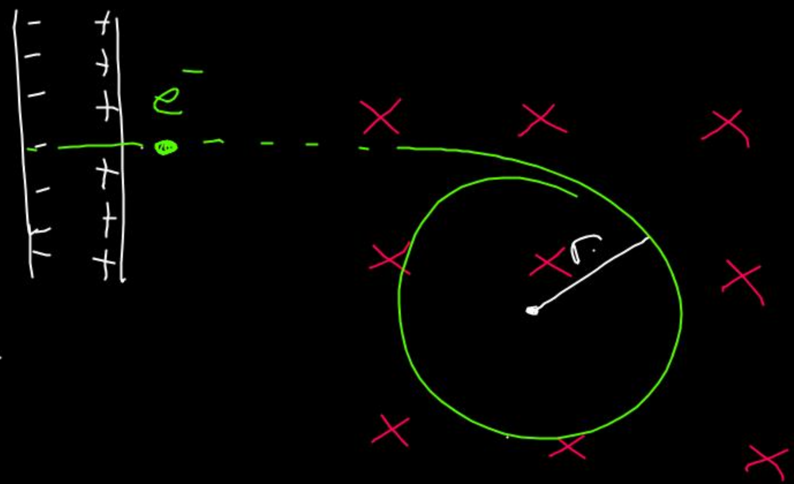
5.43

$U = 130\ V$ accelerationsspänning.

$Q = e^- = 1{,}60218 \cdot 10^{-19}\ C$

$m = 9{,}1094 \cdot 10^{-31}\ kg$

$r = 10{,}3 \cdot 10^{-2}\ m$



Magnetisk kraft

$$F_m = QvB$$

Mekanisk kraft

$$F_M = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

Elektrisk energi

$$E = Q \cdot U$$

Mekanisk energi

$$E_K = m \cdot \frac{v^2}{2}$$

Kraftsamband

$$Q\cancel{v}B = m\frac{v^{\cancel{2}}}{r}$$

$$B = \frac{mv}{Qr} = \frac{m\sqrt{\frac{2QU}{m}}}{Qr}$$

$$= \frac{1}{r}\cdot\sqrt{\frac{2Um}{Q}} = \frac{1}{0{,}103}\sqrt{\frac{2\cdot 130\cdot 9{,}1\cdot 10^{-31}}{1{,}60\cdot 10^{-19}}} = 0{,}37\ \mathrm{mT}$$

Energisamband

$$QU = m\frac{v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2QU}{m}}$$