

$$\epsilon = U_{ydre} + U_{indre}$$

$$\epsilon \cdot I = U_{ydre} \cdot I + U_{indre} \cdot I$$

$$\epsilon \cdot I = R_{ydre} \cdot I^2 + R_{indre} \cdot I^2$$

$$\epsilon \cdot I \cdot \Delta t = R_{ydre} \cdot I^2 \cdot \Delta t + R_{indre} \cdot I^2 \cdot \Delta t = R_{ydre} \cdot Q^2 + R_{indre} \cdot Q^2$$

$$a = b + c = b + c$$

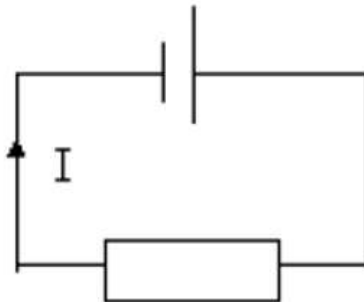
a: tilført energi til ladning Q

b: afgivet energi i ydre resistor af ladning Q

c: afgivet energi i indre resistor af ladning Q

Lad os betragte et kredsløb.

Figur 1.



Under ladningens bevægelse i kredsløbet afsættes der energi. Derfor vil strømmen hurtigt ophøre, hvis ikke der blev tilført energi et sted. Denne energitilførsel sker i spændingskilden (batteri, akkumulator, strømforsyning etc.)

Elektromotorisk kraft ϵ

Den elektriske potentielle energi der tilføres per ladning i spændingskilden, kaldes spændingskildens elektromotoriske kraft ϵ

Hvis en ladning q får energitilvæksten E_{til} ved at passere spændingskilden fås hermed.

$E_{\text{til}} = \epsilon q$ Energertilvækst for en ladning q ved passage af spændingskilden.
 eller

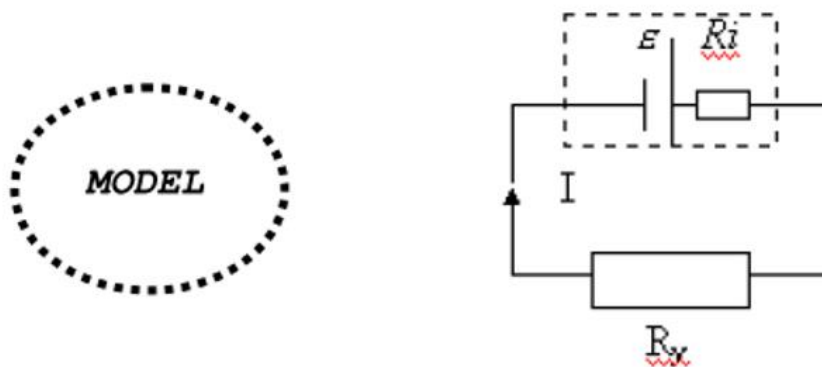
$\epsilon = E_{\text{til}}/q$ Energertilvækst per ladning ved passage af spændingskilden.

$$[\epsilon] = J/C = V$$

Bemærk: den elektromotoriske kraft er ikke en kraft i normal fysisk forstand, men en spændingsforskel.

Lad os betragte kredsløbet fra figur 1, men nu har vi indtegnet den indre modstand i spændingskilden.

Figur 2.



ε : spændingskildens elektromotoriske kraft, EMK
 R_i : spændingskildens indre modstand
 R_y : spændingskildens ydre modstand
 I : strømstyrken i kredsen.

Med en strømstyrke I føres der i løbet af tiden Δt ladningen $q = I \Delta t$ rundt i kredsen. Vi vil se på, hvad der energimæssigt sker, når ladningen q føres rundt i kredsløbet. Når ladningen q passerer spændingskilden, tilføres den energien $E_{\text{til}} = \varepsilon q$. Når ladningen passerer den indre og den ydre modstand, afgiver den energien

$$E_{\text{afg}} = (R_y + R_i) I^2 \Delta t \quad (\text{Joules lov}).$$

Da strømmen er konstant, er den energi ladningen tilføres i spændingskilden, lig med den energi ladningen afgiver i kredsløbet. Dvs.

$$\begin{aligned}
 & \Downarrow E_{\text{til}} = E_{\text{afg}} \\
 & \Downarrow \varepsilon q = (R_y + R_i) I^2 \Delta t \\
 & \Downarrow \varepsilon I \Delta t = (R_y + R_i) I^2 \Delta t \quad , \text{ da } I = q/\Delta t \Leftrightarrow q = I\Delta t \\
 & \Downarrow \boldsymbol{\varepsilon = (R_y + R_i) I} \quad \textit{Ohm's lov for et kredsløb. Ohm's 2.lov.}
 \end{aligned}$$

Spændingsforskellen mellem spændingskildens poler kaldes polspændingen U_{pol} . Denne spænding er lig med spændingen over den ydre modstand, så i følge Ohms 1.lov er

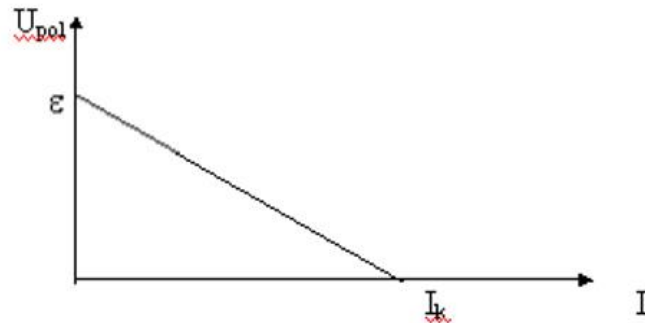
$$U_{\text{pol}} = R_y I$$

Indsættes dette i Ohms lov for et kredsløb fås:

$$\begin{aligned}
 & \Downarrow \varepsilon = R_y I + R_i I \\
 & \Downarrow \varepsilon = U_{\text{pol}} + R_i I \\
 & \Downarrow \boldsymbol{U_{\text{pol}} = \varepsilon - R_i I}
 \end{aligned}$$

Da ε og R_i er karakteristiske konstanter for en spændingskilde, kan vi, ved at måle sammenhængende værdier af U_{pol} og I og afsætte disse i et koordinatsystem, få en ret linie som vist nedenfor.

Figur 3.



Ud fra denne rette linie kan ε og R_i bestemmes.

- ε : er liniens skæringspunkt med 2-aksen.
- I_k : er liniens skæringspunkt med 1.-aksen.
- $-R_i$: er hældningskoefficienten for linien.

I_k er kortslutningsstrømmen for spændingskilden. Kortslettes spændingsforsyningen (spændingsforsyningens poler kortslettes med en kort tyk kobberledning) dvs. $R_y = 0$, vil $U_{\text{pol}} = 0$ og dermed vil

$$0 = \varepsilon - R_i I_k \quad \Leftrightarrow \quad I_k = \varepsilon / R_i.$$

Kortslettes spændingsforsyningen opnås den største strømstyrke, nemlig I_k . En sådan strømstyrke vil normalt ødelægge en spændingskilde meget hurtigt.!!

ε , der er spændingskildens elektromotoriske kraft, kaldes også spændingsforsyningens hvilespænding.

Thi, når strømmen i kredsløbet er 0 (kredsløbet er afbrudt), vil $U_{\text{pol}} = -R_i \cdot 0 + \varepsilon = \varepsilon$.

Den elektromotoriske kraft kan dog også sættes lig med U_{pol} , når $R_y \gg R_i$.

Det ses af

$$\begin{aligned} \varepsilon &= (R_y + R_i) I \\ \Downarrow \\ \varepsilon &= (1 + R_i/R_y) R_y I \\ \Downarrow \\ \varepsilon &= (1 + R_i/R_y) U_{\text{pol}} \\ \Downarrow \\ \varepsilon &= U_{\text{pol}} \quad , \text{ da } R_i \ll R_y \Leftrightarrow R_i / R_y \ll 1 \end{aligned}$$

Derfor kan spændingskildens elektromotoriske kraft måles med et voltmeter, blot ved at forbinde voltmeteret til spændingskildens poler.