



DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

FACULTAD DE INGENIERÍA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

Informe de Practica N° 1

Guía de ejercicios N° 3: “Máquinas de corriente continua”

Asignatura: Máquinas Eléctricas
Ingeniería Electrónica

Autor:

Avila, Juan Agustin – Registro 26076

1º Semestre

Año 2020

1 Problema 1

Un generador de corriente continua con excitación shunt tiene una resistencia total del arrollamiento de armadura de $0,02\ \Omega$ y a una velocidad de 600 r.p.m da lugar a la siguiente curva de vacío:

I exc (A)	1	2	3	4	5	6	7	8
F.E.M (V)	23	45	67	58	100	112	121	126

Sin considerar la reacción de armadura y despreciando la caída de tensión en las escobillas o carbones (debida a la resistencia de contacto), CALCULAR:

1.1 Punto A

La corriente total que suministra esta máquina cuando gira a 600 r.p.m. teniendo (supongan que la máquina tiene una tensión en bornes de 120V y la resistencia total del circuito de excitación es $15\ \Omega$).

Primero, se calcula la I_{ex} :

$$I_{ex} = \frac{V}{R_{ex}} = \frac{120V}{15\Omega} = 8A$$

Teniendo I_{ex} , se busca en la tabla el valor de la FEM. En este caso, es 126V. Por lo tanto, en R_a Caen:

$$V_{Ra} = E - V = 126V - 120V = 6V$$

Y con esto se puede calcular la corriente que circula por R_a :

$$I_a = \frac{V_{Ra}}{R_a} = \frac{6V}{0.02\Omega} = 300A$$

Por lo tanto, la corriente que suministra la maquina es:

$$I_c = I_a - I_{ex} = 300A - 8A = 292A$$

1.2 Punto B

La nueva corriente total suministrada si la velocidad ahora es 700 r.p.m., la tensión en bornes es 144 V y la resistencia del circuito de excitación se incrementa en $3\ \Omega$.

$$R_{ex} = 18\Omega$$

$$I_{ex} = \frac{V}{R_{ex}} = \frac{144V}{18\Omega} = 8A$$

Partiendo de la fórmula que define la FEM, se puede suponer que varía linealmente con la velocidad de la máquina, por lo tanto se podría replantear la tabla original cuando $n=700$

I exc (A)	1	2	3	4	5	6	7	8
F.E.M (V)	26.8	52.5	78.16	99.16	116.66	130.66	141.16	147

Se ve que cuando $I_{ex} = 8A$, $E=147V$. Se procede de manera similar al punto A:

$$V_{Ra} = E - V = 147V - 144V = 3V$$

Y con esto se puede calcular la corriente que circula por R_a :

$$I_a = \frac{V_{Ra}}{R_a} = \frac{3V}{0.02\Omega} = 150A$$

Por lo tanto, la corriente que suministra la maquina es:

$$I_c = I_a - I_{ex} = 150A - 8A = 142A$$

2 Punto 2

Un generador de corriente continua con excitación en derivación o shunt suministra una corriente de 80 A cuando en sus bornes tiene una tensión de 200 V. EL rendimiento eléctrico del generador es del 95%, siendo el reparto de pérdidas por efecto Joule aproximadamente del 3% en la armadura o inducido y del 2% en el campo o inductor. Calcular:

2.1 A. Potencia Total Entregada

La potencia total entregada es la siguiente:

$$P_u = V * I_c = 200V * 80A = 16kW$$

2.2 B. Potencia de Pérdida en la armadura

Este cálculo se puede resolver mediante regla de 3:

$$95\% = 16kW$$

$$3\% = 505W$$

$$P_{cu_{ar}} = 505W$$

2.3 C. Potencia de Pérdida en la excitación

Como en el caso anterior, este cálculo se puede resolver mediante regla de 3:

$$95\% = 16kW$$

$$2\% = 336.8W$$

$$P_{cu_{ex}} = 336.8W$$

2.4 D. Intensidad de excitación

Conociendo la $P_{cu_{ex}}$ y la tensión en los bornes, se puede calcular la corriente I_{ex} :

$$I_{ex} = \frac{P_{cu_{ex}}}{V} = \frac{336.8W}{200V} = 1.68A$$

2.5 E. Resistencia del bobinado de campo

$$R_{ex} = \frac{V}{I_{ex}} = \frac{200V}{1.68A} = 118.75\Omega$$

2.6 F. Resistencia del bobinado de armadura

Para averiguar el valor de R_a primero es necesario encontrar I_a :

$$I_a = I_c + I_{ex} = 80A + 1.68A = 81.68A$$

$$R_a = \frac{P_{cu_{ar}}}{I_a^2} = \frac{505W}{(81.68A)^2} = 0.0757\Omega$$

2.7 G. Fem en el Inducido

La FEM en el inducido será igual a la tensión en los bornes más la caída en R_a :

$$E = V + I_a * R_a = 200V + 81.68A * 0.0757\Omega = 200V + 6.18V = 206.18V$$

3 Punto 3

Un generador de corriente continua conexión shunt de 250 kW, 250 v, 1200 rpm suministra 800A a la tensión nominal. La resistencia del bobinado de armadura (incluyendo la resistencia de las escobillas) es de 0,0045 Ω. La resistencia del arrollamiento de campo es de 48 Ω. Las pérdidas por rozamiento y ventilación son de 6.800W y las pérdidas por corrientes de Foucault son el 1% de la Potencia Útil. CALCULAR:

3.1 A. Pérdidas Totales

Las perdidas totales están dadas por:

$$P_{cuar} + P_{cux} + P_{r+v} + P_{Fe}$$

Y la potencia de cada una de las perdidas es la siguiente:

$$P_{cux} = \frac{V^2}{R_{ex}} = \frac{62500V^2}{48\Omega} = 1302W$$

$$P_{cuar} = I_a^2 * R_a$$

$$I_a = I_{ex} + I_c$$

$$I_{ex} = \frac{V}{R_{ex}} = 5.21A$$

$$I_a = I_{ex} + I_c = 5.21A + 1000A = 1005.21A$$

$$P_{cuar} = I_a^2 * R_a = 1005.21A^2 * 0.0045\Omega = 4547W$$

$$P_{r+v} = 6.8kW$$

$$P_{Fe} = 250kW * 0.01 = 2.5kW$$

Por lo tanto, volviendo a la ecuación original:

$$P_{cuar} + P_{cux} + P_{r+v} + P_{Fe} = 4547W + 1302W + 6800W + 2500W = 15149W$$

Entonces, las pérdidas totales son 15,15kW

3.2 B. Rendimiento

El rendimiento es el cociente entre la potencia útil y la potencia suministrada, es decir:

$$Rendimiento = \frac{P_u}{P_m}$$

Siendo $P_m = P_{cuar} + P_{cux} + P_{r+v} + P_{Fe} + P_u$

$$Rendimiento = \frac{P_u}{P_m} = \frac{250kW}{250kW + 15,15kW} = 0.9428 = 94.28\%$$

Por lo tanto, la maquina tiene un rendimiento del 94,28%

4 Punto 4

Un generador shunt tiene un arrollamiento de armadura de $0,5 \Omega$, mientras que el bobinado de campo posee una resistencia de 400Ω . Este último bobinado se encuentra en serie con una resistencia variable con valores de 0 a 200Ω . Cuando esta resistencia variable se fija a 100Ω , el rotor gira a 1.500 rpm y la Fem (en circuito abierto) es de 100 V . La inducción de campo magnético en la máquina es de $0,9 \text{ T}$. CALCULAR:

4.1 A. Fem de la armadura en esas condiciones

La fem E será igual a la tensión V en los bornes más la caída de tensión producida en R_a :

$$E = V + R_a * I_a$$
$$I_a = I_{ex} = \frac{V}{R_{ex}} = \frac{100V}{500\Omega} = 0,2A$$
$$E = 100V + 0,5 \Omega * 0,2A = 100,1V$$

4.2 B. Diferencia de Potencial en bornes si el generador entrega 10 A.

Si en el circuito entrega $10A$, la corriente en R_a será mayor, por lo tanto V será menor:

$$V = E - R_a * I_a$$
$$I_a = I_e + I_c = 0,2A + 10A = 10,2A$$
$$V = E - R_a * I_a = 100,1V - 0,5\Omega * 10,2A = 100,1V - 5,1V = 95V$$

4.3 C. Velocidad del motor de impulso necesaria en la armadura para que la tensión vuelva a su valor inicial de 100 V.

Para que la tensión en los bornes vuelva a ser de $100V$, es necesario que la fem E aumente proporcionalmente a la caída que tiene cuando se carga ($100V-95V=5V$), ya que todas las corrientes y resistencias se mantienen constantes.

La nueva fem debería entregar la tensión en vacío más la tensión que cae al cargar al generador, es decir $E'=100,25V+5V=105,25V$.

Sabiendo que la fem es directamente proporcional a n , se resuelve la nueva velocidad por regla de tres simple:

$$E = 100,1V \rightarrow n = 1500$$
$$E = 105,1V \rightarrow n = 1574,9$$

5 Punto 5

Se tiene un motor de corriente continua de 10 HP , 220 V , 1000 rpm , excitación en derivación con una resistencia de 100Ω , una resistencia del inducido de $0,4 \Omega$ y un rendimiento del 85% . CALCULAR:

5.1 A. Los valores nominales de la corriente del inducido y el par eléctrico en el eje.

Se parte de la potencia entregada y del rendimiento de la máquina para ver la potencia absorbida:

$$85\% \rightarrow 10HP = 7457W$$
$$100\% \rightarrow 8773W$$

Con esto, se obtiene I_c :

$$I_c = \frac{P_{abs}}{V} = \frac{8773W}{220V} = 39,87A$$

Conociendo la resistencia de excitación y la tensión en los bornes se puede saber su corriente:

$$I_{ex} = \frac{V}{R_{ex}} = \frac{220V}{100\Omega} = 2,2A$$

Conociendo la corriente total y la de excitación, se puede determinar la corriente de armadura de la siguiente forma:

$$I_c = I_{ex} + I_{ar}$$

$$I_{ar} = I_c - I_{ex} = 39,87A - 2,2A = 37,67A$$

Para calcular el par eléctrico, se sabe que la potencia es:

$$P_e = V * I_a - I_{ar}^2 * R_a = 220V * 37,67A - 37,67A^2 * 0,4\Omega$$

$$P_e = 7719,8W$$

Y el par eléctrico es la relación entre la potencia eléctrica y la velocidad angular:

$$T_e = \frac{P_e}{\omega} = \frac{7719,8W}{104,72rad/s} = 73,718 N.m$$

5.2 B. La tensión que habría que aplicar al bobinado de armadura para reducir la velocidad a 500 rpm manteniendo la corriente de excitación en condiciones nominales, si se supone que el par de carga es proporcional al cuadrado de la velocidad.

Partiendo de la ecuación de velocidad:

$$n = \frac{V - I_a * R_a}{K_g * \phi_p} = \frac{E}{K_g * \phi_p}$$

Si se mantiene la corriente de excitación constante, en la ecuación anterior el denominador permanece constante, por lo tanto n es proporcional a E . Por lo tanto, para reducir la velocidad a la mitad, E debe valer la mitad del valor actual.

$$E = V - I_a * R_a = 220V - 37,67A * 0,4\Omega = 220V - 15,07V = 204,93V$$

Teniendo en cuenta que la I_a varía cuadráticamente con el par de carga, y que el nuevo E debe valer la mitad que el original se tiene:

$$V' = \frac{E}{2} + \frac{I_a}{4} * R_a = 102,47V + 3,77V = 106,24V$$

5.3 C. Calcular la resistencia a colocar en serie con el arrollamiento del inducido para reducir la velocidad a 500 rpm manteniendo la tensión de alimentación en 220 V, y la excitación como en las condiciones nominales suponiendo que el par de carga es proporcional a la velocidad.

Partiendo de la ecuación de velocidad, pero agregando la R_{ad} :

$$n = \frac{V - I_a * (R_a + R_{ad})}{K_g * \phi_p} = \frac{E}{K_g * \phi_p}$$

En este caso se mantienen todos los valores constantes, la forma de variar E es variando R_{ad} :

$$E = V - I_a * R_a = 220V - 37,67A * 0,4\Omega = 220V - 15,07V = 204,93V$$

$$\frac{E}{2} = 102,47V$$

$$V - \frac{I_a}{2} * (R_a + R_{ad}) = E/2$$

$$R_{ad} = \frac{2V - E}{I_a} - R_a = \frac{440V - 204,93V}{37,67A} - 0,4\Omega = 5,84\Omega$$

6 Punto 6

Se tiene un motor serie de corriente continua que suministra una potencia de 10 CV. La tensión de alimentación es de 200 V. CALCULAR:

6.1 A. Corriente que consume el motor, si el rendimiento total es del 86 %.

Se parte de la potencia entregada y del rendimiento de la máquina para ver la potencia absorbida:

$$86\% \rightarrow 10CV = 7354W$$

$$100\% \rightarrow 8551,16W$$

Con esto, se obtiene Corriente que circula:

$$I_c = \frac{P_{abs}}{V} = \frac{8551,16W}{200V} = 42,76A$$

6.2 B. Valor de la resistencia interna, si las pérdidas por efecto Joule son del 7%.

Se parte de la potencia total absorbida y se calcula la potencia que se pierde por efecto joule:

$$100\% \rightarrow 8551,16W$$

$$7\% \rightarrow 598,58W$$

Conociendo el valor de la corriente total absorbida, se puede calcular la resistencia interna de la siguiente manera:

$$R_t = \frac{P_{cu}}{I_c^2} = \frac{598,58W}{1828,06A^2} = 0,3274\Omega$$

6.3 C. FEM "E" del inducido.

En el caso del motor serie, la ecuación que relaciona las tensiones es la siguiente:

$$E = V - I_t R_t$$

Siendo $I_t = I_c = I_a = I_e$, y R_t la resistencia total del motor.

$$E = 200V - 42,76A * 0,3274\Omega = 200V - 14V = 186V$$

6.4 D. La cupla motora (o par motor) útil en el eje a 1000 rpm.

La cupla motora es la relación entre la potencia útil y la velocidad angular, es decir:

$$T_m = \frac{P_u}{\omega} = \frac{7354W}{104,72rad/s} = 70,22N.m$$

7 Punto 7

Se tiene un motor de corriente continua con excitación en derivación cuya potencia nominal es de 3 kW con una tensión en bornes de 110 V, siendo el rendimiento total del 76 %. CALCULAR:

7.1 A. Intensidad total.

Se parte de la potencia entregada y del rendimiento de la máquina para ver la potencia absorbida:

$$76\% \rightarrow 3000W$$

$$100\% \rightarrow 3947,27W$$

Con esto, se obtiene Corriente que circula:

$$I_c = \frac{P_{abs}}{V} = \frac{3947,27W}{110V} = 35,89A$$

7.2 B. Intensidad de excitación, sabiendo que la potencia para excitación es el 5 % de la potencia consumida.

Primero, se obtiene el valor de la P_{cuex} :

$$100\% \rightarrow 3947,27W$$

$$5\% \rightarrow 197,36W$$

Conociendo la potencia, se puede determinar la corriente de excitación ya que también se conoce la tensión en los bornes:

$$I_{ex} = \frac{P_{cuex}}{V} = \frac{197,36W}{110V} = 1,79A$$

7.3 C. Resistencia del bobinado de campo.

La resistencia de excitación es la relación entre la tensión en los bornes y la corriente de excitación:

$$R_{ex} = \frac{V}{I_{ex}} = \frac{110V}{1,79A} = 61,45\Omega$$

7.4 D. Valor de corriente que circula por la armadura.

La corriente de armadura puede determinarse a partir de la corriente de carga y la corriente de excitación:

$$I_a = I_c - I_{ex} = 35,89A - 1,79A = 34,1A$$

7.5 E. Resistencia de la armadura, si sus pérdidas por efecto Joule son 5 % de la potencia consumida.

Primero, se obtiene el valor de la P_{cuar} :

$$100\% \rightarrow 3947,27W$$

$$5\% \rightarrow 197,36W$$

Teniendo la Potencia, se puede determinar la resistencia ya que se conoce también el valor de la corriente de armadura:

$$R_a = \frac{P_{cuar}}{I_a^2} = \frac{197,36W}{1162,81A^2} = 0,1697\Omega$$

7.6 F. Fuerza electromotriz del arrollamiento del inducido.

La fuerza electromotriz se puede determinar a partir de la siguiente ecuación:

$$E = V - I_a * R_a = 110V - 34,1A * 0,1697\Omega = 110V - 5,79V = 104,21V$$

7.7 G. Par motor en la polea de transmisión a 1200 rpm.

El par motor es la relación entre la potencia útil y la velocidad angular:

$$T_m = \frac{P_u}{\omega} = \frac{3000W}{125,66rad/s} = 23,87N.m$$

7.8 H. Valor del reóstato de armadura para que la intensidad de arranque no exceda el valor nominal.

Para esto, en un primer momento $E=0$, por lo tanto toda la tensión aplicada cae en la resistencia de armadura:

$$V = I_a * R_a$$

Para que la corriente no exceda la nominal, se debe agregar un reóstato en serie con la resistencia de armadura de forma tal que:

$$V = I_c * (R_a + R_{arr})$$

$$R_{arr} = \frac{V}{I_c} - R_a = \frac{110V}{35,89A} - 0,1697\Omega = 3,0649 - 0,1697\Omega = 2.8952\Omega$$