

3.5 KOPLINGER MED SYMMETRISK ENERGIKILDER

SPENNINGSKILDE

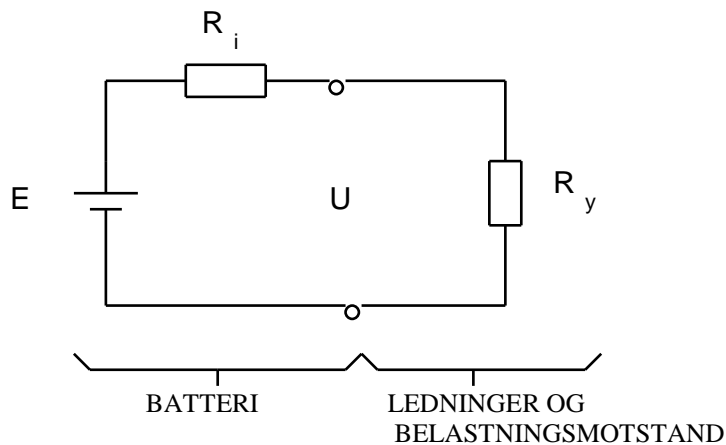
Den indre spenning som genereres i en spenningskilde kalles elektromotorisk spenning.

Elektromotorisk spenning kan ha flere navn som elektrisk kildespenning, e_{ms} , e_{mk} eller elektromotorisk kraft.

Spenningskilde kan f.eks være et batteri eller en generator.

Figur 3.5.1

Batteri:



Den elektromotoriske spenningen E er den indre spenningen som genereres inne i spenningskilden. Klemmespenningen U er mindre enn E fordi det er en indre resistans i Batteriet R . Klemmespenningen er den spenningen som kan måles på batteri klemmene. Et batteri eller en generator har et indre spenningsfall - effekttap.

Strømmen i kretsen:

$$I = \frac{E}{R_i + R_y} \quad 3.5.1$$

Klemmespenningen:

$$U = I \cdot R_y \quad 3.5.2$$

Kortslutningsstrømmen ved kortslutning av R_y :

$$I_K = \frac{E}{R_i} \quad 3.5.3$$

E	elektromotorisk spenning (V)
I	strømmen gjennom ytre krets og batteriet (A)
U	klemmespenningen, spenningen målt på batteripolene (V)
R_i	indre resistans, resistansen inne i spenningskilden (Ω)
R_y	ytre resistans, belastningsresistans (Ω)
I_K	kortslutningsstrømmen (A)

Den elektromotoriske spenningen er konstant for en generator. Et batteri vil få minkende elektromotorisk spenning og økende indre resistans nær batteriet svekkes.

Klemmespenningen til et batteri vil variere med størrelsen av belastningen. Når batteriet ikke er belastet (i tomgang) er klemmespenningen U lik elektromotorisk spenning.

Virkningsgraden til en energi kilde er forholdet mellom total effekt og effekten over ytre resistans (belastningen).

Energikildens virkningsgrad:

$$\eta = \frac{P_y}{P} = \frac{U}{E} = \frac{R_y}{R_i + R_y} \quad 3.5.4$$

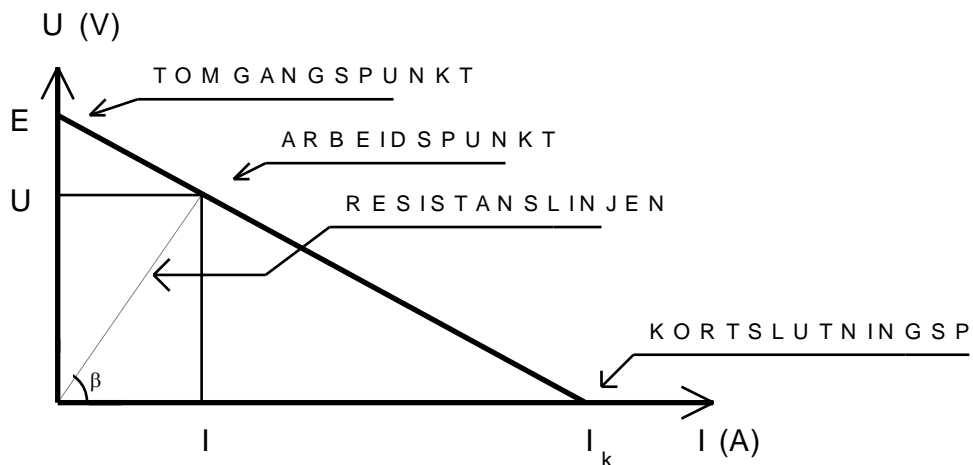
η	virkningsgraden til spenningskilden i forhold til ytre krets
P_y	effekten over belastningen (W)
P	total effekt, over indre resistans og ytre resistans (W)

Belastningslinjen viser hvordan en energikilde forandrer sine verdier når belastningen forandres. Når arbeidspunktet lengst opp langs spenningsaksen er energikilden i tomgang og når arbeidspunktet er lengst langs strømaksen er energikilden kortsluttet på klemmene.

Når belastningslinjen er mellom tomgangspunktet eller kortslutningspunktet er det tilknyttet en ytre belastning. Belastningens størrelse vil gi utslag i vinkelen til resistanslinjen.

Figur 3.5.2

Belastningslinjen $U=f(I)$:



Resistanslinjen som viser ytre resistans R_y kan uttrykkes på formelen:

$$R_y = \frac{U}{I} = \tan \beta$$

Eksempel 3.5.1

Et batteri har en elektromotorisk spenning på 1,45 V og en indre resistans på 0,2 Ω. Batteriet blir tilkopleet en ytre belastningsresistans på 3,0 Ω.

- Finn strømmen som går i kretsen.
- Hva blir batteriets klemmespenning?
- Hvor stor blir kortslutningsstrømmen til batteriet hvis det skulle skje kortslutning på batteri klemmene?
- Hvilken virkningsgrad har batteriet?

Løsning:

a)

$$I = \frac{E}{R_i + R_y} = \frac{1,45V}{0,2\Omega + 3,0\Omega} = 0,453A = \underline{\underline{453mA}}$$

b)

$$U = I \cdot R_y = 0,453A \cdot 3,0\Omega = \underline{\underline{1,36V}}$$

c)

$$I_K = \frac{E}{R_i} = \frac{1,45V}{0,2\Omega} = \underline{\underline{7,25A}}$$

d)

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{1,36V}{1,45V} = \underline{\underline{0,938}}$$

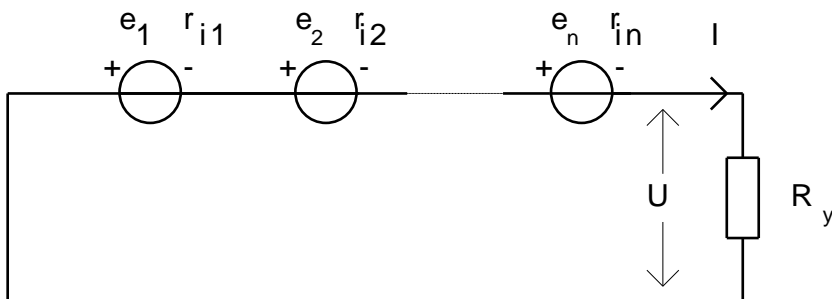
KOPLING AV SYMMETRISKE SPENNINGSKILDER

Symmetriske spenningskilder eller energikilder er når flere spenningskilder er koplet sammen og har samme indre resistans og elektromotorisk spenning. Spenningskildene kan koples i serie, parallell eller en blanding av serie og parallell.

SERIEKOPLING AV SPENNINGSKILDER

Når spenningskilder er koplet etter hverandre som perler på en snor er disse seriekoplet. Første spenningskilde er tilkopleet på negativ pol med andre spenningskilde positiv pol.

Figur 3.5.3



Sum elektromotorisk spenning:

$$E = e_1 + e_2 + \dots + e_n$$

eller på formene:

$$E = e_1 \cdot n$$

$$E = \sum e$$

3.5.5

Når spenningskilder seriekoples øker spenningen.

Sum strøm:

$$I = i$$

3.5.6

Sum indre resistans:

$$R_i = r_{i1} + r_{i2} + \dots + r_{in}$$

eller på formene:

$$R_i = r_i \cdot n$$

$$\boxed{R_i = \sum r_i}$$

3.5.7

n antall spenningskilder

Store bokstaver benyttes for summen av elektromotoriske spenninger og indre resistanser.

Små bokstaver benyttes pr spenningskilde for elektromotoriske spenninger og indre resistanser.

Eksempel 3.5.2

Tre like spenningskilder er seriekoplet til en ytre resistans på 4Ω . Hver spenningskilde har en elektromotorisk spenning på $2,0 \text{ V}$ og en indre resistans på $0,1 \Omega$

- Finn total elektromotoriskspenning- og indre resistans.
- Hva blir strømmen gjennom ytre resistans?
- Regn ut klemmespenningen.

Løsning:

a)

$$E = e_1 \cdot n = 2,0\text{V} \cdot 3 = \underline{\underline{6,0\text{V}}}$$

$$R_i = r_i \cdot n = 0,1\Omega \cdot 3 = \underline{\underline{0,3\Omega}}$$

b)

$$I = \frac{E}{R_i + R_y} = \frac{6,0\text{V}}{0,3\Omega + 4\Omega} = \underline{\underline{1,40\text{A}}}$$

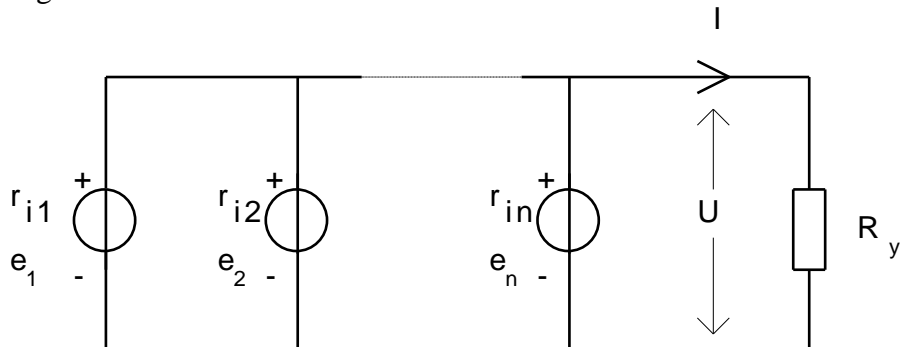
c)

$$U = I \cdot R_y = 1,40\text{A} \cdot 4\Omega = \underline{\underline{5,6\text{V}}}$$

PARALLELLKOPLING AV SPENNINGSKILDER

Når plusspolene på flere spenningskilder er koplet sammen er det parallellkopling.

Figur 3.5.4



Sum elektromotorisk spenning:

$$E = e_1 = e_2 = \dots = e_n \quad 3.5.8$$

Spenningen øker ikke ved parallellkopling av spenningskilder.

Sum strøm:

$$I = \sum i \quad 3.5.9$$

Ved parallellkopling av spenningskilder kan strømmen øke hvis ytre resistans er liten.

Sum indre resistans:

$$\frac{1}{R_i} = \sum \frac{1}{r_i} \quad 3.5.10$$

NB!

Ved parallellkopling av spenningskilder er alltid ytre resistans i serie med summen av de indre resistansene.

Eksempel 3.5.3

Tre like spenningskilder er parallellkoplet til en ytre resistans på 4Ω . Hver spenningskilde har en elektromotorisk spenning på $2,0 \text{ V}$ og en indre resistans på $0,1 \Omega$

- Finne total elektromotorisk spenning- og indre resistans.
- Hva blir strømmen gjennom ytre resistans?
- Regn ut klemmespenningen.

Løsning:

a)

$$E = e_1 = e_2 = e_3 = \underline{\underline{2,0V}}$$

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{r_i} \cdot n = \frac{1}{0,1\Omega} \cdot 3 \quad R_i = \underline{\underline{0,033\Omega}}$$

b)

$$I = \frac{E}{R_i + R_y} = \frac{2,0V}{0,033\Omega + 4\Omega} = \underline{\underline{0,496A}}$$

c)

$$U = I \cdot R_y = 0,496A \cdot 4\Omega = \underline{\underline{1,98V}}$$

OPPGAVER

3.5.1

En ytre resistans (belastnings resistans) på $4,3 \Omega$ blir forsynt med spenning fra et batteri med elektromotorisk spenning $2,2 \text{ V}$. Batteriets indre resistans er $0,1 \Omega$.

- Regn ut strømmen.
- Hva blir klemmespenningen (spenningen over ytre resistans)?
- Finn kortslutningsstrømmen når ytre resistans blir kortsluttet.
- Tegn belastningslinjen for kretsen i diagram $E=f(I)$. Merk Tomgangspunkt, arbeidspunkt og kortslutningspunkt.

3.5.2

Strømmen gjennom en ytre resistans på 5Ω er $0,46 \text{ A}$. Spenningsfallet over indre resistans er $0,023 \text{ V}$. Finn elektromotorisk spenning og indre resistans.

3.5.3

To batterier blir seriekople og tilkople en ytre resistans på 4Ω . Batteriene er like og har pr element en elektromotorisk spenning på $2,3 \text{ V}$ og indre resistans på $0,05 \Omega$. Regn ut strømmen som går i kretsen, klemmespenningen og spenningsfallet over hver av elementene.

3.5.4

Fire symmetriske batterier er seriekople. Hvert batteri har en elektromotorisk spenning på $1,55 \text{ V}$ og en indre resistans på $0,055 \Omega$ og er tilkople en ytre resistans på $3,5 \Omega$.

- Finn strømmen som går i kretsen.
- Regn ut klemmespenning og kortslutningsstrøm.
- Tegn belastningslinjen for kretsen i diagram $E=f(I)$. Merk Tomgangspunkt, arbeidspunkt og kortslutningspunkt.

3.5.5

To symmetriske batterier er parallellkople. Batteriene har en elektromotorisk spenning på $1,55 \text{ V}$ og en indre resistans på $0,055 \Omega$ og er tilkople en ytre resistans på 4Ω . Regn ut strømmen som går i kretsen, klemmespenningen og grenstrømmene gjennom hver av elementene.

3.5.6

Fire symmetriske batterier er parallellkople. Batteriene har en elektromotorisk spenning på 1,6 V og en indre resistans på 0,04 Ω og er tilkople en ytre resistans på 2,5 Ω .

- a) Finn strømmen som går i kretsen.
- b) Regn ut klemmespenning og kortslutningsstrøm.
- c) Tegn belastningslinjen for kretsen i diagram $E=f(I)$. Merk Tomgangspunkt, arbeidspunkt og kortslutningspunkt.

3.5.7

Til en ytre resistans på 5,0 Ω er det tilkople et batteri med flere celler. Den indre resistansen pr celle er 0,1 Ω og elektromotorisk spenning 2,2 V pr celle. Ledningene mellom batteri og ytre resistans har en resistans på 0,2 Ω pr leder. Hvor mange celler må vi seriekoble for å få en strøm på 4 A?