

Motores de Corriente Alterna síncronos y Corriente Directa

León Ledesma María Carolina

Instituto Tecnológico de Celaya

12030678@itcelaya.edu.mx

Arellano Flores Guadalupe

Instituto Tecnológico de Celaya

12030681@itcelaya.edu.mx

Correa Betanzo Jesús

Instituto Tecnológico de Celaya

12030705@itcelaya.edu.mx

Resumen

La finalidad de este trabajo es aportar a la comunidad estudiantil un trabajo que brinde aporte al conocimiento sobre los motores de corriente eléctrica.

La necesidad de comunicar el conocimiento a la comunidad estudiantil y público en general, surge de la presencia notable que estas máquinas eléctricas tienen en el diario vivir, como herramienta que simplifica procesos y tareas.

En el presente trabajo se incluyen aspectos teóricos importantes sobre los motores eléctricos, pudiéndolos dividir en sus dos grandes vertientes de acuerdo al tipo de corriente eléctrica que emplean para su funcionamiento; motores de corriente continua y motores síncronos de corriente alterna. Los puntos que se abordan y desarrollan en este artículo son principalmente: componentes, principio de funcionamiento de los motores eléctricos, clasificación de motores eléctricos de corriente directa y motores de corriente alterna (síncronos), características propias de cada motor que permiten identificarlos con mayor facilidad y comprenderlos adecuadamente, y finalmente algunas de sus aplicaciones más importantes y/o sobresalientes.

Palabra(s) Clave(s): Corriente, campo magnético, torque, energía mecánica, máquina eléctrica.

Abstract

The purpose of this paper is to provide the student community a work to contribute to the knowledge about engine power. The need to communicate knowledge to the general public and student community arises from the strong presence that electrical machines are in daily life, as a tool that simplifies processes and tasks.

In this paper important theoretical aspects of electric motors are included, that are divided into two major branches according to the type of electric current used to operate; DC motors and AC synchronous motors. The points to be addressed and developed in this paper are mainly components, operating principles, electric motors rated DC and AC motors (synchronous), characteristics of each engine allowing more easily to identify and to understand them properly and finally some of the most important and / or outstanding applications.

Keywords: *current, magnetic field, torque, mechanical energy, electric machine.*

1. Introducción

Una máquina eléctrica es toda aquella máquina que posee la capacidad de aprovechar la energía eléctrica para generar, transformar y aprovechar en algún otro tipo de energía. Por su parte, los motores eléctricos (figura 1) son máquinas eléctricas rotatorias que aprovechan la energía eléctrica que reciben para transformarla en energía mecánica [1]. Operan primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampère observó en 1820, en el que establece que si una corriente pasa a través de un conductor que se encuentra en el interior de un campo magnético, este ejerce una fuerza mecánica o fuerza electromotriz (f.e.m.), sobre el conductor.



Figura 1 Motor eléctrico.

Los motores eléctricos se clasifican de acuerdo al tipo de energía eléctrica que reciben para trabajar:

- Motores de corriente continúa CD.
- Motores de corriente alterna (CA).
- Motores universales (funcionan con CD o CA).

Esta acción produce energía mecánica que es transmitida al exterior mediante la flecha que está colocada en el motor, permitiendo de este modo aprovechar la energía para producir trabajo mecánico.

Para comprender de una manera más apropiada el funcionamiento de los motores, es necesario conocer las siguientes definiciones:

- *Electroimán.* Un electroimán es un dispositivo formado a partir de un núcleo de hierro o acero rodeado por una bobina el cuál puede formar un campo magnético una vez que se le hace circular una corriente eléctrica.
- *Fuerza electromagnética.* Cuando un conductor está sometido a la acción de un campo magnético y se le hace circular una corriente, en él actúan fuerzas en dirección perpendicular tanto a la corriente como al campo debido a la interacción de sus campos magnéticos. Dichas fuerzas son capaces de generar un par o giro.
- *Fuerza electromotriz.* Cuando un conductor corta las líneas de fuerza del campo donde se mueve, genera una diferencia de potencial (fuerza electromotriz inducida) F.e.m.

Algunas de las ventajas de los motores eléctricos en general es que tienen un bajo costo por caballo de potencia, son simples y en general eficientes, de tamaño compacto y larga

vida, bajo condiciones normales hacen poco ruido aunque cuando tienen algún desbalance o falla en los soportes pueden generar niveles de vibración y ruido altos. Su mantenimiento es generalmente sencillo ya que la falla principal en los motores eléctricos se encuentra en los cojinetes y su cambio normalmente soluciona el problema.

2. Desarrollo

La estructura de los motores se divide en las siguientes partes principales:

- Parte estacionaria (estator o inductor). Esta parte está construida por la carcasa que ofrece soporte fijo a todas las partes del motor, además de que en esta parte se encuentran los polos (imanes) colocados a lo largo de la estructura para de este modo asegurar un campo magnético uniforme en esa longitud. En este espacio, los imanes están rodeados por hilo de cobre llamado devanado de campo.
- Parte móvil (rotor o inducido). Es la parte giratoria del motor, consiste en un eje sobre el cual se encuentra el núcleo magnético (electroimán) y que está rodeado por el devanado de inducido (bobinado alojado en núcleo de hierro).
- Colector. Es un anillo de láminas de cobre (delgas) colocadas sobre el eje del rotor que sirve para conectar la bobina de este con el circuito exterior por medio de las escobillas.
- Escobillas. Son conductores (cable) con piezas de carbón que se conectan a la batería o fuente de CD que suministra la corriente, para así hacer llegar el flujo de corriente a las delgas del colector y magnetizar el conductor que se encuentra dentro del devanado de inducido (rotor).
- Cojinetes. También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia.

Motores de corriente continúa

Los motores de corriente continua son aquellos que se alimentan de corriente continua.

Funcionamiento de los motores CD

El motor de corriente directa (CD) emplea la corriente eléctrica que le es suministrada en un solo sentido de manera continua. El motor está formado internamente por una armadura que no es más que la bobina enrollada en el núcleo de hierro (llamada inducido) [2].

Una vez que la corriente directa se conecta a las escobillas, éstas son capaces de suministrar la corriente al colector que a la vez hace contacto con el conmutador de la armadura. Para comprender mejor, el conmutador es un elemento que actúa como un interruptor que cambia la dirección del flujo de corriente en la bobina según el giro de esta [3].

La corriente eléctrica fluye de la fuente al motor a través de la bobina pegada al conmutador y retorna a la fuente en un ciclo ininterrumpido. Los cables de la bobina que se encuentran sometidos a la circulación de la corriente, experimentan un campo electromagnético debido a la polaridad de la corriente, esto a su vez genera una fuerza en la presencia del campo magnético. Este fenómeno produce fuerzas de repulsión y atracción entre los polos magnéticos generados por la bobina en la parte del rotor y la bobina de campo que pertenece al estator, esto genera una media vuelta de la bobina dentro del devanado inducido que es completada posteriormente debido a que el conmutador cambia cada media vuelta el sentido de circulación de la corriente, modificando a su vez las polaridades del conductor lo que le permite completar el ciclo de giro ya que las polaridades de este y las de campo magnético generado en el estator coinciden cada vez que la corriente circula [5].

Este ciclo se repite una y otra vez proporcionando así un movimiento continuo del inducido (rotor). Por último por medio de arreglos mecánicos se transmite la energía mecánica a otros dispositivos para producir trabajo o movimiento [10].

Tipos y características

Los motores de corriente continua se pueden clasificar de acuerdo al tipo de conexión que existe entre el devanado de campo (bobina) y la armadura, es decir, entre el estator y el rotor.

Motores en serie

El estator se conecta en serie con el rotor (figura 2), por lo tanto la corriente total que demanda el motor circula por ambas rutas.

Una taladro no podría tener un motor serie, porque al terminar de efectuar el orificio en la pieza, la máquina quedaría sin carga y la velocidad en la broca aumentaría tanto que llegaría a ser peligrosa la máquina para el usuario [14].

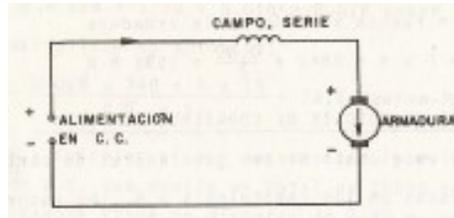


Figura 2 Conexión en serie.

Conexión shunt

La conexión entre el estator el rotor es paralela, es decir, la corriente que entra al sistema se distribuye en dos trayectorias, una a través del estator y una a través del rotor, figura 3. Se usan en aquellos casos en los que no se requiera un par elevado a pequeñas velocidades y no produzcan grandes cargas. Presentan una velocidad prácticamente constante (apenas disminuye al aumentar la carga, y se mantiene prácticamente constante aun trabajando en vacío). Son motores muy estables y de gran precisión [17]:

- Muy buena regulación de velocidad
- Puede trabajar sin necesidad de carga
- Torque moderado

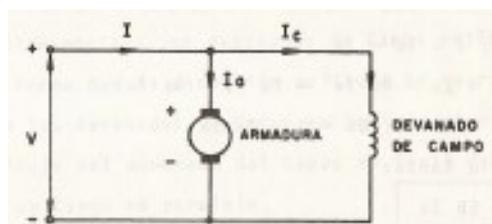


Figura 3 Conexión shunt (paralelo).

Conexión mixta o compound

Tiene dos bobinados, sus conexiones con el rotor son: una conexión en serie y otra en paralelo. Los motores *Compound* son un intento para mejorar las características de velocidad/carga y el torque/carga, figura 4.

Se caracteriza por tener un elevado par de arranque, pero no corre el peligro de ser inestable cuando trabaja en vacío, como ocurre con el motor serie, aunque puede llegar a alcanzar un número de revoluciones muy alto [17]:

- Torque constante
- Amplio rango de velocidades de trabajo



Figura 4 Conexión Compound.

Aplicaciones de los motores CD

Debido a sus características, los motores de corriente continua pueden ser empleados en numerosas aplicaciones, algunas de las más importantes son las siguientes:

- Máquinas operatrices en general.
- Bombas a pistón.
- Torques de fricción.
- Herramientas de avance.
- Tornos.
- Bobinadoras.
- Fresadoras.
- Máquinas de molienda.
- Máquinas textiles.
- Grúas y guinches.
- Pórticos.

- Vehículos de tracción.
- Prensas.
- Máquinas de papel.
- Tijeras rotativas.
- Industria química y petroquímica.
- Industrias siderúrgicas.
- Hornos, extractores, separadores y cintas transportadoras.
- Para la industria de cemento y otras.

Motores de corriente alterna

Los motores de corriente alterna son aquellos que funcionan en base a corriente alterna.

Motor síncrono. Es una máquina sincrónica que convierte potencia eléctrica en potencia mecánica realizando un movimiento rotatorio caracterizado por ser a una velocidad constante.

La velocidad sincrónica depende de:

- La frecuencia de voltaje aplicado.
- Número de polos de la máquina.

Y viene expresado por la relación:

$$n = \frac{60f}{P} \quad (ec. 1)$$

Funcionamiento de los motores de CA

El estator es alimentado por un sistema polifásico de corriente, que por estar en la parte fija de la máquina, produce un campo rotante, figuras 5 y 6. En el estator, por la acción del enbobinado trifásico, existe un campo rotante que gira a velocidad constante, función de la frecuencia y número de polos (ec. 1) y que produce que el rotor este algo atrasado. Entonces, se genera un “enganche” entre los polos ficticios del estator (campo rotante) y los del rotor [16].

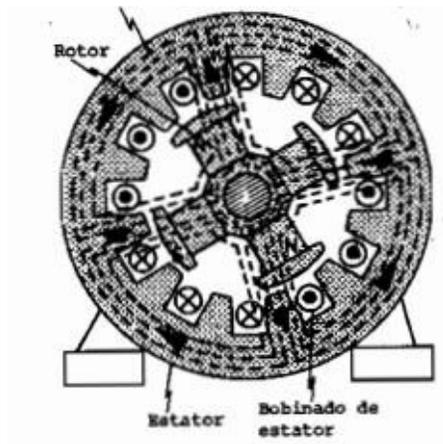


Figura 5 Rotor y estator del motor síncrono.

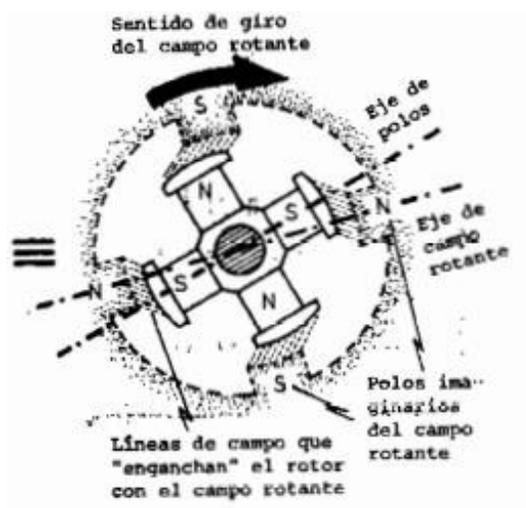


Figura 6 Demostración del "enganche" entre los polos.

Tipos y características

Motor de arranque al vacío

En los motores síncronos que pueden arrancar en vacío, la puesta en marcha se realiza por medio del motor auxiliar (motor pony), generalmente asíncrono con igual número de polos, de esta manera consigue una velocidad de rotación casi síncrona, figura 7. También se puede emplear para este fin los motores de CD o motores asíncronos con un par de polos menos que el motor síncrono:

- La conexión se hace utilizando equipo de sincronización.
- Implementar motores CD permite regular mejor la velocidad.

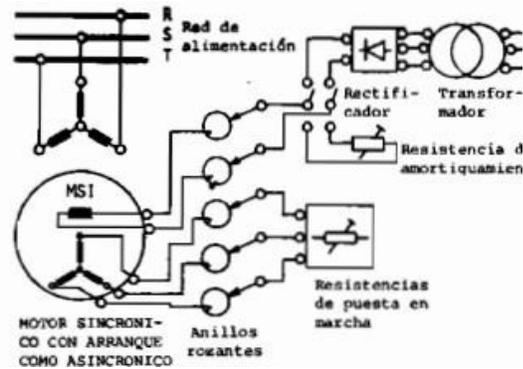


Figura 7 Puesta en marcha del motor síncrono por medio de un motor auxiliar.

Motores de arranque como asíncronos.

Es necesario colocar un arrollamiento en jaula de ardilla sobre los polos de la maquina (figuras 8y 9). Para realizar el arranque asíncrono, el devanado de la excitación debe de estar cerrado sobre una resistencia óhmica de magnitud 10 a 15 superior a la propia.

- Dejar el enrollamiento del inductor es altamente arriesgado, debido a que el campo giratorio podría producir un f.e.m. elevada provocando la rotura del aislamiento.
- Los motores suelen ser de gran potencia.
- Regula la corriente de excitación.
- Se utilizan conexiones estrella-delta o autotransformador para aumentar la potencia.

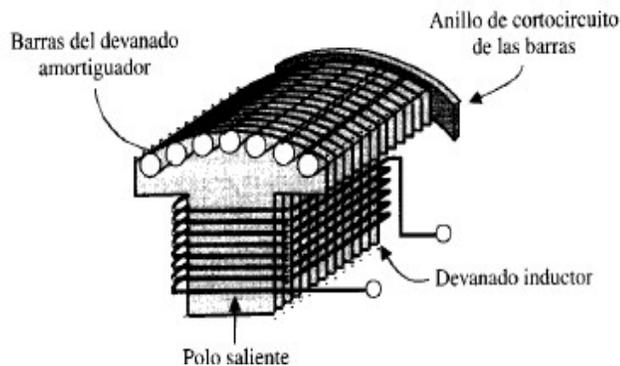


Figura 8 Devanado amortiguador colado en los polos (jaula de ardilla).

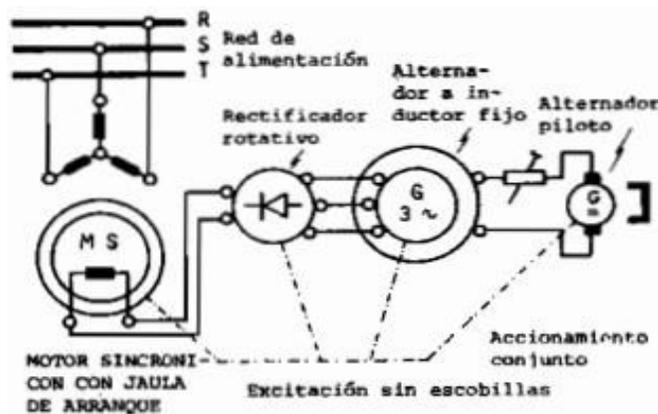


Figura 9 Arranque de un motor síncrono provisto por jaula de ardilla.

Arranque de un motor reduciendo la frecuencia eléctrica.

En este caso, si el campo magnético de estator del motor síncrono rota a una velocidad suficientemente baja, no habrá dificultad para que el rotor acelere y se enlace con el campo magnético del estator.

Se utilizan rectificadores-inversores ó cicloconvertidores para reducir la frecuencia al arranque y elevarla después hasta su frecuencia de operación deseada para su funcionamiento.

Motor síncrono bipolar de imán permanente

Se le nombra así porque el imán de centro gira a una velocidad constante síncrona con la rotación del campo magnético.

Motor síncrono unipolar de imán permanente

Tiene una toma central en cada uno de los bobinados, frecuentemente son conectados a la fuente de alimentación positiva y los extremos de cada bobinado son alternativamente puestos a tierra para invertir la dirección del campo entregado.

Para el motor mostrado (figura 10) fluye una corriente por un lado de la bobina 1 con polos norte y sur. Así, se atrae a rotor en la posición mostrada y si ahora se deja de alimentar a la bobina 1 y se alimenta a un lado de la bobina 2, el rotor girará y dará un paso de 30°.

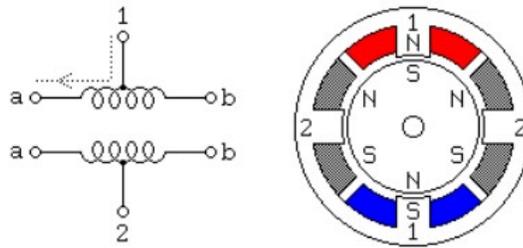


Figura 10 Motor síncrono unipolar.

Motores de Reluctancia Variable

Consiste en laminaciones de acero que forman postes salientes, figura 11. Una serie de bobinas conectadas independientemente en pares de cada fase, envuelve los postes del estator. Como el rotor no tiene bobinas, es básicamente acero formado para generar postes salientes. En este motor no hay imanes permanentes, escobillas y conmutadores

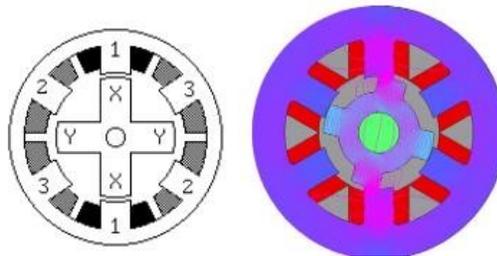


Figura 11 Configuración de un motor de Reluctancia Variable.

Aplicaciones de los motores de CA

Los motores sincrónicos son fabricados específicamente para atender las necesidades de cada aplicación, figura 12.

Su arranque ha sido siempre complicado, por lo que su uso ha estado muy limitado. Actualmente se han encontrado nuevos sistemas de arranque de los motores sincrónicos y nuevos diseños, por lo que el motor síncrono comienza a tener un nuevo auge. Los motores sincrónicos pueden ayudar a reducir los costos de energía eléctrica y mejorar el rendimiento del sistema de energía, corrigiendo el factor de potencia en la red eléctrica donde están instalados. En pocos años, el ahorro de energía eléctrica puede igualarse al valor invertido en el motor.

Debido a sus características constructivas, operación con alto rendimiento y adaptabilidad a todo tipo de ambiente, son utilizados en prácticamente todos los sectores de la industria, tales como:

- Minería (chancadoras, molinos, cintas transportadoras y otros).
- Siderurgia (laminadores, ventiladores, bombas y compresores).
- Papel y celulosa (extrusoras, picadoras, desfibradoras, compresores y refinadoras).
- Saneamiento (bombas).
- Química y petroquímica (compresores, ventiladores, extractores y bombas).
- Cemento (chancadoras, molinos y cintas transportadoras).
- Goma (extrusoras, molinos y mezcladoras).
- Transmisión de energía (compensadores sincrónicos)
- En cualquier aplicación que requiera una velocidad constante no muy elevada.



Figura 12 Motores síncronos SEF900 (Ex-p) 3600 kW, 13200 V. Aplicación: Compresores Recíprocos (Petroquímica).

Motor asíncrono

Es una maquina asincrónica que convierte potencia eléctrica en potencia mecánica realizando un movimiento rotatorio caracterizado por ser a una velocidad variable [19].

4. Discusión

Los motores de corriente directa se ven generalmente en aplicaciones en las que la velocidad del motor debe ser controlada externamente.

Los motores de corriente alterna funcionan mejor en aplicaciones que requieren el rendimiento de la potencia durante largos períodos de tiempo.

Todos los motores de CD son monofásicos, y los motores de CA pueden ser monofásicos o trifásicos.

En algunas aplicaciones de hoy en día, los motores eléctricos de CD se sustituyen mediante la combinación de un motor eléctrico de corriente alterna con un controlador electrónico de velocidad, ya que es una solución más económica.

La potencia de entrada a un motor de corriente directa es eléctrica y su salida es mecánica, cuando se suministra potencia a un motor, parte significativa se disipa en las resistencias de la armadura y los devanados del campo cobre.

Bibliografía

- [1] <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/527-motor>, mayo/2015.
- [2] Gilberto Enriquez Harper, "Curso de máquinas de corriente continua", Ed. LIMUSA, segunda edición, MÉXICO 1991. Pp. 413-481.
- [3] "Resumen: máquinas eléctricas y motores de corriente continua" Ma. Jesús Saiz, Departamento de tecnología, IES Nuestra señora de Almudena.
- [4] https://www.youtube.com/watch?v=gTCfcGW_mWs, 25 de mayo 2015.
- [5] Stephen J. Chapman, "Maquinas Eléctricas", Ed. Mc Graw-Hill, tercera edición, COLOMBIA 2000. Pp 351-380.
- [6] Jesús Fraile Mora, "Maquinas Eléctricas", Ed. Mc Graw-Hill, quinta edición, ESPAÑA 2003. Pp 452-454, 720.
- [7] <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/Weg-motores-sincronicos-50027895catalogo-espanol.pdf>, 27 mayo 2015.
- [8] Marcelo Antonio Sobrevila, "Ingeniería de la energía eléctrica: Máquinas", Ed. Marymar, segunda edición, ARGENTINA 1985. Pp 261-276.
- [9] <http://www.uv.es/emaset/iep00/descargas/motores-Sincronos-0809>, mayo 2015.
- [10] Bhag S. Guru, "Máquinas Eléctricas y Transformadores ", Ed. Oxford University Press, tercera edición, MÉXICO 2003. Pp 470-500.
- [11] Bhag S Guru, Huseyin R. Hiziroglu, Maquinas eléctricas y transformadores, 3ra edición Diciembre 2006 México Editorial Alfaomega, Oxford. Pp 352-369, 387

- [12] "The Development of the Electric Motor,". Early Electric Motors. SparkMuseum. 26 de Mayo de 2015: <http://www.sparkmuseum.com/MOTORS.HTM>
- [13] 48550 Electrical Energy Technology Chapter 6. Synchronous Machines. 25 de Mayo de 2015 http://educyclopedia.karadimov.info/library/eet_ch6.pdf pp 1-16
- [14] MASTER THESIS BY GROUP 1032 , Hybrid adaptive observer for controlling a Brushless DC Motor . AALBORG UNIVERSITY _ AAU ,Department of Electronic Systems , May 2007, <http://www.sparkmuseum.com/MOTORS.HTM> pp 1-3.
- [15] "Superior Electric SYNCHRONOUS MOTORS". 26 Mayo 2015: <http://users.obs.carnegiescience.edu/crane/pfs/man/Electronics/Superior-SynchronousMotors.pdf> pp 3-6.
- [16] Chester L. Dawes, "Tratado de electricidad 2. Corriente Alterna. 14 edición 1994 México Editorial GG pp 398-400.
- [17] Chester L. Dawes, "Tratado de electricidad 1. Corriente Continua. 14 edición 1992 México Editorial GG pp 537-540.
- [18] Victor F. Veley "AC/DC Electricity and electronics made easy"2nd edition. 1990 USA Tab books Inc. pp
- [19] Fitzgerald and Higginbotham "Basic Electrical Engineering International Student Edition, 2nd Edition 1957 USA McGraw Hill pp 241-250.
- [20] Florencio Jesús Cembranos Nistal "Motores Síncronos "Revista Digital de ACTA 2014 pp 3-17.