



elab009a

# EMK och inre resistans - tvåpolen

Namn	Datum	Handledarens sign.
------	-------	--------------------

I den här laborationen skall du undersöka vad en tvåpol är och hur den fungerar. Viktiga begrepp att förstå är emk och inre resistans, effektanpassning och tvåpolens belastningslinje. Ett batteri kan betraktas som urtypen till en så kallad aktiv tvåpol och blir därför den viktiga komponenten i laborationen.

Förbered laborationen genom att första läsa genom det inledande avsnittet om batteriet.

Bilder och förklaringar i denna laboration är överkurs till kap.6 i boken Ellära med elektromagnetism.

## Batteriet - en tvåpol

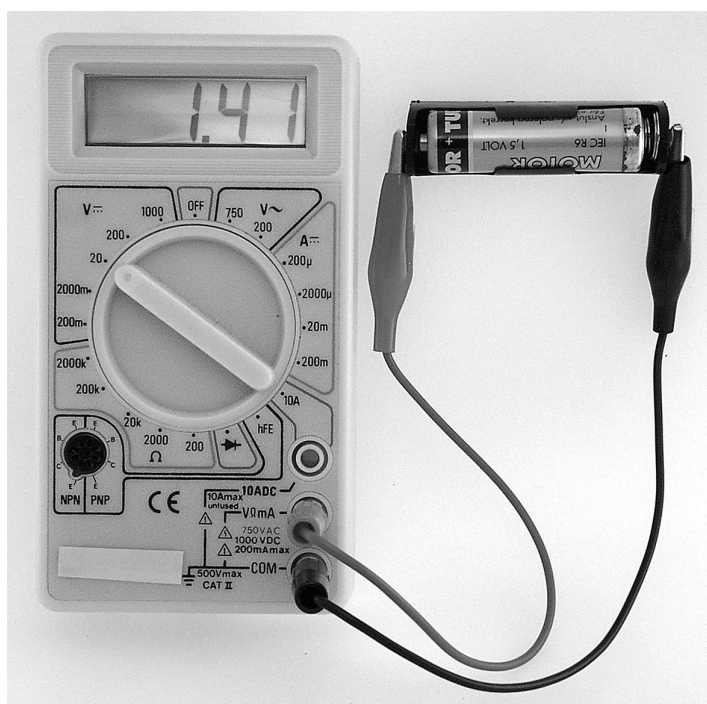
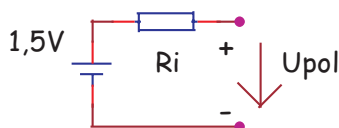
I den här laborationen skall du undersöka tvåpoler! Ett batteri kan betraktas som urtypen till en så kallad aktiv tvåpol.

En **aktiv tvåpol** har två anslutningar (poler) och en egen energikälla.

Om man kontrollmäter ett oinkopplat batteri med voltmeter som i bilden t.h. är spänningen med största sannolikhet 1,4 - 1,5V (beroende på typ av batteri).

Om batteriet är dåligt märker man det först när det kopplas in i en strömkrets. Vid en kontrollmätning av det inkopplade batteriets spänning kanske denna bara är 0,8V.

Förklaringen är att varje elektrisk energikälla (spänningskälla eller strömkälla) har en inre resistans. Batteriets beteende förklaras enkelt genom den här modellen:

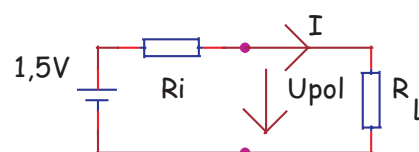


Batteriet betraktas här som bestående av en ideal inre spänningskälla (emk) som hela tiden håller sin cellspänning, i detta fall 1,5 V och ett inre motstånd ( $R_i$ ).

När man mäter det oinkopplade batteriets spänning mellan (+) och (-) med en digital voltmeter mäter man 1,5 V eftersom mätströmmen och därmed spänningsfallet över  $R_i$  kan försummas. Polspänningen ( $U_{pol}$ ) är i detta fall 1,5 V.

När batteriet kopplas in till en last börjar det flyta ström och då blir läget annorlunda.

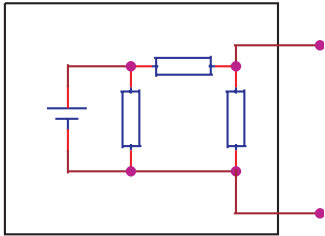
Med lasten  $R_L$  inkopplad flyter en ström  $I$  och det blir ett spänningsfall över  $R_i$  varvid  $U_{pol}$  sjunker, kanske till just 0,8 V.



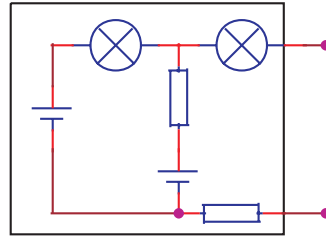
## Tvåpolsförenklingens ABC

Modellen för ett batteri är urtypen till en mycket användbar förenkling i elektroniken.

A) Tänk dig en svart låda från vilken det sticker ut två anslutningar. Det kan vara ett batteri men lika gärna detta:

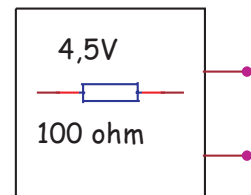


eller detta:

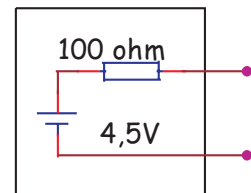


eller något annat!

B) Tänk nu vidare att du inte kan öppna och titta efter men du mäter spänningen mellan polerna till 4,5V och genom experiment får du fram att det verkar som om det fanns en inre resistans på 100 ohm. Det tycks alltså som om lådan innehöll detta:



C) Eftersom "lådan" uppträder på detta sätt kan den också förenklas till detta schema:



## Tvåpolsatsen

Detta sätt att resonera har visat sig mycket praktiskt och lett fram till en viktig sats i elektroniken som kallas för **tvåpolsatsen** (eller **Thevenins teorem**).

Lite förenklat säger tvåpolsatsen att varje tvåpol som innehåller spänningskällor, strömkällor och resistanser **kan förenklas till en enkel tvåpol med en spänningskälla (E eller emk) och en inre resistans (Ri)**.

Den inre spänningskällan (emk:n) betraktas som ideal dvs. utan inre resistansen (den är inräknad i Ri).

Tvåpolsatsen anger också en metod att beräkna E och Ri.

### Så här beräknas E:

E är den spänning man mäter mellan polerna när tvåpolen är **obelastad** (last ej inkopplad) - den kallas **tomgångsspänningen**.

### Så här beräknas Ri:

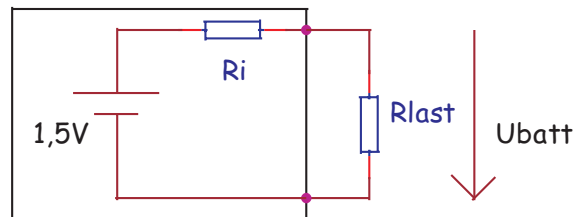
Ri är den resistans man mäter mellan polerna med tvåpolen **obelastad** (last ej inkopplad).

## Utrustning för denna laboration

- \* Analog eller Digital multimeter som kan mäta ström.
- \* Spänningsaggregat som ger variabel utspänning 0-10 V.
- \* Kopplingsplatta.
- \* Diverse: Kopplingsladdar för spänningsaggregat , flera färger isolerad enkelledare till kopplingsplattan samt avbitartång.
- \* Komponentssats: Motstånd: 3,3 kohm ( 1st), 4,7 ohm (2st), vridpotentiometer 10 kohm med anslutningsledare, battericell 1,5 V i batterihållare. (Komponentssats: ELK009A)

## Batteriets emk och inre resistans

Detta är principen för kopplingen:



- Mät batterispänningen (polspänningen) med lasterna enligt nedan (ingen last avbrott, inte kortslutning!).

**OBS:** För att spara batteriet har du det inkopplat endast under tiden du mäter spänningen.

- Strömmen genom lasten beräknar du med hjälp av mätt spänning och värdet på lasten.
- Beräkna slutligen batteriets inre resistans  $R_i$ .

$R_{last}$	$U_{bat}$ (V)	I (mA)	$R_i$
ingen last			
4,7 ohm			
4,7//4,7 ohm			

- Ange batteriets emk: \_\_\_\_\_ V

- Vilken betydelse har batteriets inre resistans?

---

- Vad tror du händer med batteriets inre resistans efterhand som batteriet förbrukas?

---

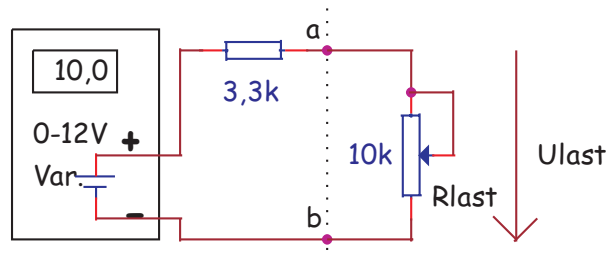
- Ett exempel: När man drar runt startmotorn i en bil, innan bilen hinner starta, sjunker batteriet polspänning ofta rejält (10-11 V)!

Förklara resultatet: \_\_\_\_\_

## Aktiv tvåpol – effektanpassning och belastningslinje

Du skall nu undersöka hur man uppnår **effektanpassning** samt lära dig grafiskt konstruera en **arbetslinje** för en tvåpol.

- Koppla upp en tvåpol enligt schemat nedan. Ställ in utspänningen - utan last - till 10V. I serie med spänningskällan kopplar du till en yttre resistans (3,3 kohm) som får representera den inre resistansen (kraftaggregatets egen inre resistans kan försummas). Resultatet blir en tvåpol med emk:n 10V och  $R_i = 3,3 \text{ kohm}$ .
- Du kopplar också in en variabel last genom ett variabelt motstånd (potentiometer) på 10 kohm.



- Du skall nu mäta spänningen över tvåpolen (polspänningen) vid olika last dvs. olika läge på vridpotentiometern. Genom att variera lasten får du olika  $U_{last}$ ! (Utspänningen från källan skall vara konstant - 10V)
- För varje inställt värde på  $U_{last}$  mäts strömmen indirekt genom en spänningsmätning över  $R_i$  + en beräkning.
- När alla mätningar är gjorda beräknar du lastens storlek (ohms lag) samt effektutveckling i lasten för varje tabellvärde på  $U_{last}$ .

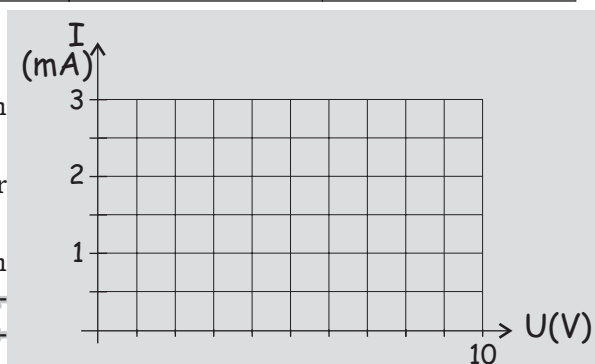
$U_{last}$	$U_{3,3k}$ (V)	I (mA)	$R_{last}$ (kohm)	P(last) (mW)
0V				
1V				
2V				
3V				
4V				
4,5V				
5V				
5,5V				
6.5V				
7,5V				
10V				

### Tvåpolens arbetslinje

- Rita i diagrammet t.h. strömmen I (y-axel) som en funktion av spänningen över lasten  $U_{last}$  (x-axel).

Den resulterande linjen kallas tvåpolens **arbetslinje** eller **belastningslinje**.

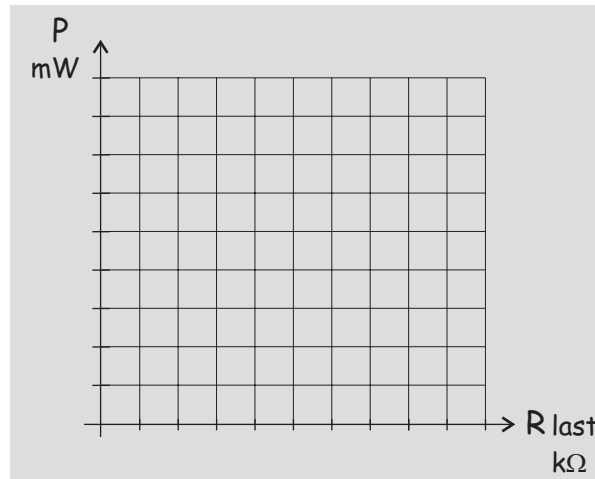
Lägg märke till att det blir en rät linje som skär y-axeln i  $I_{max} = E/R_i = 3 \text{ mA}$  vilket kallas **kortslutningsströmmen** och x-axeln i  $U_{last} = E = 10 \text{ V}$  känd som **tomgångsspänningen**.



## Effektanpassning

På grundval av mätningarna har du även räknat ut den effekt i lasten som utvecklas vid olika stor last.

- Rita i diagrammet nedan effekten  $P$  i  $R_{last}$  (y-axel) som funktion av resistansen hos lasten  $R_{last}$  (x-axel).



Kurvan kommer att ha ett maximum för effektutveckling i lasten.

- Vid vilken last erhålls detta maximum? \_\_\_\_\_

Vid maximum har man s.k. **effektanpassning** vilket motsvarar **maximal effekt ut** från en tvåpol. Effektanpassning inträffar alltid då  **$R_{last} = R_i$** .

- Beräkna max effekt ( $R_{last} = R_i$ ) och jämför med kurvans resultat.

- Beräknad max effekt: \_\_\_\_\_

- Max effekt enligt kurvan: \_\_\_\_\_

## Mina synpunkter

Jag tycker den här laborationen var:

- Tråkig    Jobbig    Rolig  
 Svår    Lagom    Lätt    Lärorik   och/eller: \_\_\_\_\_

Lämna gärna dina synpunkter i rutan ovan och/eller direkt till författaren [nilsake@bde.se](mailto:nilsake@bde.se).

Du hittar fler laborationer och annat som hör till ämnet ellära på hemsidan: [www.bde.se/ellara.htm](http://www.bde.se/ellara.htm)