MOTOR ASINCRONO

Boris Carpio Becerra (bcarpiob88_8@hotmail.com)
Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Electrica.
Cuenca-Ecuador

Abstract. - Los problemas generados por el motor de arranque eléctrico de CA, se resumen en tres aspectos: el consumo de gran potencia, par y el sobrecalentamiento del motor. Hay muchos sistemas eléctricos mediante el cual podemos reducir estos problemas, y en el siguiente artículo, una breve descripción de estos, así como sus horarios y algunas características básicas para la instalación.

I. Introduccion.

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna. El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estátor, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120º. Según el Teorema de Ferraris, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday:

$$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi}{dt}$$

Entonces se da el efecto Laplace (ó efecto motor): todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento. Simultáneamente se da el efecto Faraday (ó efecto generador): en todo conductor que se mueva en el seno de un campo magnético se induce una tensión.

El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estator, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción.

La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor. La diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento.

- ***Circuito equivalente del motor y magnitudes características.***

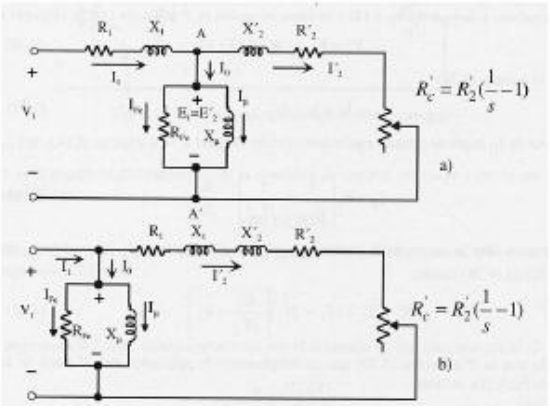

Fig. 1 Circuito Equivalente.

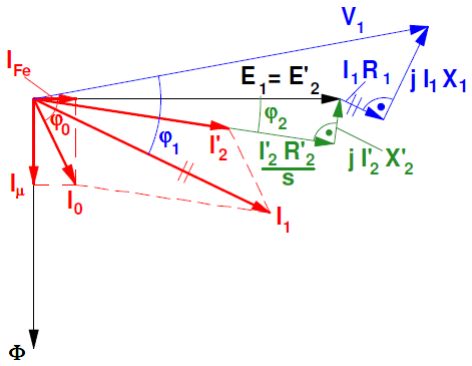

Fig. 2 Diagrama Fasorial.

II. Constitucion de un motor asincrono.

- ***Circuito magnético.***

La parte fija del circuito magnético (estátor) es un anillo cilíndrico de chapa magnética ajustado a la carcasa que lo envuelve. La carcasa tiene una función puramente protectora. En la parte interior del estátor van dispuestos unas ranuras donde se coloca el bobinado correspondiente.

En el interior del estátor va colocado el rotor, que es un cilindro de chapa magnética fijado al eje. En su periferia van dispuestas unas ranuras en las que se coloca el bobinado correspondiente. El entrehierro de estos motores es constante en toda su circunferencia y su valor debe ser el mínimo posible.

- ***Circuitos eléctricos.***

Los dos circuitos eléctricos van situados uno en las ranuras del estátor (primario) y otro en las del rotor (secundario), que esta cortocircuitado. El rotor en cortocircuito puede estar formado por bobinas que se cortocircuitan en el exterior de la maquina directamente o mediante reóstatos; o bien, puede estar formado por barras de cobre colocadas en las ranuras, que han de ser cuidadosamente soldadas a dos anillos del mismo material, llamados anillos de cortocircuito. Este conjunto de barras y anillos forma el motor jaula de ardilla.

También existen motores asíncronos monofásicos, en los cuales el estátor tiene un devanado monofásico y el rotor es de jaula de ardilla. Son motores de pequeña potencia y en ellos, en virtud delTeorema de Leblanc, el campo magnético es igual a la suma de dos campos giratorios iguales que rotan en sentidos opuestos. Estos motores monofásicos no arrancan por si solos, por lo cual se debe disponer algún medio auxiliar para él.

- ***Partes del motor Asincrónico.***

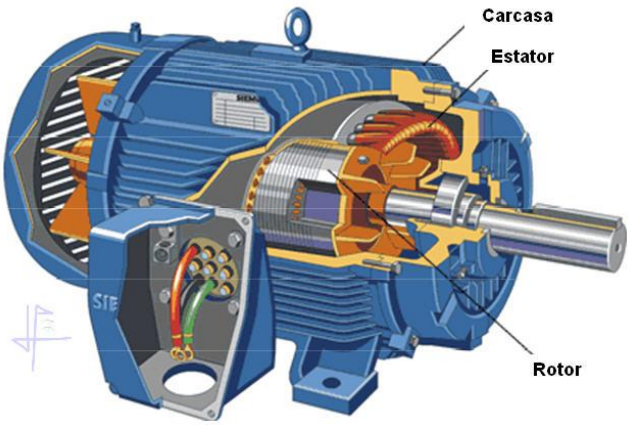

Fig 16. Constitución del motor asincrónico

Estator: devanado trifásico distribuido en ranuras de 120°

Tiene tres devanados en el estator. Estos devanados están desfasados $2\pi/(3P)$siendo p el número de pares de polos de la maquina

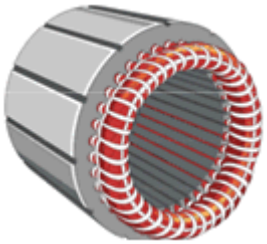

Fig 17. Estator.

Rotor: en este encontraremos dos tipos bobinado y Jaula de ardilla

Bobinado: los devanado del rotor son similares al estator con el que esta asociado. El numero de fases del rotor no tiene porque ser el mismo que el del estator, lo que si tiene que ser igual es el numero de polos. Los devanados del rotor están conectados a anillos colectores montados sobre el mismo eje.

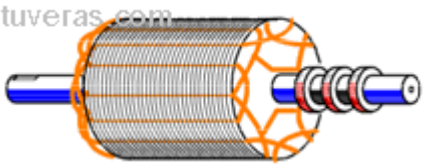

Fig 18. Bobinado

Jaula de ardilla: los conductores del rotor están igualmente distribuido por la periferia del rotor. Los extremos de estos conductores están cortocircuitados, por tanto no hay posibilidad de conexión del devanado del motor con el exterior. La posición inclinada de las ranuras mejora las propiedades de arranque y disminuyen el ruido.

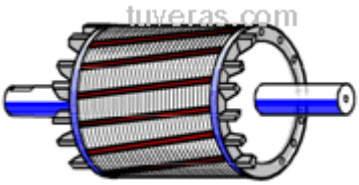

Fig 19. Jaula de Ardilla.

III. Principios de funcionamiento de las máquinas asíncronas.

Las máquinas asíncronas, de las que sólo existen motores puesto que los generadores son siempre sincrónicos, son aquellas en las cuales la velocidad de rotación n puede ser diferente que la síncrona n_s, siendo ésta última la velocidad con la que gira el campo magnético dentro de la cavidad en la que se aloja el rotor.

El motor asíncrono, o de inducción, funciona precisamente gracias a las corrientes inducidas sobre el rotor por ese campo magnético giratorio.

Para ver esto, imaginemos que en el centro de la cavidad del motor tenemos una espira en cortocircuito y que en ese instante el campo magnético tiene la dirección y el sentido que se muestra en la Figura 3. Dado que, a los efectos del flujo, el campo magnético está dirigido hacia abajo y aumentando según transcurre el tiempo, las leyes de la inducción de Faraday y Lenz, nos dicen que sobre la espira se inducirá una f.e.m., que a su vez dará origen a una corriente eléctrica con un sentido igual al que se indica en la figura.

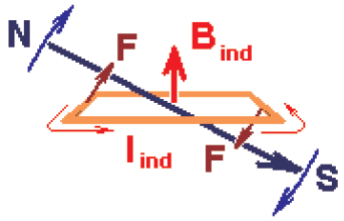

Fig. 3 Dirección del Campo Magnético.

En estas condiciones, si aplicamos la regla de mano izquierda podemos deducir que sobre la espira aparecerá un par de fuerzas que provocará que ésta gire en el mismo sentido que el campo magnético. Obviamente, cuando la bobina adquiera una cierta velocidad de rotación, la f.e.m. y por lo tanto la corriente inducida disminuirá. Esto es así porque la velocidad con la que varía el flujo magnético con respecto a la bobina habrá disminuido en la misma proporción. Por otra parte, esto significa que la velocidad de rotación del rotor se podrá acercarse a n_s pero siempre será menor que ella.

En cualquier caso, podemos perfectamente imaginar un motor eléctrico construido a partir de un rotor que contiene espiras en cortocircuito que giran atraídas por el campo giratorio de las bobinas estatóricas. De hecho, basado en este principio se construye el motor llamado de jaula de ardillas, en donde las espiras en cortocircuito están formadas por un conjunto de varillas de cobre unidas en sus extremos a dos anillos también de cobre.

Abajo en la misma figura se muestra cómo la jaula de ardilla finalmente se aloja dentro de un núcleo de hierro para aumentar la intensidad del campo magnético alrededor de la jaula y aumentar el rendimiento del motor.

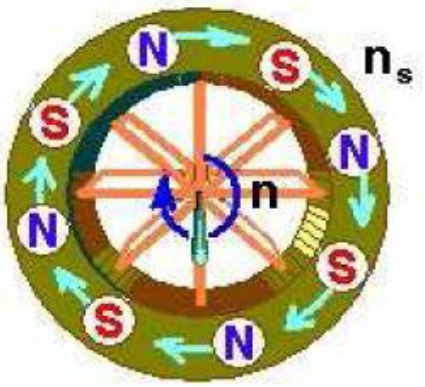

Fig. 4 Campo giratorio del bobinado.

IV. Pérdida de potencia en motores asíncronos y Analisis de Placa.

- ***Pérdidas de Potencia.***

El motor asíncrono, como cualquier motor eléctrico, convierte energía eléctrica en mecánica. La energía eléctrica consumida por el motor es la energía absorbida P_{abs}, mientras que la entregada es la potencia útil P_u.

La eficiencia o rendimiento del motor (h) se define como la relación entre la potencia útil y la absorbida, $n = P_u/P_{abs}$. La energía útil es normalmente un dato del motor y en general se expresa en CV o HP. Mientras que la absorbida se puede obtener a partir de n, o de la tensión, la corriente y el desfase usando cualquiera de las dos fórmulas:

$$P_{abs} = \sqrt{3}\, I_L V_L \cos(\varphi) = 3\, I_f V_f \cos(\varphi)$$

La potencia que no se convierte en útil, se pierde por distintas causas. En la Figura 5 se muestran cómo y cuáles son estas pérdidas. Partiendo de la potencia de entrada o absorbida, una parte se pierde en la resistencia del bobinado estatórico y se la representa por P_{Cu1}. Lo que queda: $P_{em} = P_{abs} - P_{Cu1}$ recibe el nombre de potencia electromagnética.

La siguiente pérdida se produce en los conductores de la jaula de ardilla o el bobinado rotórico P_{Cu2}. La potencia resultante $P_{me} = P_{em} - P_{Cu2}$ se denomina potencia mecánica. A diferencia de P_{Cu1}, P_{Cu2} puede ser calculada usando la fórmula $P_{Cu2} = \delta P_{em}$ donde δ es el deslizamiento del motor.

Queda por último una forma de pérdida de potencia más, la llamada potencia de rotación P_{rot}, que se relaciona con el rozamiento de los cojinetes y el ventilador que normalmente está unido al eje para su propia refrigeración.

De modo que finalmente nos queda $P_u = P_{me} - P_{rot}$. Cuando un motor funciona sin carga, es decir en vacío, la potencia que consume en esta circunstancia es aproximadamente igual a la de rotación:

$$P_{abs}(vac) = P_{vac} = P_{rot}.$$

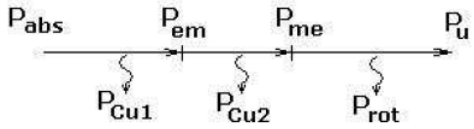

Fig. 5 Pérdidas de Potencia.

- ***Análisis de Placa.***

Todos los motores deben llevar una placa sobre la cual se describen sus características más importantes. Entre otras, allí aparecen:

- ✓ La potencia útil del motor, en W, CV o HP.
- ✓ La velocidad de rotación nominal (n),
- ✓ Las tensiones a las que puede trabajar el motor, y las corrientes de líneas correspondientes.
- ✓ El factor de potencia.

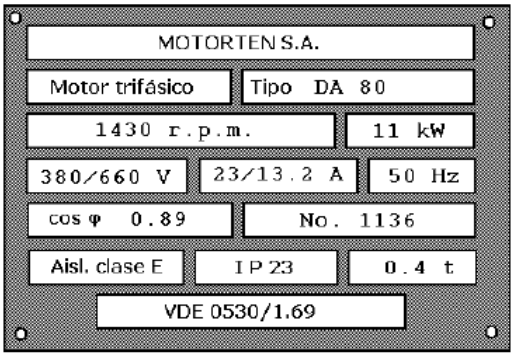

Fig. 6 Placa de un motor asíncrono.

V. Arranque de un motor asincrono.

➢ ***Arranque Directo***

Se aplica a aquellos motores de una potencia nominal menor de 5KW (6.8 C.V.), aunque en la práctica sólo se aplica para motores de potencia nominal menor de 5C.V.

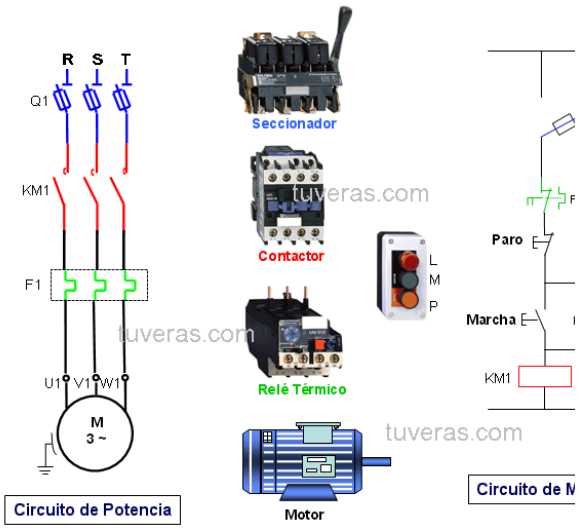

Fig. 7 Arranque directo.

2. Se producen importantes cambios de la corriente y del par debido a la transición estrella/triángulo. Esto aumenta el stress mecánico y eléctrico y puede producir averías. Los cambios se producen debido a que el motor está en movimiento y al desconectarse la alimentación hace que el motor actúe como un generador con tensión de salida, que puede ser de la misma amplitud que la de red. Esta tensión está aún presente cuando se reconecta el motor en delta (D). El resultado es una corriente de hasta dos veces la corriente LRC y hasta cuatro veces el par LRT.

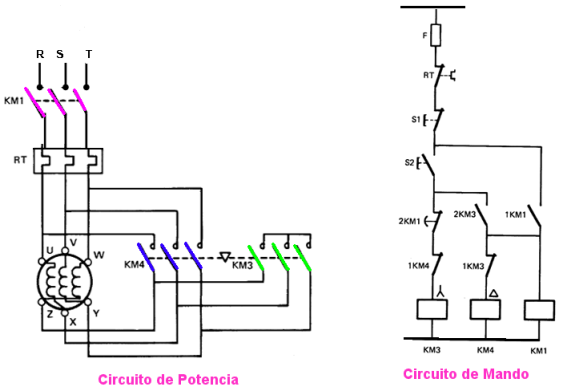

Fig. 8 Circuito de Potencia y Mando.

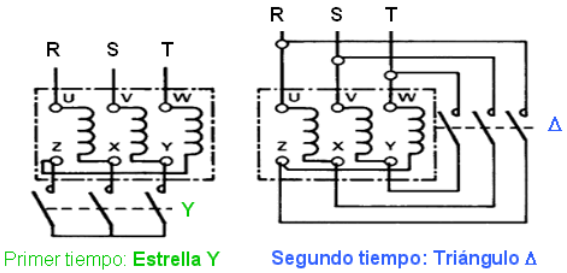

Fig. 9 Esquema de conexión.

➢ ***Arranque Estrella – Triangulo.***

El arranque estrella/triángulo (U/D) es la forma más económica de arranque, pero sus prestaciones son limitadas. Las limitaciones más significativas son:

1. No hay control sobre el nivel de reducción de la corriente ni del par.

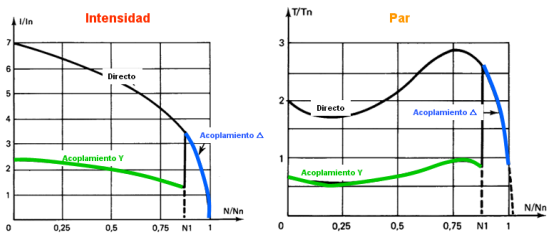

Fig. 10 Comportamiento en esta conexión.

- ***Arranque por Autotransformador***

El autotransformador de arranque es un dispositivo similar al estrella-triángulo, salvo por el hecho de que la tensión reducida en el arranque se logra mediante bobinas auxiliares que permiten aumentar la tensión en forma escalonada, permitiendo un arranque suave.

Su único inconveniente es que las conmutaciones de las etapas se realizan bruscamente, produciendo en algunas ocasiones daños perjudiciales al sistema mecánico o a la máquina accionada. Por ejemplo, desgaste prematuro en los acoplamientos (correas, cadenas, engranajes o embragues de acoplamiento) o en casos extremos roturas por fatiga del eje o rodamientos del motor, producidos por los grandes esfuerzos realizados en el momento del arranque.

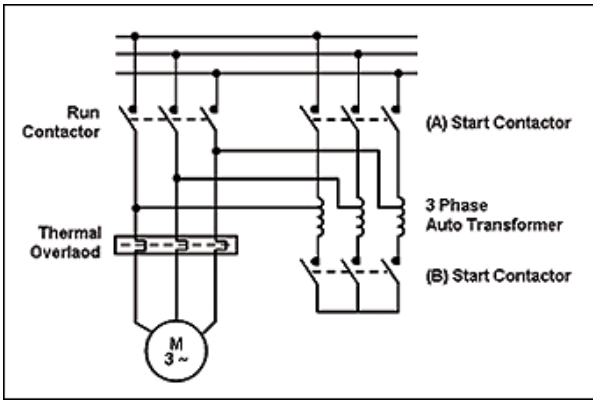

Fig. 11 Circuito de Potencia y Mando.

- ***Arranque por Resistencia Estatórica.***

Consiste en reducir la tensión que producen unas resistencias conectadas en serie con el estator. Este sistema tiene el inconveniente de que consigue disminuir la corriente en función lineal de la caída de tensión producida. Sin embargo, el par queda disminuido con el cuadrado de la caída de tensión, por lo que su aplicación, se ve 1imitada a motores en 1os que el momento de arranque resistente, sea baja. Tienen una serie de características que reducen su efectividad. Algunas de éstas son:

1. Dificultad de optimizar el rendimiento del arranque cuando está en servicio porque el valor de resistencia se tiene que calcular cuando se realiza el arranque y es difícil cambiarlo después.
2. Bajo rendimiento en situaciones de arranque frecuente debido a que el valor de las resistencias cambia a medida que se va generando calor en ellas durante un arranque. Necesita largos períodos de refrigeración entre arranques.
3. Bajo rendimiento en arranques con cargas pesadas o en arranques de larga duración debido a la temperatura en las resistencias.
4. No realiza un arranque con reducción de tensión efectivo cuando se trata de cargas en las que las necesidades de arranque varían.

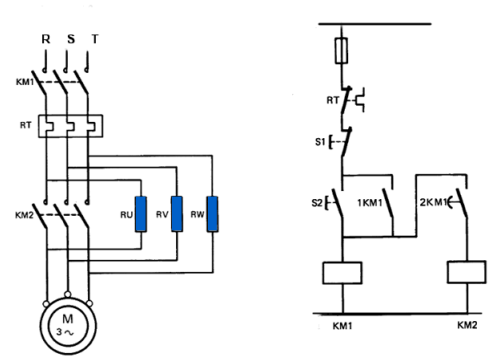

Fig. 12 Circuito de Potencia y Mando.

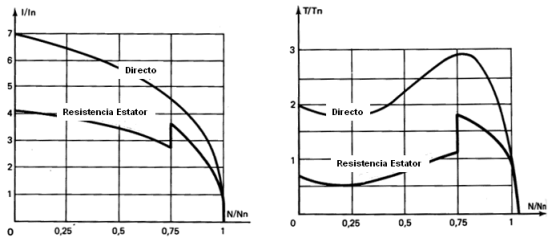

Fig. 13 Comportamiento en esta conexión.

- ***Arranque por Resistencia Rotórica.***

Este método de arranque sólo se puede aplicar a motores de rotor devanado. Como se comprueba fácilmente, al introducir una resistencia adicional en el devanado del rotor, se disminuye la corriente de arranque con relación a la corriente absorbida por el método de arranque directo.

PROCEDIMIENTO: inicialmente introducir una resistencia adicional que haga que el par de arranque sea el máximo. Posteriormente, ir reduciendo la resistencia adicional hasta cero.

Este método presenta los siguientes inconvenientes:

- El motor se deja de alimentar durante el cambio de una tensión a otra.
- Aumenta el tiempo de arranque
- Es un método caro puesto que los motores de rotor devanado son más caros que los de
- jaula de ardilla.
- Aumentan las pérdidas debido a la potencia disipada en la resistencia adicional.

En las figuras que se adjuntan a continuación puede analizarse este método de arranque de los motores asíncronos trifásicos. Las diferentes implementaciones que se proponen están realizadas con automatismos eléctricos (relés, pulsadores, temporizadores, contactores y sus contactos auxiliares).

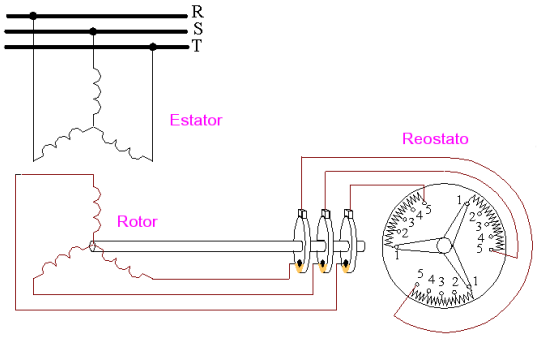

Fig. 14 Conexión de este arranque.

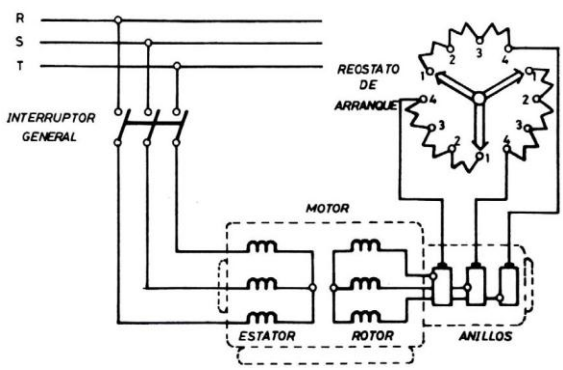

Fig. 15 Conexión de este arranque.

VI. Conclusiones.

Por lo tanto se denomina arranque de un motor al régimen transitorio en el que se eleva la velocidad del mismo desde el estado de motor detenido hasta el de motor girando a la velocidad de régimen permanente.

El estudio del arranque de los motores tiene una gran importancia práctica, ya que la elección correcta de las características de los motores eléctricos y arrancadores a instalar están basados en el conocimiento de las particularidades de éste régimen transitorioAdemás ahora se conocen diversas formas de conexión y no la misma de siempre que era la de estrella-triangulo, ya que como se ha visto esta conexión si bien es muy barata pero no dispone de cualidades tales como para caracterizarla como la mejor.

VII. Referencias

[1]http://www.mty.itesm.mx//deptosie/profesores/hnunez/cursos/me/MaterialApoyo/MaqElec4/home.htm

[2]http://webpages.ull.es/users/mmateo/electrotecnia/2010-11/TEMA9A.pdf

[3]http://electroraggio.com/fs_files/user_img/trif1.pdf

[4]Maquinas Eléctricas, Pau Casals Torrens, Richard Bosh Tous

[5]Curso Moderno de arrancadores para Maquinas Eléctricas asíncronas, Manuel Cortes