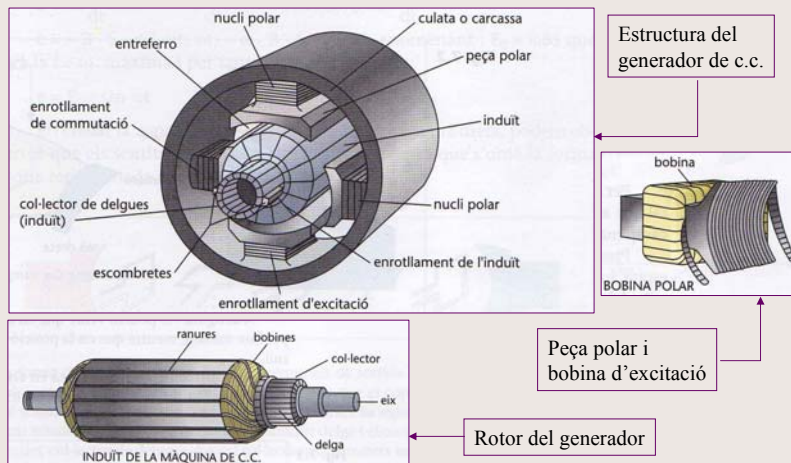


# GENERADORS DE CORRENT CONTINU

## *DINAMOS*

### Generadors de corrent continu

#### - Estructura interna dels generadors de corrent continu



# Principi de funcionament

Tot generador de corrent continu consta de dos circuits elèctrics:

- El circuit d'excitació.
- El circuit d'alimentació o d'induït.

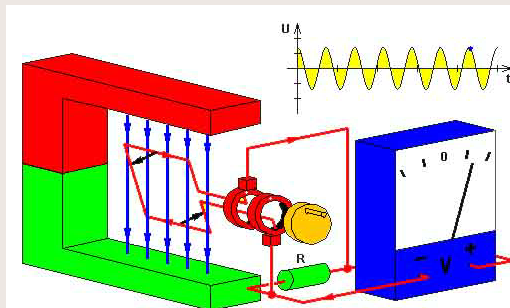
Cada circuit permet la circulació del corrent elèctric d'excitació ( $I_e$ ) i el corrent elèctric induït ( $I_i$ ).

- El corrent d'excitació circula al voltant de les bobines d'excitació i crea el camp magnètic d'excitació.
- El corrent de l'induït circula pel voltant del rotor que es genera per la rotació del rotor respecte el camp d'excitació i sempre que es tanca el circuit amb una resistència o càrrega externa.

## Inducció electromagnètica.

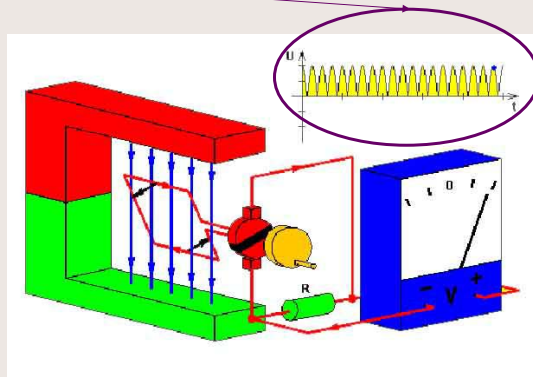
Sobre una espira que gira en el si d'un camp magnètic s'indueix un **corrent elèctric altern** (lleï de Faraday).

Les espines del rotor dels generadors de C.C. compleixen aquesta premisa. Aleshores, com podem generar un **corrent elèctric continu**?

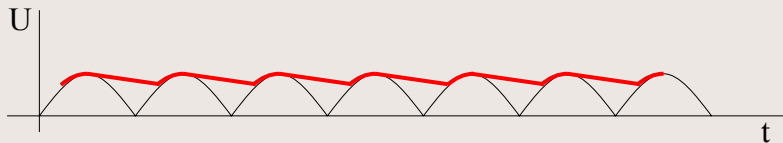


Si ens fixem a la sortida de l'espira controlem la sortida del corrent amb el commutador (escombretes i els anells) que connecten les espires giatòries del rotor amb el circuit exterior.

Els anells són semicilíndrics i el corrent sempre surt en el mateix sentit cap a l'exterior. D'aquesta manera tindrem un corrent rectificat.



Quan el corrent està rectificat la intensitat sempre va en el mateix sentit. Per aconseguir un corrent continu, caldrà suavitzar el corrent de sortida amb un filtre del senyal (condensadors).



Usant un  
commutador

Usant  
condensadors

CORRENT  
ALTERN

CORRENT  
RECTIFICAT

CORRENT  
SUAVITZAT

# Classificació dels generadors de corrent continu

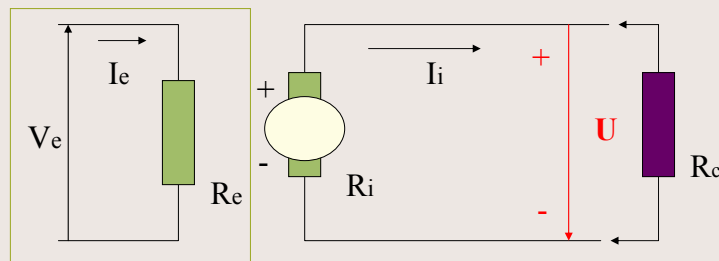
Hi ha dos tipus de generadors de corrent continu.

1. El generador d'excitació independent (imants permanents).
2. El generador autoexcitat ...
  - ... d'excitació sèrie.
  - ... d'excitació paral·lel.
  - ... d'excitació mixta.

## Generador d'excitació independent

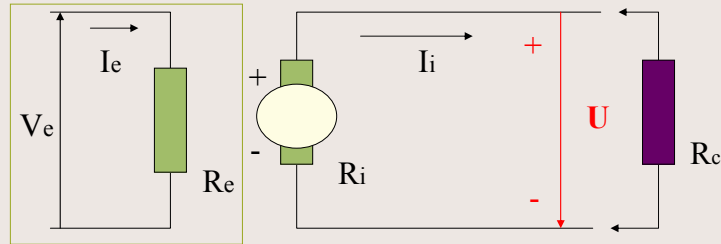
Les bobines d'excitació i d'induït formen part de circuits independents.

El representarem gràficament tal com s'indica a la figura i sempre connectat a una càrrega externa ( $R_c$ ).



FONT D'EXCITACIÓ INDEPENDENT

## Balanç de potència en els generadors d'excitació independent.



$$P_{exc} + P_{MEC} = P_{PERDUDA} + P_{ELEC}$$

$$V_e \cdot I_e + P_{MEC} = I_i^2 \cdot R_i + I_e^2 \cdot R_e + UI \Rightarrow \text{En ser } V_e \cdot I_e = I_e^2 \cdot R_e \text{ ens queda:}$$

$$P_{MEC} = UI_i + I_i^2 \cdot R_i \Rightarrow \text{Treient factor comú, ens queda:}$$

$$P_{MEC} = (U + I_i \cdot R_i) I_i \Rightarrow \text{Si fem } \varepsilon' = U + I_i \cdot R_i \text{ ens quedarà:}$$

$$P_{MEC} = \varepsilon' \cdot I_i$$

$$\varepsilon' = U + I_i \cdot R_i$$

$\varepsilon'$  se l'anomena força electromotriu induïda (f.e.m.)

## Rendiment dels generadors d'excitació independents

El rendiment d'un generador elèctric es defineix com:

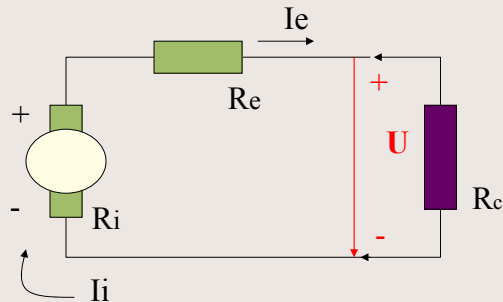
$$\eta = \frac{P_{ELEC}}{P_{MEC}}$$

Que aplicat al nostre cas ens quedarà:

$$\eta = \frac{P_{ELEC}}{P_{MEC}} \Rightarrow \eta = \frac{U \cdot I_i}{\varepsilon' \cdot I_i} \Rightarrow \eta = \frac{U}{\varepsilon'}$$

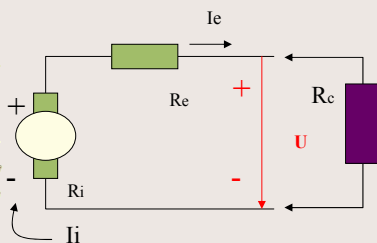
## Generadors autoexcitats: excitació sèrie

El corrent que es genera a l'induït del rotor és el que alimenta les bobines d'excitació.  $I_i = I_e$



Sempre connectarem el generador a una càrrega externa ( $R_c$ )

## Balanç de potència en el generador d'excitació sèrie.



$$P_{MEC} = P_{ELC} + P_{PERDUDA}$$

$$P_{MEC} = U I_i + I_i^2 R_i + I_e^2 R_e \Rightarrow I_i = I_e$$

$$P_{MEC} = U I_i + I_i^2 (R_i + R_e)$$

$$P_{MEC} = U I_i + I_i^2 (R_i + R_e)$$

$$P_{MEC} = (U + I_i (R_i + R_e)) I_i$$

Reescriurem

$$P_{MEC} = \varepsilon' I_i$$

$$\varepsilon' = V + I_i (R_i + R_e) \rightarrow \text{f.e.m.}$$

## Rendiment dels generadors d'excitació sèrie

El rediment d'un generador elèctric es defineix com:

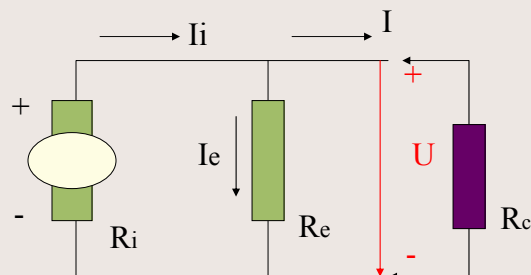
$$\eta = \frac{P_{\text{ELEC}}}{P_{\text{MEC}}}$$

Que aplicat al nostre cas ens quedarà:

$$\eta = \frac{P_{\text{ELEC}}}{P_{\text{MEC}}} \Rightarrow \eta = \frac{U \cdot I_i}{\varepsilon' \cdot I_i} \Rightarrow \eta = \frac{U}{\varepsilon'}$$

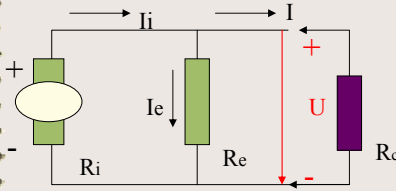
## Generador dautoexcitat: excitació paral·lel

La tensió que es genera a l'induït és la que alimenta el bobinat d'excitació.



Sempre connectarem el generador a una càrrega externa ( $R_c$ )

## Balanç de potència en el generador d'excitació en paral·lel.



$$P_{MEC} = P_{ELEC} + P_{PERDUDA}$$

$$P_{MEC} = UI + I_i^2 \cdot R_i + I_e^2 \cdot R_e \Rightarrow I = I_i - I_e$$

$$P_{MEC} = U(I_i - I_e) + I_i^2 \cdot R_i + I_e^2 \cdot R_e$$

$$P_{MEC} = UI_i - UI_e + I_i^2 \cdot R_i + I_e^2 \cdot R_e$$

$$P_{MEC} = UI_i + I_i^2 \cdot R_i$$

$$P_{MEC} = (U + I_i \cdot R_i) I_i$$

Reescriurem:

$$P_{MEC} = \varepsilon' \cdot I_i$$

$$\varepsilon' = U + I_i \cdot R_i \longrightarrow \text{f.e.m.}$$

## Rendiment del generador d'excitació paral·lel

El rendiment d'un generador elèctric es defineix com:

$$\eta = \frac{P_{ELEC}}{P_{MEC}}$$

Que aplicat al nostre cas ens quedarà:

$$\eta = \frac{P_{ELEC}}{P_{MEC}} \Rightarrow \eta = \frac{U \cdot I}{\varepsilon' \cdot I_i}$$

## EXEMPLE

Un generador d'excitació en derivació té connectada una càrrega externa de  $12\Omega$  a la que subministra una tensió de 230V. Si la resistència d'excitació de la màquina és de  $200\Omega$  i la resistència de l'induït val  $0,22\Omega$ , quant val el corrent de l'induït i la f.e.m del generador.

## Corbes característiques dels generadors

Hi ha tres tipus de corbes:

### 1. La corba característica de buit

Relaciona el corrent d'excitació ( $I_e$ ) amb la tensió induïda a l'espira del rotor ( $U = \mathcal{E}'$ ).

### 2. La corba característica externa:

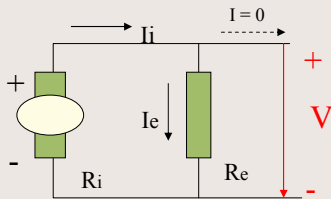
La funció dels generadors és alimentar una càrrega a tensió constant, cosa que està lluny del seu funcionament real. Amb les gràfiques d'aquesta característica que relaciona la tensió de sortida  $U$  amb  $I_i$ , s'observa el comportament real.

### 3. La corba característica interna

## Corba característica de buit

L'objectiu és determinar la relació entre  $U$  i  $I_e$  quan el rotor gira a velocitat constant ( $\omega = \text{cnt}$ ).

Farem funcionar el generador en obert, és a dir **sense connectar** cap **càrrega externa**.



Per aquesta situació els corrents d'induit i d'excitació seran iguals

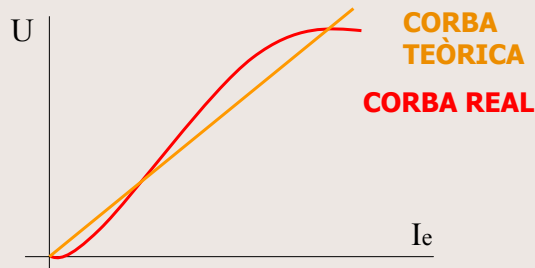
$$I_e = I_i$$

$$\varepsilon' = V + I_i \cdot R_i$$

$$V = \varepsilon' - I_e \cdot R_i$$

Els generadors i els motors de C.C. són màquines idèntiques, per tant:

$$\left. \begin{array}{l} \omega = K \cdot \frac{\varepsilon'}{\Phi} \Rightarrow \varepsilon' = K^{-1} \cdot \omega \cdot \Phi \\ \Phi = k' \cdot I_e \end{array} \right\} \Rightarrow \varepsilon' = (K^{-1} \cdot k') \omega \cdot I_e \Rightarrow \varepsilon' = \{\text{cnt}\} I_e$$



Reescrivint

$$\varepsilon' = \{\text{cnt}\} I_e \quad U = \varepsilon' - I_e \cdot R_i$$

$$U = \{\text{cnt}\} I_e - I_e \cdot R_i$$

$$U = (\{\text{cnt}\} - R_i) I_e$$

Aquest comportament l'hem deduït pels generadors d'excitació en paral·lel, però també és aplicable al generador d'**excitació independent**.

## Corba característica externa

Aquesta corba estableix la relació entre la tensió de sortida  $U$  i la intensitat de sortida  $I_i$  quan el rotor gira a velocitat constant.

Aquesta corba es representa per als tres generadors.

1. Generador d'excitació independent

2. Generador d'excitació sèrie

3. Generador d'excitació en paral·lel.

## Corba característica externa: Generador d'excitació independent.

Connectem a un generador d'excitació independent una càrrega externa. El rotor del generador gira a velocitat constant ( $\omega = \text{cnt}$ ).

La f.e.m. del generador val:

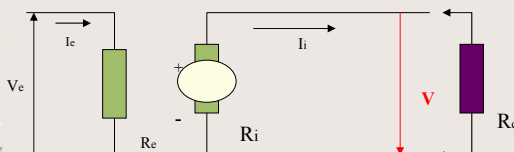
$$\varepsilon' = U + I_i \cdot R_i$$

La tensió a la sortida valdrà:

$$U = \varepsilon' - I_i \cdot R_i$$

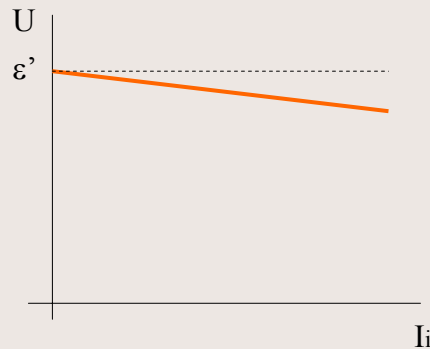
Però per altra banda, tenim :

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon' = K^{-1} \cdot \omega \cdot \Phi \\ \Phi = \text{cnt} \end{array} \right\} \Rightarrow \varepsilon' = \text{cnt}$$



Aleshores la corba característica externa dels generadors d'excitació independent ens quedarà:

$$U = \{cnt\} - [cnt] \cdot I_i$$



## Corba característica externa: Generador d'excitació sèrie

En aquest tipus de generadors la tensió de sortida ve donada per:  $U = \varepsilon' - I_i \cdot (R_i + R_e)$

I la f.e.m. Ve donada per:

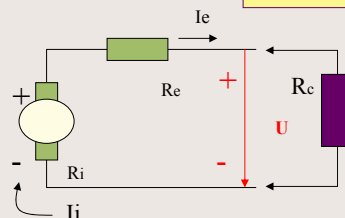
$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon' = K^{-1} \cdot \omega \cdot \Phi \\ \Phi = cnt \cdot I_i \end{array} \right\} \Rightarrow \varepsilon' = \{cnt\} I_i$$

Substituint ens quedarà :

$$U = \varepsilon' - I_i \cdot (R_i + R_e)$$

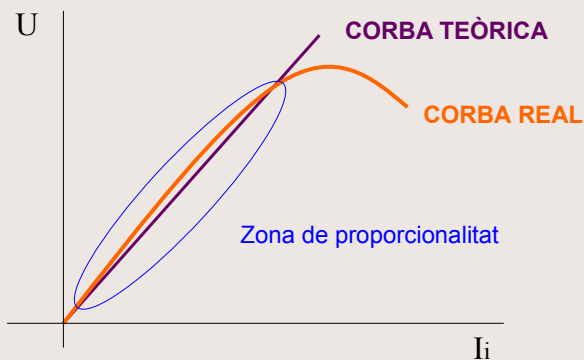
$$\varepsilon' = \{cnt\} I_i$$

$$U = \{cnt\} I_i - I_i \cdot (R_i + R_e) \Rightarrow U = \{cnt\} I_i$$



Aleshores la corba característica externa dels generadors d'excitació sèrie ens quedarà:

$$U = \{cnt\} \cdot I_i$$



## Corba característica externa: Generador d'excitació en paral·lel

Per aquests generadors es compleix :

$$\begin{aligned} U &= \varepsilon' - I_i \cdot R_i \\ U &= I_e \cdot R_e \end{aligned}$$

A més:

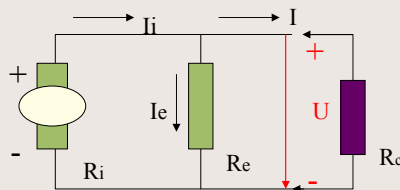
$$\left. \begin{aligned} \varepsilon' &= K^{-1} \cdot \Phi \cdot \omega \\ \Phi &= I_e \cdot R_e \end{aligned} \right\} \Rightarrow \varepsilon' = \{cnt\} \cdot I_e$$

Tenint en compte que:

$$I_e = I_i - I$$

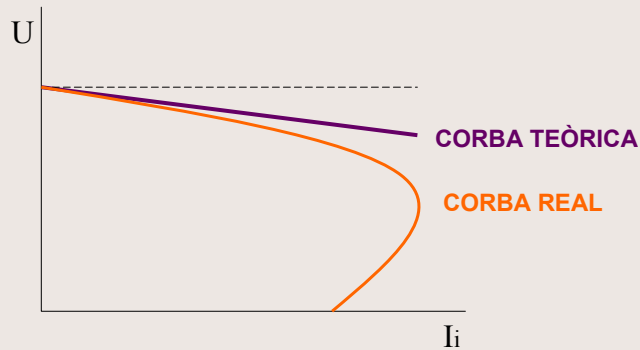
Ens queda:

$$\begin{aligned} U &= \{cnt\} \cdot I_e - I_i \cdot R_i \Rightarrow U = \{cnt\} \cdot (I_i - I) - I_i \cdot R_i \Rightarrow \\ U &= \{cnt\} \cdot I_i - \{cnt\} \cdot I - I_i \cdot R_i \Rightarrow U = (\{cnt\} - R_i) I_i - \{cnt\} \cdot I \end{aligned}$$



Aleshores la corba característica externa dels generadors d'excitació en paral·lel ens quedarà:

$$U = (E - R_i)I_i - \{c_{nt}\} \cdot I_i$$



## Regulació de voltatge

La sortida dels generadors és la tensió de sortida  $U$ . Definim la *regulació de voltatge* com:

$$RV = \frac{U_0 - U_c}{U_c} \cdot 100$$

On  $U_0$  és la tensió de buit i  $U_c$  és la tensió de sortida amb una càrrega connectada.