

# 1. CORRENT CONTINU

## 1. Naturalesa de l'electricitat

L'electricitat forma part de l'estructura de la matèria. Àtom és la part més petita que pot existir d'un cos simple o element. L'àtom està constituït per les següents parts (Fig. 1.1):

1) Un **nucli** o centre, format per les següents partícules:  
*Protons*, que manifesten propietats elèctriques (elec. positiva)  
*Neutrons*, que no manifesten propietats elèctriques.

2) Una **escorça**, formada per partícules anomenades *electrons*, amb propietats elèctriques contràries als protons (elec. negativa) i que giren al voltant del nucli.

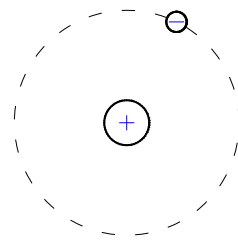


Fig 1.1

En estat normal l'àtom és elèctricament neutre: té igual nombre de protons que d'electrons.

## 2. Electrón

És una partícula que forma part de l'escorça de l'àtom i l'única que té a la vegada càrrega elèctrica i mobilitat.

## 3. Cos electrilitzat

Un cos en estat normal, no electrilitzat, té en els seus àtoms igual nombre de protons que d'electrons.

Un cos està electrilitzat o carregat positivament quan té defecte d'electrons.

Un cos està electrilitzat o carregat negativament quan té excés d'electrons.

## 4. Càrrega elèctrica

La càrrega elèctrica o quantitat d'electricitat d'un cos és l'excés o defecte d'electrons.

La càrrega elèctrica es representa amb la lletra **Q**.

## 5. Accions entre càrregues elèctriques

Càrregues del mateix signe es repel·leixen i de signe contrari s'atreuen.

## 6. Unitat de càrrega elèctrica

La unitat de càrrega elèctrica és la càrrega de l'electrón ( igual i de signe contrari que la del protón). Per ser aquesta una càrrega massa petita s'utilitza com unitat el **coulomb**, que es representa per la lletra **C**.

La càrrega d'un coulomb equival a la càrrega de  $6,25 \cdot 10^{18}$  electrons.

## 7. Conductors

Són cossos que permeten la circulació d'electrons pel seu interior.

Els àtoms d'aquests cossos tenen electrons dèbilment atrets pel nucli (electrons lliures), que poden moure's dins del conductor.

Els cossos més conductors són els metalls, sent els millors la plata, el coure, l'or i l'alumini, per aquest ordre.

## 8. Aïllants

Són cossos que no permeten la circulació d'electrons pel seu interior.

Els àtoms d'altres cossos tenen tots els seus electrons fortament atrets pel nucli.

Són materials aïllants el paper, els plàstics, el vidre, l'aire, l'oli, l'aigua destil·lada, etc.

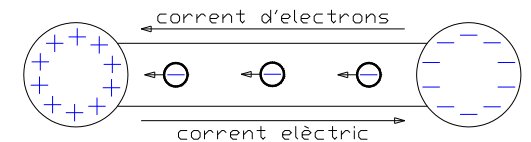


Fig 1.2

## 9. Corrent elèctric

És la circulació de càrregues elèctriques per l'interior d'un conductor. Si dos cossos, amb càrregues diferents, s'uneixen mitjançant un conductor, s'estableix per aquest una circulació o corrent d'electrons (Fig 1.2) del cos negatiu al positiu.

Per conveni, establert abans del descobriment dels electrons, s'admet que el sentit del corrent elèctric és del cos positiu al negatiu.

## 10. Classes de corrent elèctric

**a) Corrent continu** (DC, *Direct Current*) circula sempre en el mateix sentit amb uns valors constant. La produeixen les dinamos, piles i acumuladors. El corrent continu és pulsatòria quan circula sempre en el mateix sentit, però variant al mateix temps el seu valor. S'obté de l'alterna mitjançant rectificador.

**b) Corrent altern** (AC, *Altern Current*) circula alternativament en els dos sentits, variant al mateix temps el seu valor. La produeixen els alternadors.

## 11. Efectes produïts pel corrent elèctric

**1) Efectes calorífics:** El corrent produeix calor al circular pels conductors.

**2) Efectes magnètics:** El corrent elèctric crea un camp magnètic al voltant del conductor pel qual circula.

**3) Efectes químics:** El corrent elèctric descompon alguns líquids (electròlits).

## 12. Intensitat de corrent elèctric

És la quantitat d'electricitat que circula per un conductor en la unitat de temps. La intensitat de corrent es representa amb la lletra **I**.

La intensitat de corrent en un conductor serà tant més elevada com més electrons es desplacin en cada segon pel conductor.

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1)$$

On:

I: Intensitat de corrent elèctric, mesurat en A.

Q: Càrrega elèctrica, mesurada en C.

t: temps, mesurat en segons.

## 13. Unitat d'intensitat de corrent elèctric

La unitat de corrent elèctric és l'**ampere**, que es representa per la lletra **A**. S'utilitza molt el submúltiple de l'ampere, el miliamper (**mA**). L'ampere és la intensitat de corrent en un conductor pel qual circula la càrrega d'un coulomb cada segon.

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

## 14. Mesura d'intensitat

La intensitat de corrent elèctric es mesura amb un aparell anomenat **amperímetre**, que s'intercala en el conductor (Fig. 1.3) la intensitat del qual es vol mesurar.

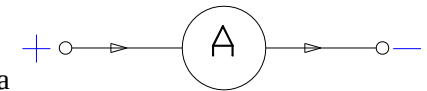


Fig 1.3

## 15. Resistència elèctrica

És la dificultat que oposa un cos a la circulació del corrent elèctric. Es representa per la lletra **R**. A la inversa de la resistència es denomina conductància **G**.

$$G = \frac{1}{R}$$

Els electrons lliures, al circular per un conductor, (Fig. 1.4) han de superar la dificultat al seu desplaçament que presenten els àtoms que ho constitueixen.

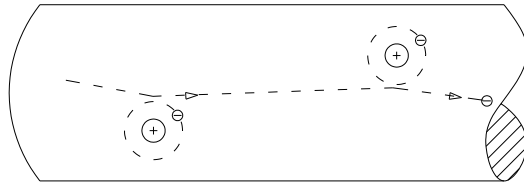


Fig 1.4

## 16. Unitat de resistència elèctrica

La unitat de resistència elèctrica és l'ohm, que es representa per la lletra **Ω** (omega). S'utilitza molt un múltiple de l'ohm, el megaohm (**MΩ**).

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

La conductància es mesura en **siemens (S)**.

$$1 \text{ S} = \frac{1}{1 \Omega}$$

Es defineix l'ohm com la resistència elèctrica que presenta a 0° C de temperatura una columna de mercuri de 106,3 centímetres de longitud i d'un mil·límetre quadrat de secció.

## 17. Resistència d'un conductor

La resistència d'un conductor és directament proporcional a la seva longitud, inversament proporcional a la seva secció, (Fig. 1.5) i depèn del tipus de material i de la temperatura.

Com més longitud té el conductor, major camí han de recórrer els electrons lliures, que tindran major dificultat en el seu desplaçament. Com més secció té el conductor, els electrons lliures tenen més amplitud per circular i tindran menor dificultat en el seu desplaçament.

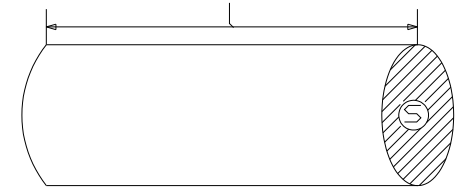


Fig. 1.5

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} \quad (2)$$

On :

**R**: Resistència del conductor, mesurada en **Ω**.

**l**: Longitud del conductor, mesurada en m.

**s**: Secció del conductor, mesurada en mm<sup>2</sup>.

**ρ**: **Coefficient de resistivitat**, mesurat en Ω·mm<sup>2</sup> / m.

A la inversa de la resistivitat se l'anomena conductivitat **c**.

Elementos o materiales	Conductividad	resistividad
Plata	0,6305	0,0164
cobre	0,5958	0,0172
oro	0,4464	0,0230
aluminio	0,3767	0,0278
Latón	0,1789	0,0590
Cinc	0,1690	0,0610
Cobalto	0,1693	0,0602
Niquel	0,1462	0,0870
hierro	0,1030	0,0970
Acero	0,1000	0,1000
platino	0,0943	0,1050
Estaño	0,0839	0,1200
plomo	0,0484	0,2815
Magnesio	0,0054	2,700
Cuarzo	0,0016	4,500
Grafito	0,0012	8,000
madera seca	,00010	10,000
carbón	0,00025	40,000

$$c = \frac{1}{\rho}$$

## 18. Variació de la resistència amb la temperatura

La resistència dels conductors metàl·lics augmenta en augmentar la temperatura.

Quan augmenta la temperatura, els electrons lliures, al circular dins del metall, es mouren més desordenadament augmentant els fregaments amb els àtoms pròxims, amb el que tindran més dificultat en el seu desplaçament.

El carbó i els electrolítics disminueixen les seves resistències amb l'augment de temperatura, mentre que el constantan (aliatge de coure i níquel) manté la seva resistència constant.

La resistència d'un conductor varia amb la temperatura segons la següent llei:

$$R_2 = R_1 \cdot [1 + \alpha \cdot (t_2 - t_1)] \quad (3)$$

On :

$R_2$  : Resistència a temperatura  $t_2$ , mesurada en  $\Omega$ .

$R_1$  : Resistència a temperatura  $t_1$ , mesurada en  $\Omega$ .

$\alpha$ : Coeficient de variació de resistència amb la temperatura, mesurat en  $1/^\circ\text{C}$  (graus recíprocs).

### 18a. Tipus de resistències en electrònica

En una primera classificació tenim tres tipus de resistències:

Resistències fixes.

Resistències ajustables i potenciòmetres.

Resistències dependents d'una magnitud física externa (transductors resistius).

### 19. Tensió elèctrica

La tensió elèctrica entre dos punts d'un conductor es defineix com el treball necessari per desplaçar la unitat de càrrega entre un i un altre punt. A aquesta tensió se li anomena també diferència de potencial (d.d.p.) entre aquests punts. Si dos cossos no tenen la mateixa càrrega elèctrica, hi ha una diferència de potencial entre ells.

La tensió elèctrica es representa per la lletra V o U, preferible aquesta última.

### 20. Unitat de tensió elèctrica

La unitat de tensió elèctrica és el **volt**, que es representa per la lletra **V**.

S'utilitza molt el múltiple del volt, el kilovolt (**kV**);  $1\text{kV} = 1000\text{ V}$ .

S'utilitza molt el submúltiple el volt, el milivolt

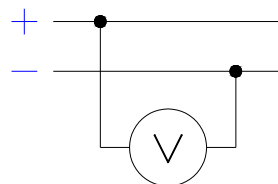


Fig. 1.6

(mV);  $1\text{mV} = 0,001\text{ V}$

### 21. Mesura de tensió elèctrica

La tensió elèctrica o diferència de potencial entre dos punts es mesura amb un aparell anomenat voltímetre, que es connecta als dos punts la tensió dels quals es vol mesurar (Fig.1.6).

### 22. Llei d'Ohm

La intensitat de corrent que circula per un conductor és directament proporcional a la tensió elèctrica o diferència de potencial entre els seus extrems i inversament proporcional a la seva resistència (Fig. 1.7).

La tensió elèctrica entre els extrems del conductor impulsa als electrons a través d'ell.

Si augmenta la tensió elèctrica entre els extrems del conductor, també augmenta la velocitat de desplaçament dels electrons, establint-se una major intensitat de corrent.

Mantenint la tensió elèctrica constant, per a un altre conductor que ofereixi una major resistència, disminueix la velocitat de desplaçament dels electrons, establint-se una menor intensitat de corrent.

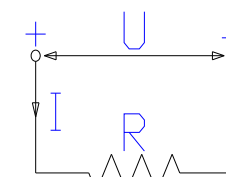


Fig 1.7

$$I = \frac{U}{R} \quad (4)$$

On:

I: Intensitat de corrent elèctric, mesurat en A.

U: Voltatge, mesurat en V.

R: Resistència, mesurada en  $\Omega$ .

### 23. Volt

El volt es defineix com la tensió que cal aplicar a un conductor d'un ohm de resistència perquè per ell circuli la corrent d'un ampere.

## 24. Caiguda de tensió en un conductor

És la disminució de tensió com a conseqüència de la resistència que el conductor presenta al pas d'un corrent elèctric (Fig. 1.8).

La caiguda de tensió en una resistència és igual a la tensió o diferència de potencial entre els seus extrems.

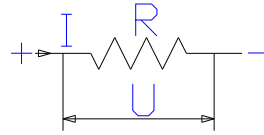


Fig 1.8

$$U = I \cdot R \quad (4b)$$

On:

U: Voltatge, mesurat en V.

I: Intensitat de corrent elèctric, mesurat en A.

R: Resistència, mesurada en  $\Omega$ .

## 25. Caiguda de tensió en una línia de transport de energia elèctrica

És la diferència entre les tensions al principi i al final de la línia (fig. 1.9). Aquesta disminució de tensió és conseqüència de la resistència dels conductors de la línia al pas del corrent elèctric.

$$U_{R_h} = U_i - U_f \quad (5)$$

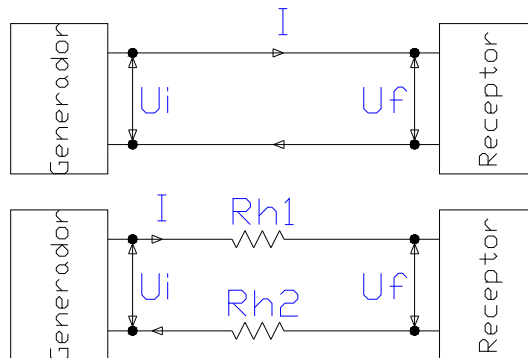


Fig. 1.9

On:

$U_{R_h}$ : Caiguda de tensió a la línia, mesurada en V.

$U_i$ : Tensió al principi de la línia, mesurada en V.

$U_f$ : Tensió al final de la línia, mesurada en V.

## 26. Potència elèctrica

És el treball desenvolupat per unitat de temps. La potència elèctrica és el producte de la tensió per la intensitat de corrent.

$$P = U \cdot I \quad (6)$$

On:

P: Potència elèctrica, mesurada en W.

U: Voltatge, mesurat en V.

I: Corrent elèctric, mesurat en A.

## 27. Unitat de potència

La unitat de potència és el **watt**, que es representa per la lletra **W**. S'utilitza molt un múltiple del watt, el kilowatt (**kW**),  $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ .

El watt és la potència que es consumeix un aparell si en aplicar-li la tensió d'un volt circula per ell la intensitat de corrent d'un ampere

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$$

En mecànica s'utilitza com unitat de potència el cavall de vapor (CV o bé HP)

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

## 28. Potència perduda en un conductor

Al circular un corrent elèctric per un conductor, hi ha una pèrdua de potència, que és el producte de la resistència del conductor pel quadrat de la intensitat de corrent.

$$P = I^2 \cdot R \quad (7)$$

On:

P: Potència, mesurada en W.

I: Corrent, mesurat en A.

R: Resistència, mesurada en  $\Omega$ .

## 29. Energia elèctrica

Energia és la capacitat per produir treball. L'energia o treball és el producte de la potència pel temps durant el qual actua aquesta potència.

$$E = P \cdot t \quad (8)$$

On:

E: Energia elèctrica, mesurada en J.

P: Potència, mesurada en W.

t: Temps, mesurat en s.

## 30. Unitat elèctrica d'energia

La unitat d'energia és el watt • segon, que s'anomena **joule** i es representa per la lletra **J**.

La unitat pràctica d'energia elèctrica és el watt•hora (Wh). S'utilitza molt una unitat múltiple de l'anterior, el kilowatt•hora (**kWh**).

$$1\text{kWh} = 1000 \text{ Wh}$$

## 31. Calor produït en un conductor

Al circular un corrent per un conductor, que presenta una resistència, hi ha una pèrdua d'energia elèctrica, que es transforma íntegrament en energia calorífica.

Aquest fenomen es coneix com **efecte Joule**.

L'energia elèctrica perduda en el conductor és:

$$E = P \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t \quad (9)$$

On:

E: Energia elèctrica, mesurada en J.

P: Potència elèctrica, mesurada en W.

t: Temps, mesurat en s.

I: Intensitat, mesurada en A.

R: Resistència, mesurada en  $\Omega$ .

La calor produïda en el conductor:

$$q = 0.24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \quad (10)$$

On:

q: Energia calorífica, mesurada en calories (cal).

I: Intensitat, mesurada en A.

R: Resistència, mesurada en  $\Omega$ .

t: Temps, mesurat en s.

## 32. Densitat de corrent elèctric

La densitat de corrent elèctric és la relació entre el valor de la intensitat de corrent elèctric que circula per un conductor i la secció geomètrica del mateix (Fig. 1.10). Es representa per la lletra  $\delta$  (delta).

$$\delta = \frac{I}{S} \quad (11)$$

On:

$\delta$ : Densitat de corrent elèctric, mesurat en A/mm<sup>2</sup>.

I: Corrent elèctric, mesurat en A.

S: Secció del conductor, mesurada en mm<sup>2</sup>.

La densitat de corrent en els conductors es limita reglamentàriament per evitar el seu excessiu escalfament per efecte Joule.

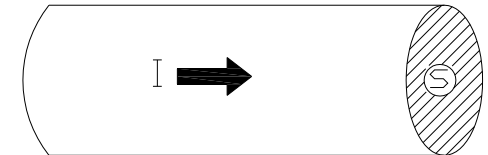


Fig. 1.10

## 33. Curtcircuit

S'anomena curtcircuit a la unió de dos punts, entre els quals hi ha una tensió elèctrica o d.d.p., per un conductor pràcticament sense resistència (Fig. 1.11); el

que origina, segons la llei d'ohm, una intensitat de valor molt elevat.

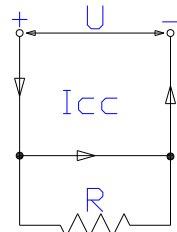


Fig. 1.11

### 34. Fusible o tallacircuits

És una porció d'una línia elèctrica que s'ha fet de menor secció que la resta de la mateixa, amb la finalitat que es fongui per efecte Joule quan la intensitat pren un valor molt elevat (sobrintensitat); interrompent així el pas del corrent elèctric.

Com fusibles s'utilitzen fils de coure o de plom.

### 35. Resistència de contacte

Quan s'uneixen dos conductors per establir un contacte elèctric entre ells, existeix una resistència elèctrica en el punt d'unió, que s'anomena resistència de contacte. La unió s'escalfa per efecte Joule quan circula per ella un corrent elèctric.

Per evitar que la resistència de contacte sigui elevada cal fer la unió el més perfecte possible.

### 36. Acoblament de resistències en sèrie

La connexió en sèrie de dues o més resistències consisteix a connectar-les unes a continuació de les altres (Fig. 1.12). L'acoblament té les següents característiques:

1) Totes les resistències són recorregudes per la mateixa intensitat de corrent elèctric.

$$I = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} \quad (12a)$$

2) La tensió total en extrems de l'acoblament és igual a la suma de tensions en extrems de cada resistència.

$$U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \quad (12b)$$

3) La resistència total de l'acoblament és igual a la suma de totes les resistències connectades.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (12c)$$

Els electrons lliures, al circular successivament per diversos conductors, que presenten oposició al seu desplaçament, tindran més dificultat que per circular per un sol conductor.

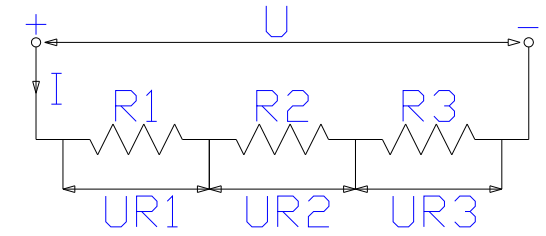


Fig. 1.12

### 37. Reòstats

Són resistències variables utilitzades per regular la intensitat de corrent elèctric que circula per un aparell (Fig. 1.13).

Segons la llei d'Ohm la intensitat disminueix a l'augmentar la resistència en el reòstat.

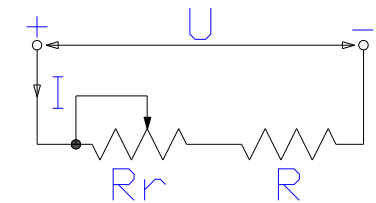


Fig 1.13

$$I = \frac{U}{R + R_r} \quad (13)$$

On:

I: Corrent elèctric, mesurat en A.

U: Voltatge, mesurat en V.

R<sub>r</sub>: Resistència del reòstat, mesurada en Ω.

en Ω.

R: Resistència del receptor, mesurada en Ω.

en Ω.

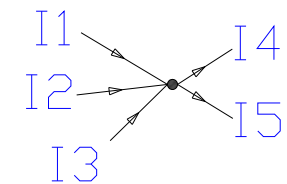


Fig. 1.14

### 38. Primera llei de Kirchhoff

La suma d'intensitats de corrent que arriben a un punt de connexió de diversos conductors és igual a la suma d'intensitats de corrent que s'allunyen d'ell (Fig. 1.14).

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 \quad (14)$$

Els electrons lliures circulen pel punt de connexió, essent el nombre d'electrons que arriben a l'esmentat punt, en un determinat temps, igual al nombre d'electrons que surten del mateix.

### 39. Acoblament de resistències en paral·lel

La connexió en paral·lel de dues o més resistències consisteix a connectar els extrems de totes elles a dos punts comuns (Fig. 1.15).

L'acoblament té les següents característiques:

- 1) La tensió elèctrica entre els extrems de les resistències és igual per a totes elles.

$$U = U_{R1} = U_{R2} = U_{R3} \quad (15a)$$

- 2) La intensitat de corrent total de l'acoblament és igual a la suma de les intensitats de corrent que circulen per cada resistència.

$$I_t = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} \quad (15b)$$

- 3) La resistència total de l'acoblament és igual a la inversa de la suma de les inverses de les resistències connectades.

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (15c)$$

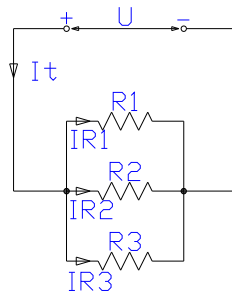


Fig. 1.15

Els electrons lliures, quan circulen per diversos conductors en paral·lel, al tenir diversos camins per circular, té menor dificultat en el seu desplaçament que si circulessin per un sol conductor.

### 40. Generador elèctric

És un aparell que transforma en energia elèctrica en una altra classe d'energia.

### 41. Generador de corrent continu

És un generador que manté entre els seus borns (punts de connexió) una tensió de polaritat fixa.

Aquí tenim diferents símbols utilitzats per representar un generador de corrent continu (Fig. 1.16).

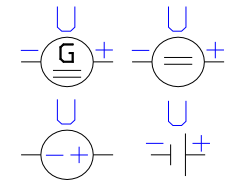


Fig. 1.16

### 42. Característiques d'un generador

a) **Força electromotriu:** És la causa que manté una tensió elèctrica en borns del generador. La força electromotriu (f.e.m.) és la tensió elèctrica originada en el generador, que impulsa als electrons lliures del born negatiu al positiu al circuit exterior i del positiu al negatiu a l'interior del generador. La f.e.m. es representa amb la lletra  $E_G$  i es mesura en volts.

b) **Intensitat nominal:** És la màxima intensitat de corrent que pot circular pel generador sense provocar efectes perjudicials que poguessin deteriorar-la. La representem per  $I_N$ .

c) **Resistència interna:** És la resistència dels conductors interns del generador. Es representa amb la lletra  $r_{iG}$ .

### 43. Tensió en borns d'un generador

Quan un generador subministra un corrent elèctric, el valor de la tensió en



borns és igual al valor de la f.e.m. menys la caiguda de tensió interior segons la següent expressió:

$$U_{BG} = E_G - U_{riG} = E_G - r_{iG} \cdot I \quad (16)$$

On:

$U_{BG}$ : Tensió en borns del generador, mesurada en V.

$U_{riG}$ : Caiguda de tensió interna del generador, mesurada en V.

$E_G$ : Força electromotriu (f.e.m.) del generador, mesurada en V.

$r_{iG}$ : Resistència interna del generador, mesurada en  $\Omega$ .

$I$ : Intensitat subministrada pel generador, mesurada en A.

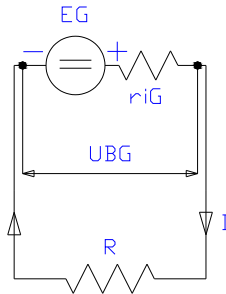


Fig. 1.17

Quan un generador forma part d'un circuit tancat (Fig. 1.17) subministra un corrent elèctric, la tensió en borns d'aquest generador sempre és menor que la f.e.m., per culpa de la caiguda de tensió interna. Es diu que el generador treballa en càrrega.

Quan el generador forma part d'un circuit obert, no subministra corrent elèctric i la tensió en borns és igual a la f.e.m. És diu que el generador treballa en buit.

#### 44. Potència total produïda pel generador

És el valor de la potència elèctrica produïda, igual al producte de la f.e.m. del generador per la intensitat que subministra.

$$P_{TG} = E_G \cdot I \quad (17)$$

On:

$P_{TG}$ : Potència total del generador, mesurada en W.

$E_G$ : Força electromotriu del generador, mesurada en V.

$I$ : Intensitat subministrada pel generador, mesurada en A.

#### 45. Potència elèctrica perduda en el generador

És la potència perduda en la resistència interna del generador, igual al producte de la resistència interna pel quadrat de la intensitat que subministra.

$$P_{pG} = r_{iG} \cdot I^2 \quad (18)$$

On:

$P_{pG}$ : Potència perduda al generador, mesurada en W.

$r_{iG}$ : Resistència interna del generador, mesurada en  $\Omega$ .

$I$ : Intensitat subministrada pel generador, mesurada en A.

#### 46. Potència útil del generador

És el valor de la potència elèctrica que el generador entrega al circuit exterior, igual al producte de la tensió en borns per la intensitat que subministra.

$$P_{UG} = U_{BG} \cdot I \quad (19)$$

On:

$P_{UG}$ : Potència útil del generador, mesurada en W.

$U_{BG}$ : Tensió en borns del generador, mesurada en V.

$I$ : Intensitat subministrada pel generador, mesurada en A.

La potència útil és igual a la potència total menys la potència perduda.

$$P_{UG} = P_{TG} - P_{pG} \quad (20)$$

#### 47. Llei d'Ohm generalitzada $L\Omega G$

La intensitat de corrent elèctric que circula per un circuit és directament proporcional a la f.e.m. total del circuit i inversament proporcional a la resistència total del mateix.

$$I = \frac{E_T}{R_T} = \frac{E_1 - E_2 + E_3}{r_{i1} + r_{i2} + r_{i3} + R} \quad (21)$$

On:

I: Corrent que circula pel circuit, mesurat en A.  
 $E_T$ : f.e.m. total del circuit, mesurada en V.  
 $E_n$ : f.e.m. del generador n, mesurada en V  
 $r_{in}$ : Resistència interna del generador n, mesurada en  $\Omega$ .  
 $R_T$ : Resistència total del circuit, mesurada en  $\Omega$ .  
R: Resistència del receptor, mesurada en  $\Omega$ .

Si al circuit hi ha diverses forces electromotrius (Fig. 1.18) es consideren positives les que afavoreixen la circulació del corrent i negatives les que s'oposen.

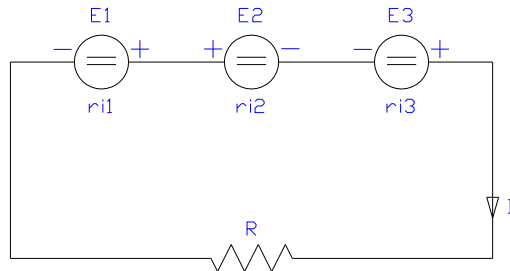


Fig. 1.18

#### 48. Potència absorbida per un generador. Rendiment industrial d'un generador

La potència absorbida per un generador mecànic (dinamos) és la potència aplicada a l'eix de la màquina per tal de produir energia elèctrica.

La relació entre la potència útil que subministra el generador i la potència que absorbeix, és el rendiment industrial del generador i es representa per  $\eta_{iG}$  (eta).

$$\eta_{iG} = \frac{P_{UG}}{P_{abG}} \quad (22)$$

On:

$\eta_{iG}$ : Rendiment industrial del generador, en tant per 1.  
 $P_{UG}$ : Potència útil del generador, mesurada en W.  
 $P_{abG}$ : Potència absorbida en l'eix del generador, mesurada en W.

El rendiment de qualsevol aparell sempre és menor que la unitat, per ser sempre la potència absorbida més gran que la subministrada.

#### 49. Rendiment elèctric del generador

És la relació entre la potència útil del generador i la potència elèctrica total produïda.

$$\eta_{eG} = \frac{P_{UG}}{P_{TG}} \quad (23)$$

On:

$\eta_{eG}$ : Rendiment industrial del generador, en tant per 1.  
 $P_{UG}$ : Potència útil del generador, mesurada en W.  
 $P_{TG}$ : Potència absorbida en l'eix del generador, mesurada en W.

Aquest rendiment s'anomena elèctric perquè només té en compte les potències elèctriques.

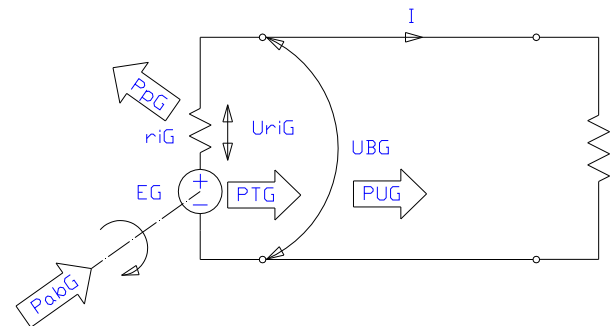


Fig. 1.19

La Fig 1.19 clarifica tots aquests conceptes.

#### 50. Acoblament de generadors en sèrie

La connexió en sèrie de dos o més generadors consisteix a connectar-los un a continuació d'un altre, unint el born negatiu d'un amb el positiu del

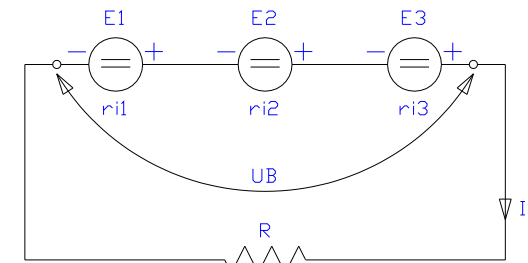


Fig. 1.20

següent (Fig. 1.20). Els borns lliures dels generadors extrems formen els borns positiu i negatiu de l'acoblament.

1) Condició d'acoblament: Els generadors han de tenir la mateixa intensitat nominal per evitar que algun funcioni sobrecarregat (amb intensitat superior a la nominal).

2) Característiques de l'acoblament:

a) La intensitat de corrent elèctric és comú per a tots els generadors acoblats.

b) La f.e.m total de l'acoblament és la suma de les forces electromotrius dels generadors acoblats.

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 \quad (24)$$

On:

$E_T$ : f.e.m. de l'acoblament, mesurada en V.

$E_n$ : f.e.m. del generador n, mesurada en V.

c) La resistència interna total és la suma de les resistències internes dels generadors acoblats.

$$r_{iT} = r_{i1} + r_{i2} + r_{i3} \quad (25)$$

On:

$r_{iT}$ : Resistència interna total de l'acoblament, mesurada en  $\Omega$ .

$r_{in}$ : Resistència interna del generador n, mesurada en  $\Omega$ .

## 51. Acoblament de generadors en paral·lel

La connexió en paral·lel de dos o més generadors consisteix a connectar tots els borns positius junts per formar el born positiu de l'acoblament i, de la mateixa manera, connectar els borns negatius per formar el born negatiu de l'acoblament (Fig. 1.21)

1) Condició d'acoblament: Els generadors han de tenir la mateixa f.e.m. i la mateixa resistència interna perquè la intensitat subministrada es reparteixi per igual entre tots ells.

$$E_1 = E_2 = E_3 \quad (26)$$

$$r_{i1} = r_{i2} = r_{i3} \quad (27)$$

2) Característiques de l'acoblament:

a) La f.e.m. total de l'acoblament és la mateixa que la dels generadors acoblats.

$$E_T = E_1 = E_2 = E_3 \quad (28)$$

b) La intensitat total que subministra l'acoblament és la suma de les intensitats que subministra cada generador; originant tots els generadors igual intensitat.

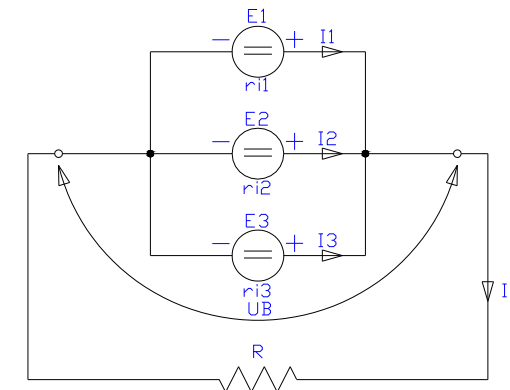


Fig. 1.21

$$I = I_1 + I_2 + I_3 ; I_1 = I_2 = I_3 \quad (30)$$

c) La resistència interna total de l'acoblament és la inversa de la suma de les inverses de les resistències internes de cada generador.

$$r_{iT} = \frac{1}{\frac{1}{r_{i1}} + \frac{1}{r_{i2}} + \frac{1}{r_{i3}}} \quad (31)$$

## 52. Acoblament mixt de generadors

La connexió mixta o en sèries paral·leles es realitza connectant diversos grups de generadors en sèrie i després connectant entre si aquests grups en paral·lel (Fig. 1.22). Aquest acoblament és una combinació de les característiques de les connexions sèrie i paral·lel, per això, ha de complir les condicions següents:

a) Perquè el corrent subministrat per l'acoblament es reparteixi per igual entre les branques de generadors, totes les branques han de tenir igual f.e.m total i igual resistència interna total.

$$E_1 + E_2 + E_3 = E_4 + E_5 + E_6 \quad (32)$$

$$r_{i1} + r_{i2} + r_{i3} = r_{i4} + r_{i5} + r_{i6} \quad (33)$$

b) Perquè cap generador funcioni sobrecarregat han de tenir tots la mateixa intensitat nominal.

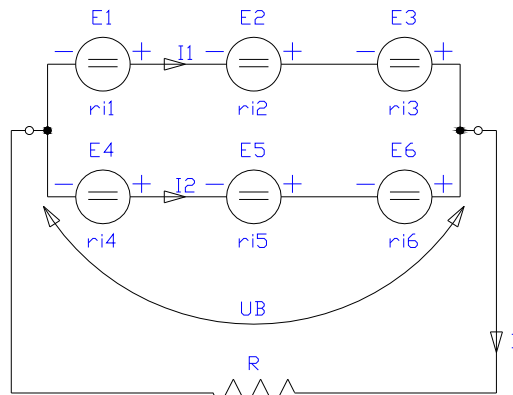


Fig. 1.22

## 53. Receptor elèctric amb força contraelectromotriu.

Són receptors tals com els motors i les bateries (en procés de càrrega).

## 54. Característiques d'un receptor

a) **Força contraelectromotriu:** La força contraelectromotriu (f.c.e.m.) d'un receptor és una força electromotriu generada al funcionar el receptor i que s'oposa a la tensió elèctrica aplicada als seus borns. Això és una conseqüència

del principi físic d'efecte i causa: "Els efectes s'oposen a les causes que els produeixen".

La f.c.e.m. es presenta en els receptors químics i mecànics, que són reversibles: Funcionant com generadors produeixen energia elèctrica, generant f.e.m.. Funcionant com receptors, absorbeixen energia elèctrica, generant f.c.e.m. La f.c.e.m. es representa per la lletra  $E'_M$  (Fig. 1.23) i es mesura en volts.

b) **Intensitat nominal:** És la màxima intensitat de corrent que pot circular pel receptor sense provocar efectes perjudicials que puguin destruir-lo.

c) **Resistència interna:** És la resistència dels conductors interns del receptor. Es representa per la lletra  $r'_{iM}$ .

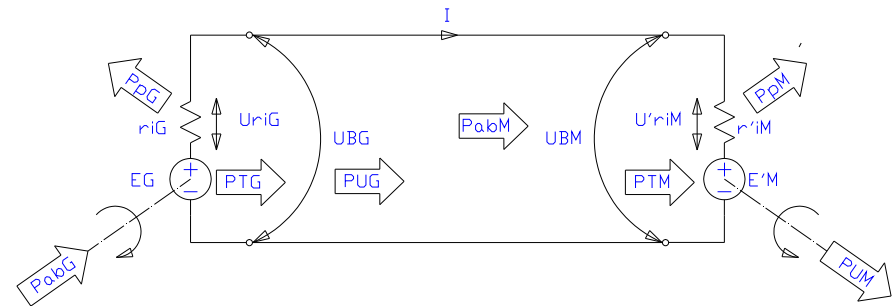


Fig. 1.23

## 55. Tensió en borns d'un receptor

Quan un receptor forma part d'un circuit elèctric absorbint un corrent elèctric i generant una f.c.e.m., la tensió en els seus borns és igual a la força contraelectromotriu més la caiguda de tensió en la resistència interna.

$$U_{BM} = E'_M + U'_{riM} = E'_M + r'_{iM} \cdot I \quad (34)$$

On:

$U_{BM}$ : Tensió en borns del motor, mesurada en V.

$E'_M$ : f.c.e.m. Del motor, mesurada en V.

$U'_{iM}$ : c.d.t. Interna del motor, mesurada en V.  
 $r'_{iM}$ : Resistència interna del motor, mesurada en  $\Omega$ .  
 $I$ : Corrent que circula, mesurat en A.

### 56. Potència absorbida pel receptor

És la potència elèctrica que consumeix el receptor, igual al producte de la tensió en borns per la intensitat absorbida.

$$P_{abM} = U_{BM} \cdot I \quad (35)$$

On:  $P_{abM}$ : Potència absorbida pel motor, mesurada en W.  
 $U_{BM}$ : Tensió en borns del motor, mesurada en V.  
 $I$ : Corrent absorbit pel motor, mesurat en A.

### 57. Rendiment industrial d'un receptor

És la relació entre la potència útil mecànica que subministra el motor a l'eix i la potència que absorbeix de la xarxa elèctrica.

$$\eta_{iM} = \frac{P_{UM}}{P_{abM}} \quad (36)$$

On:  
 $\eta_{iM}$ : Rendiment industrial del motor, en tant per 1.  
 $P_{UM}$ : Potència útil mecànica del motor, mesurada en W.  
 $P_{abM}$ : Potència elèctrica absorbida pel motor, mesurada en W.

### 58. Generalització del circuit elèctric

És quan hi ha un conjunt de generadors i receptors connectats per conductors que tenen resistència apreciable (Fig 1.24.).

En un circuit amb generador i receptor (químic o mecànic) la f.c.e.m. del receptor s'oposa a la f.e.m. del generador.

Segons la llei d'Ohm generalitzada, la intensitat de corrent que circula pel circuit és:

$$I = \frac{E_G - E'_M}{r_{iG} + R_{h1} + r'_{iM} + R_{h2}} \quad (37)$$

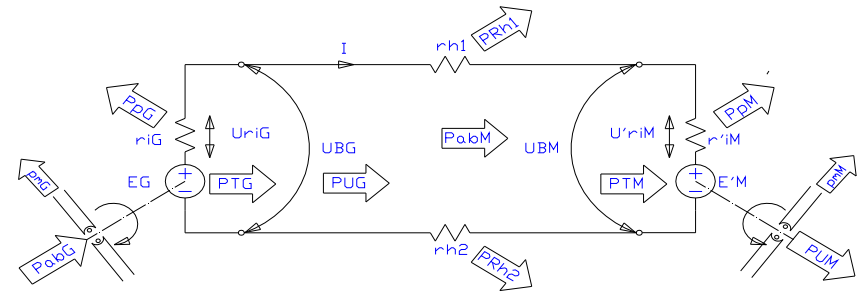


Fig. 1.24

### Exercici 1

Un generador de corrent continu de **230 V** de fem i resistència interna de **0,5  $\Omega$** , alimenta un receptor resistiu de **21,5  $\Omega$** , mitjançant una línia de dos conductors de coure d'**1,38 mm** de diàmetre i resistivitat **0,018  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$** . La distància entre els dos és de **41,67 m**.

a) Dibuixa l'esquema elèctric indicant tots aquests paràmetres:

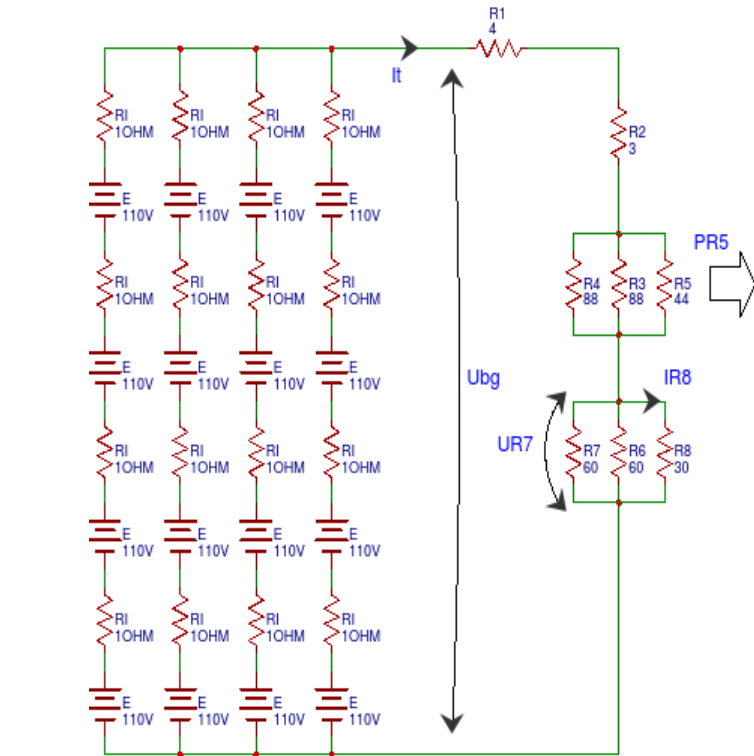
- b) Tensió en borns del generador.
- c) Caiguda de tensió interna del generador.
- d) Pèrdues elèctriques del generador.
- e) Potència útil entregada pel generador.
- f) Resistència de la línia.
- g) Caiguda de tensió provocada per la línia.
- h) Pèrdues elèctriques en la línia.
- i) Tensió en borns del receptor.
- j) Potència del receptor.
- k) En **dues hores** de funcionament, calcula l'energia entregada pel generador i com es reparteix en la resta d'elements de la instal·lació. Calcula el cost del consum si cada **kW·h** val **0,29€**.
- l) Rendiment elèctric del generador.
- m) Rendiment del conjunt de la instal·lació.
- n) Si el conductor augmenta la seva temperatura fins a **90°C**, quina serà la seva nova resistència? El coeficient de variació de la resistència amb la temperatura del coure és de **0,004 1/°C**

### Exercici 2

Una dinamo de **f.e.m. 410 V** i resistència interna **0,60  $\Omega$**  està connectat a un motor de **f.c.e.m. 400 V** i resistència interna **0,20  $\Omega$** , mitjançant dos conductors de coure, cadascun de longitud **8,34 m**, secció **1,5  $\text{mm}^2$**  i resistivitat **0,0180  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$** . La potència absorbida en l'eix de la dinamo és de **6 CV** i la potència útil del motor en l'eix és de **5 CV**. Dibuixa la instal·lació calculant tots els paràmetres.

### Exercici 3

En el circuit de la figura calcula  $U_{R7}$ ,  $I_{R8}$  i  $P_{R5}$ .



### 59. Definició de nusos, malles, llaços i branques d'una xarxa elèctrica

Xarxa elèctrica és un conjunt de generadors i receptors units per conductors. Dins d'una xarxa podem descriure els següents elements:

**Nus:** Punt de connexió de tres o més conductors.

**Branca:** Porció de circuit compresa entre dos nusos, pel que circula un corrent elèctric.

**Malla:** Conjunt de branques que formen un camí tancat en un circuit que no pot subdividir-se en altres camins més petits.

**Llaç:** Conjunt de branques que formen un camí tancat en un circuit que sí que pot subdividir-se en altres camins més petits.

### 60. Primera Llei de Kirchhoff, LCK

Com ja vam dir a l'apartat 38, la suma d'intensitats de corrent que arriben a un punt de connexió de diversos conductors és igual a la suma d'intensitats de corrent que s'allunyen d'ell (Fig. 1.25).

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 \quad \Sigma I = 0 \quad (38)$$

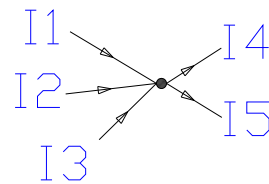


Fig. 1.25

### 61. Segona Llei de Kirchhoff, LVK

En tot circuit tancat (Fig. 1.26) la f.e.m. total (suma algebraica de les forces electromotrius) és igual a la caiguda de tensió total (suma algebraica de les caigudes de tensió) en les resistències.

Establert un sentit de circulació de corrent com positiu, es consideren forces electromotrius positives les que afavoreixen aquesta circulació, i seran

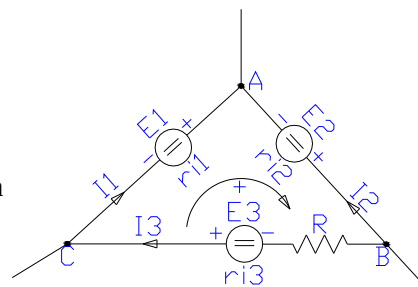


Fig. 1.26

també positives les caigudes de tensió originades per corrents que circulen en l'esmentat sentit.

$$E_1 - E_2 + E_3 = r_{i1} \cdot I_1 - r_{i2} \cdot I_2 + R \cdot I_3 + r_{i3} \cdot I_3 \quad \Sigma E = \Sigma R \cdot I \quad (39)$$

### 63. Anàlisi d'una xarxa pel Mètode de les Lleis de Kirchhoff

En una xarxa plana, en la que es coneixen les forces electromotrius i les resistències, per calcular les intensitats que circulen per cada branca, es procedeix de la manera següent:

- 1) Es marca a voluntat un corrent per branca.
- 2) S'indica en cada malla un sentit de circulació com positiu (agulles del rellotge)
- 3) S'aplica la primera llei de Kirchhoff (LCK) a tots els nusos menys un.
- 4) S'aplica la segona llei de Kirchhoff (LVK) a totes les malles.

S'obtenen així tantes equacions com incògnites (intensitats de branca), que permeten calcular matemàticament totes les intensitats que circulen per la xarxa. Si s'obté un valor negatiu per a una intensitat de corrent, vol dir que el sentit d'aquest corrent és contrari al qual s'havia suposat.

### 64. Anàlisi d'una xarxa pel Mètode de Malles o Maxwell

Per tal de simplificar el nombre d'equacions que es planteja en la resolució d'un circuit, Maxwell va desenvolupar el següent sistema que es basa en la segona llei de Kirchhoff.

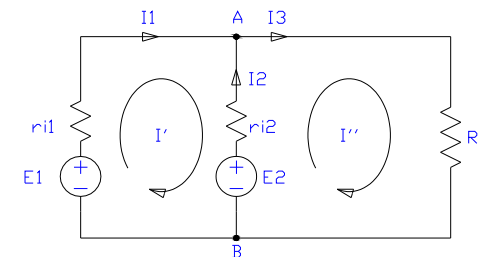


Fig. 1.27

Se suposa que les diferents malles del circuit són recorregudes pel que es coneix com *Corrents de Malles* ( $I'$  i  $I''$ ). Són uns corrents **fictícis** (Fig. 1.27) que circulen per cada malla, (en realitat els corrents circulen per les branques). Aleshores es planteja una equació per cada malla. Aquest sistema resol un circuit amb una equació menys que aplicant les Lleis de Kirchhoff.