



# **UNIVERSIDAD NACIONAL** **DE CÓRDOBA**

## ***MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA***

### **TEMAS**

GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA  
PROBLEMAS RESUELTOS

Clase 3

*Autor: Ing. Gabriel Serra.*

*Colaboración Ing. Enrique Alonso*



## Problemas de generadores de corriente continua

Problema 1: la característica en vacío de un dínamo con excitación independiente girando a  $n=1000$  r.p.m. Determinar los siguientes valores:

$I_e$	0	1	2	3	4	5
V	7.5	108.8	212.5	246.3	262.5	275

El devanado del inducido tiene una  $R_i = 0.2$  Ohms y el devanado del inductor tiene una  $R_e = 48$  Ohms y  $U_e = 0.7$  V

Si ahora la máquina gira a 800 r.p.m. con excitación en paralelo determinar:

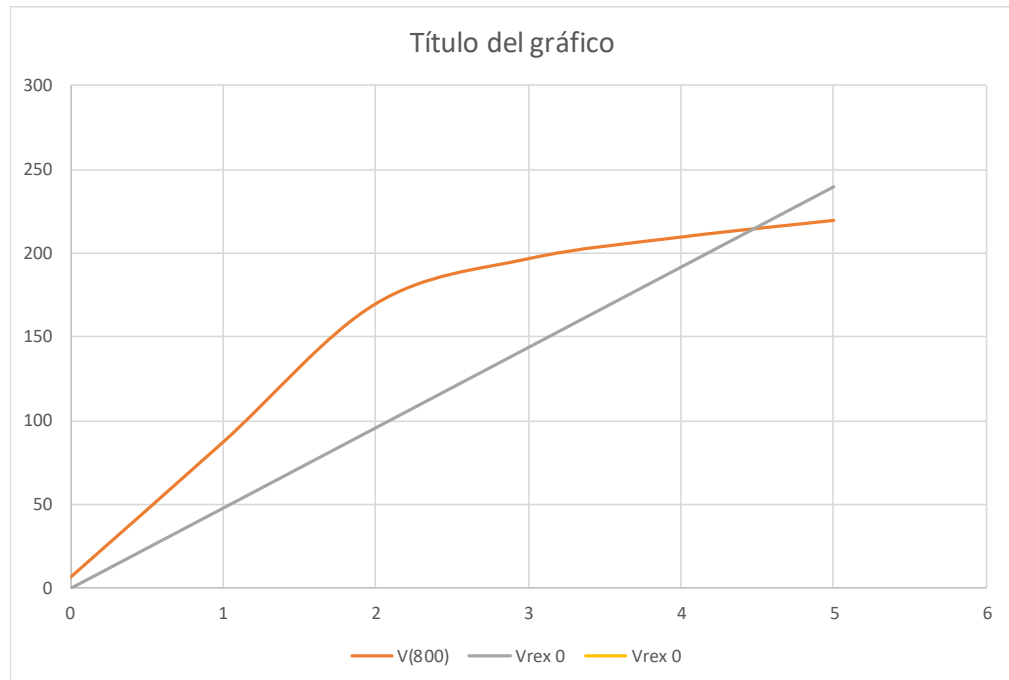
- Tensión de los bornes en vacío.
- La corriente del inducido y de la carga cuando la tensión de salida fuera de 200V.

Resolucion:

Si la maquina rota a 800 rpm y antes rotaba a 1000 rpm, como  $v = k \cdot \Phi \cdot n$  es de variación lineal, generara  $1000/800=0.8$  de tensión a 1000 rpm.

La recta de  $R_{exc}$  es cada 1 amper que circula tiene una V de 48 Volts ( $V=R \cdot I$ )

$I_{ex}$	V (1000)	V(800)	$V_{rex}$
0	7,5	6	0
1	108,8	87,04	48
2	212,5	170	96
3	246,3	197,04	144
4	262,5	210	192
5	275	220	240



- a) La intersección de ambas curvas nos determina el punto de funcionamiento, el cual será de aprox 215 voltios

- b) Si la tensión de salida es 200 V, significa que  $i_{ex} = V/R_{ex} = 200/48 = 4.17$  A

Para  $i_{ex}$  de 4,17 A, corresponde una E de aproximadamente 211 V, lo que implica una caída de tensión interna en el generador de  $\Delta V = E - V = 211 - 200 = 11$  voltios.

Como no se expresa nada de caída de tensión por reacción del inducido suponemos nula la misma, entonces

$$\Delta V = R_i \cdot i_i + 2 \cdot U_e \quad \text{entonces}$$

$$(\Delta V - 2 \cdot U_e) / R_i = i_i \quad i_i = (11 - 2 \cdot 0.7) / 0.2 = 48 \text{ A}$$

$$\text{Como } i_i = i_c + i_{ex} \quad \text{entonces}$$

$$i_c = i_i - i_{ex} \quad i_c = 48 - 4.17 = 43.83 \text{ A}$$

**Problema 2:** un generador de corriente continua excitado en derivación tiene una característica en vacío de acuerdo a la siguiente tabla:

$i_e$	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
E	100	150	197	227	245	257	260

La  $R_i = 0.2$  Ohms (en el inducido)

La  $R_e = 70$  Ohms (inductor)

$U_e = 0.6$  V

Dibujar la característica exterior o de carga y determinar la potencia de salida cuando la tensión en los bornes es de 230V.

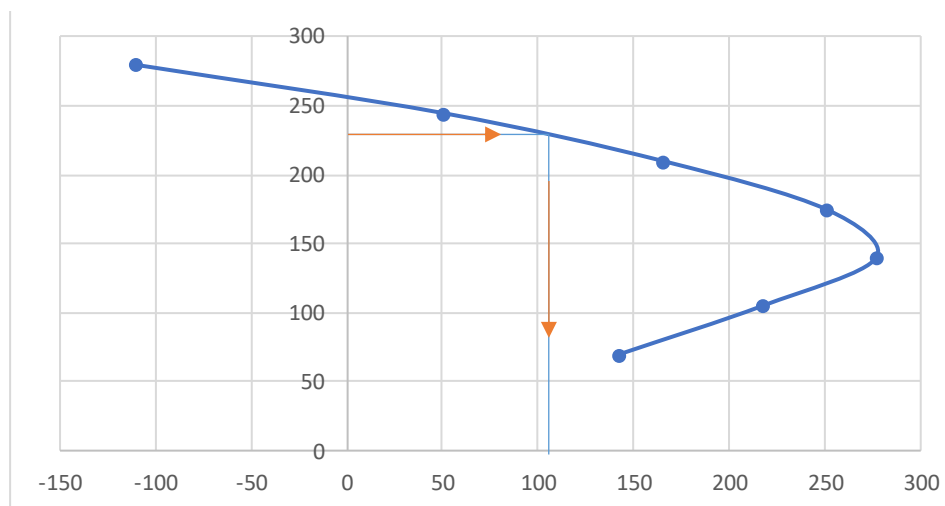


Suponemos un  $n$  = velocidad de giro constante. Despreciar la reacción del inducido.

Resolucion:

$I_{ex}$	$E$	$V = R_e \cdot I_e$	$\Delta V = E - V$	$I_i = (\Delta V - 2U_e)/R_i$	$I_c = I_i - I_{exc}$
1	100	70	30	144	143
1,5	150	105	45	219	217,5
2	197	140	57	279	277
2,5	227	175	52	254	251,5
3	245	210	35	169	166
3,5	257	245	12	54	50,5
4	260	280	-20	-106	-110

Los valores negativos no son factibles para el funcionamiento del generador



Eje X  $I_c$

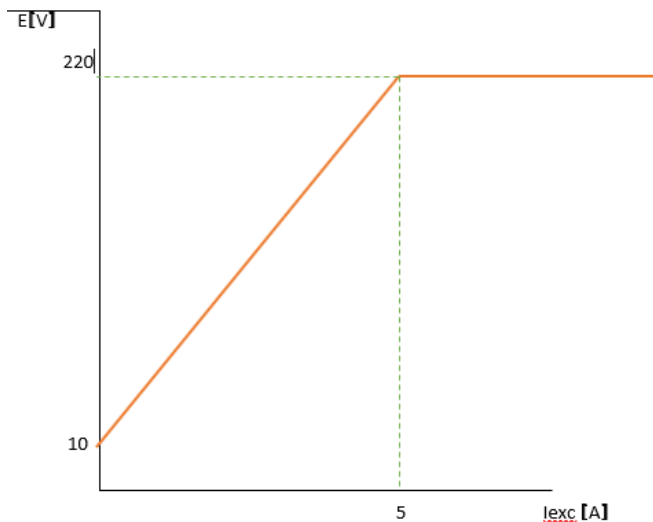
Eje Y  $V$

Para Un valor de  $V = 230$  V, línea roja en grafica, determino en grafica  $I_c = 110$  A

Entonces  $P = V \cdot I = 230 \cdot 110 = 25.300$  W

### Problema 3:

Un generador de corriente continua excitado en forma independiente tiene una característica en vacío según se indica:



- 1) Si se conecta el circuito inductor en serie, determinar la tensión de salida cuando la corriente vale

$$I = 4 \text{ A}$$

- 2) Dibujar además la característica externa de tensión y determinar la corriente para el caso de corto circuito.

$$R_i = 0,5 \text{ Ohm}$$

$$R_e = 1 \text{ Ohm}$$

Solucion:

1)

$$E = 10 + \frac{(220 - 10)}{5} * I = 10 + 42 * I$$

$$\text{Si } I = 4$$

$$E = 10 + 42 * 4 = 178 \text{ V}$$

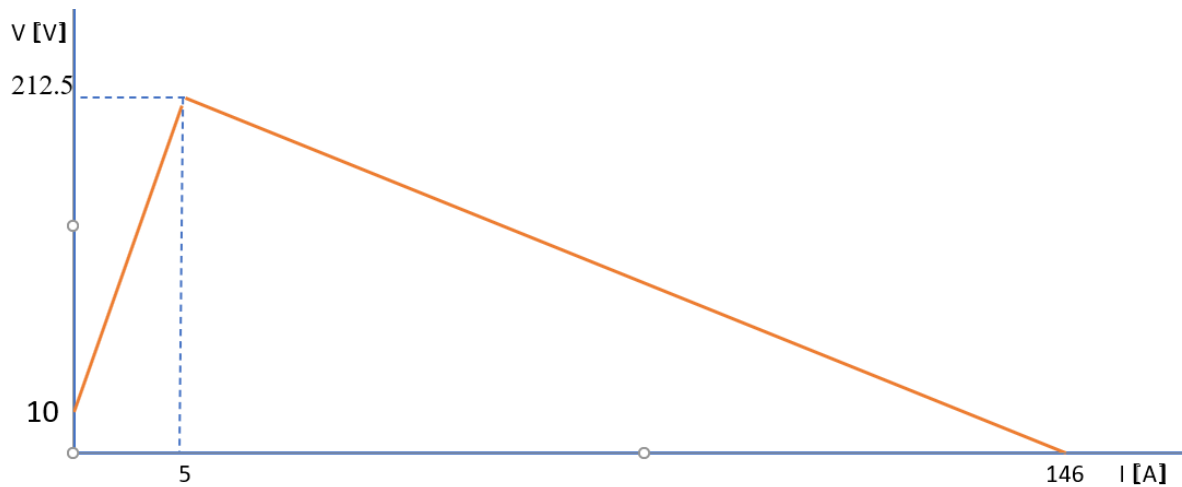
Entonces

$$V = E - I * (R_i + R_e) = 178 - 4 (0.5 + 1) = 172 \text{ V}$$

$$2) \quad \text{Para } I = 0 \quad V = 10 \text{ V}$$

$$\text{Para } I = 5 \text{ A} \quad E = 220 \quad V = 220 - 5 (0.5 + 1) = 212.5 \text{ V}$$

$$\text{Para } I_{cc} \text{ implica } V = 0 \text{ V} \quad I_{cc} = \frac{E}{R_i + R_e} = \frac{220}{0.5 + 1} = 146 \text{ A}$$



Problema 4:

Un generador de CC con excitación independiente suministra 25 A a 500 V cuando el flujo es de 0,024 Wb.

Si el flujo cambia a 0,021 Wb.

Calcular la corriente que circulara después del cambio (caída en escobillas  $V_e = 0$  V).

Si se quiere volver al valor original de corriente modificando la velocidad de giro, calcular el % de la variación de velocidad necesario para ello.

$R_i = 0,4 \Omega$  "Resistencia de devanado inducido"

Despreciar los efectos de la reacción del inducido.

$$R_c = \frac{500}{25} = 20 \Omega$$

$$E = U + I_i \cdot R_i + 2 \cdot V_e$$

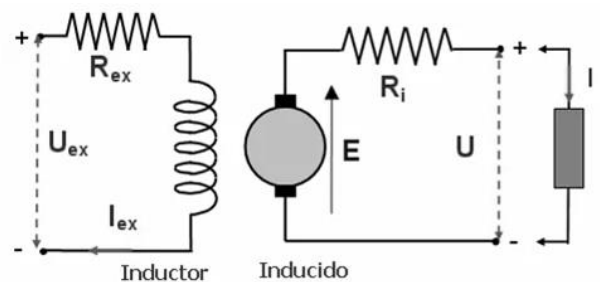
$$E_1 = 500 + 25 \cdot 0,4 = 510 \text{ V}$$

$$\phi_1 = 0,024 \text{ Wb}$$

$$\phi_2 = 0,021 \text{ Wb}$$

$$E = k \cdot \phi \cdot n$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{0,021}{0,024} = 0,875$$





$$E_2 = 0,875 \cdot 510 = 446,25 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{R_c + R_i} = \frac{446,25}{20 + 0,4} = 21,875 \text{ A}$$

Para recuperar el valor original la variación de velocidad debe compensar la variación de flujo

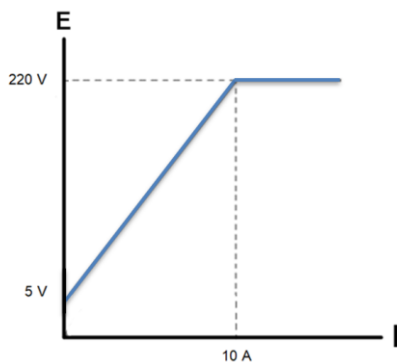
$$\frac{n_3}{n_1} = \frac{510}{446,25} = 1,14258$$

$$\frac{n_3}{n_1} = \frac{0,024}{0,021} = 1,14258$$

Luego el % de incremento de velocidad "n" es: 14,28 %

Problema:

Un generador de CC excitado en forma independiente tiene una característica de vacío según se indica:



Si se conecta el circuito inductivo en serie, se desea saber que resistencia R debe conectarse en serie para tener a la salida una tensión de 150 V, cuando el consumo sea de 9 A.

$$R_i = 1 \Omega$$

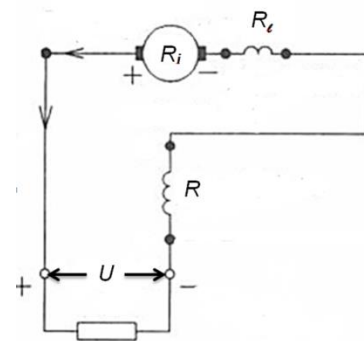
$$R_e = 2 \Omega$$

La ecuación de la recta resulta:

$$\frac{220 - E}{10 - I} = \frac{220 - 5}{10} = 21,5$$

$$220 - E = (10 - I) \cdot 21,5 = 215 - 21,5 \cdot I$$

$$E = 5 - 21,5 \cdot I$$





Siendo:

$$I = 9$$

$$E = 5 - 21,5 \cdot 9 = 198,5 \text{ V}$$

$$V = E - I_i (R_i + R_\ell + R)$$

$$150 = 198,5 - 9 \cdot (1 + 2 + R)$$

$$R = \frac{198,5 - 150}{9} - 3 = 2,38 \Omega$$

**209.1** Una dínamo de excitación independiente tiene las siguientes características:

$$P_u = 10 \text{ kW}$$

$$V_b = 125 \text{ V}$$

$$r = 0,06 \Omega \text{ "Resistencia de devanado inducido"}$$

$$R_c = 0,04 \Omega \text{ ( en caliente } 75^\circ \text{C ). "Resistencia de devanado de conmutación"}$$

Calcular:

- El valor de la f.e.m. generada a plena carga, considerando la caída de tensión correspondiente al contacto de cada escobilla con el colector de  $V_e = 1 \text{ V}$ .
- Potencia total producida por el inducido.
- Potencia perdida por el inducido, polos de conmutación y escobillas.

- a) La intensidad suministrada a plena carga:

$$I = \frac{P_u}{V_b} = \frac{10000}{125} = 80 \text{ A}$$

La f.e.m. generada a plena carga:

$$E = V_b + (r + R_c) I + 2 \cdot V_e$$

$$E = 125 + (0,06 + 0,04) 80 + 2 \cdot 1 = 135 \text{ V}$$

- b) La potencia total producida:

$$P_t = E \cdot I = 135 \cdot 80 = 10800 \text{ W}$$

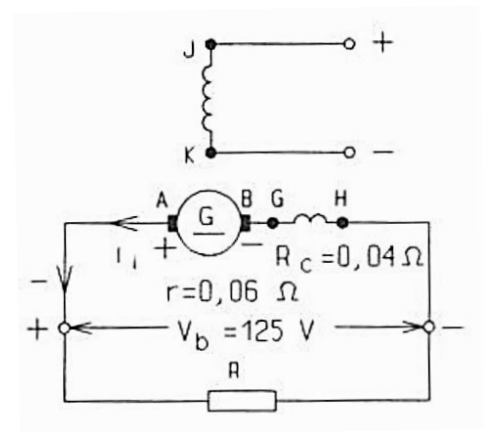
- c) Potencia perdida por efecto Joule en el inducido, polos de conmutación y escobillas, son las pérdidas en el cobre de los devanados  $P_{cu}$ , más escobillas:

$$P_{cu} = (r + R_c) I^2 + 2 \cdot V_e \cdot I$$

$$P_{cu} = (0,06 + 0,04) 80^2 + 2 \cdot 1 \cdot 80 = 800 \text{ W}$$

También se pueden obtener estas pérdidas restando de la potencia total producida por el inducido la potencia utilizada:

$$P_{cu} = 10800 - 10000 = 800 \text{ W}$$







**210.1** Una dínamo serie tiene las siguientes características:

$$P_u = 9 \text{ kW}$$

$$V_b = 125 \text{ V}$$

$$RPM = 1150 \text{ r.p.m}$$

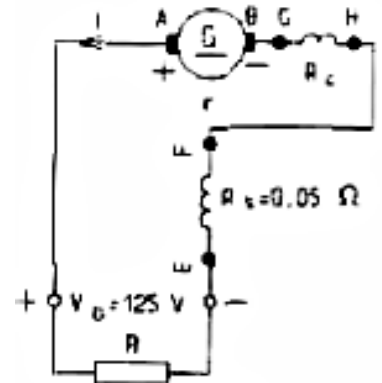
$(r + R_c) = 0,1 \, \Omega$  “resistencia de inducido y polos de conmutación”

$R_s = 0,05 \, \Omega$  “resistencia del devanado de excitación con la máquina en marcha normal”

$V_e = 1 \text{ V}$  “caída de tensión por contacto de escobilla con colector”

Calcular cuando la máquina funciona a plena carga:

- La intensidad de corriente del inducido.
- El valor de la f.e.m.
- Potencia eléctrica total producida.
- Potencia perdida por efecto Joule en los devanados y en las escobillas.



- a) La intensidad en el inducido es la intensidad de corriente que suministra a plena carga:

$$I_i = I = \frac{P_u}{V_b} = \frac{9000}{125} = 72 \text{ A}$$

- b) La f.e.m. generada:

$$E = V_b + (r + R_c + R_s) I + 2 \cdot V_e$$

$$E = 125 + (0,1 + 0,05) 72 + 2 \cdot 1 = 137,8 \text{ V}$$

- c) La potencia eléctrica total:

$$P_t = E \cdot I = 137,8 \cdot 72 = 9921,6 \text{ W}$$

- d) Las pérdidas por efecto Joule:

$$P_{cu} = (r + R_c + R_s) I^2 + 2 \cdot V_e \cdot I$$

$$P_{cu} = (0,1 + 0,05) 72^2 + 2 \cdot 1 \cdot 72 = 921,6 \text{ W}$$

También se puede calcular restando a la potencia eléctrica total la potencia útil:

$$P_{cu} = 9921,6 - 9000 = 921,6 \text{ W}$$



**211.1** Una dínamo derivación tiene las siguientes características:

$$P_u = 50 \text{ kW}$$

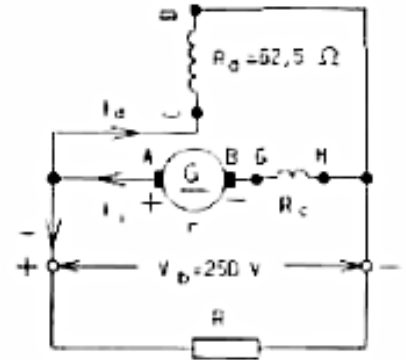
$$V_b = 250 \text{ V}$$

$$\text{RPM} = 1150 \text{ r.p.m}$$

$(r + R_c) = 0,025 \Omega$  “resistencia de inducido y devanado de conmutación”

$$R_d = 62,5 \Omega \text{ “resistencia del devanado de excitación”}$$

$$V_e = 1,5 \text{ V} \text{ “caída de tensión por contacto de escobilla con colector”}$$



Calcular cuando la máquina funciona a plena carga:

- Intensidad de corriente de carga.
- Intensidad de corriente de excitación.
- Intensidad de corriente de inducido.
- Valor de la f.e.m. generada en el inducido.
- Potencia eléctrica total.
- Potencia perdida por efecto Joule en los devanados y contacto de escobillas en el colector.

- a) La intensidad de corriente en la carga:

$$I = \frac{P_u}{V_b} = \frac{50000}{250} = 200 \text{ A}$$

- b) La intensidad en el devanado derivación:

$$I_d = \frac{V_b}{R_d} = \frac{250}{62,5} = 4 \text{ A}$$

- c) La intensidad de corriente en el inducido es la suma de la intensidad de carga y la del devanado en derivación:

$$I_i = I_d + I = 4 + 200 = 204 \text{ A}$$

- d) La f.e.m. generada:

$$E = V_b + (r + R_c) I_i + 2 \cdot V_e$$

$$E = 250 + (0,025) 204 + 2 \cdot 1,5 = 258,1 \text{ V}$$

- e) Potencia eléctrica total:

$$P_t = E \cdot I_i = 258,1 \cdot 204 = 52652,4 \text{ W}$$

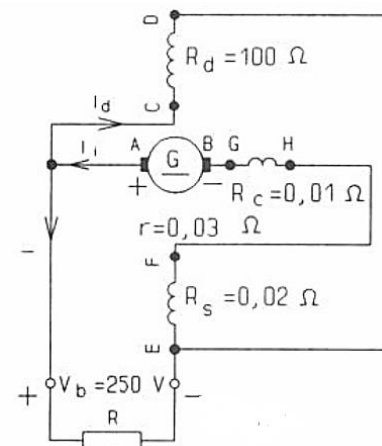
- f) Las pérdidas por efecto Joule:

$$P_{cu} = P_t - P_u = 52652,4 - 50000 = 2652,4 \text{ W}$$

La potencia perdida por efecto joule también se puede calcular:

$$P_{cu} = (r + R_c) I_i^2 + R_d \cdot I_d^2 + 2 \cdot V_e \cdot I_i$$

$$P_{cu} = (0,025) 204^2 + 62,5 \cdot 4^2 + 2 \cdot 1,5 \cdot 204 = 2652,4 \text{ W}$$


$$V_e = 1 \text{ V}$$
 “caída de tensión por contacto de escobilla con colector”



213.1 Una dínamo derivación con las siguientes características:

$$P_u = 9 \text{ kW}$$

$$V_b = 250 \text{ V}$$

$$I_d = 2 \text{ A}$$

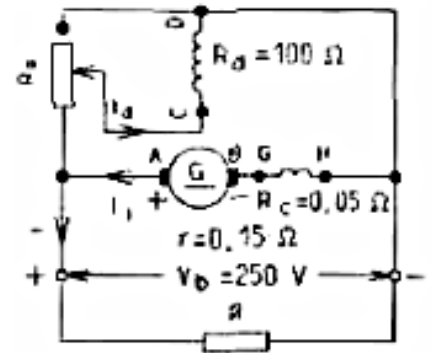
$$\text{RPM} = 1150 \text{ r.p.m}$$

$$r = 0,15 \, \Omega \text{ "resistencia de inducido"}$$

$$R_c = 0,05 \, \Omega \text{ "resistencia devanado de conmutación"}$$

$$R_d = 100 \, \Omega \text{ "resistencia del devanado de excitación en derivación"}$$

$$V_e = 1 \text{ V "caída de tensión por contacto de escobilla con colector"}$$



Calcular:

- Intensidad que suministra la dinamo a la carga.
- Resistencia intercalada en el reóstato de regulación de campo para obtener el funcionamiento a plena carga.
- Intensidad de corriente de inducido.
- Valor de la f.e.m.

- a) La intensidad de corriente en la carga:

$$I = \frac{P_u}{V_b} = \frac{9000}{250} = 36 \text{ A}$$

- b) La intensidad en el devanado de excitación:

$$I_d = \frac{V_b}{(R_d + R_R)} = 2 \text{ A}$$

$$R_R = \frac{V_b}{I_d} - R_d = \frac{250}{2} - 100 = 25 \, \Omega$$

- c) La intensidad de corriente en el inducido:

$$I_i = I_d + I = 36 + 2 = 38 \text{ A}$$

- d) La f.e.m. generada:

$$E = V_b + (r + R_c) I_i + 2 \cdot V_e$$

$$E = 250 + (0,15 + 0,05) 38 + 2 \cdot 1,5 = 259,6 \text{ V}$$



**209,7** Una dínamo con excitación independiente, sin polos de conmutación, tiene en vacío una tensión de 260 V y cuando suministra una intensidad de 100 A la tensión en bornes baja a 240 V. La resistencia de inducido es en marcha normal (75 °C) 0,1  $\Omega$  y la caída de tensión por contacto de escobilla con colector 1 V. Calcular la reducción de tensión debida a la reacción del inducido.

La caída de tensión interna en carga en el inducido y escobillas:

$$2 \cdot V_e + r \cdot I = 2 \cdot 1 + 0,1 \cdot 100 = 12 \text{ V}$$

La caída de tensión total es:

$$E - V_b = 260 - 240 = 20 \text{ V}$$

La reacción del inducido provoca una disminución de tensión de:

$$20 - 12 = 8 \text{ V}$$