

2.5 ELEKTRISK ARBEID OG ELEKTRISK EFFEKT

ARBEID

Ved å kombinere tidligere kjente formler som 2.2.1, 2.1.1, 2.3.1 får vi en formel for arbeid som er praktisk å bruke i elektro:

Formlene $W=Q \cdot U$ 2.2.1, $Q=I \cdot t$ 2.1.1 og $U=I \cdot R$ 2.3.1 gir oss formelen for elektrisk arbeid:

$$\boxed{W = U \cdot I \cdot t} \quad 2.5.1$$

W	arbeid (J)
U	spenning (V)
I	strøm (A)
t	tiden (s)

EFFEKT

Effekt er definert som arbeid pr tidsenhet.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t}$$

tiden - t er i teller og nevner og kan derfor strykes mot herandre og gi formelen:

$$\boxed{P = U \cdot I} \quad 2.5.2$$

P	elektrisk effekt (W) (watt)
---	-----------------------------

Kombinerer vi formlene $P=U \cdot I$ og $U=I \cdot R$ får vi to andre formler for effekt:

formlene $P = U \cdot I$ og $I = \frac{U}{R}$ gir

$$P = \frac{U \cdot U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad 2.5.3$$

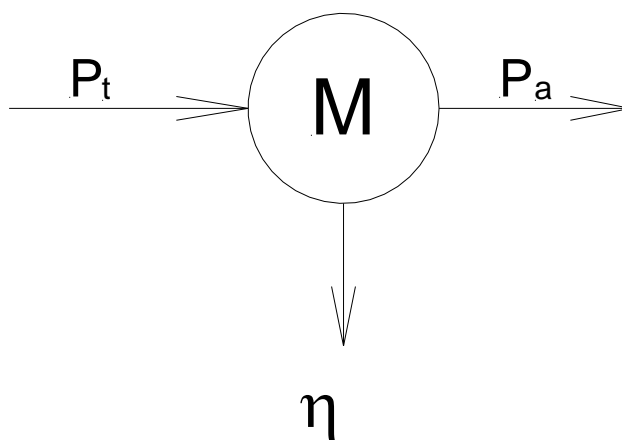
eller formelen $P = U \cdot I$ og $U = I \cdot R$ gir

$$P = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$$

$$\boxed{P = I^2 \cdot R} \quad 2.5.4$$

VIRKNINGSGRAD

Virkningsgraden er et forholdstall mellom tilført effekt og avgitt effekt til f.eks en motor, generator eller transformator. Effekten som blir borte i motor eller en generator er jerntap, koppertap, luftgapstap og friksjonstap mens i en transformator som ikke har noe luftgap og bevegelige deler er tapene jerntap og koppertap.



$$\boxed{\eta = \frac{P_a}{P_t}} \quad 2.5.5$$

η virkningsgrad
 P_t tilført effekt (W)
 P_a avgitt effekt (W)

NB! Påstemplet effekt eller merke effekt er alltid avgitt effekt.

Effekttap

$$\Delta P = P_t - P_a \quad 2.5.6$$

$$\Delta P = P_{Fe} + P_{Cu} + P_o + P_{Frik} \quad 2.5.7$$

Formel 2.5.7 gjelder bare for motorer og generatorer.

ΔP	Effekttap (W)
P_{Fe}	Jerntap (W)
P_{Cu}	Koppertap (W)
P_o	Luftgapstap (W)
P_{Frik}	Friksjonstap (W)

Jerntap P_{Fe} består av hysteresetap og virvelstrømstap som oppstår i jernet til en elektrisk motor, generator eller transformator. Jerntapet blir omdannet til varme. (Se kapittel 5.2 for mer teori vedr. jerntap, hysteresetap og virvelstrømstap.)

Koppertap P_{Cu} er tapet som oppstår pga resistivitet i vindingene til en elektrisk motor, generator eller transformator. Tapet omsettes til varme.

Luftgapstap P_o er tapet som oppstår i mellomrommet mellom stator og rotor i en elektrisk motor eller generator. Tapet omsettes til varme.

Friksjonstapet P_{Frik} er tapet som oppstår pga treghet i kulelager i en elektrisk motor eller generator. Tapet omsettes til varme.

Eksempel 2.5.1

En likestrømmotor har en resistans på 44Ω og trekker 5 A fra nettet. Motoren har en virkningsgrad på $0,85$.

- Finne den elektriske effekten motoren trekker fra nettet.
- Hvilket elektrisk arbeid utfører motoren når strømmen på 5 A flyter i 1 time, 10 minutter og 40 sekunder?
- Hvilken mekanisk effekt avgir motoren på akslingen?
- Finne motorens effekttap.

Løsning:

- a) Tilført elektrisk effekt:

$$P_t = I^2 \cdot R = (5\text{A})^2 \cdot 44\Omega = \underline{\underline{1100\text{W}}}$$

- b) Tilført elektrisk arbeid:

$$W_t = P_t \cdot t = 1100\text{W} \cdot (1 \cdot 60 \cdot 60 + 10 \cdot 60 + 40)\text{s} = \underline{\underline{4664000\text{J}}} = \underline{\underline{4,66\text{MJ}}}$$

- c) For å finne avgitt mekanisk effekt må en multipliserer med P_t på begge sider av likhetstegnet:

$$\eta = \frac{P_a}{P_t} \quad | \cdot P_t$$

$$P_a = P_t \cdot \eta = 1100\text{W} \cdot 0,85 = \underline{\underline{935\text{W}}}$$

- d) Motorens effekttap:

$$\Delta P = P_t - P_a = 1100\text{W} - 935\text{W} = \underline{\underline{165\text{W}}}$$

OPPGAVER

2.5.1

I en krets går det 5 A i en time og spenningen er 230 V. Hvilket arbeid blir utført?

2.5.2

Hvilken effekt blir utviklet i en krets med verdiene 230 V og 12 A?

2.5.3

En resistans på 5 Ω har påtrykt en spenning på 110 V.

- Hvilken effekt blir utviklet i kretsen?
- Hva blir arbeidet som resistansen utvikler i 5 minutter?
- Regn ut arbeidet som utvikles i 1 time og 30 minutter.

2.5.4

I en krets går det en strøm på 5 A gjennom en resistans på 70 Ω .

- Finn effekten resistansen utvikler i kW.
- Hvilket arbeid blir utført på 70 minutter i kJ?

2.5.5

Gjennom en leder flyter det en ladning på 500 C i 15 sekunder. Til lederen er det tilkopleet en resistans på 25 Ω . Finn effekten som utvikles i resistansen og arbeidet som blir utført.

2.5.6

En likestrømmotor har en påstemplet effekt på 1,5 kW, en virkningsgrad på 0,85 og er tilkopleet en spenningskilde på 100 V.

- Hvilken effekt trekker motoren fra nettet?
- Motoren er i drift en hel arbeidsdag (8 timer), hvor mange MJ utvikles på en dag som elektrisk arbeid og mekanisk arbeid.

2.5.7

En vannturbin med virkningsgrad 0,75 driver en likestrøms-generator med virkningsgrad 0,9. Vannet som driver turbinen utvikler maksimalt 120 kW og generatoren har en spenning på 1000 V.

- a) Hvilken effekt kan generatoren gi ut på nettet?
- b) Hvor stort arbeid utfører generatoren på nettet og turbinen til akslingen på et døgn?

2.5.8

En 200 liters varmtvannstank med virkningsgrad $\eta=0,87$ er tilkopleet 230 V. For å varme opp 1 liter vann 1 °C trengs det 4,19 kJ.

- a) Hvilken effekt trengs for å varme opp tanken fra 20 til 90 °C på 4 timer?
- b) Hvilket arbeid utvikler varmtvannstanken?
- c) Hva koster det å varme opp tanken når kWh prisen er 47 øre?