

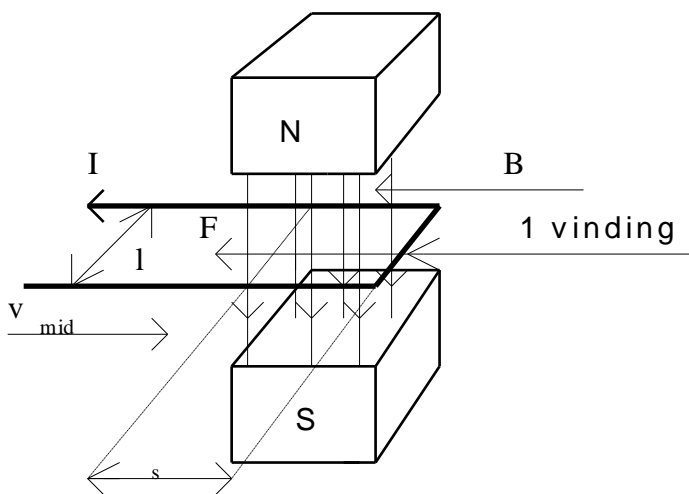
5.3 KREFTER I MAGNETFELT

Dette kapittelet tar for seg krefter som oppstår når en vinding beveges i et magnetisk felt.

KREFTER SOM VIRKER PÅ EN LEDER I ET MAGNETFELT

Når en vinding blir forflyttet horisontalt gjennom et magnetfelt virker det en kraft på vindingen i bevegelsesretningen og en motsatt rette pga induksjon.

Figur 5.3.1



F er den kraften som magnetfeltet utøver på strømlederen. Kraften F er motsatt rettet av bevegelsesretningen pga induksjon.

Det arbeid som må til for å flytte en vinding gjennom et magnetfelt er kjent fra fysikken:

$$\text{I} \quad W = F \cdot s$$

Når lederen føres gjennom det magnetiske feltet induseres det en spenning og en strøm i vindingen. Dette gir oss forholdet fra formlene 5.2.2.A og 2.5.1:

$$\text{II} \quad W = e \cdot i \cdot t = -B \cdot l \cdot v \cdot i \cdot t$$

Setter vi formel I inn i formel II får vi:

$$\text{I+II} \quad F \cdot s = -B \cdot l \cdot v \cdot i \cdot t$$

Fra fysikken vet vi at hastighet er strekning dividert på tiden:

$$\text{III} \quad V = \frac{s}{t}$$

Kombinerer vi formlene I, II og III får vi uttrykket:

$$\text{I+II+III} \quad F \cdot s = -B \cdot l \cdot \frac{s}{t} \cdot i \cdot t$$

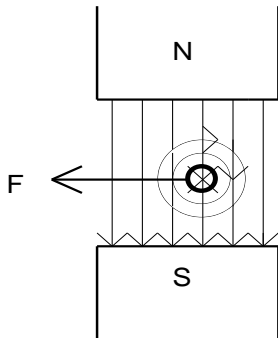
Rydder vi opp i dette uttrykket får vi formelen for kraften magnetfeltet utøver på en leder som beveger seg loddrett på feltlinjer i et magnetfelt:

$$\boxed{F = B \cdot I \cdot l} \quad 5.3.1$$

- F kraften som magnetfeltet utøver på lederen (N)
- B flukstettheten (T)
- I strømmen i lederen (A)
- l lederlengden (m)

Kraft som virker på en strømførende leder i et magnetfelt er bestemt av feltlinjene mellom permanentmagnetene og feltlinjene rundt lederen. Av figur 5.2.2 ser vi at feltlinjene går samme veg på høyre side av lederen mens det på venstre side går hver sin veg. Dette medfører at feltet blir forsterket på høyre side, men det blir svekket på venstre side fordi feltlinjene der prøver å motvirke hverandre.

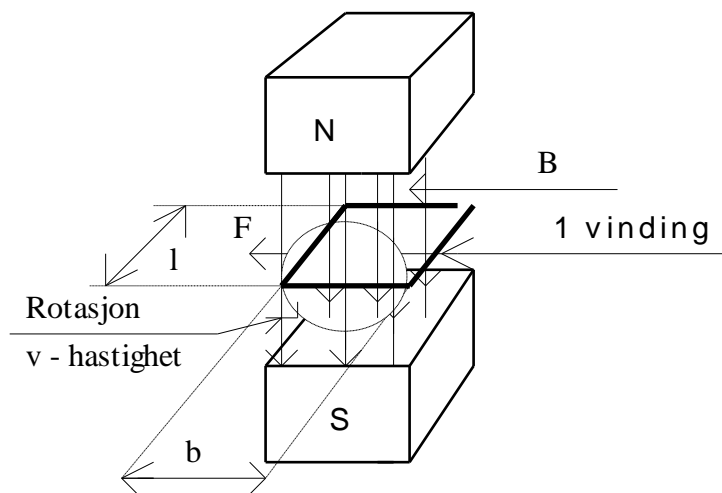
Figur 5.2.2



Vi kan benytte venstrehåndsregelen for å bestemme kraftens retning på en leder i et magnetisk felt. Venstrehåndsregelen lyder:

Hold venstre hånd slik at feltlinjene går inn i håndflaten og fingrene i strømretningen. Tommelen viser kraftretningen.

DREIMOMENT TIL EN ROTERENDE VINDING



For å finne momentet til en vinding som skal rotere må vi kjenne en lov fra fysikken som sier at dreiemomentet er lik kraft multiplisert med arm.

$$M = F \cdot a$$

Momentet for en vinding som roterer kaller vi dreiemomentet. Dreiemomentet til en roterende vinding i et magnetfelt er avhengig av den kraften som virker på vindingen multiplisert med radiusen av vindingen.

$$M = F \cdot \frac{b}{2}$$

5.3.2

- M dreiemomentet (Nm)
- F kraften som magnetfeltet utøver på vindingen (N)
- b bredden av vindingen (m)

Eksempel 5.3.1

En leder med lengde 10 cm beveger seg 90° på feltlinjene i et magnetisk felt. Flukstettheten i feltet er 0,5 T og strømmen som går i vindingen 0,7 A. Hvilken kraft utøver feltet på den rette lederen?

Løsning:

$$F = B \cdot I \cdot l = 0,5T \cdot 0,7A \cdot 0,10m = \underline{35,0 \cdot 10^{-3} N} = \underline{\underline{35,0mN}}$$

Eksempel 5.3.2

En vinding med lengde 15,0 cm og bredde 5,0 cm roterer i et magnetfelt. Hvilket dreimoment har vindingen når kraften som virker på vindingen er 50 mN.

Løsning:

$$M = F \cdot \frac{b}{2} = 50 \cdot 10^{-3} N \cdot \frac{0,05m}{2} = \underline{1,25 \cdot 10^{-3} Nm} = \underline{\underline{1,25mNm}}$$

KRAFTEN PÅ EN LADNING I ET MAGNETFELT

Når en skal finne kraften til en ladning Q som beveger seg med en jevn hastighet i et magnetfelt 90° på feltlinjene må vi benytte formel 5.3.1:

$$\text{I} \quad F = B \cdot I \cdot l$$

og formel 2.2.1 for en ladning:

$$\text{II} \quad I = \frac{Q}{t}$$

og en formel fra fysikken som bestemmer hastigheten:

$$\text{III} \quad v = \frac{s}{t} = \frac{l}{t}$$

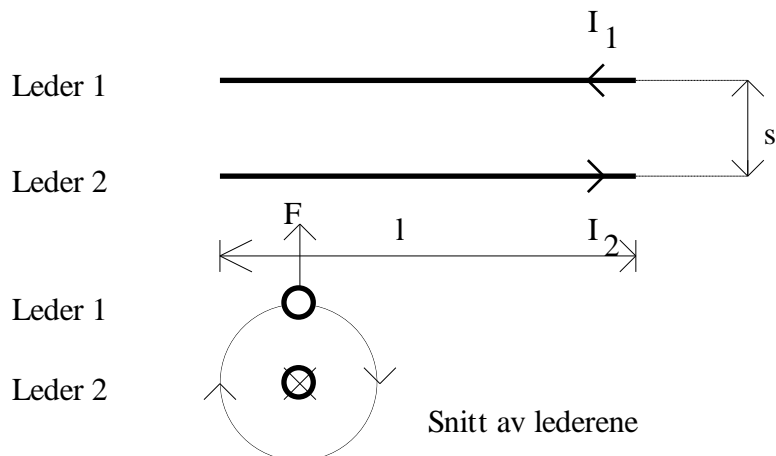
Setter vi formel II og III inni formel I får vi uttrykket for kraften som virker på en ladning som beveger seg loddrett på feltlinjene:

$$F = B \cdot I \cdot l = B \cdot \frac{Q}{t} \cdot v \cdot t = B \cdot Q \cdot v$$

$$\boxed{F = B \cdot Q \cdot v}$$

5.3.3

- F kraften som magnetfeltet utøver på ladningen (N)
- B flukstettheten (T)
- Q ladningen i et punkt (C)
- v hastigheten til ladningen (m/s)

KRAFTEN MELLOM TO STRØMFØRENDE LEDERE

For å finne kraften mellom to ledere må en ta utgangspunkt i den ene lederen som sentrum og den andre som plassert på en sirkel rundt den første lederen. Formel 5.1.6 gir oss i dette tilfellet:

$$\text{I} \quad H = \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot s}$$

Flukstettheten blir da ifølge formel 5.1.8:

$$\text{II} \quad B = \mu \cdot H$$

Setter vi formel I inn i formel II får vi uttrykket:

$$\text{I+II} \quad B = \mu \cdot \frac{I_1}{2 \cdot \pi \cdot s}$$

For å finne kraften mellom de to lederne må vi benytte formelen 5.3.1 i kombinasjon med formelen over I+II.

Formel 5.3.1:

$$F = B \cdot I \cdot l$$

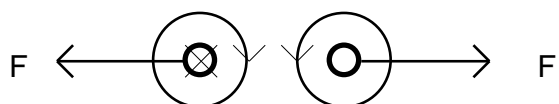
Setter vi formel I+II inn i formel III får vi:

$$F = \mu \cdot l \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot s}$$

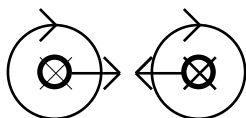
5.3.4

F	kraften mellom to strømførende ledere (N)
μ	permeabiliteten på isolasjonsstoffet mellom lederne (H/m)
l	lederlengden (m)
I_1	strømmen i leder 1 (A)
I_2	strømmen i leder 2 (A)
s	avstanden mellom to ledere (m)

Kraftretning for strømførende ledere:



To ledere med motsatt strømretninger har frastøtende krefter



To ledere med samme strømretning har tiltrekkende krefter

Eksempel 5.3.3

To parallelle skinner med lengde 15 m fører 700 A hver i samme retning. Avstanden mellom skinnene er 5 cm og det er luft mellom skinnene?

- a) Hvor stor er kraften som virker på skinnene?
- b) Hvilken retning har kreftene?

Løsning:

- a) Kraften som virker på skinnene:

$$F = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot l \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot r} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 15 \text{ m} \cdot \frac{700 \text{ A} \cdot 700 \text{ A}}{2 \cdot \pi \cdot 0,05 \text{ m}} = \underline{\underline{29,4 \text{ N}}}$$

- b) Kreftene virker mot hverandre når strømretningen i skinnene har samme retning.