



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación

Ing. Víctor Nasimba Medina¹, Jhon Nasimba de Janon²

1 Universidad Técnica de Quevedo, Quevedo, Ecuador, Email: vnasimba@uteq.edu.ec

2 Instituto Tecnológico Superior Luis Arboleda M., Manta, Ecuador, Email:

jhon61290@gmail.com

RESUMEN

Este artículo tiene como finalidad el desarrollo experimental sobre los diferentes parámetros que involucran a las máquinas de corriente continua, su funcionamiento y aquellas variables que debemos considerar al momento de elegir una máquina de estas características. Además de las posibles soluciones y los aspectos que esto implica ante una posible utilidad de este tipo de máquina. El objetivo es determinar las características del par en función de la velocidad y su eficiencia. La metodología empleada fue experimental en el cual se determinó que la velocidad de cualquier motor de corriente directa (c-d) depende principalmente de su voltaje de armadura y de la intensidad del campo magnético. Un motor en derivación, el devanado de campo y el de la armadura se conecta en paralelo directamente a las líneas de alimentación de corriente continua (c-c) si el voltaje de línea de corriente directa (c-d) es constante, el voltaje de la armadura y la intensidad de campo serán constantes también. Por lo tanto, el motor en paralelo deberá funcionar a una velocidad razonablemente constante, sin embargo, la velocidad tiende a disminuir cuando se aumenta la carga del motor. El material empleado para realizar esta investigación fue un módulo de 120 Vca, 0-120 Vcd, módulo motor/generador de cd, electrodinamómetro, módulos de medición de cd (200v, 5 A), tacómetro digital. Finalmente podemos indicar que la característica de un motor de corriente continua (c-d) es que son más eficaces para realizar trabajos que requieran de una velocidad constante tanto en vacío como en plena carga y su eficiencia alcanza un valor máximo del 60 % luego tiende a disminuir.

Palabras claves:

Par, Voltaje de Armadura, Intensidad de campo, Eficiencia, Devanado de campo.



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

Analysis of the efficiency and characteristics of the torque as a function of the speed of a DC motor (c-d) with the derived field

ABSTRACT

This article aims at experimental development on the different parameters that involve DC machines, their operation and those variables that we must consider when choosing a machine with these characteristics, in addition to the possible solutions and aspects that this implies before a possible utility of this type of machine. The objective is to determine the characteristics of the torque based on speed and efficiency. The methodology used was experimental in which it was determined that the speed of any direct current (c-d) motor depends mainly on its armature voltage and the intensity of the magnetic field. A shunt motor, field winding, and armature winding are connected in parallel directly to the direct current (dc) power lines if the direct current line voltage (dc) is constant, the armature voltage and Field strength will be constant too. Therefore, the parallel motor must run at a reasonably constant speed. However, the store speed will decrease when the engine load is increased. The material used to carry out this research was a 120 Vac module, 0-120 Vdc, cd motor/generator module, electro-dynamometer, cd measurement modules (200v, 5 A), digital tachometer. Finally, we can indicate that the characteristic of a motor (cd) is that they are more effective to perform jobs that require a constant speed both empty and full load and their efficiency reaches a maximum value of 60% then tends to decrease.

Key Words:

Torque, Armature Voltage, Field Intensity, Efficiency, Field Winding





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

1. INTRODUCCIÓN

Con el descubrimiento de la ley de la inducción electromagnética por Faraday, empieza la historia de las máquinas eléctricas y hasta mediados de la octava década del siglo pasado, representa en esencia la historia del desarrollo de la máquina de corriente continua. En el curso de este tiempo esta máquina paso cuatro periodos de desarrollo.

- 1.- Máquinas tipo electromagnético con imanes permanentes,
- 2.- Máquinas tipo electromagnético con excitación independiente,
- 3.- Máquinas del mismo tipo con autoexcitación y tipo elemental del inducido, y
- 4.- Máquinas del mismo tipo de polos múltiples con inducido perforado.

Para el desarrollo posterior de las máquinas de corriente continua tuvo gran importancia la creación del convertidor con un inducido de corriente alterna a continua y el convertidor inverso de corriente continua a alterna.

1.1.OBJETIVOS

- Determinar las características del par en función de la velocidad de un motor de corriente directa (c-d) con el campo en derivación.
- Obtener la curva de la velocidad con respecto al par de un motor de corriente directa (c-d).
- Calcular la eficiencia del motor de corriente directa con conexión en derivación

El presente artículo es producto de la recopilación de los datos obtenidos en forma experimental y tabulados de tal forma que se pudo apreciar el comportamiento de la curva del par en función de la velocidad y su eficiencia respecto a otro tipo de motores.

1.2.MARCO TEÓRICO

1.2.1. Antecedentes





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

La corriente continua (CC), que fue la primera forma de energía eléctrica que se generó y aplicó. La Ilustración 1 corresponde a un motor eléctrico de CC con el que se ilustraba una publicación francesa, que recogía los avances tecnológicos presentados en la exposición universal de París de 1867. Muestra uno de los primeros prototipos de motores de corriente continua a mediados del siglo XIX. [1]

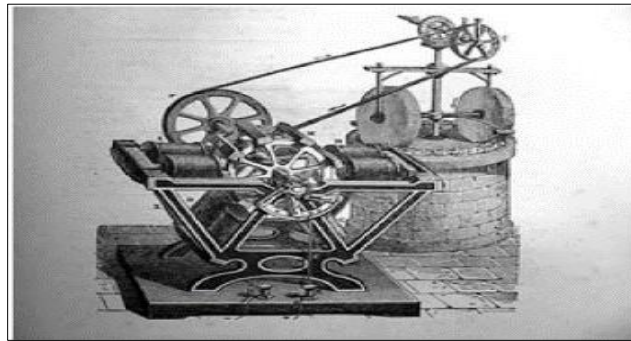


Ilustración 1. Prototipo de motor eléctrico.

En 1832 Michael Faraday (1791-1867), presentó un prototipo de motor constituido por un disco de cobre, que giraba bajo la influencia de los polos de un imán en forma de herradura.

Muchos fueron los científicos que investigaron sobre los motores eléctricos, como Herman de Jacobi, que construyó en 1834 un prototipo de motor de corriente continua. Otros nombres que van unidos a los primeros motores de corriente continua son: Henry, Robert Davison, Froment, Davenport y otros.

A continuación, vemos las fechas más importantes en el desarrollo de las máquinas eléctricas que impulsaron la rápida generalización de la energía eléctrica:

- 1831. Faraday presenta la teoría de la inducción electromagnética. Es el principio en el que se basan los motores de corriente continua.
- 1837. Davenport (EE. UU.). Desarrolla el motor de corriente continua.
- 1970. Gramme (Bélgica) patenta la primera máquina para generar corriente eléctrica continua (CC).



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

- 1887. Tesla (Serbia/EE. UU.) presenta el motor de inducción. Empieza el desarrollo industrial de las corrientes alternas.
- 1890. Tesla (Serbia/EE. UU.) presenta el motor de corriente alterna trifásica.

1.2.2. Principio de funcionamiento de los motores eléctricos

Fue Michael Faraday, como se ha señalado, el primer investigador que dio con la posibilidad de generar movimiento a partir de una corriente eléctrica, por efecto de la reacción magnética entre dos campos opuestos. [2]

En 1831 Joseph Henry explicó el fenómeno de la inducción, construyendo un tipo de generador eléctrico que era movido por un motor, también eléctrico. Tanto sus descubrimientos, como sus ensayos, pasaron inadvertidos. [2]

Poco después, en 1832 Michael Faraday presentó ante el *Royal Institute* un prototipo de motor constituido por un disco de cobre que giraba entre los polos de un imán (en forma de herradura). El disco giratorio estaba alimentado por una corriente que le llegaba a través de unas escobillas. Este fue el inicio real de los motores eléctricos y de la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica. [2]

1.2.3. Introducción a los motores eléctricos cc

Como en el resto de las máquinas rotativas, el análisis de la máquina de corriente continua puede realizarse a partir del análisis de dos flujos: inductor e inducido. Supóngase para ello que se define un fasor espacial, tal que su módulo coincide con el máximo de la onda de fuerza magnetomotriz, mientras que la dirección coincide con el eje de la bobina que crea dicha fuerza magnetomotriz. Considérese, por otra parte, que la creación de par en una máquina rotativa viene dada por la tendencia a la alineación que tienen ambas fuerzas magnetomotrices, de tal modo que cuando los fasores espaciales representativos de la misma conforman un ángulo de 90° , el par es máximo. Por el contrario, cuando ambos fasores se hallan alineados, el par es nulo, al no existir tendencia al alineamiento. [3]

Este tipo de motores transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Impulsan dispositivos tales como malacates, ventiladores, bombas, calandrias, prensas punzadoras y carros. Estos dispositivos pueden tener una característica de par o momento de torsión-





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

velocidad muy definida (como una bomba o un ventilador) o una extremadamente variable (como un malacate o un automóvil). [4]

La característica de par o de momento de torsión-velocidad del motor debe ser adaptada al tipo de carga que tiene que impulsar, y este requerimiento ha dado lugar a tres tipos básicos de motores:

1. Motores en derivación (o shunt)
2. Motores en serie
3. Motores compuestos

Los motores de corriente directa rara vez se utilizan en aplicaciones industriales ordinarias ya que todos los sistemas eléctricos suministran corriente alterna. Sin embargo, en aplicaciones especiales, como fábricas de acero, minas y trenes eléctricos, en ocasiones es conveniente transformar la corriente alterna en corriente directa para utilizar motores de cd. La razón es que las características de par o momento de torsión-velocidad de los motores de cd pueden ser variadas dentro de un amplio intervalo sin perder su alta eficiencia. [4]

1.2.3. Fuerza contra electromotriz (f_{cem})

Los motores de corriente directa se construyen del mismo modo que los generadores; por consiguiente, una máquina de cd puede operar como motor o como generador. Para ilustrar lo anterior, considere un generador de cd en el que la armadura, inicialmente en reposo, está conectada a una fuente de cd E_s por medio de un interruptor (Ilustración 3). La armadura tiene una resistencia R y el campo magnético es creado por un juego de imanes permanentes. [4]

En cuanto se cierra el interruptor, una gran corriente fluye en la armadura porque su resistencia es muy baja. Los conductores individuales de la armadura de inmediato se someten a una fuerza porque están inmersos en el campo magnético creado por los imanes permanentes. Estas fuerzas se suman para producir un poderoso par o momento de torsión que hace girar la armadura. [4]





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

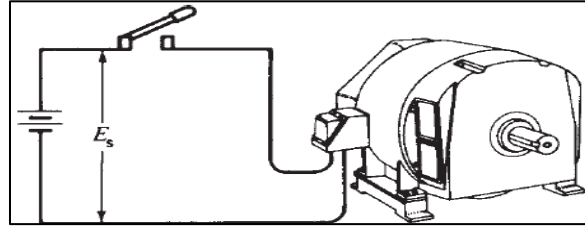


Ilustración 3. Arranque de un motor de cd a través de la línea.

Por otra parte, en cuanto la armadura comienza a girar, ocurre un segundo fenómeno: el efecto de generador. Sabemos que un voltaje E_o es inducido en los conductores de la armadura en cuanto éstos atraviesan un campo magnético (Fig. 4). Esto siempre es cierto, sin importar qué provoque la rotación. El valor y la polaridad del voltaje inducido son los mismos que los obtenidos cuando la máquina opera como generador. [5]

Por lo tanto, el voltaje inducido (E_o) es proporcional a la velocidad de rotación n del motor y al flujo F por polo, como vimos en la ecuación 1:

$$E_o = \frac{Zn\Phi}{60} \quad (1)$$

E_o =Voltaje Inducido

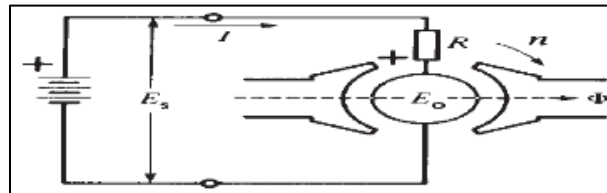


Figura 4. Fuerza contra electromotriz (fcem) en un motor de cd.

1.2.4. Elementos que constituyen un motor de cc

Estudiamos a continuación la representación esquemática y la descripción de un motor de corriente continua (c-c) con todos sus elementos magnéticos y eléctricos. En la Ilustración 5 se muestra un esquema con todos sus componentes. [6]





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

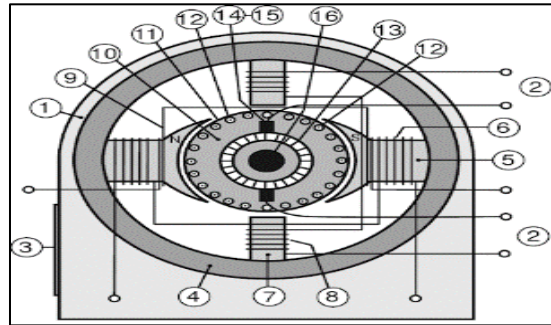


Ilustración 5. Representación de los elementos del motor

Empezando desde el exterior, estos son los componentes básicos de un motor de corriente continua (c-c):

1. Carcasa.
2. Caja de conexiones.
3. Placa de características.
4. Culata.
5. Polos principales.
6. Bobinado inductor (serie-derivación-independiente).
7. Polos auxiliares o de conmutación.
8. Bobinado auxiliar o de conmutación.
9. Bobinado de compensación.
10. Conjunto rotor.
11. Circuito magnético con ranuras para alojar los conductores de las bobinas.
12. Bobinado rotórico (inducido).
13. Colector de delgas.
14. Porta escobillas.
15. Escobillas.
16. Eje del motor.

1.2.5 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

1.2.5.1. Motor en Derivación



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

En el motor en derivación, el arrollamiento de excitación queda en paralelo con el inducido (Ilustración 6).

Las revoluciones se pueden regular mediante la resistencia de arranque y el regulador de capo. En vacío y en carga, el motor en derivación se comporta igual que un motor con excitación independiente. Tiene la misma curva características de carga. Los motores que no se embalan en vacío y cuya velocidad disminuye solo muy poco en carga se denominan motores con comportamiento en derivación. [7]

En los motores en derivación y en los motores con excitación independiente, es preciso comprobar que a excitación no se pueda desconectar durante el funcionamiento. En caso contrario, el inducido alcanza unas revoluciones inadmisiblemente elevadas en el débil campo de excitación. Los motores en derivación se pueden embalar si se interrumpen el circuito de excitación. Se utilizan para accionamiento iguales que los motores de excitación independiente. [7]

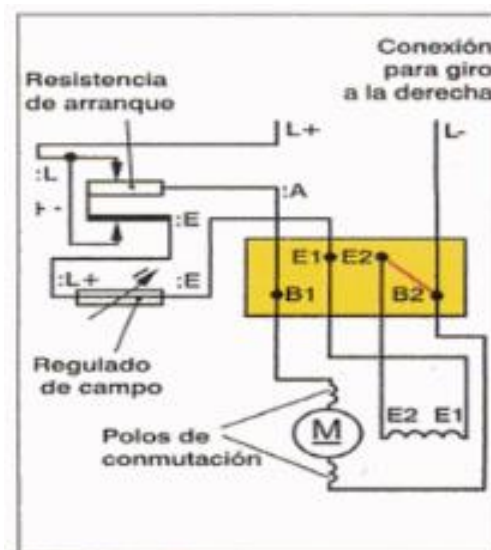


Ilustración 6. Conexión de motor en derivación

1.2.5.2. Características de velocidad del motor *shunt*.

La forma de excitar los campos en los motores de corriente continua es muy semejante a la usada en los generados de corriente continua. Excepto en elementos especiales, las bobinas



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

de campo del motor están excitadas por separado. Se caracterizan por el tipo de bobina de campo empleada a cada motor. El motor con devanado en derivación o *shunt*, tiene las bobinas de campo en paralelo con el inducido. Como las bobinas de campo están conectadas directamente a las líneas de alimentación, la corriente que fluye por ellas es constante y por lo tanto, la excitación de campo en el motor shunt permanece prácticamente constante con independencia de la naturaleza de la carga sobre el motor. Con un flujo de campo constante, la f_{cem} es directamente proporcional a la velocidad del inducido, pues cuanto más rápidamente gira este mayor resultara la fuerza contra electromotriz que se desarrolle. De igual modo, cuanto más lenta gira el inducido, menos fuerza contra electromotriz (f_{cem}) se generará. [8]

1.2.5.3 Conexiones del motor conexión en derivación.

El **motor shunt** o **motor de excitación en paralelo** es un motor eléctrico de corriente continua cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación o paralelo con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar. Las bobinas principales están constituidas por muchas espiras de alambre de poca sección, por lo que la resistencia del bobinado inductor principal es muy grande. [9]

Según la ilustración 7, la conexión en paralelo permite tener velocidades constantes pudiendo conectarse en vacío o con carga (aunque las cargas que soporta no pueden muy grandes). No disminuye más que ligeramente cuando el par aumenta, es decir, mantiene una velocidad de rotación muy regular frente a variaciones de su carga mecánica. El motor dc en serie no se mantiene tan estable, ya que su velocidad decrece fuertemente con el aumento de la carga. [9]

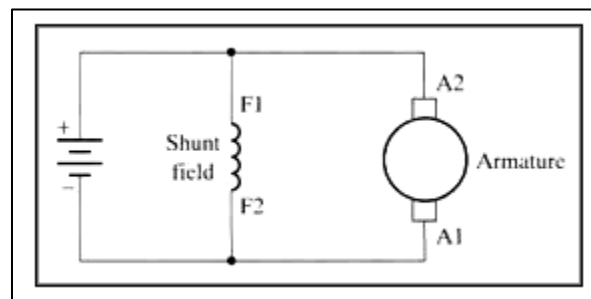


Ilustración 7. Conexión de un motor dc campo en derivación



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

1.2.5.4 Funcionamiento

El principio de funcionamiento de un motor shunt se basa en la fuerza que se produce sobre un conductor eléctrico recorrido por una intensidad de corriente eléctrica en el seno de un campo magnético. [10]

1.2.5.5 Aplicaciones del Motor en shunt

Las aplicaciones del motor son las siguientes: Se usan en aquellos casos en los que no se requiera un par elevado a pequeñas velocidades y no produzcan grandes cargas. Si la carga desaparece (funcionamiento en vacío), el motor varía apenas su velocidad. Conclusión: Se emplea para máquinas herramientas, por ejemplo, un taladro. [11]

1.2.5.6 Motor en derivación (shunt) bajo carga

Considere un motor de cd que funciona sin carga. Si se aplica repentinamente una carga mecánica al eje, la pequeña corriente sin carga no produce un par o momento de torsión suficiente para soportar la carga y el motor comienza a desacelerarse. Esto hace que la fuerza contra electromotriz (f_{cem}) disminuya y el resultado es una corriente más alta y un par o momento de torsión correspondientemente más alto. Cuando el par o momento de torsión desarrollado por el motor es exactamente igual al par o momento de torsión impuesto por la carga mecánica, entonces, y sólo entonces, la velocidad permanecerá constante. En resumen, conforme la carga mecánica se incrementa, la corriente en la armadura aumenta y la velocidad disminuye. La velocidad de un motor en derivación permanece relativamente constante al funcionar sin carga y pasar a plena carga. En motores pequeños, sólo disminuye de 10 a 15 por ciento cuando se aplica la carga completa. En máquinas grandes, la disminución es incluso menor, debido en parte a la bajísima resistencia de la armadura. Ajustando el reóstato de campo, se puede mantener la velocidad absolutamente constante a medida que cambia la carga. En la Ilustración 8 se muestran las características típicas de par o momento de torsión-velocidad y momento de torsión-corriente de un motor en derivación. La velocidad, el par o momento de torsión y la corriente se dan en valores por unidad. El par o momento de torsión es directamente proporcional a la corriente en la armadura. Además, la velocidad cambia sólo de 1.1 a 0.9 pu a medida que el par o momento de torsión se incrementa de 0 a 2 pu (valor por unidad). [12]





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

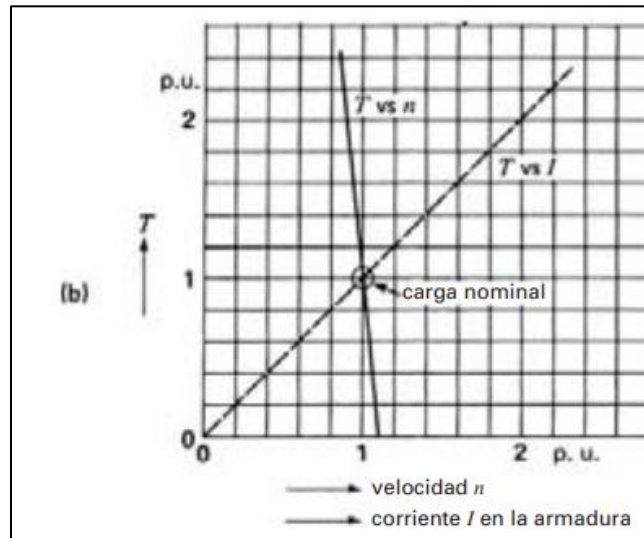


Ilustración 8. Curva de carga de un motor en derivación.

1.2.5.7. Fórmulas de cálculo del par motor

El par en un motor es una magnitud mecánica muy importante de cara a su aplicación industrial. [13]

Par es la capacidad que tiene el motor para producir un trabajo. [14], El par motor también se define como la fuerza que un motor es capaz de desarrollar en cada vuelta o revolución. [15]

El par resistente corresponde a la resistencia que debe vencer el motor. El par nominal corresponde al par cedido por el motor en condiciones nominales de funcionamiento.

Potencia es la cantidad de trabajo desarrollado por el motor por unidad de tiempo.

$$T = \frac{P \cdot 9.55}{n} \quad (1)$$

de:

P = potencia mecánica desarrollada por el motor [W]

T = momento de torsión o par [N.m]



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

n = velocidad de rotación [r/min]

9.55 5 una constante para el ajuste de las unidades (valor exacto = $30/\pi$)

Eficiencia de una máquina

La eficiencia de una máquina está dada por la ecuación

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} * 100 \quad (2)$$

Donde:

η = eficiencia [porcentaje]

P_o = potencia de salida de la máquina [W]

P_i = potencia de entrada a la máquina [W]

2. MÉTODO

2.1. Metodología experimental

El método empleado para este artículo fue experimental el mismo que nos permite determinar con mayor confiabilidad la relación causa efecto, por cuanto se manipularon equipos, instrumentos de medición y maquinas eléctricas.

2.2. Equipo y material empleado

A continuación, se presentan el equipo utilizado para la realizar la experimentación, con su respectiva descripción.

- Módulo de fuente de energía (120V ca, 0-120V cd)
- Módulo de medición de c-d {200V,5A}
- Módulo de motor/generador de c-d
- Módulo del electrodinamómetro





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

- Cables de conexión
- Banda
- Tacómetro digital

3. RESULTADOS

Según la tabla 1, se pueden apreciar los primeros resultados de tensión y torque aplicados a los módulos para la experimentación.

TABLA 1
RESULTADOS DE TENSIÓN Y TORQUE

Tensión (voltaje)	Torque (N-m)
120	0.0
120	0.3
120	0.6
120	0.9
120	1.2
120	1.5

Podemos verificar según la tabla 2, la variación de la corriente (I) y las revoluciones de por minuto (rpm) cuando se incrementó el torque (τ).

TABLA 2
RESULTADOS DE LA CORRIENTE Y LA VELOCIDAD RESPECTO AL TORQUE

Tensión (voltaje)	Torque (N-m)	Corriente (A)	velocidad (rpm)
120	0.0	0.65	1800
120	0.3	1.35	1730
120	0.6	1.7	1670
120	0.9	2.3	1600
120	1.2	3.0	1560
120	1.5	3.9	1530

Procedemos a calcular la potencia de entrada (P_{ent}), ver la tabla 3

$$P_{ent} = E * I \quad (3)$$





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

$$P_{ent} = 220v * 0.65$$

$$P_{ent} = 188.5 \text{ w}$$

TABLA 3
CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ENTRADA

Tensión (voltaje)	Torque (N-m)	Corriente (A)	velocidad (rpm)	Potencia entrada
120	0.0	0.65	1800	188.5
120	0.3	1.35	1730	181.2
120	0.6	1.7	1670	174.9
120	0.9	2.3	1600	167.6
120	1.2	3.0	1560	163.4
120	1.5	3.9	1530	160.2

Cálculo de la velocidad angular, ver tabla 4

$$\omega = n * \frac{2\pi}{60} \quad (4)$$

$$\omega = 1800 * \frac{2\pi}{60}$$

$$\omega = 188.49 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

TABLA 4
CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR

Tensión (voltaje)	Torque (N-m)	Corriente (A)	velocidad (rpm)	Velocidad angular rad/seg
120	0.0	0.65	1800	188.49
120	0.3	1.35	1730	181.16
120	0.6	1.7	1670	174.88
120	0.9	2.3	1600	167.55
120	1.2	3.0	1560	163.36
120	1.5	3.9	1530	160.22

Procedemos a calcular la potencia de salida (Psal), ver la tabla 5





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

$$P_{sal} = w * \tau \quad (5)$$

$$P_{sal} = 188.49 * 0.0$$

$$P_{sal} = 0 \text{ w}$$

TABLA 5
CÁLCULO DE LA POTENCIA DE SALIDA

Tensión (voltaje)	Torque (N-m)	Corriente (A)	velocidad (rpm)	Potencia entrada (w)	Potencia salida (w)
120	0.0	0.65	1800	188.5	0
120	0.3	1.35	1730	181.2	54.3
120	0.6	1.7	1670	174.9	104.9
120	0.9	2.3	1600	167.6	150.08
120	1.2	3.0	1560	163.4	196.0
120	1.5	3.9	1530	160.2	240.3

Cálculo de la eficiencia de máquina, ver tabla 6

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{entra}} \quad (6)$$

$$\eta = \frac{0}{120}$$

$$\eta = 0$$

TABLA 6
CÁLCULO DE LA EFICIENCIA

Tensión (voltaje)	Torque (N-m)	Corriente (A)	velocidad (rpm)	Potencia entrada (w)	Potencia salida (w)	Eficiencia (%)
120	0.0	0.65	1800	188.5	0	0
120	0.3	1.35	1730	181.2	54.3	34
120	0.6	1.7	1670	174.9	104.9	51
120	0.9	2.3	1600	167.6	150.08	55
120	1.2	3.0	1560	163.4	196.0	54
120	1.5	3.9	1530	160.2	240.3	51





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

3.1. Discusión de Resultados

Según la ilustración 9 se observa que al aumentar la carga se desarrolla un par, disminuye levemente la velocidad del motor. Es el tipo de motor cuya velocidad disminuye ligeramente cuando el par aumenta.

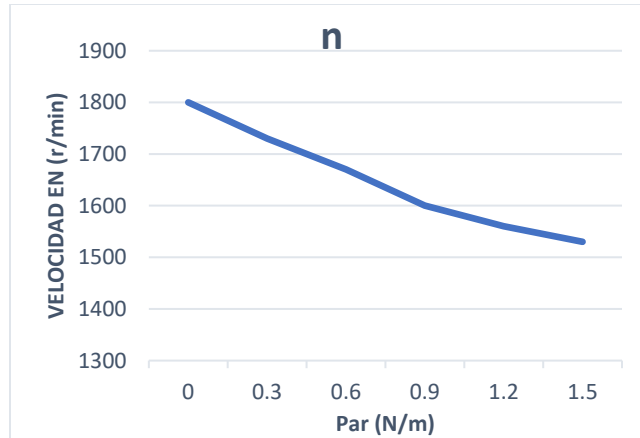


Ilustración 9. Curva de la velocidad con respecto al par en un motor de campo en derivación.

Mediante la ilustración 10 se observa que al aumentar la carga aumenta el par por lo cual también aumenta la corriente que fluye por el motor, si disminuye la carga del motor, disminuye la intensidad de corriente absorbida y el motor aumenta su velocidad.

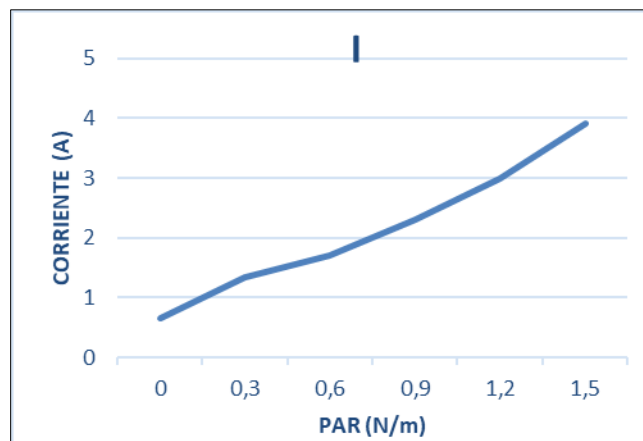


Ilustración 10. Curva de la corriente con respecto al par



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

Según la ilustración 11, la eficiencia del motor eléctrico es la relación entre la potencia de salida (mecánica) y la potencia de entrada (eléctrica), la salida de potencia mecánica se calcula en base al par, la velocidad requerida y la entrada de energía eléctrica se calcula en base al voltaje y la corriente suministrados al motor. Cuando este alcanza su corriente nominal la eficiencia del motor comienza a disminuir debido a las pérdidas que genera el motor.

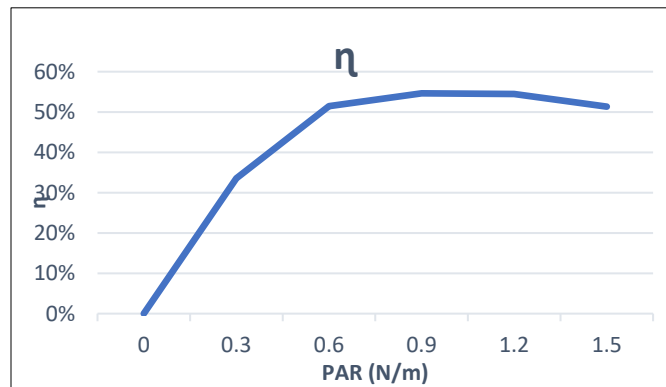


Ilustración 11. Curva de la eficiencia del motor de campo con respecto al par

De acuerdo con los datos obtenidos y según la Ilustración. 12 se puede apreciar los valores de potencia de entrada y salida en la cual se puede observar que posee una eficiencia del 54,61% de eficiencia en el motor derivación, al aplicar un torque de 0,9 N.m.



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304



Ilustración 12: Curva característica de la potencia de entrada y potencia de salida.

Mediante la Ilustración 13 se observa el rendimiento del motor de corriente directa (dc) en relación a la potencia mecánica desarrollada del mismo, el motor llega a su potencia máxima (corriente nominal) el rendimiento comenzara a decaer por motivo que comienza a saturarse (alineación de los dominios) provocando la desaceleración del motor y calentamiento ($I^2 R^2$).



Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

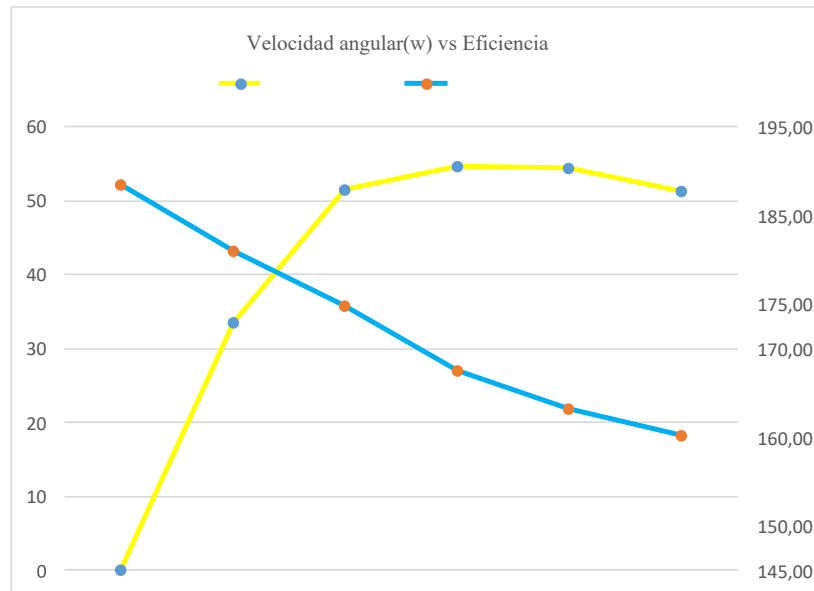


Figura 13: Curva característica de la velocidad angular y la eficiencia

4. CONCLUSIONES

- La característica de un motor de corriente directa (c-d) con conexión en derivación es que son más eficaces para realizar trabajos que requieran de una velocidad constante tanto en vacío como en plena carga, a cualquier ajuste de control de velocidad o en los casos en que es necesario un rango de apreciable de velocidades. En comparación a la conexión en serie la conexión en derivación estará siempre en condiciones de equilibrio.
- La placa de identificación del motor nos indica que al trabajar con un voltaje de 120V y una corriente de 2,8A el motor tendrá su máxima eficiencia que aproximadamente es un 60%, durante la experimentación se determinó que al emplear 120V y una corriente de 2,7 la eficiencia del motor es del 59% corroborando la información de la placa de identificación. Por lo contrario, cuando el voltaje es de 120V y una corriente de 2,8A la eficiencia disminuye a un 56% lo que nos indica que hay una saturación y esta se expresa en forma de calor.





Análisis de la eficiencia y características del par en función de la velocidad de un motor de corriente continua (c-d) con el campo en derivación.

Revista Publicando, 5 (18). 2018, 112-132. ISSN 1390-9304

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JOSÉ ROLDÁN VILORIA, Motores de corriente continua, Ediciones Paraninfo, S.A., 2014.
- [2] A. Senner, Principios de electrotecnia, Reverte,, 1992.
- [3] Guzmán Díaz González, Arsenio Barbón Álvarez, Javier Gómez-Aleixandre Fernández, Variación de la velocidad de los motores eléctricos, Universidad de Oviedo, 2002 .
- [4] Theodore Wildi, Maquinas Electricas Y Sistemasde Potencia.
- [5] R. C. G. C. R. J. V. A. D. M. D. S. A. Editorial Mad, Psicólogo de la Xunta de Galicia, MAD-Eduforma, 2006.
- [6] Juan Carlos Martín, M^a Pilar García, Motores eléctricos (Automatismos industriales), Editex, 2016.
- [7] P. Bastian, Electrotecnia, E. AKAL, Ed., 2001.
- [8] R. G. Seippel, Fundamentos de electricidad: principios de electricidad, electrónica, control y ordenadores, reimpresión ed., Reverte, Ed., 1977.
- [9] Arce Amador Ismael, Hernández Torres Juan Rafael, García Huerta Gerardo, Martínez Romero Gabriel Dante, Primo López Carlos Alberto, Ramírez Valadez Edgar., «Motor DC Shunt o conexión en paralelo,» Equipo de estudiantes de ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Puebla., 2015.
- [10] J. perez, 2014. [En línea]. Available: https://prezi.com/_0boutjrtrkx/motores-shunt/.
- [11] j. a. mero, «Tipos de motores de corriente continua,» 2005. [En línea]. Available: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/motores-electricos-parte-ii1.pdf>.
- [12] T. Wildi, Maquinas electricas y sistemas de potencia, 2007.
- [13] R. C. Hibbeler, Mecánica vectorial para ingenieros: estática, Pearson Educación, 2004.
- [14] V. F. Voley, AC/CD Electricity and electronics, 1990.
- [15] F. a. Higginbotham, Basic Electrical engineering International Student, 1957.

