

# MAQUINAS DE CORRIENTE DIRECTA E INDUCCIÓN

Clave: 1131075

ÁREA DE INGENIERÍA ENERGÉTICA Y ELECTROMAGNÉTICA<sup>∇2</sup>

Prof. Dr. Rafael Escarela Pérez

e-mail: epr@correo.azc.uam.mx

IEE \_\_\_\_\_ IEE

## 1. PROBLEMAS A RESOLVER

1. ¿Cuales son los elementos principales que componen una máquina de Corriente Directa?
2. Dibuje las posibles conexiones que se pueden encontrar en una máquina de CD.
3. La placa de datos de un generador de CD indica que producirá un voltaje de salida de 24 V CD cuando opera a una velocidad de 1800 rpm. Por que factor se debe cambiar el numero de vueltas de la armadura de tal manera que, para el mismo flujo de campo por polo. ¿ El generador producirá una salida de voltaje de 48 V CD para una velocidad de 1400 rpm?
4. La armadura de un generador de CD de 4 polos tiene un total de 270 vueltas serie. Cuando opera a una velocidad de 1200 rpm, el voltaje generado en circuito abierto es de 240 V. Calcule el flujo por polo en el entrehierro.
5. Considere un motor de CD de excitación separada. Describa la variación de velocidad del motor operando bajo condiciones sin carga en las siguientes condiciones:
  - 5.1. El voltaje en terminales de armadura varía mientras la corriente de campo se mantiene constante.
  - 5.2. La corriente de campo varía mientras el voltaje en terminales de armadura se mantiene constante.
  - 5.3. El devanado de campo es conectado en derivación directamente a las terminales de la armadura y el voltaje en terminales de la armadura entonces varía.
6. Un motor de CD con conexión en derivación opera sin carga con un voltaje en terminales de armadura de 125 V, se observa que opera a una velocidad de 1420 rpm. Cuando el motor es operado sin carga para el mismo voltaje en terminales de armadura, pero con una resistencia adicional de 8  $\Omega$  en serie con el campo en derivación, la velocidad del motor se observa de 1560 rpm.
  - 6.1. Calcule la resistencia del campo en derivación.
  - 6.2. Calcule la velocidad del motor que resultará si la resistencia del campo en serie se incrementa de 8  $\Omega$  a 20  $\Omega$ .
  - 6.3. Con el valor original de la resistencia de campo, calcule la velocidad del motor si es operado sin carga con un voltaje en terminales de 90 V.
7. Un motor de CD de 75 kW y 250 V conectado en derivación, tiene una resistencia de armadura de 45  $m\Omega$  y una resistencia de campo de 185  $\Omega$ . Cuando opera a 250 V, sin carga su velocidad es de 1850 rpm.

- 7.1. El motor es operado bajo condiciones de carga con un voltaje en terminales de 250 V y una corriente de 290 A. Calcule
- 1) la velocidad del motor en rpm,
  - 2) la potencia de carga en kW, y
  - 3) el par de carga en  $N \cdot m$ .
- 7.2. Asumiendo que el par de carga se mantiene constante como una función de la velocidad para el valor calculado en la parte (77.1.), calcule
- 1) la velocidad del motor y
  - 2) la corriente en terminales si el voltaje en terminales se reduce a 200 V.
- 7.3. Repetir la parte (77.2.) si el par de carga de la parte (77.1.) varía con el cuadrado de la velocidad.
8. Para cada uno de los siguientes cambios en las condiciones de operación para un motor de excitación separada, describa como la corriente de armadura y la velocidad variarán bajo las siguientes circunstancias. Debe asumir la resistencia de la armadura despreciable.
- 8.1. Reducir el voltaje a la mitad en terminales de la armadura, mientras el flujo del campo y el par de carga se mantienen constantes.
  - 8.2. Reducir el voltaje a la mitad en terminales de la armadura, mientras el flujo del campo y la potencia de la carga se mantiene constante.
  - 8.3. Doblando el flujo del campo mientras el voltaje en terminales de armadura y la carga se mantienen constantes.
  - 8.4. Reduciendo a la mitad el flujo del campo y el voltaje en terminales de armadura mientras la potencia de la carga se mantiene constante.
  - 8.5. Reduciendo a la mitad el voltaje en terminales de la armadura, mientras el flujo del campo se mantiene constante y el par de carga varía al cuadrado de la velocidad.
9. Calcule el voltaje inducido en el devanado de la armadura de una máquina de CD de 4 polos, la maquina tiene un devanado imbricado de 728 conductores activos y una velocidad de 1800 rpm. El flujo por polo es de 30 mWb.
10. ¿Cuál es el voltaje inducido en la armadura de la maquina del problema 9, si la armadura es de devanado ondulado?
11. Si la armadura en el problema 9 es diseñado para llevar una corriente de línea máxima de 100 A, ¿cuál es la máxima potencia electromagnética desarrollada por la armadura?
12. Si se conecta la armadura del problema 9 en conexión ondulado, ¿la potencia desarrollada sufrirá algún cambio?
13. Calcule el par electromagnético desarrollado por la armadura descrita en el problema 9.
14. Un generador con conexión en paralelo de 100 kW y 230 V, tiene  $R_a = 0,05 \Omega$  y  $R_f = 57,5 \Omega$ . Si el generador opera a voltaje promedio, calcule el voltaje inducido en:

- 14.1. Plena carga.
- 14.2. Media carga.
- . Desprecie las pérdidas por contacto de las escobillas.
15. Un generador en conexión en derivación compuesta corta de 50 kW y 250 V, tiene los siguientes datos:  $R_a = 0,06 \Omega$ ,  $R_{se} = 0,04 \Omega$  y  $R_f = 125 \Omega$ . Calcule el voltaje inducido en la armadura a plena carga y el voltaje terminal. Tome 2 V como la caída de tensión total por pérdidas por contacto con las escobillas.
16. Una maquina de CD con excitación separada de 25 kW con un voltaje de 125 V, es operada a velocidad constante de 3000 r/min con una corriente de campo constante de tal manera que el voltaje de armadura de circuito abierto es de 125 V. La resistencia de armadura es de  $0.02 \Omega$ .
- Calcule la corriente de armadura, la potencia de entrada, la potencia y el par electromagnético cuando el voltaje en terminales es:
- 16.1. 128 V.
- 16.2. 124 V.
17. La velocidad de la máquina de excitación separada del ejemplo 16 se observa que es de 2950 r/min con la corriente de campo del mismo valor del ejemplo 16. Para un voltaje terminal de 125 V, calcule la corriente terminal, la potencia terminal y la potencia electromagnética de la maquina. ¿La máquina actúa como un generador?
18. Considere otra vez la maquina de CD de excitación separada del ejemplo 16 manteniendo la corriente de campo constante para el valor que deberá producir un voltaje en terminales de 125 V a una velocidad de 3000 r/min. Se observa que la máquina opera como un motor con un voltaje en terminales de 123 V y con una potencia en terminales de 21.9 kW. Calcule la velocidad del motor.
19. Repita el ejemplo 18, si la máquina se observa que trabaja como generador con un voltaje en terminales de 124 V y una potencia terminal de 24 kW.
20. La curva de magnetización a velocidad constante para una máquina de 35 kW, 250 V a una velocidad de 1500 rpm se muestra en la figura 1. Esta máquina es de excitación separada y tiene una resistencia de armadura de  $95 m\Omega$ . Esta máquina es operada como un generador de CD mientras es llevado por un generador síncrono a velocidad constante.
- 20.1. ¿Cuál es la corriente de armadura promedio de esta máquina?
- 20.2. Manteniendo la velocidad del generador a 1500 rpm y si la corriente de armadura se limita a su valor promedio, calcule la potencia máxima de salida del generador y su voltaje correspondiente para una corriente de campo de
- 1) 1.0 A
  - 2) 2.0 A
  - 3) 2.5 A.
- 20.3. Repetir la parte (2020.2.) si la velocidad del generador síncrono se reduce a 1250 rpm.

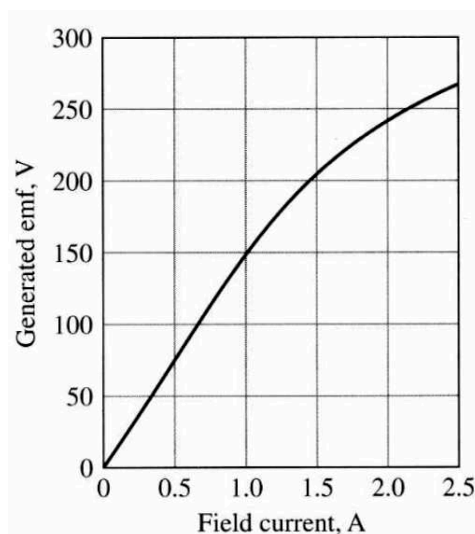


Figura 1: Curva de magnetización a 1500 rpm para el generador del problema 20.

**Tabla 1:** Valores de la curva de magnetización del problema 22.

<b>Ea, V</b>	509	531	547	560	571	581	589	596	603	609	615
<b>If, A</b>	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5

21. La máquina de CD del problema 77.1. es operada como motor alimentado por un voltaje constante en terminales de armadura de 250 V. Si los efectos de saturación son ignorados, la curva de magnetización de la Figura 1 se convierte en una línea recta con una pendiente constante de 150 volts por amper de corriente de campo. Para propósitos de este problema, puede asumir que los efectos de saturación son despreciables.
- 21.1. Asumir que la corriente de campo se mantiene constante a 1.67 A, dibuje la velocidad del motor como una función de la potencia en el eje cuando la potencia en el eje varía de 0 a 35 kW.
- 21.2. Ahora asuma que la corriente de campo puede ser ajustada para mantener la velocidad del motor constante a 1500 rpm, calcule la corriente de campo requerida como una función de la potencia en el eje cuando la potencia en el eje varía de 0 a 35 kW.
22. La curva de magnetización sin carga a 1750 rpm de una máquina de excitación separada de 550 V, 100 kW es dada por los valores de la Tabla 1.
- El devanado de campo tiene 1175 vueltas/polo y una resistencia de 163  $\Omega$ . La resistencia de armadura es de 57 m $\Omega$ . La máquina es operada como un generador conectado en derivación a una velocidad de 1700 rpm.
- 22.1. Calcule el voltaje en terminales sin carga.
- 22.2. Cuando tiene una corriente de carga terminal de 180 A, el voltaje en terminales del generador se observa que es de 527 V. Calcule la reacción de la armadura en A-vueltas/polo.

**Tabla 2:** Características de potencia y voltaje de la máquina del problema 24.

<b>Velocidad, rpm</b>	770	880	990	1100	1210	1320
<b>Potencia, kW</b>	5.8	7.8	10.4	13.4	17.3	22.2

**Tabla 3:** Curva de magnetización del problema 25.

<b>Ea, V</b>	180	200	220	240	250
<b>It, A</b>	0.98	1.15	1.46	1.93	2.27

- 22.3. Calcule el voltaje en terminales del generador si la velocidad se incrementa a 1750 rpm y la corriente en terminales se mantiene a 180 A.
23. Cuando trabaja con una fuente de corriente directa de 230 V, un motor en serie de CD trabaja a 900 rpm con una corriente de línea de 75 A. Su resistencia de armadura es de  $0.13 \Omega$ , y la resistencia de su campo en serie es  $0.09 \Omega$ . A causa de los efectos de saturación, el flujo a una corriente de armadura de 25 A es 45 % del de una corriente de armadura de 75 A. Calcule la velocidad del motor cuando el voltaje de armadura es 230 V y la corriente de armadura es 25 A.
24. Un ventilador axial tiene las características de velocidad mostradas en la Tabla 2 El ventilador es impulsado por un motor en derivación de cuatro polos, 25 kW y 230 V. El motor tiene un devanado de armadura con dos líneas en paralelo y  $C_a = 784$  conductores activos. La resistencia del circuito de la armadura es  $0.195 \Omega$ . El flujo de la armadura por polo es de  $\phi_d = 5,9 \times 10^{-3}$  Wb y los efectos de la reacción de la armadura pueden ser despreciados. Las pérdidas rotacionales sin carga (serán consideradas constantes) se estima que son de 1125 W.
- 24.1. Determine el voltaje y corriente en terminales del motor y la potencia cuando el ventilador esta operando a una velocidad de 1285 rpm.
- 24.2. Determine la corriente terminal del motor, la velocidad y la potencia del ventilador si el voltaje en terminales es reducida a 180 V.
25. Un motor conectado en derivación toma una corriente de armadura a plena carga de 53.7 A, de la línea de 230 V, y trabaja a una velocidad de 1250 rpm tanto sin carga como a plena carga. Los siguientes datos están disponibles en este motor:
- Resistencia del circuito de la armadura (incluyendo escobillas)= $0.15 \Omega$
  - Vueltas por polo en el campo en derivación=1650.
- La curva de magnetización como motor sin carga y a 1250 rpm se muestra en la Tabla 3.
- 25.1. Determine la corriente de campo en derivación para este motor sin carga y a 1250 rpm cuando se conecta a la línea de 230 V. Suponga como despreciable la reacción de la armadura sin carga.
- 25.2. Determine la reacción efectiva de la armadura a plena carga en amper-vuelta/polo.
- 25.3. ¿Cuántas vueltas se deben añadir a un campo en serie para transformar a esta máquina en un motor compuesto acumulativo en conexión larga cuya velocidad será de 1115 rpm cuando la

corriente de armadura sea de 53.7 A y el voltaje aplicado 230 V? Suponga que el campo serie tiene una resistencia de  $0.037 \Omega$ .

- 25.4. Si se instala un campo serie con 21 vueltas por polo y una resistencia de  $0.037 \Omega$ , determine la velocidad cuando la corriente de armadura es 53.7 A y el voltaje aplicado es 230 V.

**BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA**

- [1] Nasar, S. A., Unnewehr, L. E. (1983). Electromechanics and electric machines. John Wiley & Sons
- [2] Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., Umans, S. D., & James, B. (2003). Electric machinery (Vol. 5). New York: McGraw-Hill. .