

## 0.1 oefenopgaven magnetisme en elektromotoren.

### Opgave 1

De magnetische fluxdichtheid,  $B$ , word gegeven door:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

Waar:

- $B$  is de magnetische fluxdichtheid in Tesla (T).
- $\Phi$  is de magnetische flux in Weber (Wb).
- $A$  is het oppervlak waar de flux doorheen gaat in vierkante meters ( $m^2$ ).

In dit geval hebben we  $\Phi = 800\mu$ ,  $\Phi = 800 \cdot 10^{-6}\text{Wb}$  en  $A = 0.1\text{ m}^2$ . Laten we deze waarden in de formule invullen:

$$B = \frac{800 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}}{0.1 \text{ m}^2}$$

$$B = 8000 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

$$B = 8 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

## Opgave 2

Om de magnetische flux ( $\Phi_{\text{magn}}$ ), magnetische fluxdichtheid ( $B$ ) en magnetische veldsterkte ( $H$ ) te berekenen voor een luchtspleet  $\delta = 0$  m, kunnen we de volgende stappen volgen:  
Gegeven:

- Oppervlakte doorsnede ijzeren kern  $A = 80 \text{ mm}^2 = 80 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Gemiddelde lengte  $l = 0.4 \text{ m}$
- Permeabiliteit van ijzer  $\mu_{\text{ijzer}} = 5000$
- Aantal windingen  $N = 22000$
- Stroom  $i = 12 \text{ mA} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

a. Luchtspleet  $\delta = 0$

**Stap 1: Bereken  $H$ :**

$$H = \frac{N \cdot i}{l} = \frac{22000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{0.4} = 660 \text{ A/m}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \mu_{\text{ijzer}} \cdot H = 5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 660 = 4,147 \text{ T}$$

**Stap 3: Bereken  $\Phi_{\text{magn}}$ :**

$$\Phi_{\text{magn}} = B \cdot A = 4,147 \cdot 80 \cdot 10^{-6} = 3,31 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

b. Luchtspleet  $\delta = 0,15 \cdot 10^{-3}$

**Stap 1: Bereken  $\Phi$ :**

$$\Phi_{\text{algemeen}} = \frac{N \cdot I}{\frac{l}{\mu_{\text{ijzer}} \cdot A} + \frac{l}{\mu_{\text{lucht}} \cdot A}} = \frac{22000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{\frac{0,4}{5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}}} = 1,1539 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \frac{\Phi_{\text{algemeen}}}{A} = \frac{1,1539 \cdot 10^{-4}}{80 \cdot 10^{-6}} = 1,4423 \text{ T}$$

**Stap 3: Bereken  $H$ :**

$$H_{\text{ijzer}} = \frac{B}{\mu_{\text{ijzer}}} = \frac{1,4423}{5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 229,55 \text{ A/m}$$
$$H_{\text{lucht}} = \frac{B}{\mu_{\text{lucht}}} = \frac{1,4423}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 1147745,87 \text{ A/m}$$

c. Luchtspleet  $\delta = 0,15 \cdot 10^{-2}$

**Stap 1: Bereken  $\Phi$ :**

$$\Phi_{\text{algemeen}} = \frac{N \cdot I}{\frac{l}{\mu_{\text{ijzer}} \cdot A} + \frac{l}{\mu_{\text{lucht}} \cdot A}} = \frac{22000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{\frac{0,4}{5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,15 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}}} = 1,68 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \frac{\Phi_{\text{algemeen}}}{A} = \frac{1,68 \cdot 10^{-4}}{80 \cdot 10^{-6}} = 0,21 \text{ T}$$

**Stap 3: Bereken  $H$ :**

$$H_{\text{ijzer}} = \frac{B}{\mu_{\text{ijzer}}} = \frac{0,21}{5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 33,4 \text{ A/m}$$
$$H_{\text{lucht}} = \frac{B}{\mu_{\text{lucht}}} = \frac{0,21}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 167120,3 \text{ A/m}$$

d. hoe groter de luchtspleet hoe kleiner de fluxdichtheid

### Opgave 3

Gegeven:

- Oppervlakte doorsnede ijzeren kern  $A = 80 \text{ mm}^2 = 80 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Gemiddelde lengte  $l = 0.4 \text{ m}$
- Permeabiliteit van ijzer  $\mu_{\text{ijzer}} = 1000$
- Aantal windingen  $N = 22000$
- Stroom  $i = 12 \text{ mA} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

a. Luchtspleet  $\delta = 0$

**Stap 1: Bereken  $H$ :**

$$H = \frac{N \cdot i}{l} = \frac{22000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{0.4} = 660 \text{ A/m}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \mu_{\text{ijzer}} \cdot H = 1000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 660 = 0.829 \text{ T}$$

**Stap 3: Bereken  $\Phi_{\text{magn}}$ :**

$$\Phi_{\text{magn}} = B \cdot A = 0.829 \cdot 80 \cdot 10^{-6} = 6.64 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

b. Luchtspleet  $\delta = 0,15 \cdot 10^{-3}$

**Stap 1: Bereken  $\Phi$ :**

$$\Phi_{\text{algemeen}} = \frac{N \cdot I}{\frac{l}{\mu_{\text{ijzer}} \cdot A} + \frac{l}{\mu_{\text{lucht}} \cdot A}} = \frac{22000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{\frac{0.4}{1000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}}} = 4.8244 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \frac{\Phi_{\text{algemeen}}}{A} = \frac{1.1539 \cdot 10^{-4}}{80 \cdot 10^{-6}} = 0.603 \text{ T}$$

**Stap 3: Bereken  $H$ :**

$$H_{\text{ijzer}} = \frac{B}{\mu_{\text{ijzer}}} = \frac{1.4423}{1000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 480.13 \text{ A/m}$$

$$H_{\text{lucht}} = \frac{B}{\mu_{\text{lucht}}} = \frac{1.4423}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 480130.94 \text{ A/m}$$

c. Luchtspleet  $\delta = 0,15 \cdot 10^{-2}$

**Stap 1: Bereken  $\Phi$ :**

$$\Phi_{\text{algemeen}} = \frac{N \cdot I}{\frac{l}{\mu_{\text{ijzer}} \cdot A} + \frac{l}{\mu_{\text{lucht}} \cdot A}} = \frac{22000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{\frac{0.4}{1000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,15 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot 10^{-6}}} = 1.3972 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \frac{\Phi_{\text{algemeen}}}{A} = \frac{1.68 \cdot 10^{-4}}{80 \cdot 10^{-6}} = 0.1747 \text{ T}$$

**Stap 3: Bereken  $H$ :**

$$H_{\text{ijzer}} = \frac{B}{\mu_{\text{ijzer}}} = \frac{0.21}{1000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 139.06 \text{ A/m}$$

$$H_{\text{lucht}} = \frac{B}{\mu_{\text{lucht}}} = \frac{0.21}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 139057.15 \text{ A/m}$$

d. hoe groter de luchtspleet hoe kleiner de fluxdichtheid

#### Opgave 4

Gegeven:

- Oppervlakte doorsnede ijzeren kern  $A = 80 \text{ mm}^2 = 80 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
- Gemiddelde lengte  $l = 0.4 \text{ m}$
- Permeabiliteit van ijzer  $\mu_{\text{ijzer}} = 5000$
- Aantal windingen  $N = 22000$
- Stroom  $i = 12 \text{ mA} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ A}$
- Luchtspleet  $\delta = 0$

a. Doorsnede verdubbeld.

**Stap 1: Bereken  $H$ :**

$$H = \frac{N \cdot i}{l} = \frac{22000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{0.4} = 660 \text{ A/m} - \text{blijft dus gelijk}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \mu_{\text{ijzer}} \cdot H = 5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 660 = 4,147 \text{ T} - \text{blijft dus gelijk}$$

**Stap 3: Bereken  $\Phi_{\text{magn}}$ :**

$$\Phi_{\text{magn}} = B \cdot A = 4,147 \cdot 160 \cdot 10^{-6} = 6.63 \cdot 10^{-4} \text{ Wb} - \text{word groter (verdubbeld)}$$

b. Lengte  $l$  gehalveerd.

**Stap 1: Bereken  $H$ :**

$$H = \frac{N \cdot i}{l} = \frac{22000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{0.2} = 1320 \text{ A/m} - \text{word dus groter}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \mu_{\text{ijzer}} \cdot H = 5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1320 = 8.29 \text{ T} - \text{word dus groter}$$

**Stap 3: Bereken  $\Phi_{\text{magn}}$ :**

$$\Phi_{\text{magn}} = B \cdot A = 8.29 \cdot 80 \cdot 10^{-6} = 6.63 \cdot 10^{-4} \text{ Wb} - \text{word dus groter}$$

c. Stroom  $i$  groter.

**Stap 1: Bereken  $H$ :**

$$H = \frac{N \cdot i}{l} = \frac{22000 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{0.4} = 330 \text{ A/m} - \text{word dus kleiner}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \mu_{\text{ijzer}} \cdot H = 5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 330 = 2.073 \text{ T} - \text{word dus kleiner}$$

**Stap 3: Bereken  $\Phi_{\text{magn}}$ :**

$$\Phi_{\text{magn}} = B \cdot A = 2.073 \cdot 80 \cdot 10^{-6} = 1.66 \cdot 10^{-4} \text{ Wb} - \text{word dus kleiner}$$

d. Aantal windingen  $N$  gehalveerd.

**Stap 1: Bereken  $H$ :**

$$H = \frac{N \cdot i}{l} = \frac{11000 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{0.4} = 330 \text{ A/m} - \text{word dus kleiner}$$

**Stap 2: Bereken  $B$ :**

$$B = \mu_{\text{ijzer}} \cdot H = 5000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 330 = 2.073 \text{ T} - \text{word dus kleiner}$$

**Stap 3: Bereken  $\Phi_{\text{magn}}$ :**

$$\Phi_{\text{magn}} = B \cdot A = 2.073 \cdot 80 \cdot 10^{-6} = 1.66 \cdot 10^{-4} \text{ Wb} - \text{word dus kleiner}$$

### Opgave 5

Hoe kleiner de hoek  $\Phi$ , hoe kleiner het koppel  $T$ .

Bij  $0^\circ$  is  $T=0$  en bij  $90^\circ$  is  $T$  maximaal.

Dit heeft te maken met het feit dat een magnetisch systeem er altijd naar zal streven om de flux te maximaliseren ('oplijnen').