UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TEMA:

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA OBTENER LAS CARACTERÍSTICAS DE MOTORES ELÉCTRICOS"

Tesis de Grado previa la Obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica

AUTORES:

Enry Manuel Coronel Valdivieso
Darwin Renán Guevara Alba

DIRECTOR:

Ing. Norman Augusto Jiménez León

FECHA:

Enero del 2010

LOJA – ECUADOR

CERTIFICACIÓN

Ing. Norman Augusto Jiménez León

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, bajo el tema **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA OBTENER LAS CARACTERÍSTICAS DE MOTORES ELÉCTRICOS",** previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por los señores egresados: **Enry Manuel Coronel Valdivieso y Darwin Renán Guevara Alba**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Enero de 2010

_____

Ing. Norman Augusto Jiménez León

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La investigación, análisis y conclusiones del presente trabajo de tesis les corresponden exclusivamente a sus autores y el patrimonio intelectual a la Universidad Nacional de Loja, autorizamos al Área de la Energía, las Industrias y Recursos Naturales no Renovables y por ende a la carrera de Ingeniería Electromecánica; hacer uso del presente documento en lo conveniente.

Egdo. Enry Manuel Coronel V.

Egdo. Darwin Renán Guevara Alba

PENSAMIENTO

"El punto de partida para su nueva vida llega cuando se da cuenta que puede aprender cualquier cosa que deba aprender, para cumplir con las metas que se ha fijado. Esto significa que no hay límites en lo que usted puede ser, tener o hacer".

Brian Tracy

AGRADECIMIENTO

No es grato expresar nuestros profundos agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Ingeniería Electromecánica, a los docentes que de manera desinteresada aportaron para que durante estos cinco años de estudio y aprendizaje se fortalezca nuestra formación académica.

Al Ing. Norman Jiménez León, por su acertada dirección e invalorable colaboración para la realización del presente trabajo

Los Autores

DEDICATORIA

El presente trabajo le dedico de corazón a mis padres: Leyster María Valdivieso y Enri Hober Coronel, quienes fueron el pilar fundamental para lograr alcanzar esta meta que me trace en la vida, sin ellos no hubiera sido posible este objetivo. A mis queridos hermanos Karen Juliza, Stefany Maribel y Yeison Alejandro quienes siempre me brindaron su apoyo en los momentos más difíciles.

Gracias a todos Uds. y gracias Dios.

Enry M. Coronel V.

De todo corazón este trabajo le dedico Primeramente a Dios por darme salud y Sabiduría para lograr esta meta. A mis queridos padres: Salomón Guevara y Bertha Alba, quienes fueron el pilar fundamental para lograr alcanzar este objetivo que un día me propuse. A mis adorados hermanos, hermanas y sobrinos quienes desinteresadamente me supieron apoyar en los momentos más difíciles.

Darwin R. Guevara A.

RESUMEN

Este trabajo de tesis tiene el propósito fundamental de contribuir en el proceso de enseñanza-aprendizaje del comportamiento de los motores eléctricos de corriente alterna en los estudiantes de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja, el objetivo propuesto es el de apoyar en la formación técnica de los estudiantes. En virtud de esto se a logrado diseñar y construir un banco de pruebas para el laboratorio de Electricidad de nuestra carrera, con el que esperamos se pueda realizar las respectivas practicas sobre motores eléctricos, además sistematizamos temas selectos que serán de gran ayuda al momento de entender y estudiarlo. Por otra parte elaboramos las guías que permitan las prácticas respectivas siguiendo los Lineamientos de desarrollo para actividades prácticas de unidades, laboratorio y talleres de la carrera de Ing. Electromecánica, con lo que logramos presentar un trabajo claro y conciso que fácilmente se lo entenderá. Queda expuesta la posibilidad de que futuros estudiantes mejoren este banco de pruebas y por ende sus guías, para de esta forma lograr tener un buen currículo de estudios que situé a la carrera y a nuestra profesión entre las mejores.

SUMMARY

This thesis work has the fundamental purpose of contributing in the process of teaching-learning of the behavior of the electric motors of alternating current in the students of Electromechanical Engineering of the National University of Loja, the proposed objective is the one of supporting in the technical formation of the students. By virtue of this you had been able to design and to build a bank of tests for the laboratory of Electricity of our career, with which we wait can be carried out the respective ones you practice on electric motors, we also systematize select topics that will be from great help to the moment to understand and to study it. On the other hand we elaborate the guides that allow the respective practices following the development Limits for practical activities of units, laboratory and shops of the career of Engineer Electromechanical, with what we are able to present a clear and concise work that easily will understand each other it. It is exposed the possibility that future students improve this bank of tests and for their guides, for this way to be able to have a good curriculum of studies that I located to the career and our profession among the best.

INTRODUCCIÓN

Entre las diferentes áreas, la Electricidad es sin duda de vital importancia; en la actualidad son varias las perspectivas que se desarrollan en la industria para motores eléctricos, control y automatización. Por ejemplo, haciendo énfasis a un crecimiento vertiginoso de mercado, panorama de trabajo y oportunidad ocupacional podemos estar hablando que se vuelve indispensable estudiar a fondo esta temática. Ya en el plano de la formación académica de los estudiantes de la carrera de ingeniería Electromecánica se ha partido de algunas investigaciones a fines a la nuestra, sin embargo surge la necesidad de nuevos campos de estudio y experimentación que hace necesario no solo plantear una propuesta subjetiva sino objetiva, que este orientada a que tanto estudiantes como docentes tengamos la oportunidad de adquirir conocimientos no solo teóricos sino prácticos. Sin lugar a dudas esta forma traerá consigo buenos resultados

Los estudiantes con nuestros trabajos ya sea en el Proceso de Investigación Formativa y/o Tesis aportamos a estas reformas, y en uno de los casos prácticos que por varias ocasiones se ha tratado es el equipamiento de los diferentes laboratorios de la carrera. Consientes de esta problemática hemos diseñado y construido un equipo para experimentación de motores eléctricos mediante un sistema de adquisición de datos, cuyo objetivo se lo encamina como se dijo anteriormente en el sentido de relacionar la teoría y la práctica y acoplarlo en este amplio campo de la ingeniería.

Situados en el objetivo principal y haciendo referencia a características constructivas se puede acotar que se inicio desde un cálculo matemático, el cual nos arrojo los datos técnicos necesarios para la selección y construcción de cada una de las partes que conforman el sistema de adquisición de datos. Una vez obtenidos los elementos procedimos a su armado y consiguiente verificación de funcionamiento.

Cabe recalcar que a este sistema se lo ha construido para prácticas de características como: potencia, torque, velocidad, corriente y voltaje en los motores eléctricos de corriente alterna; que se visualiza mediante un software cuando estén realizando la respetiva práctica. Además está equipado con instrumentos analógicos que permitan la verificación visual y la comparación matemática de los cálculos realizados teóricamente.

En este contexto y explicados los principales tópicos que se relacionan con el banco de motores que se construyo, culminamos señalando que estamos en un constante y fructífero cambio, lo que involucra que nosotros como estudiantes debemos colaborar y así estructurar un currículo para la carrera de ingeniería electromecánica de tal forma que tanto estudiantes como docentes podamos interrelacionar la teoría y la práctica que a fin significara un desarrollo importante tanto en el ámbito académico como desde el punto de vista social.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....2
PENSAMIENTO.....3
AGRADECIMIENTO.....4
DEDICATORIA.....5
RESUMEN.....6
SUMARY.....7
INTRODUCCIÓN.....8
REVISIÓN DE LITERATURA.....13
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....13
1.1 Antecedentes.....13
1.2 Problemática.....13
1.3 Problema de Investigación.....14
1.3.1 Problema general.....14
1.3.2 Problemas Específicos.....14
1.4 Justificación.....14
1.5 Viabilidad.....15
1.6 Objetivos de la Investigación.....15
1.6.1 Objetivo general.....15
1.6.2 Objetivos Específicos.....15
1.7 Hipótesis de la Investigación.....15
1.7.1 Hipótesis general.....15
1.7.2 Hipótesis Específicas.....16

CAPITULO II: MOTORES ELÉCTRICOS.....17
PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS.....17
2.1 Motor Eléctrico.....17
2.1.1 Motor Síncronos.....17
2.1.2 Motor Asíncronos.....20
2.1.2.1 Descripción del Motor Eléctrico Asincrónico Trifásico.....22
2.1.2.2 Motor Eléctrico Asincrónico Monofásico.....24

2.1.2.3 Circuito Eléctrico……..…..25
2.1.2.3.1 Producción de la fuerza Electromotriz……...25
2.1.2.4 Circuito Equivalente……..28
2.1.2.4.1 Jaula Simple……28
2.1.2.4.2 Jaula Doble…….……29
2.1.2.5 Tipos de Arranque en Motor de rotor de Jaula……..……29
2.2 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS……32
2.2.1 Par Motor y Par Giro……32
2.2.2 Corriente del Par de Arranque……..33
2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES SEGÚN LA NEMA (National Electrical Manufacturers Association)……35
2.3.1 Motores De Inducción De Jaula De Ardilla Clase A……35
2.3.2 Motores de inducción de jaula de ardilla clase B……36
2.3.3 Motores De Inducción De Jaula De Ardilla Clase C……...36
2.3.4 Motores De Inducción De Jaula De Ardilla Clase D……37
2.3.5 Motores De Inducción De Jaula De Ardilla De Clase F……...38
2.3.6 Características de los Motores Según La Nema……...39
2.4 Freno……39
2.4.1 Freno Mecánico……..41
2.4.2 Freno Hidráulico……41
2.4.3 Freno de Aire Comprimido……42
CAPITULO III: SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS……...44
SOFTWARE DE APLICACIÓN…….……..44
3.1.1. Descripción……44
3.1.2. Tarjetas de Adquisición Multifunción de altas prestaciones……44
3.2. SENSORES……44
3.2.1. Tipos de Sensores……...44
3.2.1.1. Sensores de Corriente……45
3.2.1.1.1. Sensor de Corriente Resistivo…….……45
3.2.1.1.1.1. Acondicionador de Señal de un Shunt……45
3.2.1.1.1.2. Selección de la Resistencia Sensor de Corriente (Shunt)……46
3.2.1.1.2. Sensores de corriente por campo magnético……..47
3.2.1.1.3. Bobina Rogowsky……...47

3.2.1.1.4. Medición de Energía……48
3.2.1.2. Sensores de Voltaje……48
3.2.2. Terminología……49
3.2.3. Acondicionadores y Procesadores de señal……49
MATERIALES Y MÉTODOS……51
RESULTADOS……54
DISCUSIÓN……79
CONCLUSIONES……81
RECOMENDACIONES……82
BIBLIOGRAFÍA……83
ANEXOS……84

REVISIÓN DE LITERATURA

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 **Antecedentes.**

La Universidad Nacional de Loja, la misma que cuenta con un laboratorio de Electricidad en el Área de Energía, las Industria y Recursos Naturales no Renovables, el cual contribuye con el apoyo teórico-productivo en la enseñanza aprendizaje de los estudiantes de las diferentes carreras de esta unidad Académica.

Con la adquisición de equipos en sus laboratorios el Área de Energía, las Industria y Recursos Naturales no Renovables brindara un mejor Proceso de Formación en el estudio de motores sometidos a carga.

En vista de que el Laboratorio no cuenta con un Banco de motores eléctricos con adquisición de datos que permita una mejor formación en el proceso de enseñanza-aprendizaje en este campo. Como estudiantes de la Carrera de Ing. Electromecánica ponemos a consideración el presente trabajo investigativo.

1.2 **Problemática.**

Los procesos prácticos son muy importantes en la formación académica de un profesional ya que con ello logramos correlacionar los conocimientos teóricos con la práctica y de esta forma se llena vacíos presentados en el transcurso de las ideas adquiridas en las aulas.

Actualmente nuestra carrera cuenta con un laboratorio de Electricidad, que constantemente sufre modificaciones con la implementación de trabajos investigativos realizados por los estudiantes del Área, sin embargo todavía no contamos con los mecanismos suficientes de experimentación, específicamente en lo que concierne un sistema de adquisición de datos para la obtención de características de Motores eléctricos, de ahí que vemos la importancia de realizar este tema, de tal forma que estructuremos un proyecto que sirva para que los estudiantes realicen prácticas en dicho Banco en perfectas condiciones de uso, claro está que nuestro objetivo principal será el diseño, construcción del mismo y la elaboración de guías, para que los estudiantes puedan utilizar el Equipo.

En síntesis nuestra problemática la hemos planteado de la siguiente manera:

"Inexistencia de equipos de visualización grafica de las características de los motores eléctricos sometidos a diferentes cargas".

1.3 Problema de Investigación.

1.3.1 Problema general

"Carencia de un Banco de pruebas para que los estudiantes de la carrera de Ing. Electromecánica pueda verificar el comportamiento de motores eléctricos monofásicos y trifásicos sometidos a diferentes cargas"

1.3.2 Problemas Específicos

- ✓ Desconocimiento del funcionamiento del Banco de pruebas de motores sometidos a carga
- ✓ Falta de un Banco de pruebas con adquisición de datos para comprobar el comportamiento de motores sometidos a diferentes cargas para que realicen prácticas los estudiantes de Ing. Electromecánica.
- ✓ Falta de difusiones de los trabajos que se realizan en la carrera.
- ✓ Falta de guías para realización de prácticas en el banco de pruebas para comprobar el comportamiento de motores sometidos a diferentes cargas.

1.4 Justificación

Uno de los principales retos que hoy en día se nos presenta es investigar problemáticas del campo industrial para por medio de esto plantear soluciones que estén enmarcadas en la aplicación de la teoría; de tal forma que nos permita incorporarnos poco a poco a nuestra área profesional, y es precisamente que ahí surge la idea de trabajar en el diseño y construcción de un equipo para obtener las curvas características de los motores eléctricos, que por un lado contribuye en parte a solucionar el déficit de equipos en los laboratorios de la carrera de ingeniería Electromecánica y por otro para realizar prácticas profesionales.

Éstas últimas serian las más beneficiadas con la implementación del mencionado equipo, ya que tanto estudiantes como docentes van a poder asimilar de mejor manera

los fundamentos teóricos que tengan relación con motores eléctricos de corriente alterna.

El motivo por el cual se realizo este proyecto es para obtener el título de ingenieros y poder encaminarnos a la ejecución del tema de tesis; para ampliar las posibilidades en la realización de prácticas y la utilización del banco de motores sometidos a carga en el Taller Eléctrico.

Esta investigación dará solución a los problemas que se encuentren, dando alternativas en la construcción del banco de motores sometidos a carga e implementación de las guías que permitan conocer y elaborar prácticas en el mismo.

1.5 **Viabilidad.**

Debido a que ya tenemos conocimientos de diversas unidades como: Electrotecnia, Taller Eléctrico, Automatización, etc, el presente proyecto se considera viable, ya que se pueden utilizar todos estos conocimientos para el diseño y construcción del banco y la elaboración de guías que vayan en beneficio de futuros estudiantes y así mismo tener un banco de pruebas eficiente.

1.6 **Objetivos de la Investigación.**

1.6.1 **Objetivo general.**

Realizar el diseño y construcción de un Banco de pruebas para obtener las características de motores eléctricos.

1.6.2 **Objetivos Específicos.**

- ✓ Buscar información referente a este tema.
- ✓ Diseñar y construir el Banco de pruebas para obtener las curvas características de los motores eléctricos.
- ✓ Construir guías para el desarrollo de prácticas estudiantiles.
- ✓ Socializar los resultados de la investigación.

1.7 **Hipótesis de la Investigación.**

1.7.1 **Hipótesis general.**

Al realizar el diseño y construcción del Banco de pruebas para obtener las características de motores eléctricos se lograra impartir una mejor enseñanza en el proceso de aprendizaje de la Carrera de Ing. Electromecánica.

1.7.2 **Hipótesis Específicas.**

- ✓ Con la información recopilada se tendrá un mayor conocimiento del banco de pruebas para comprobar el comportamiento de motores sometidos a diferentes cargas.
- ✓ Al realizar el diseño y construcción del Banco de pruebas se lograra que este entre en funcionamiento y servirá para que realicen prácticas los estudiantes de Ing. Electromecánica.
- ✓ Al realizar las guías de prácticas se lograra impartir un mayor aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Ing. Electromecánica.
- ✓ Al socializar los resultados de la investigación abra un mayor conocimiento por parte del grupo investigativo y las personas presentes.

CAPITULO II: MOTORES ELÉCTRICOS

2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS.

2.1 Motor Eléctrico

El motor eléctrico es la máquina capaz de transformar la energía eléctrica que recibe en energía mecánica. Básicamente constan de dos partes, una fija denominada estator, y otra móvil respecto a esta última denominada rotor. Ambas están realizadas en material ferromagnético, y disponen de una serie de ranuras en las que se alojan los hilos conductores de cobre que forman el devanado eléctrico (fig.1). En todo motor eléctrico existen dos tipos de devanados: el inductor, que origina el campo magnético para inducir las tensiones correspondientes en el segundo devanado, que se denomina inducido, pues en él aparecen las corrientes eléctricas que producen el par de funcionamiento deseado.

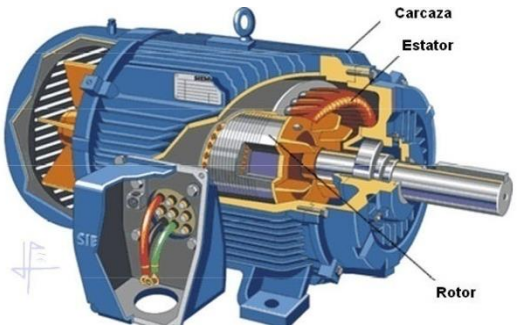


Fig. 1 Motor Eléctrico

2.1.1 Motor Síncronos

Es un motor de corriente alterna cuya velocidad en el eje es proporcional a la frecuencia de la corriente alterna que alimenta su inducido y su inductor se alimenta con una corriente continua de excitación. Los motores síncronos monofásicos se utilizan en: relojes, registradores, servomecanismos de lavarropas, etc.

$n = 60f / p$

n: velocidad de rotación en revoluciones por minuto (rpm).

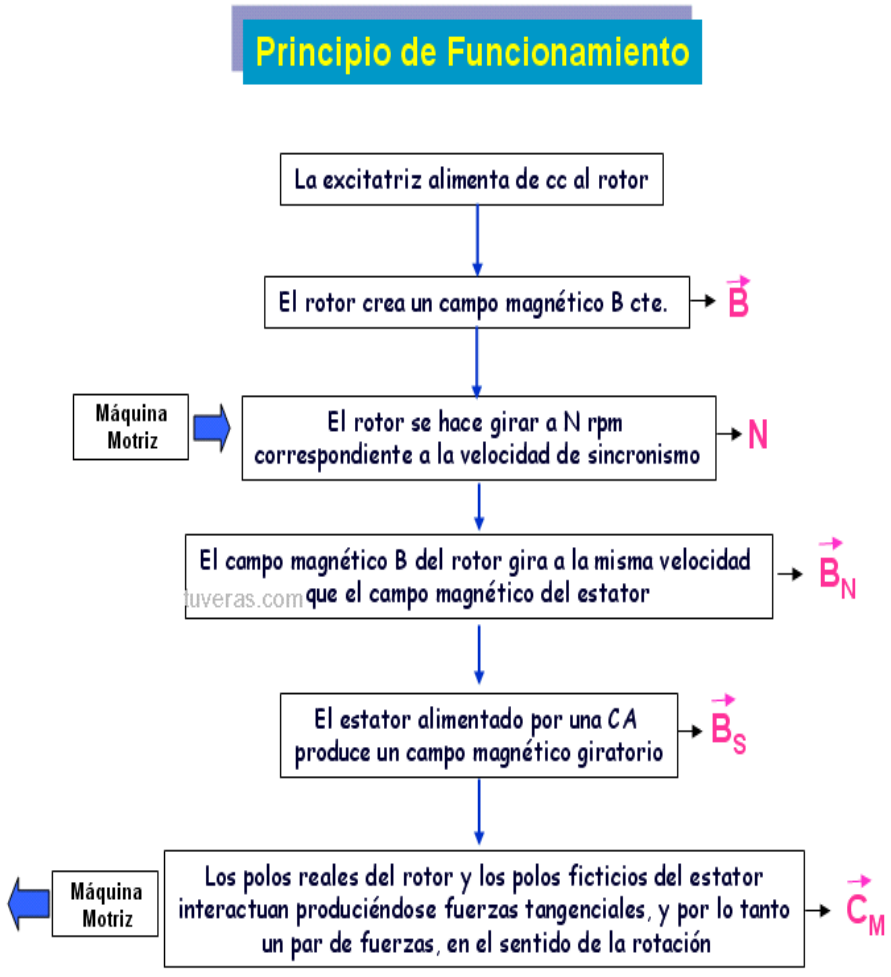
f: frecuencia de la tensión en bornes en Hertzios (Hz).

p: número de pares de polos (a dimensional).

Los motores síncronos trifásicos sobre excitados se utilizan como compensadores de potencia reactiva inductiva, tienen un alto costo por lo que resulta difícil su utilización.

Una característica del motor asíncrono es que si el rotor es "sobreexcitado", esto es, si el campo magnético es superior a un cierto valor, el motor se comporta como un capacitor a través de la línea de poder. Esto puede ser útil para la corrección del factor de potencia en plantas industriales que usan muchos motores de inducción.

Principio de funcionamiento



Como generador:

Una turbina acciona el rotor de la máquina sincrónica a la vez que se alimenta el devanado rotórico (devanado de campo) con corriente continua. El entrehierro variable (máquinas de polos salientes) o la distribución del devanado de campo (máquinas de rotor liso) contribuyen a crear un campo senoidal en el entrehierro, que

hace aparecer en los bornes del devanado estatórico (devanado inducido) una tensión senoidal. Al conectar al devanado inducido una carga trifásica equilibrada aparece un sistema trifásico de corrientes y una fuerza magnetomotriz senoidal.

Como motor:

En este caso se lleva la máquina síncrona a la velocidad de sincronismo, pues la máquina síncrona no tiene par de arranque, y se alimentan el devanado rotórico (devanado de campo) con corriente continúa y el devanado estatórico (devanado inducido) con corriente alterna. La interacción entre los campos creados por ambas corrientes mantiene el giro del rotor a la velocidad de sincronismo.

Características de funcionamiento

El par motor de la máquina síncrona es proporcional a su tensión en bornes; en cambio, en la máquina asíncrona es proporcional al cuadrado de esta tensión. A diferencia del motor asíncrono, puede trabajar con un factor de potencia igual o muy próximo a la unidad. El motor síncrono, respecto al motor asíncrono, tiene algunas ventajas especiales por lo que se refiere a su alimentación mediante una red de tensión y frecuencia constantes:

La velocidad del motor es constante, independientemente de la carga, puede proporcionar potencia reactiva y permite por tanto mejorar el factor de potencia de una instalación, puede soportar, sin calarse (perder velocidad de sincronismo) bajadas de tensión relativamente importantes (del orden del 50% debido a sus posibilidades de sobreexcitación).

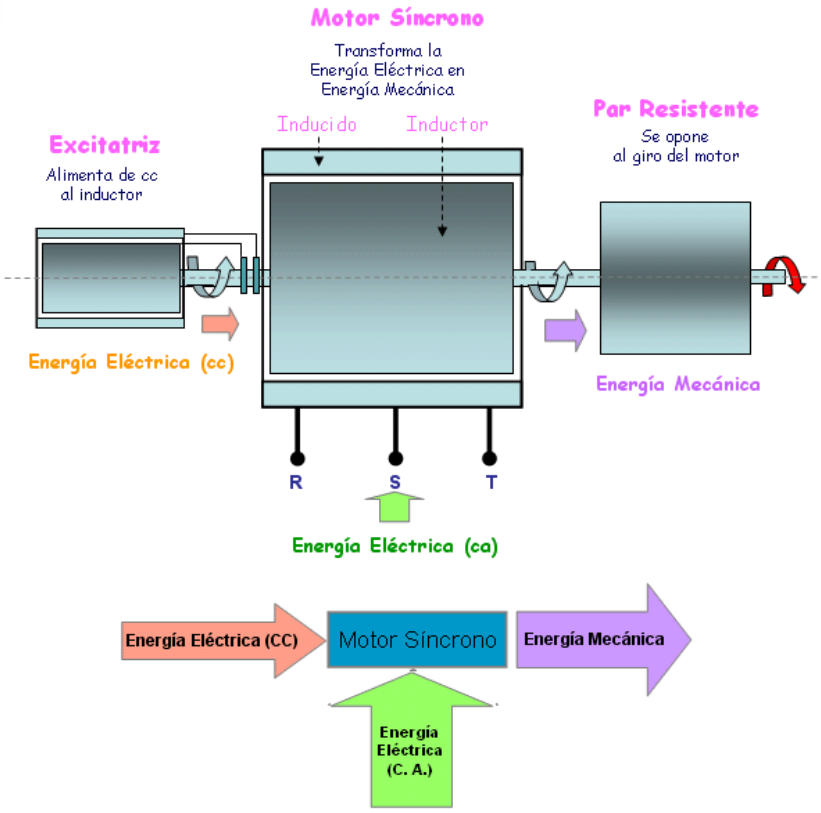


Fig. 2 Motor Síncrono

Sin embargo, el motor síncrono alimentado directamente por la red de distribución de energía a tensión y frecuencia constantes presenta dos inconvenientes:

Tiene dificultades de arranque; de hecho, si el motor no va asociado a un variador de velocidad, debe de efectuarse el arranque en vacío, o con arranque directo, en el caso de motores pequeños, o con la ayuda de un motor auxiliar de arranque que lo arrastra a una velocidad próxima a la de sincronismo, momento en el que se puede conectar directamente a la red,se puede perder la velocidad de sincronismo si el par resistente sobrepasa al par electromagnético máximo, con lo que es necesario reiniciar todo el proceso de arranque.

2.1.2 Motor Asíncrono

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor y un estator en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre si 120º. Cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. El rotor puede ser de dos tipos, de jaula de ardilla o bobinado. En cualquiera de los dos casos, el campo

magnético giratorio producido por las bobinas inductoras del estator genera una corriente inducida en el rotor. Como esta corriente inducida se encuentra en el seno de un campo magnético, aparecen en el rotor un par de fuerzas que lo ponen en movimiento.

El campo magnético giratorio gira a una velocidad denominada de sincronismo. Sin embargo el rotor gira algo más despacio, a una velocidad parecida a la de sincronismo. El hecho de que el rotor gire más despacio que el campo magnético originado por el estator, se debe a que si el rotor girase a la velocidad de sincronismo, esto es, a la misma velocidad que el campo magnético giratorio, el campo magnético dejaría de ser variable con respecto al rotor, con lo que no aparecería ninguna corriente inducida en el rotor, y por consiguiente no aparecería un par de fuerzas que lo impulsaran a moverse.

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento del motor asíncrono se basa en la creación de una corriente inducida en un conductor cuando éste corta las líneas de fuerza de un campo magnético, de ahí el nombre de «motor de inducción». La acción combinada de la corriente en el inducido y el campo magnético crea una fuerza motriz en el rotor del motor.

El motor asincrónico con dados nominales determinados puede cargarse, durante la explotación de distinta manera y funcionar en la banda de cargas de marcha en vacío hasta la nominal.

Por esta razón es necesario que tenga un rendimiento y un factor de potencia bastante altos no sólo para la carga nominal. , sino también a carga incompleta, que compone más de 0,5 de la nominal. Al aumentar el rendimiento disminuye la potencia activa consumida por el motor $P1=p2/\eta$ al aumentar el factor de potencia disminuye la potencia total consumida por él S1=P1/cosΨ1 a cuenta de la disminución de la potencia reactiva $Q1=S1sen\ \Psi1$. *Fig. 3.*

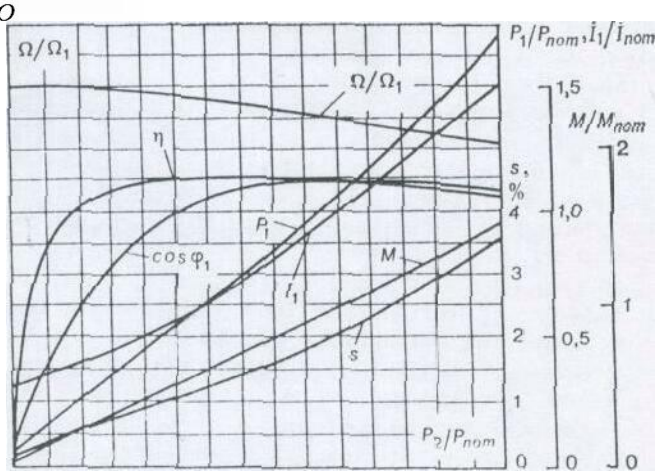


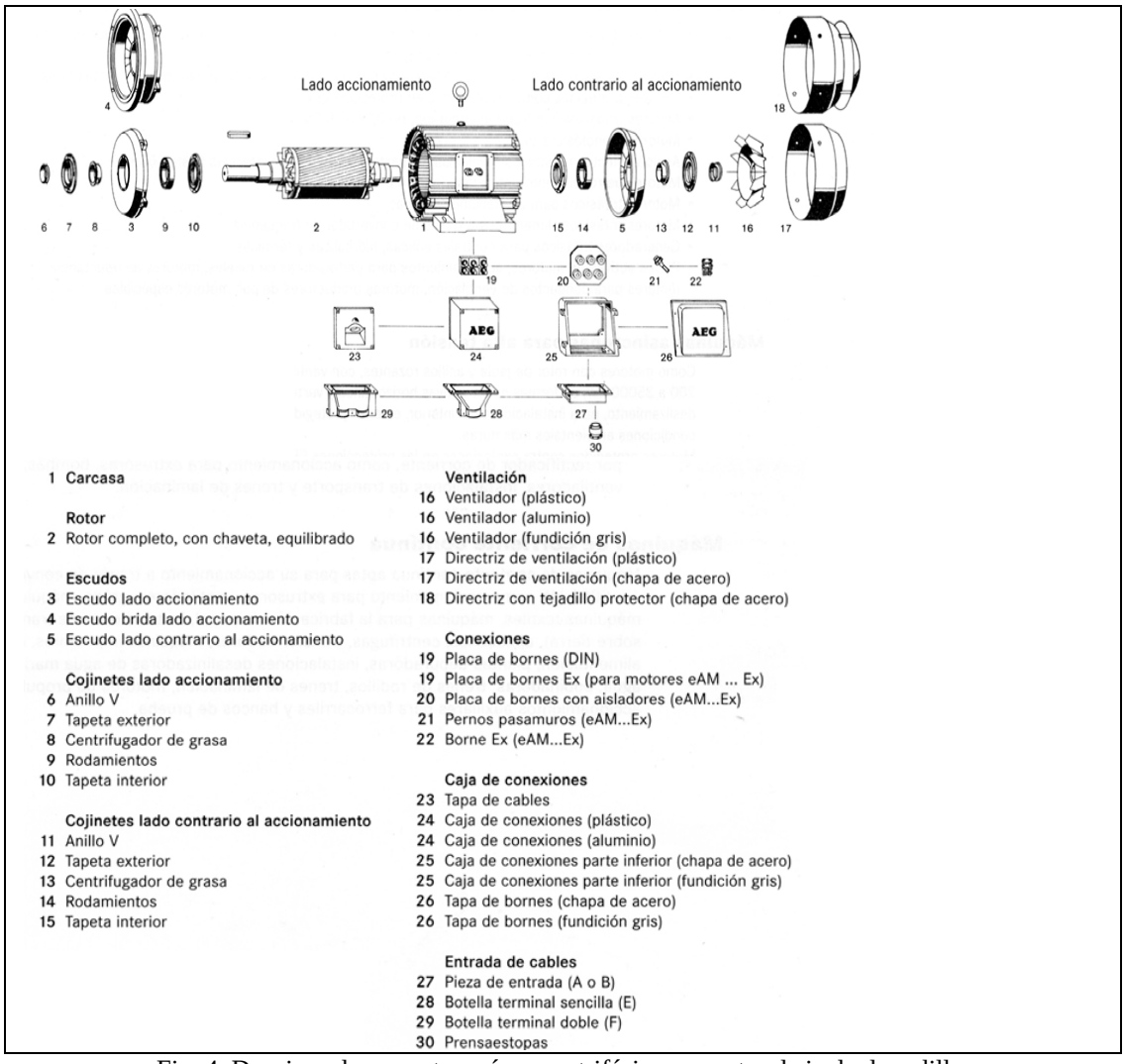
Fig. 3. Características de funcionamiento de un motor asincrónico.

2.1.2.1 Descripción del Motor Eléctrico Asincrónico Trifásico

Un motor de inducción es simplemente un transformador eléctrico cuyo circuito magnético está separado, por medio de un entrehierro, en dos partes: una parte fija llamada estator y otra parte móvil llamada rotor. El estator está formado por un devanado (primario) situado en un núcleo de chapas magnéticas de acero ranuradas. El rotor al igual que el estator, también posee un núcleo de chapas magnéticas ranuradas en el cual se sitúa un devanado (secundario), pero éste, puede que no sea bobinado sino que contenga unas barras de cobre, bronce, o aluminio unidas en los extremos a unos anillos (rotor de jaula de ardilla) que las cortocircuiten. Entre el estator y el rotor existe una separación de aire que debe ser lo más reducida posible, sin que haya roce alguno, y que se denomina entrehierro. Cuando se suministra una corriente alterna, procedente de una red, al devanado primario, se induce una corriente de sentido opuesto en el devanado secundario, produciéndose flujo magnético en el entrehierro, siempre que éste último esté cerrado en cortocircuito o a través de una impedancia exterior. Dicho flujo magnético determina un par de giro sobre el rotor transformando la energía eléctrica en energía mecánica. En los motores asíncronos trifásicos, se hacen circular corrientes alternas que generan un campo magnético sinusoidal que gira sincrónicamente (velocidad de sincronismo) con la frecuencia de la fuente de alimentación del motor. El motor de inducción en vacío puede llegar a alcanzar velocidades casi iguales a la de sincronismo, pero en el momento en que se aplique carga, la velocidad se reduce a un valor inferior al de sincronismo, de ahí el nombre de motores asíncronos.

La característica esencial que distingue a la máquina de inducción de los otros tipos de motores eléctricos, es que las corrientes secundarias se engendran solamente por inducción, como en un transformador, en vez de ser suministradas por una excitatriz de corriente continua u otra fuente exterior de energía, como en las máquinas sincrónicas y en las de corriente continua.

El tipo de motor que contempla la fig. 4 es asíncrono trifásico con rotor de jaula de ardilla, como se ha mencionado anteriormente, está formado por un eje y un núcleo de chapas magnéticas prensadas, en cuyo interior, se sitúa el devanado secundario compuesto por barras de aluminio inyectadas (jaula del rotor) fig.5.



1 **Carcasa**

Rotor
2 Rotor completo, con chaveta, equilibrado

Escudos
3 Escudo lado accionamiento
4 Escudo brida lado accionamiento
5 Escudo lado contrario al accionamiento

Cojinetes lado accionamiento
6 Anillo V
7 Tapeta exterior
8 Centrifugador de grasa
9 Rodamientos
10 Tapeta interior

Cojinetes lado contrario al accionamiento
11 Anillo V
12 Tapeta exterior
13 Centrifugador de grasa
14 Rodamientos
15 Tapeta interior

Ventilación
16 Ventilador (plástico)
16 Ventilador (aluminio)
16 Ventilador (fundición gris)
17 Directriz de ventilación (plástico)
17 Directriz de ventilación (chapa de acero)
18 Directriz con tejadillo protector (chapa de acero)

Conexiones
19 Placa de bornes (DIN)
19 Placa de bornes Ex (para motores eAM ... Ex)
20 Placa de bornes con aisladores (eAM...Ex)
21 Pernos pasamuros (eAM...Ex)
22 Borne Ex (eAM...Ex)

Caja de conexiones
23 Tapa de cables
24 Caja de conexiones (plástico)
24 Caja de conexiones (aluminio)
25 Caja de conexiones parte inferior (chapa de acero)
25 Caja de conexiones parte inferior (fundición gris)
26 Tapa de bornes (chapa de acero)
26 Tapa de bornes (fundición gris)

Entrada de cables
27 Pieza de entrada (A o B)
28 Botella terminal sencilla (E)
29 Botella terminal doble (F)
30 Prensaestopas

Fig. 4 Despiece de un motor asíncrono trifásico con rotor de jaula de ardilla.

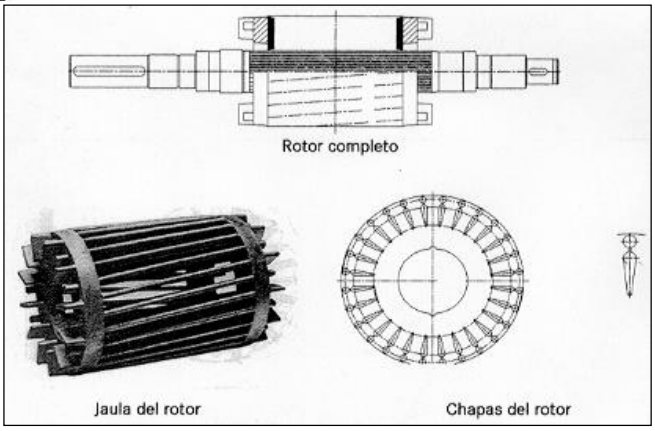


Fig. 5 Rotor de jaula de ardilla

El estator, por otro lado, está formado por un bobinado alojado en las ranuras de un núcleo de chapas magnéticas prensadas, protegido de posibles contactos a masa mediante material aislante fig. 6 que puede ser de diferentes tipos dependiendo de las condiciones de trabajo que se exigirán al motor.

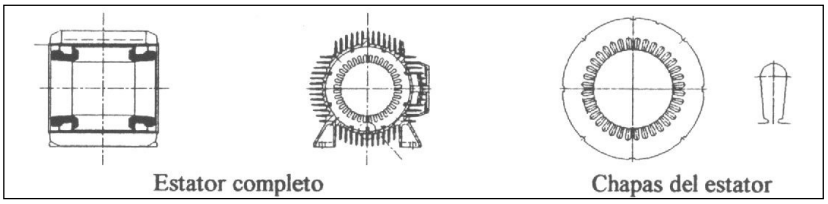


Fig. 6 Estator

Este tipo de motores tienen unas características que hacen que sea el más utilizado, como por ejemplo, su poco mantenimiento y solidez, su capacidad de mantener una velocidad constante y sobrecarga, o su bajo coste de fabricación.

2.1.2.2 Motor Asíncrono Monofásico

Para aplicaciones de muy baja potencia (de hasta 1HP) se usan este tipo de motores de inducción. En ellos el estator se alimenta con una única tensión, por lo que no es posible generar un campo magnético giratorio, consiguiéndose tan solo un campo pulsante.

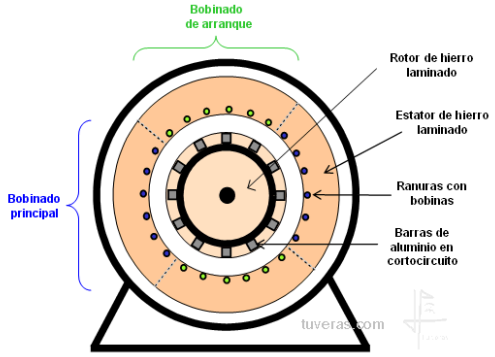


Fig. 7 Motor Asíncrono Monofásico

El arrollamiento del estator engendra dos conjuntos de polos ficticios que giran en sentido inverso a la velocidad angular. Llamemos polos concordantes a los que giran en el mismo sentido que el rotor y polos inversos a los que giran en sentido inverso.

En el arranque rotor parado los dos pares son iguales pero de sentido contrario. Luego el motor monofásico no arranca por sí solo. Si por cualquier procedimiento se ayuda a girar el rotor en un sentido, aparecerá inmediatamente un par que si es superior al par resistente pondrá en funcionamiento la maquina.

2.1.2.3 Circuito Eléctrico

2.1.2.3.1 Producción de la fuerza Electromotriz

Se va a determinar el valor de la f.e.m inducida en un motor de corriente alterna. Supóngase que el sistema inductor produce un flujo giratorio de p pares de polos e inducción B senoidalmente distribuida en el entrehierro, que avance con velocidad constante v. Según la ecuación e = Blv (l=longitud del paquete de chapas), la f.e.m inducida, fig. 8, en cada lado de bobina seguirá una ley de variación senoidal en el tiempo, a razón de p períodos por cada revolución del inductor, y con ello la frecuencia f (en Hz) si la velocidad de giro es de n rev/min,

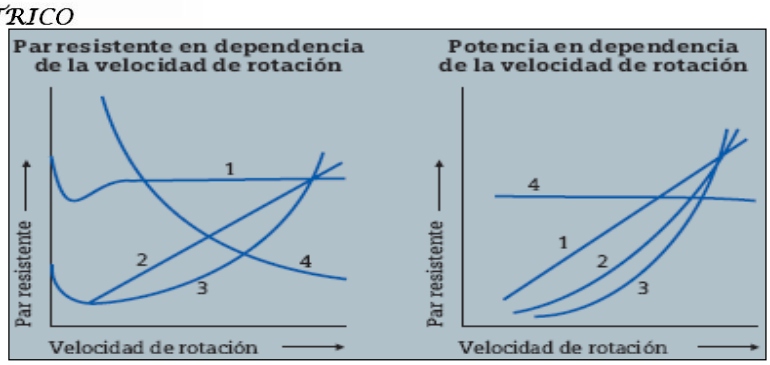


Fig. 8 Par Resistente-Potencia

1. Par resistente prácticamente constante, potencia proporcional a la velocidad de rotación. Se establece normalmente en mecanismos elevadores, bombas y compresores de embolo que impulsen venciendo una presión constante, laminadores, cintas transportadora, molinos sin efecto ventilador, maquinas herramientas con fuerza de corte constante.
2. El par resistente crece proporcionalmente con la velocidad de rotación y la potencia aumenta proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad.
3. El par resistente crece proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad de rotación, y la potencia con el cubo de la velocidad de rotación. Rige normalmente para bombas centrifugas, ventiladores y soplantes centrífugos, maquinas de embolo que alimenten una red de tuberías abiertas.
4. El par resistente decrece en proporción inversa con la velocidad de rotación, permaneciendo constante la potencia. Solamente se considerada este caso para procesos de regulación, presentándose en los tornos y máquinas herramientas similares, maquinas bobinadoras y descortezadoras.

Suponiendo concentrado y bobinado de trabajo en una sola bobina de N espiras y anchura o paso diametral (igual al paso polar) las f.e.m inducidas en los 2N conductores de las ranuras se suman en fase para dar la f.e.m total E de la bobina:

$$E = 2N \frac{Bm}{\sqrt{2}} lv$$

Cada segundo recorre el campo el trayecto 2□p de un doble paso polar f veces, de modo que la velocidad v=2f τ p. Con Bm = π/2Bmed, siendo Bmed el valor medio de la inducción correspondiente a una semionda senoidal,

$$E = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} fN(B_{med}\tau pl) = 4{,}44\, fN\phi$$

Siendo ϕ el flujo en el entrehierro por polo.

La fórmula que resulta para la f.e.m rotatoria es, en definitiva la misma que para los transformadores. La distribución senoidal de la onda móvil de inducción provoca en la bobina un flujo alterno de variación senoidal en el tiempo y valor máximo $\varphi_m = \varphi$

De hecho, el devanado de trabajo se encuentra distribuido entre varias bobinas simples a lo largo de cada paso polar; en el caso de un motor monofásico, cubriendo por lo general, 2/3 del paso en cuestión (120º eléctricos), mientras que en las máquinas trifásicas el bobinado de cada fase se extiende sobre 1/3 del paso de cada polo (60º eléctricos). De acuerdo con esta distribución espacial de las bobinas individuales, las f.e.m inducidas en ellas, aunque pertenezcan a la misma fase, se hallan desfasadas entre sí en el tiempo, y la suma que resulta de la composición vectorial de las mismas da un valor inferior al que se obtendría con un devanado concentrado.

El coeficiente de reducción ξd es lo que se llama factor de distribución, y la expresión de la f.e.m total por fase toma entonces la forma

$$E = 4{,}44\, f\xi_d N\phi$$

Antes de proceder al cálculo de este coeficiente destacar que su valor es independiente de la forma en que se conectan los conductores de las ranuras de un polo con los del polo próximo. Lo mismo vale, pues, para devanados imbricados, como el de la fig. 9a.

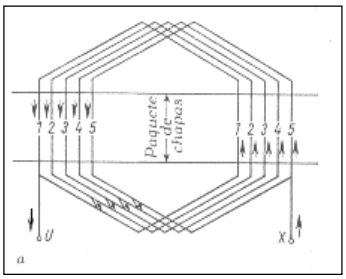


fig. 9a Devanado de bobinas iguales o imbricadas.

En los bobinados concéntricos fig. 9b, es decir, que resulta independiente de la forma de las cabezas de bobina. La razón reside en que el orden de sumando no altera la suma, aunque sea vectorial.

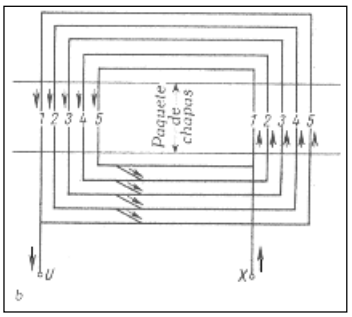


fig. 9b Devanado de bobinas desiguales.

2.1.2.4 Circuito Equivalente

2.1.2.4.1 Jaula Simple

En los huecos o muescas dispuestas a lo largo del rotor (en la periferia del cilindro constituido por la pila de láminas) se colocan conductores conectados en cada extremo a una corona metálica; estos conductores desarrollan el par motor generado por el campo giratorio. Para que el par sea homogéneo, los conductores están ligeramente inclinados respecto al eje del motor. El conjunto tiene el aspecto de una jaula de ardilla, de ahí el nombre de este tipo de rotor.

Estos motores asíncronos moto-ventilados con un gran deslizamiento se utilizan para variación de velocidad; su corriente de calado es casi su corriente nominal y su característica de par-velocidad, es muy ancha. Con una alimentación variable se puede adaptar esta característica y ajustar el par motor en función de la tracción deseada.

Generalmente, la jaula de ardilla está completamente moldeada (únicamente se fabrican estas jaulas insertando los conductores en las ranuras en el caso de motores muy grandes). El aluminio se inyecta a presión, y las aletas de refrigeración, colocadas en la misma operación, aseguran el cortocircuito de los conductores del

rotor.

Estos motores tienen un par de arranque relativamente bajo y la corriente de arranque es muy superior a la nominal.

2.1.2.4.2 Jaula Doble

Consta de dos jaulas concéntricas, una exterior, de poca sección y gran resistencia y otra interior de mayor sección y menor resistencia.

- Al empezar el arranque, las corrientes rotóricas son de frecuencia elevada, y, por el efecto pelicular que se produce, la totalidad de la corriente rotórica circula por la periferia del rotor y por tanto por una sección reducida de conductores. Así, al principio del arranque, siendo todavía las corrientes de frecuencia elevada, la corriente no circula más que por la caja exterior.
- Al final del arranque, la frecuencia en el rotor disminuye y resulta más fácil la circulación del flujo por la jaula interior. El motor se comporta entonces aparentemente como si hubiera sido construido como una única jaula de baja resistencia. En régimen permanente, la velocidad es solamente un poco menor que la de un motor de jaula simple.

2.1.2.5 Tipos de Arranque en Motor de rotor de Jaula.

Los problemas generados en el arranque de motores eléctricos de C. A., se resumen en tres aspectos: Gran consumo de corriente, alto torque y sobre calentamiento del motor. Existen muchos sistemas eléctricos por los cuales podemos disminuir estos problemas, y en el siguiente artículo, hacemos una breve descripción de éstos.

Los arrancadores de reducción de tensión más comunes

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.

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 (ver fig. 10).

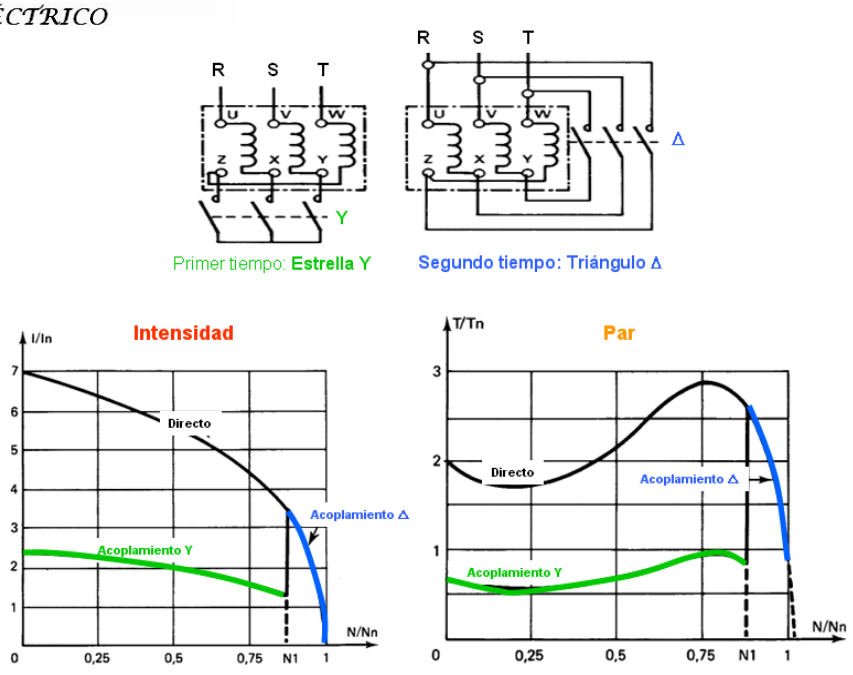


Fig.10 arranque estrella/triángulo

El arranque con auto-transformador. Ofrece un mayor control que el método U/D, pero la tensión sigue aún aplicándose por tramos. Las limitaciones de este arrancador son:

1. Cambios en el par debido al paso de una tensión a otra.

2. Un número limitado de los escalones de tensión de salida limitan las posibilidades de seleccionar la corriente de arranque ideal.

3. Los modelos aptos para condiciones de partida frecuente o de larga duración son caros.

4. No pueden realizar una partida con reducción de tensión eficaz con cargas en las que las necesidades de arranque varíen (ver fig. 11).

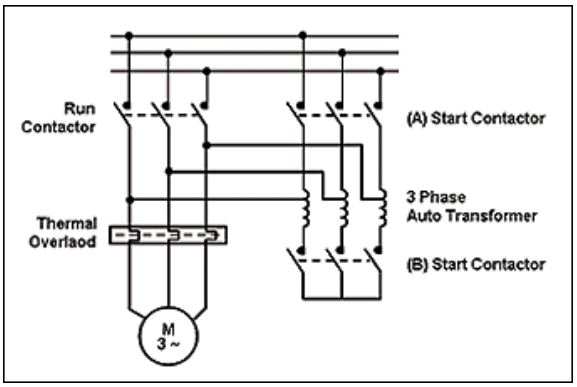


Fig. 11 arranque con auto-transformador

Los arrancadores de resistencia primaria. También ofrecen un mayor control que los arrancadores U/D. Sin embargo, 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 (ver fig. 12).

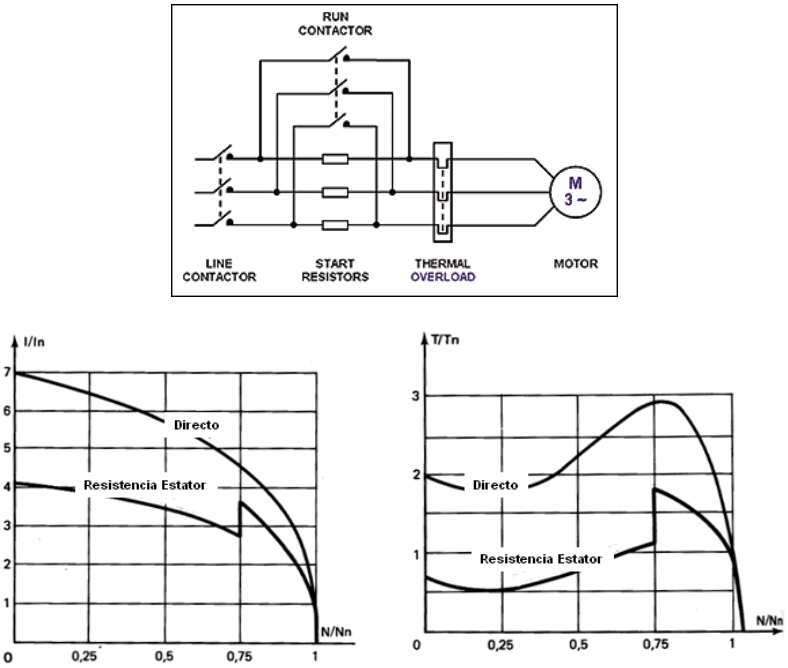


Fig. 12 arrancadores de resistencia primaria

Los arrancadores suaves. Son los arrancadores más avanzados. Ofrecen un control superior de la corriente y el par, e incorporan elementos avanzados de protección de motor. Algunos tipos son: Controladores de Par, Controladores de par de 1, 2 ó 3 fases, Controladores de tensión de lazo abierto o de lazo cerrado y Controladores de corriente de lazo cerrado Fig. 13.

Las principales ventajas que ofrecen los arrancadores suaves son:

1. Control simple y flexible sobre la corriente y el par de arranque.

2. Control uniforme de la corriente y la tensión libre de saltos o transiciones.

3. Apto para realizar arranques frecuentes.

4. Apto para un cambio sencillo de las condiciones de arranque.

5. Control de parada suave que amplía el tiempo de deceleración del motor.

6. Control de frenado que reduce el tiempo de deceleración del motor.

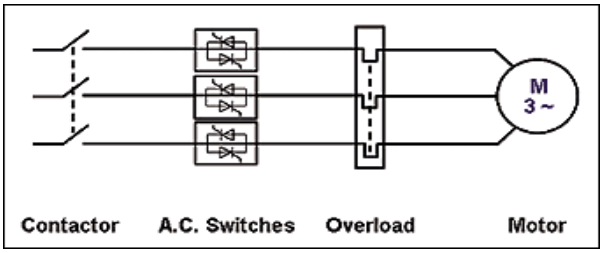


Fig. 13 controles de un motor eléctrico

2.2 Curvas características de los Motores Eléctricos.

2.2.1 Par Motor y Par Giro

Par motor.

Cuando las líneas del campo magnético cortan las barras del rotor, se produce en ellas una fuerza electromotriz que da lugar a corrientes que circulan en los sentidos opuestos (en los hilos más próximos a los polos) es decir, que se producen esas corrientes en hilos separados 180º. Estos hilos se ven sometidos a unas fuerzas que tienden a moverlos en dirección perpendicular al campo magnético y produciendo con ello el llamado par motor.

En un motor eléctrico, el par M y la velocidad de giro n están relacionadas de tal forma que cuando la velocidad decrece el par aumenta.

Par de giro.

El valor del par de giro del motor viene dado por:

$M = K \cdot ð \cdot Ir$

Siendo:

M = Constante.

ð = Flujo magnético del campo giratorio.

Ir = Intensidad de corriente del rotor.

Ecuaciones del par motor e intensidad del rotor en función del deslizamiento.

Considerando:

ð Flujo giratorio del polo; Er = Tensión del rotor; Xr = Reactancia de dispersión del rotor. ; Rr = Resistencia del rotor; f = Frecuencia de red; s = Deslizamiento. Ir = Intensidad del rotor; ð ð Angulo de desfase entre Ir y sEr; M = Par motor; sEr = Tensión engendrada en el rotor para cualquier deslizamiento con ð = cte; sf = Frecuencia en el rotor para cualquier deslizamiento; sXr = Reactancia de dispersión para cualquier deslizamiento, tenemos que la intensidad en el rotor vendrá dada por la expresión siguiente:
y el factor de potencia cosðr será:
Hay que hacer notar que Ir tiene dos componentes, que son:
Ir · cosðr, en fase con sEr.
Ir · senðr, retrasada 90º respecto a sEr.
La única componente que produce el par es Ir·cosðr, por lo que el par resultante total se expresará como:
La intensidad y el par motor son directamente proporcionales al deslizamiento tanto en vacío como a plena carga.

2.2.2 Corriente del Par de Arranque

Cuando partimos un motor de inducción de C. A., a tensión nominal, en primer lugar absorben la corriente de bloqueo del rotor (LRC) y crean un par de bloqueo de rotor (LRT). Según acelera el motor, la corriente disminuye y el par aumenta hasta su punto de ruptura antes de caer a niveles de velocidad nominal, ver fig. 14.

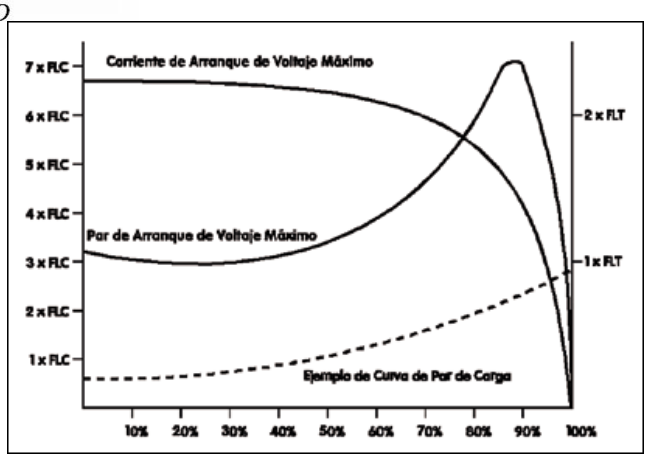


Fig. 14 Arranque con reducción de tensión

Motores con casi idénticas características de velocidad, a menudo presentan diferencias significativas en las posibilidades de partida. Las corrientes LRC pueden oscilar entre un 500% o exceder de 900% de la corriente máxima del motor (FLC). El par LRT puede ser de un 70% o elevarse hasta alrededor de un 230% del torque máximo (FLT).

A tensión máxima, la corriente y del par del motor determinan los límites en los que se puede realizar un arranque con reducción de tensión. En las instalaciones en las que reducir la corriente de arranque o aumentar el par de arranque sean críticos, es importante asegurarse de que se usa un motor con características adecuadas: LRC bajo y LRT alto.

Cuando se use un arranque con reducción de tensión, el par de arranque del motor se reducirá según la siguiente fórmula:

$$T_{ST} = LRT \times \left(\frac{I_{ST}}{LRC}\right)^2$$

Donde:

- TST = Par de arranque
- IST = Corriente de arranque
- LRC = Corriente de bloqueo de rotor
- LRT = Par de bloqueo de rotor

La corriente de arranque sólo se puede reducir hasta el punto donde el par de arranque sea aún superior al requerido por la carga. Bajo este punto, la aceleración del motor cesará y el conjunto carga/motor no alcanzará la velocidad máxima.

Comparación entre la curva Par/Velocidad.

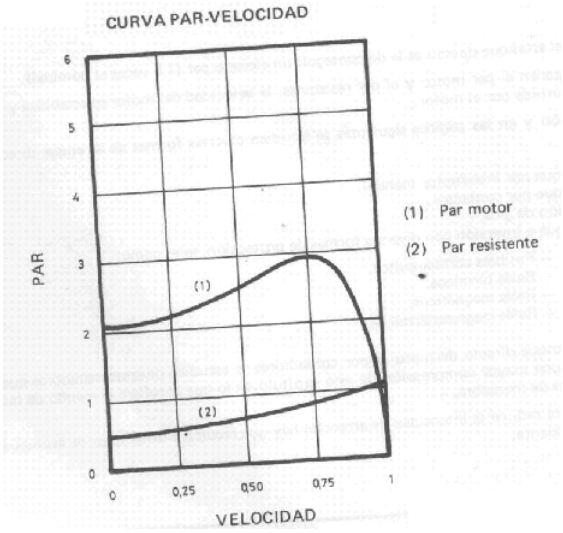


Fig. 15 Curva par – velocidad

2.3 Clasificación de los Motores según la Nema (National Electrical Manufacturers Association)

2.3.1 Motores De Inducción De Jaula De Ardilla Clase A

Un motor de diseño A es un motor de jaula de ardilla diseñado para soportar arranque a pleno voltaje y desarrollar un par a rotor bloqueado (totalmente frenado el motor) como el que se muestra en la Tabla 1. Tiene una corriente a rotor bloqueado mayor y un deslizamiento con carga nominal inferior a 5%.

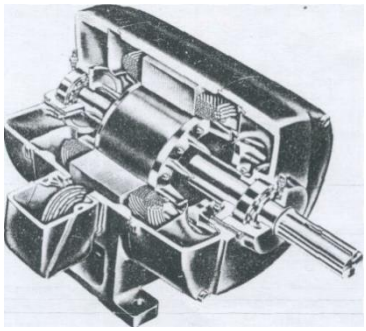


Fig.16. Vista en corte de un motor a prueba de goteo

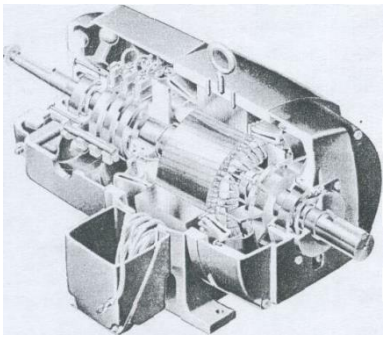


Fig. 17. Vista en corte de un motor de inducción de rotor devanado.

Los motores de diseño A normalmente se usan en instalaciones en donde se requieren una eficiencia extremadamente alta y una velocidad a plena carga también extremadamente alta. En consecuencia los motores de diseño A tienden a ser motores especiales.

2.3.2 Motores de inducción de jaula de ardilla clase B

A los motores de clase B a veces se les llama motores de propósito general; es muy parecido al de la clase A debido al comportamiento de su deslizamiento-par, fig.17. Las ranuras de su motor están embebidas algo más profundamente que los motores de clase A y esta mayor profundidad tiende a aumentar la reactancia de arranque y la marcha del rotor. Este aumento reduce un poco el par y la corriente de arranque.

Las corrientes de arranque varían entre 4 y 5 veces la corriente nominal en los tamaños mayores de 5 HP se sigue usando arranque a voltaje reducido. Los motores de clase B se prefieren sobre los de la clase A para tamaños mayores.

Las aplicaciones típicas comprenden las bombas centrífugas de impulsión, las máquinas herramientas y los sopladores.

2.3.3 Motores De Inducción De Jaula De Ardilla Clase C

Un motor de diseño C es un motor de jaula de ardilla diseñado para soportar arranque a pleno voltaje, que desarrolla un alto par a rotor bloqueado para usos especiales hasta de los valores mostrados en la Tabla 1.

Hp	Velocidad sincrónica, r/min			
	60 HZ 3600	**1800**	**1200**	**900**
	50HZ 3000	**1500**	**1000**	**750**
1/2	…….	…….	……..	140
3/4	……..	……	175	135
1	…..	275	170	135
1 1/2	175	250	165	130
2	170	235	160	130
3	160	215	155	130
5	150	185	150	130
7 1/2	140	175	150	125
10	135	165	150	125
15	130	160	140	125
20	130	150	135	125
25	130	150	135	125
30	130	150	135	125
40	125	140	135	125
50	120	140	135	125
60	120	140	135	125
75	105	140	135	125
100	105	125	125	125
125	100	110	125	120
150	100	110	120	120
200	100	100	120	120
250	70	80	100	100
300	70	80	100	
350	70	80	100	
400	70	80		
450	70	80		
500	70	80		

Tabla 1. Par a rotor bloqueado en porcentaje del par a plena carga de motores de potencia integral continua, jaula de ardilla, polifásicos de una velocidad, Diseños A y B.

2.3.4 Motores De Inducción De Jaula De Ardilla Clase D

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla clase D se conocen también como de alto par y alta resistencia, fig.17.

Las barras del rotor se fabrican en aleación de alta resistencia y se colocan en ranuras cercanas a la superficie o están embebidas en ranuras de pequeño diámetro. La relación de resistencia a reactancia del rotor de arranque es mayor que en lo motores de las clases anteriores.

El motor está diseñado para servicio pesado de arranque, encuentra su mayor aplicación con cargas como cizallas o troqueles, que necesitan el alto par con aplicación a carga repentina la regulación de velocidad en esta clase de motores es la peor.

2.3.5 Motores De Inducción De Jaula De Ardilla De Clase F

Un motor de diseño F es un motor de jaula de ardilla diseñado para soportar arranque a pleno voltaje, que desarrolla un bajo par a rotor bloqueado como se muestra en la tabla 2,

Hp	**Velocidad sincrónica, r/min**			
	60 HZ	**1800**	**1200**	**900**
	50HZ	**1500**	**1000**	**750**
3			250	225
5		250	250	225
7 1/2		250	225	200
10		250	225	200
15		225	200	200
20		200	200	200
25 o Mayores		200	200	200

Tabla 2. Par a rotor bloqueado en porcentaje del par de plena carga de motores de potencia integral continua, jaula de ardilla, polifásicos de una velocidad. Diseño C.

La figura 18 muestra las curvas típicas de velocidad-par motor para motores de diseño A, B, C y D.

2.3.6 **Características de los Motores** Según La Nema

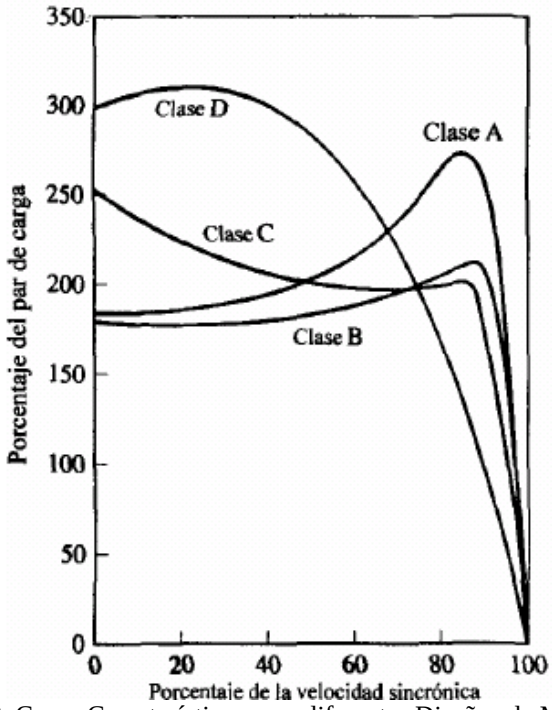


Fig. 18 Curva Características para diferentes Diseños de Motores

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente de Arranque	Regulación de Velocidad (%)	Nombre de clase Del motor
A	1.5-1.75	5-7	2-4	Normal
B	1.4-1.6	4.5-5	3.5	De propósito general
C	2-2.5	3.5-5	4-5	De doble jaula alto par
D	2.5-3.0	3-8	5-8 , 8-13	De alto par alta resistencia
F	1.25	2-4	mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

Tabla 3. Valores nominales para diferentes Diseños de Motores

2.4 Frenos

La función de los frenos es la de detener el giro de las ruedas y con ello el movimiento. Los elementos principales clásicos que constituyen el sistema de frenado son: el elemento frenante y su mando.

Elemento frenante

El elemento frenante está constituido por una parte fija solidaria al bastidor y por otra solidaria al eje.

La parte fija es un disco o plato sobre el que montan unas zapatas semicirculares, forradas exteriormente por un material rugoso o resistente (amianto prensado) (ferodo), a los efectos de que sé agarren firmemente al tambor y no se deslicen sobre él.

Las zapatas van articuladas en uno de sus extremos por un eje fijo al plato. Los otros extremos van libres, pudiendo separarse girando sobre su eje al que van articuladas, manteniéndose juntas por un resorte aplicado en sus superficies interiores.

La parte móvil del elemento frenante es un tambor abierto por una de sus caras, y fijo al disco de la rueda por la otra.

En el centro del tambor se encuentra el cubo de la rueda en cuyo interior está el buje. El tambor tapa la parte fija del elemento frenante de forma que su superficie cilíndrica y la de las zapatas queden concéntricas y muy aproximadas, pero sin llegar a tocarse.

El tipo de freno más corriente (más usado) es el freno de expansión, siendo su fundamento el que unas zapatas semicirculares se abren o cierran oprimiendo o no el tambor y, por tanto, produciéndose o no el frenado.

El mando del elemento frenante puede ser: mecánico, hidráulico o por aire comprimido.

Condiciones de los frenos

- ✓ Las condiciones que deben reunir los frenos, cualquiera que sea el sistema son:
- ✓ No deben llegar a bloquear las ruedas para evitar el deslizamiento. Los frenos paran las ruedas, pero quien detiene él vehículo son los neumáticos
- ✓ Deben ser de acción progresiva en concordancia con el recorrido del pedal del freno. Una frenada brusca puede ser causa de derrape con perdía del control de la dirección.

- ✓ La intensidad de la frenada ha de ser igual en las ruedas del mismo eje, de lo contrario la dirección tirara hacia la de mas frenada. Dado que al frenar, por inercia, el peso del vehículo se carga sobre las ruedas delanteras, su intensidad de frenada será algo mayor que en las rueda traseras.
- ✓ Las zapatas no deben rozar en el tambor si no se acciona el pedal del freno.

Los sistemas de frenado existentes son: mecánico (poco empleado), hidráulico, de aire comprimido y eléctricos.

2.4.1 Freno mecánico

El frenado que produce la separación de las zapatas por medios mecánicos, o sea, cuyo movimiento es mandado a la leva por el pedal del frenado, por un cable o similar, se llama frenado mecánico.

La acción mecánica de separación de las zapatas se consigue son una leva colocada entre los dos extremos libres de las mismas, sobre la que se apoyan.

Al hacer girar la leva, desde el pedal del freno, las zapatas se separan (abren) a la vez que se aprietan contra el tambor, progresivamente, cuando la leva se encuentra en posición horizontal, que es cuando se consigue el máximo efecto de la frenada.

La leva abre las zapatas y las aplica contra las paredes interiores del tambor por medio de una varilla.

2.4.2 Freno hidráulico

Se trata del sistema de frenado utilizado prácticamente en todos los automóviles.

El freno hidráulico está constituido por un cuerpo de bomba principal que lleva el pistón unido al pedal de freno. Su cilindro de mando está sumergido en un liquido especial (a base de aceite o de alcohol y aceite o de glicerina), que contiene un deposito al efecto. Del cilindro sale una tubería que se ramifica a cada una de las ruedas.

En los platos del freno de cada rueda hay unos cuerpos de bomba de embolo doble, unidos a cada uno de los extremos libres de las zapatas.

Las partes más importantes son pues: depósito de líquido, bomba de émbolos y cilindro de mando.

Su funcionamiento consiste en que al accionar el pedal del freno, él embolo de la bomba principal comprime él liquido y la presión ejercida se transmite al existente en las conducciones y por él, a los cilindros de los frenos separando sus émbolos que, al ir unidos a las zapatas, producen su separación ejerciéndose fuerza sobre el tambor del freno.

Al dejar de pisar el pedal del freno cesa la presión del líquido y zapatas, recuperándose la situación inicial.

Las principales características de este sistema es la uniformidad de presión o fuerza que se ejerce en todas las ruedas, incluso con posibles deficiencias por desgaste de alguna zapata, pues su embolo tendrá más recorrido haciendo que el contacto zapata-tambor sea el mismo en ambas zapatas.

El sistema de frenos hidráulicos tiene la ventaja de que su acción sobre las cuatro ruedas es perfectamente equilibrada, pero también tiene la desventaja de que si pierde liquido frena mal o nada.

Si se observa debilidad en el freno hidráulico, puede suceder que la causa sea generalmente por la presencia de aire en las canalizaciones por donde tiene que pasar él líquido de frenos.

La acción de extraer el aire de las canalizaciones recibe el nombre de purgado de frenos.

2.4.3 Frenos de aire comprimido

Para los grandes vehículos el mando hidráulico o mecánico de los frenos requiere gran fuerza de aplicación, inconveniente que se resuelve con la utilización del aire comprimido aplicado al mando del sistema de frenado.

Su constitución es un compresor movido por el motor del vehículo que aspira el aire, lo comprime y lo envía a uno o dos depósitos (o calderines) donde queda almacenado a presión. Una válvula reguladora (distribuidora) de presión, permite la salida de aire al exterior cuando la presión sobrepase los cinco kilogramos.

CAPITULO III: SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

3.1 SOFTWARE DE APLICACIÓN

3.1.1. Descripción

Con NI LabVIEW usted puede crear aplicaciones de adquisición de datos personalizadas gracias a la facilidad de la programación gráfica de más de 500 funciones de análisis y herramientas de programación avanzadas. Cada copia de LabVIEW también incluye LabVIEW SignalExpress para registro de datos interactivo. Los dispositivos de adquisición de datos de la Serie M son compatibles con las siguientes versiones (o posteriores) de software de aplicación de NI – LabVIEW 7.x, LabWindows™/CVI 7.x, o Measurement Studio 7.x; LabVIEW SignalExpress 1.x; o LabVIEW con el Módulo de LabVIEW Real-Time 7.1. Los dispositivos de adquisición de datos de la Serie M también son compatibles con Visual Studio .NET, C/C++ y Visual Basic 6.

3.1.2. Tarjetas de Adquisición Multifunción de altas prestaciones

Las USB 6009 y la USB 6008 son Tarjetas de Adquisición de altas prestaciones para bus USB con 8 Entradas Analógicas Simple, 8 Salidas Analógicas, 4 Entradas Digitales, 4 Salidas Digitales y Contador. Alcanzan hasta 40.000 – 10.000 Muestras por Segundo respectivamente con 12 bits de resolución de conversión, Ganancia Programable, función "MAGIC SCAN" y otras prestaciones avanzadas, fig. 19.

Fig. 19 Tarjetas de Adquisición de datos USB 6008

3.2. Sensores

3.2.1. Tipos de Sensores

Existe una gran cantidad de sensores en el mercado, para poder medir magnitudes físicas, de los que se pueden enumerar los siguientes:

Temperatura

Humedad

Presión

Posición

Movimiento

Caudal

Luz Imagen

Corriente

Conductividad: Resistividad Biométricos Acústicos Imagen Aceleración

Velocidad Inclinación Químicos

3.2.1.1. Sensores de Corriente

1. Inductivos: Transformadores de Corriente. El cable a medir pasa por medio de un núcleo magnético que tiene bobinado un secundario que proporciona una tensión proporcional a la corriente que circula por el cable.
2. Resistivos: Shunt. Una resistencia provoca una caída de tensión proporcional a la corriente que circula por dicha resistencia Shunt.
3. Magnéticos (Efecto Hall): El sensor mide el campo magnético de un núcleo, generado por la corriente que circula por el cable a medir, que bobina al núcleo.
4. Bobina Rogowsky: Miden los cambios de campo magnético alrededor de un hilo que circula una corriente para producir una señal de voltaje que es proporcional a la derivada de la corriente (di/dt).

3.2.1.1.1. Sensor de Corriente Resistivo

Las resistencias "shunt" proporcionan una medición precisa y directa de la corriente, pero no ofrece ningún aislamiento galvánico.

3.2.1.1.1.1. Acondicionador de Señal de un Shunt

La aplicación típica de un shunt es para medir la corriente en la red eléctrica para calcular la potencia o para analizar la calidad de la red. También se utilizan para sensar la corriente en un sistema de control de motor por variación de frecuencia.

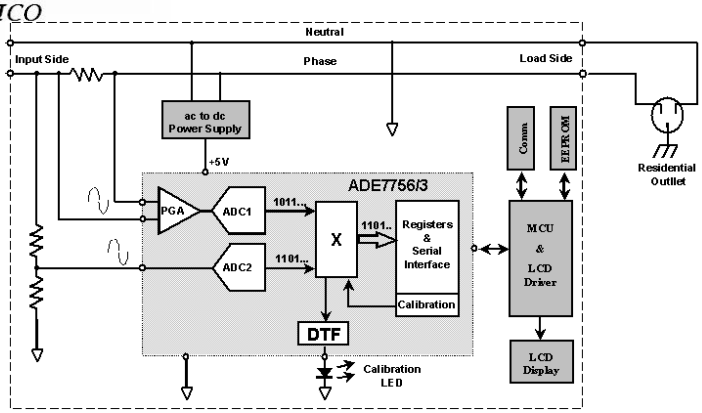


Fig.20 Sensores – Acondicionadores - Procesadores

3.2.1.1.1.2. Selección de la Resistencia Sensor de Corriente (Shunt)

Es importante seleccionar una resistencia "shunt" apropiada de sensor de corriente; debe tener un valor muy bajo de resistencia para minimizar la disipación de potencia, un valor bajo de inductancia y una tolerancia razonablemente pequeña para mantener una precisión global en el circuito.

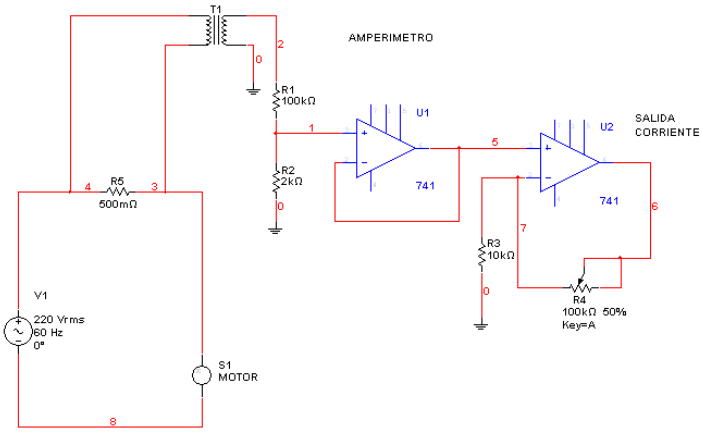


Fig. 21 Diagrama de un sensor de corriente

Aunque al bajar el valor de la resistencia sensor de corriente, disminuye la disipación de potencia, también disminuye el voltaje de salida a fondo de escala aplicado. Si la resistencia sensor es demasiada pequeña, el "offset" de entrada se puede hacer porcentualmente grande a fondo de escala. Estas dos consideraciones contradictorias tienen, por lo tanto, que ser sopesadas unas contra las otras en la selección de la resistencia apropiada para cada aplicación particular.

En general, hay que seleccionar el valor más bajo de la resistencia para que no impacte substancialmente a la precisión global del circuito. Localizada la resistencia sensor y colocando un amplificador operacional cerca de la misma, ayudará también a minimizar las interferencias electromagnéticas y

mantener la precisión del circuito. Aunque es posible adquirir resistencias "shunt" sensor de corriente a fabricantes como: IRC, Dale, Ultronix, Isotek, y K-tronics, que son sólo algunos de los proveedores que fabrican resistencias apropiadas para aplicaciones de sensor de corriente, es también posible hacer una resistencia sensor utilizando diversos materiales, incluyendo un trozo de una pista de circuito impreso.

3.2.1.1.2. Sensores de corriente por campo magnético

Otras aplicaciones para los sensores magneto-resistivos de Philips son la medición de corriente eléctrica. El principio de medición de la corriente con un sensor magneto-resistivo es directo. Si una corriente, 'i', que fluye a través de un hilo, genera un campo magnético alrededor del mismo que es directamente proporcional a la corriente. Midiendo la intensidad de este campo magnético con un sensor magneto-resistivo, se puede determinar exactamente la corriente. La relación entre la intensidad del campo magnético 'H', la corriente 'i' y la distancia 'd'.

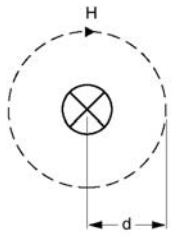


Fig.22 Campo magnético producido por una corriente a través de un hilo.

3.2.1.1.3. Bobina Rogowsky

La bobina Rogowski se basa en un modelo simple, un inductor con inductancia mutua con la corriente primaria.

Para analizar el funcionamiento de la bobina Rogowski primero hay que ver repasar algunos efectos de la corriente y el campo magnético.

Campo magnético inducido por un conductor: Cuando pasa una corriente a través de un conductor, se forma un campo magnético alrededor del mismo. La magnitud del campo magnético es directamente proporcional a la corriente.

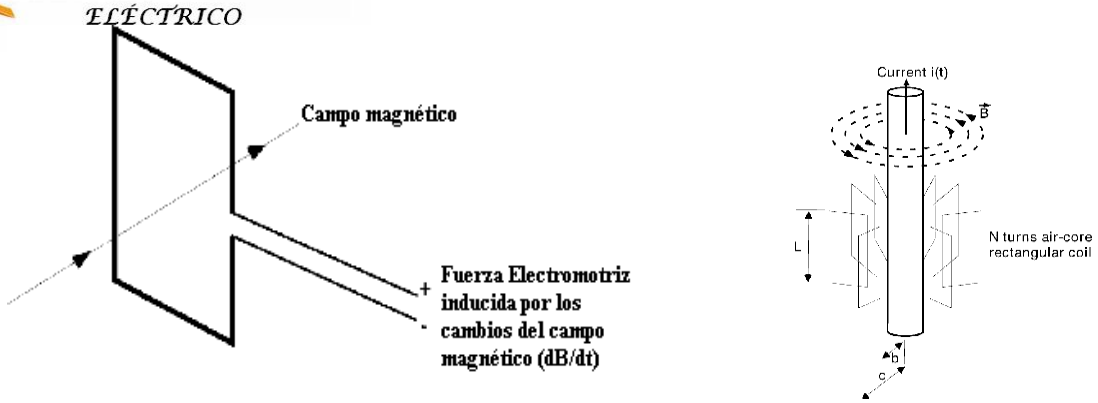


Fig. 23 Bobina Rogowsky

Voltaje inducido en una bobina por el cambio del campo magnético: Los cambios del campo magnético dentro de la bobina inducen una fuerza electromotriz. La fuerza electromotriz es un voltaje y es proporcional a los cambios del campo magnético dentro de la bobina.

3.2.1.1.4. Medición de Energía

Aprovechando diversas maneras de medir la corriente y midiendo la tensión de la red eléctrica, se puede medir la potencia energética, con unos completos circuitos acondicionadores de señal como la familia ADE775x de Analog Devices. Estos circuitos pueden mandar las medidas digitalizadas a un microcontrolador, que procesará los datos y los mostrará en un visualizador LCD y podrá enviar la lectura medida automáticamente por cualquiera de los sistemas de comunicación actuales, que se denomina AMR (Automatic Meter Reading).

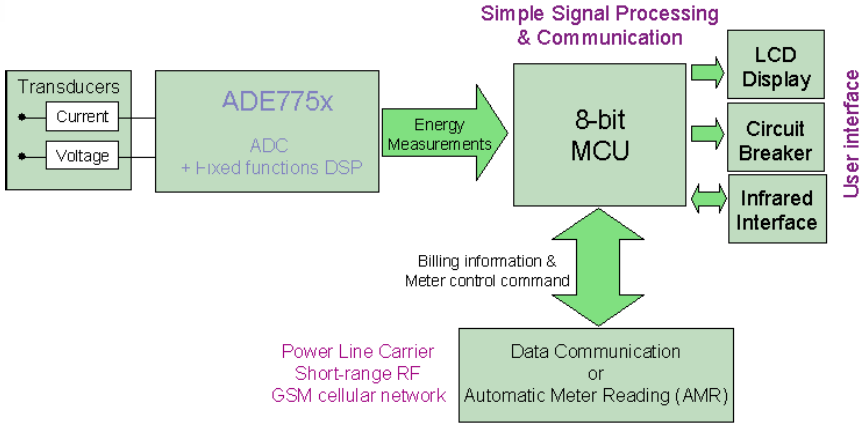


Fig.24 Medición de energía

3.2.1.2. Sensores de Voltaje

Este tipo de sensor es el que entrega un nivel de voltaje equivalente a la señal física que se mide, normalmente los sensores industriales capaces de entregar un nivel de voltaje tienen incorporado circuitos acondicionadores, tales como Amplificadores de instrumentación y operacionales, comparadores, etc. Este tipo de sensores muchas veces incorpora resistores variables que permiten ajustar el rango de voltaje que ellos entregan al rango que nuestro conversor necesita, esta es su gran ventaja a su vez su desventaja es que la señal por ellos generada no puede ser transmitida mas allá de unos pocos metros porque sin que se produzcan perdidas en la misma.

Ejemplo de sensor de voltaje frecuentemente se ve que el sensor de voltaje son las celdas foto voltaicas capaces de convertir un nivel de iluminación en una señal de voltaje equivalente.

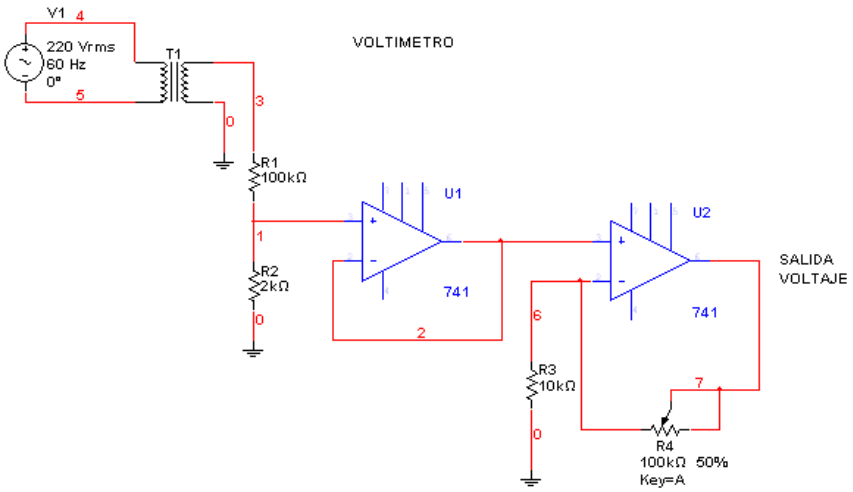


Fig. 25 Diagrama de un sensor de Voltaje

3.2.2. Terminología

En general se habla de sensores, pero se pueden distinguir las siguientes definiciones:

Sensor: Es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde con una señal eléctrica. Además los sensores pueden ser *activos* o *pasivos.*

Sensor activo: Es un sensor que requiere una fuente externa de excitación como las RTD o células de carga.

Sensor pasivo: Es un sensor que no requiere una fuente externa de excitación como los termopares o fotodiodos.

Transductor: Es un convertidor de un tipo de energía a otra.

3.2.3. Acondicionadores y Procesadores de señal

No se puede hablar de los sensores, como componentes electrónicos básicos, sin ver cómo se pueden adaptar a un sistema de adquisición y control. Por lo que se tendrán que ver las nuevas tecnologías de adaptación de estos sensores que como parte de una cadena de dispositivos, forman un sistema.

Estos adaptadores, como acondicionadores de señal, son los amplificadores operacionales en sus diferentes estructuras de montaje, pasando por filtros o por procesadores analógicos, convirtiendo estas señales de analógico a digital para posteriormente ser procesados los datos con un DSP o Microcontrolador y actuando por medio de las salidas lógicas del procesador o por medio de un convertidor digital a analógico.

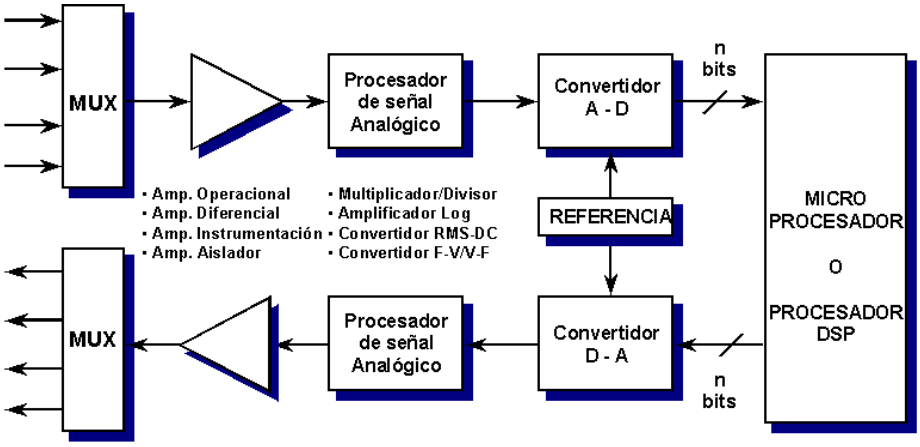


Fig.26 Acondicionadores y Procesadores de señal

Durante la descripción de los diferentes tipos de sensores se irán viendo los circuitos más apropiados que forman parte de esta cadena.

CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Los materiales utilizados en el trabajo investigativo son:

- ✓ Informativos: libros, revistas, catálogos, y páginas web.
- ✓ Investigativos: Visitas técnicas a universidades, talleres, almacenes, y fabricantes.
- ✓ Construcción: material eléctrico, Material mecánico, Material electrónico, y automatización.
- ✓ De Escritorio: Computadora, impresora, programas, hojas, y material de oficina en general.

Métodos

Tomando como referencia las matrices construidas en el primer momento de nuestra investigación y siguiéndolas minuciosamente hemos llegado a cumplir con todos y cada uno de los objetivos planteados; a continuación detallamos la metodología que se siguió para cada actividad:

Metodología para alcanzar el Objetivo especifico 1

- Se accedió a diferentes páginas Web en el internet
- Se selecciono párrafos, lecturas, análisis del tema en distintas bibliotecas dentro y fuera de la ciudad
- Realizamos entrevistas a docentes tanto de la U.N.L. como de la ESPOL; al encargado del Laboratorio Eléctrico, a si mismo con dueños de almacenes distribuidores de equipos de control y automatización en la ciudad de Guayaquil, Cuenca y Quito.
- Se clasifico toda la información recopilada en las distintas investigaciones

Metodología para alcanzar el Objetivo especifico 2

- Se realizo un levantamiento de la infraestructura y características del equipo idóneo y que reúna las características planeadas en el proyecto.
- Se indago los sitios donde se venden los accesorios necesarios para la construcción. En nuestro caso fue necesario remitirnos a los siguientes almacenes: Elec-sur (Loja); Electro-Control (Cuenca); National Instrument

(Cuenca); Handet-Ecuador (Guayaquil); Brenntag-Ecuador (Guayaquil); Software AG Inc (Quito); Megachip (Loja).

- Una vez reunidos los accesorios y siguiendo el esquema del diseño se procedió a la construcción definitiva del banco.

Metodología para alcanzar el Objetivo especifico 3

Las actividades para este objetivo se las podrá comprobar y determinar correctamente una vez que esté concluido el banco y esté funcionando.

- Se visualizo plenamente la efectividad del banco en cuanto a resultados para no descuidar partes o accesorios que puedan faltar
- Se definió estrategias necesarias para obtener el máximo provecho de la practica
- Una vez redactadas las diferentes guías para prácticas se tomo en cuenta de los vicios sintácticos, pragmáticos y semánticos que pudieron existir.
- Mediante prácticas realizadas por estudiantes de la carrera se estableció la efectividad del banco y de las respectivas guías, que servirán a los estudiantes de la carrera.

Metodología para alcanzar el Objetivo especifico 4

- Se obtuvo un documento claro y conciso que detalle los resultados obtenidos durante el proceso de ejecución de la tesis
- Se siguió el respectivo esquema para la elaboración de ponencias de la carrera de Ing. Electromecánica
- Con una exposición clara y comunicativa a los asistentes, en nuestro caso estudiantes y público en general, se expuso los resultados de todo este trabajo de tesis.

Métodos

Los métodos que estamos utilizando son los **Empíricos y Teóricos**; Empírico.- nos permite estudiar las características fundamentales y esenciales de los motores eléctricos, esta etapa permite la recolección de información (libros, revistas, Internet, etc.), entrevistas, entre otras que nos permitió una percepción de los referentes teóricos del tema y problema de tesis.

En tanto que con el método teórico.- analizamos los datos empíricos encontrados acerca del tema, y de esta manera abarcar y desarrollar los objetivos planteados para la realización del proyecto de tesis.

Técnicas e instrumentos

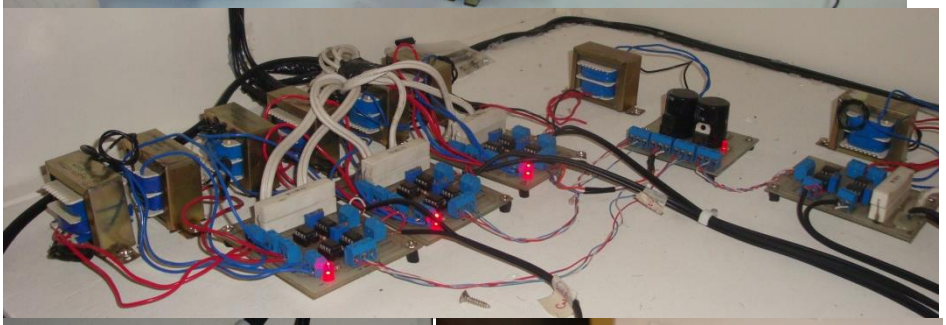
Para la ejecución del proyecto de tesis hemos optado por realizar las siguientes actividades:

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICA UTILIZADA
➢ Desconocimiento del funcionamiento del Banco de pruebas de motores sometidos a carga	Entrevista con los docentes y personas entendidas del tema
	Investigación bibliográfica en libros, revistas e Internet
	Trabajo de campo, que consiste en acudir a laboratorios donde existan banco de motores eléctricos.
➢ Falta de un Banco de pruebas con adquisición de datos para comprobar el comportamiento de motores sometidos a diferentes cargas para que realicen prácticas los estudiantes de Ing. Electromecánica.	Acudir a catálogos referentes a motores eléctricos.
	Procesamiento de datos que permitan un diseño apropiado para el banco de motores eléctricos.
	Observación de fotografías, grabaciones que existan sobre estos equipos
➢ Falta de guías para realización de prácticas en el banco de pruebas para comprobar el comportamiento de motores sometidos a diferentes cargas.	Entrevista con los docentes de la carrera
	Investigación bibliográfica, acudiendo a los lineamientos de desarrollo de guías de la carrera
	Procesando la información obtenida para las guías de prácticas.
➢ Falta de difusiones de los trabajos que se realizan en la carrera.	Entrevista con los docentes y personas para que manifiesten la forma correcta de llevar a cabo la socialización.

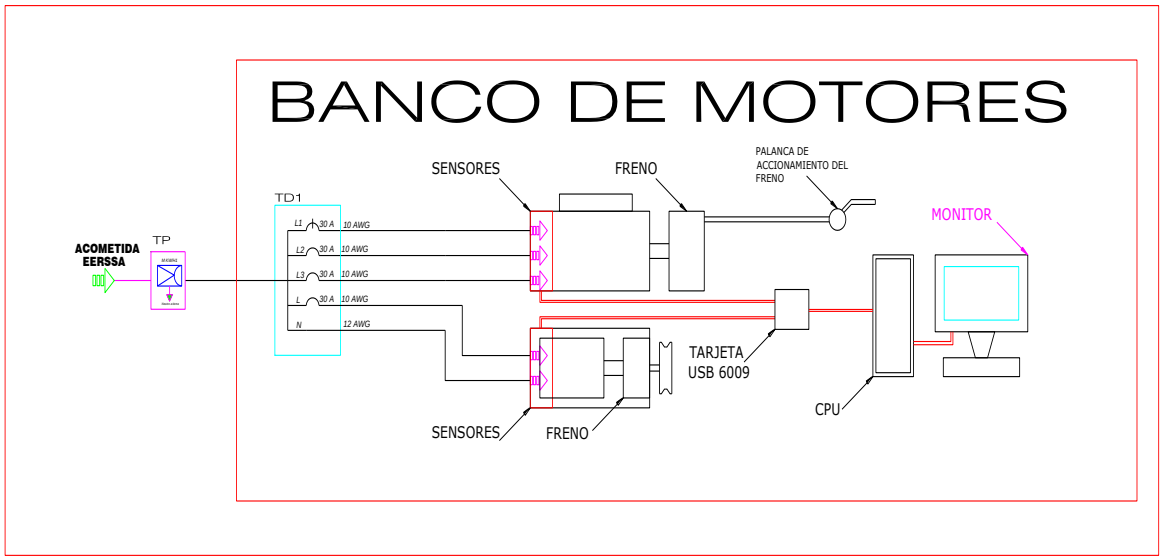
CAPITULO V: RESULTADOS

Banco de prácticas

Apreciamos el proceso de construcción paso a paso del banco de motores; desde la construcción de la armadura, ensamblado de madera a la armadura, luego se siguió con el pulido y acabado final del banco, y por último el acoplamiento de los accesorios, motores, instrumentación y cableado.



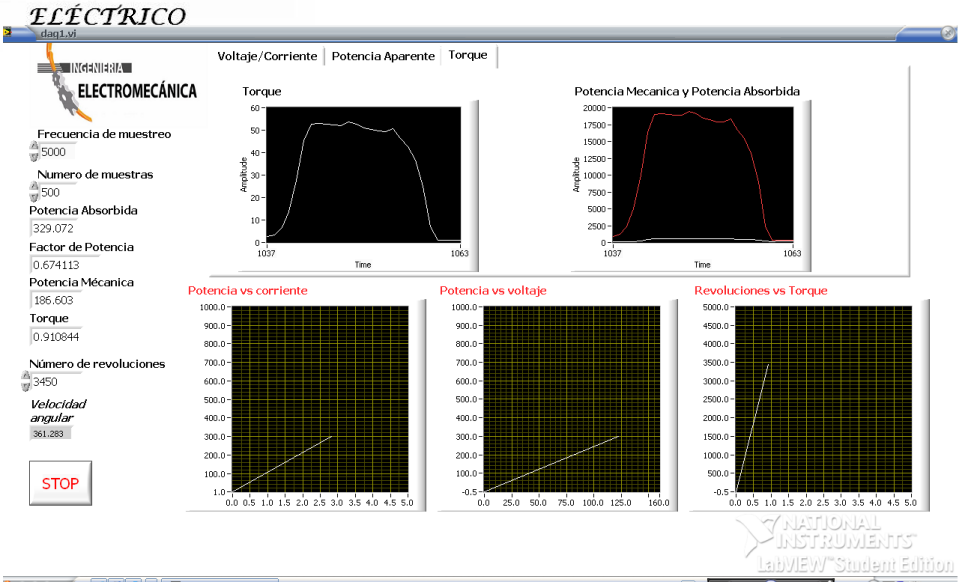
En la siguiente grafica observamos el diagrama de conexión y ubicación de los componentes en el banco.



Software obtenido

A continuación se muestra la presentación del programa desarrollado para la obtención de características de los motores eléctricos; en la cual consta la portada de la tesis desarrollada y ventanas de acceso a los diferentes motores como son: monofásico y trifásico.

Aquí tenemos la presentación del programa para obtener las características de motores monofásicos; y las ventanas con diferentes parámetros para visualizar: graficas y datos característicos de un motor.

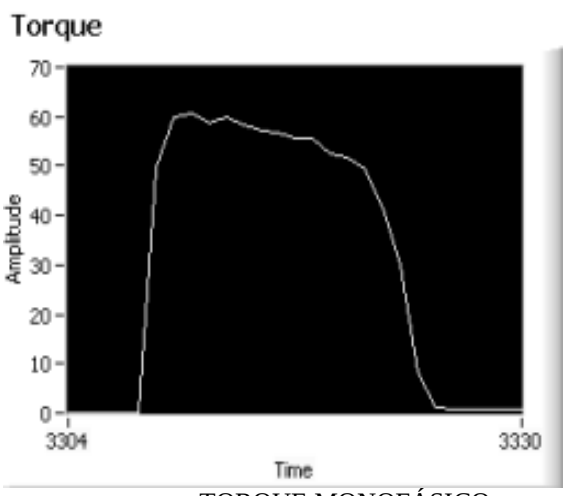


En la siguiente figura tenemos la presentación del programa para obtener las características de motores trifásicos; y las ventanas con diferentes parámetros para visualizar: graficas y datos característicos de un motor.

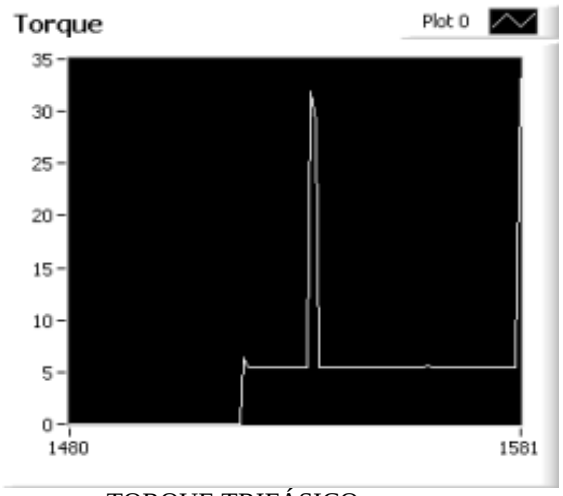
Curvas características

Torque en el motor monofásico

Podemos apreciar en el momento de arranque la curva de torque que describe el motor la cual llega a su punto máximo y decrece a su valor nominal cuando el motor se estabiliza su régimen de trabajo.



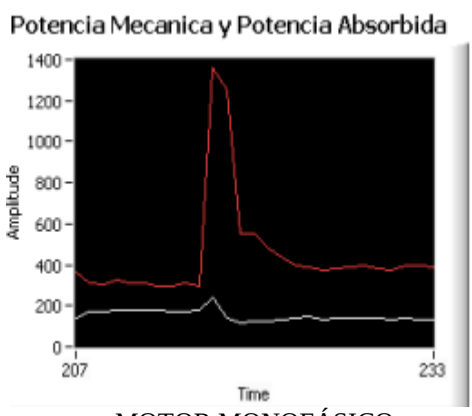
TORQUE MONOFÁSICO



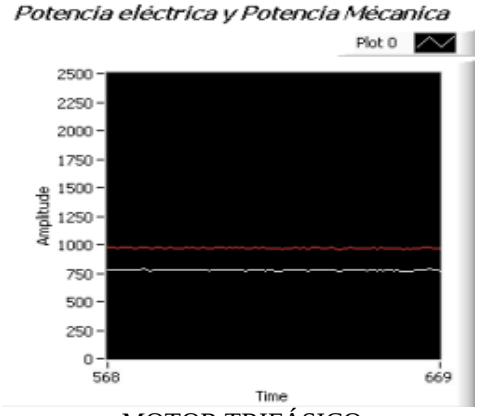
TORQUE TRIFÁSICO

Potencia absorbida y potencia mecánica en el motor

En esta grafica podemos observar y comparar la diferencia entre la potencia eléctrica y la mecánica que nos ofrece el motor, así mismo toda variación durante su funcionamiento o por la aplicación de una carga.



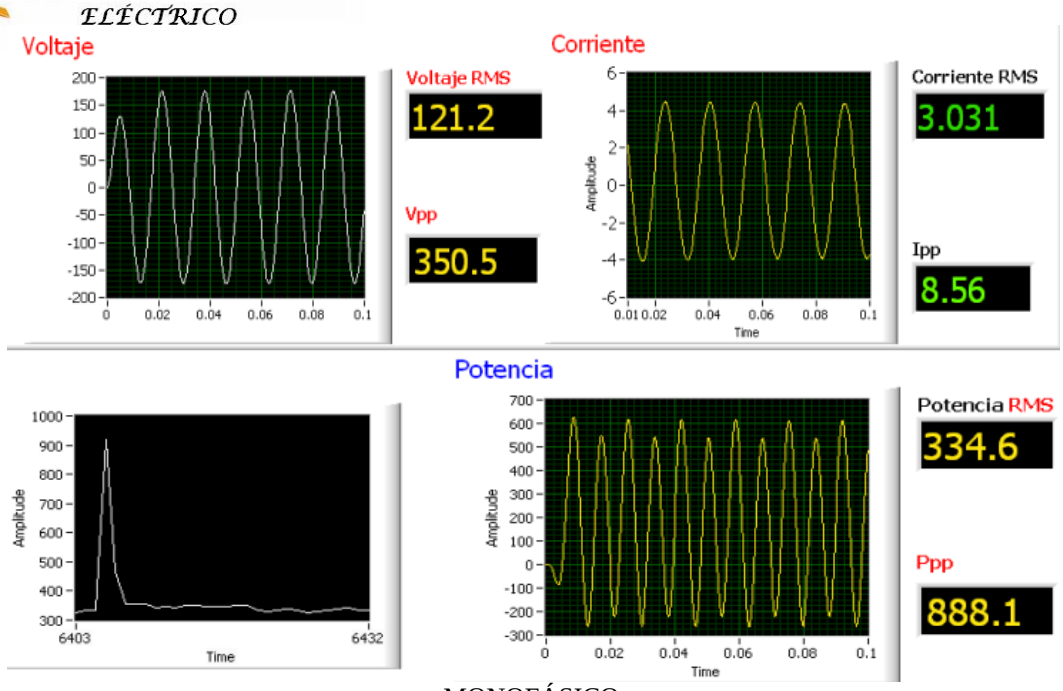
MOTOR MONOFÁSICO



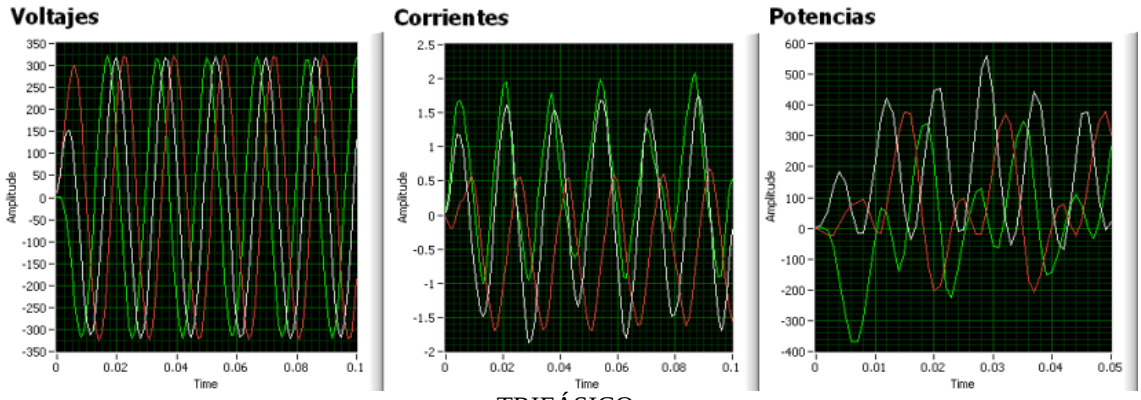
MOTOR TRIFÁSICO

Voltaje, corriente y potencia en el motor monofásico

Aquí observamos las variaciones de la onda senoidal que se obtiene del voltaje, la corriente, y la potencia en el momento que el motor esta en forma estable o desde su momento de inicio en el arranque.



MONOFÁSICO



TRIFÁSICO

Valores numéricos de motor monofásico

En el programa también podemos observar valores numéricos de características como la potencia absorbida, factor de potencia, la potencia mecánica, número de revoluciones la velocidad angular de giro del motor, así como el número de muestras como la frecuencia de muestreo de la tarjeta.

MOTOR MONOFÁSICO MOTOR TRIFÁSICO

1. SELECCIÓN DE LA TARJETA USB

Mediante formulas matemáticas y con datos de referencia del motor con mayor consumo de corriente procedemos a realizar los cálculos siguientes:

$$\frac{dl}{dt} = m$$

$$m = \frac{y2 - y1}{x2 - x1}$$

$$m = \frac{y2}{x2} = \frac{27}{60} = 0.45$$

$$F = \frac{0.45}{ms} * \frac{1000ms}{1s} = 0.45KHZ$$

Luego de calcular la frecuencia de muestreo y basándonos en el teorema de muestreo de Shannon Nyquist; que señala que la frecuencia mínima debe ser por lo menos el doble de la frecuencia máxima a usar.

Es decir:

$$Fmuestreo = 2F$$

Por lo tanto:

$$Fmuestreo = 2 * 0.45KHZ$$

$$Fmuestreo = 0.9KHZ$$

Teniendo en cuenta el número de canales o entradas a usar de la tarjeta al mismo tiempo tenemos:

$$Frequerida = Fmuestreo * \#de\ canales$$

$$Frequerida = 0.9KHZ * 7$$

$Frequerida = 6.3KHZ$

Por tal razón escogimos la tarjeta USB 6008 que tiene las siguientes características:

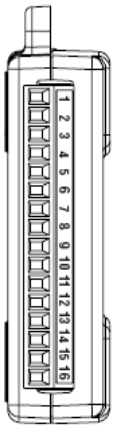
Frecuencia de muestreo 10KHZ/s

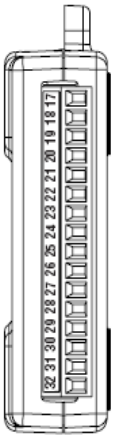
Rango de voltaje: +/- 10 voltios

1 contador de pulsos

8 entradas analógicas y 2 salidas analógicas

8 entradas digitales y 4 salidas digitales

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0–
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1–
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2–
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3–
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0 6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

2. CALCULO DE SENSORES

Calculo sensor de voltaje 120v

Para este sensor se necesita conocer los valores característicos del motor monofásico como son voltaje y corriente en el momento de arranque y luego en estado nominal.

Voltaje del sensor

$Vf := 120V$

$R1 := 1M\Omega$

$R2 := 10K\Omega$

$$Va := Vf \cdot \frac{R2}{R1 + R2}$$

$Va = 1.188V$

Donde:

Vf: voltaje de fase

Va: votaje de señal del sensor

R1: resistencia 1

R2: resistencia 2

Factor de disminución

El factor de disminución es las veces que va a disminuir el voltaje de entrada y lo calculamos mediante las resistencias seleccionadas y luego le sacamos el inverso.

$$Fd := \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$Fd = 9.901 \times 10^{-3}$$

$$FD := \frac{1}{Fd}$$

$$FD = 101$$

Donde:

Fd: factor de disminucion en las resistencias

FD: factor de disminucion de voltaje

Factor de variación de señal de salida

El factor de variación de señal es lo que podemos variar en la salida del sensor mediante un potenciómetro que su rango es de 0KΩ a 100KΩ.

$$P1 := 100K\Omega$$

$$R3 := 10K\Omega$$

$$Av := \frac{P1}{R3}$$

$$Av = 10$$

Donde:

Av: factor de variacion de señal

R3: resistencia 3

P1: resistencia variable 1

Calculo sensor de corriente con dos resistencias

Para la construcción de estos sensores con dos resistencias debemos conocer el valor de la resistencia que vamos a utilizar para de esta manera evitar que se sobrecaliente o explote la resistencia cuando la potencia es alta en el momento de arranque, en este caso utilizamos la resistencia más pequeña que encontramos en el mercado que es de 0.1Ω y también debemos conocer los valores característicos del motor monofásico como son voltaje y corriente en el momento de arranque.

Calculo de resistencias total

$R1 := 0.1\Omega$

$R2 := 0.1\Omega$

$$RT := \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

$RT = 0.05\Omega$

Donde:

RT: resistencia total

R1: resistencia 1

R2: resistencia 2

I del motor monofásico

La I del motor monofásico es la intensidad de línea que se mide con un amperímetro.

$IL := 2.5A$

Voltaje de la resistencia

$VR := RT \cdot II$

$VR = 0.125V$

Donde:

VR: voltaje de la resistencia

IL: intensidad demotor

Potencia en la resistencia

$PR := IL^2 \cdot RT$

$PR = 0.313W$

Donde:

Vf: voltaje de fase

Va: votaje de señal del sensor

R1: resistencia 1

R2: resistencia 2

Corriente de arranque

$IL := 30A$

Voltaje de la resistencia en el momento de arranque

$VR := RT \cdot II$

$VR = 1.5V$

Potencia en la resistencia

$PR := IL^2 \cdot RT$

$PR = 45W$

Calculo sensor con una resistencia

Para la elaboración de estos sensores con una resistencias debemos conocer el valor de la resistencia que vamos a utilizar de acuerda a eso evitar que las resistencia sufra una avería y de acuerdo a su potencia buscar si existe o no en el mercado, en este caso utilizamos la resistencia más pequeña que encontramos en el mercado que es de 0.1Ω y también debemos conocer los valores característicos del motor monofásico como son voltaje y corriente en el momento de arranque.

I del motor monofásico

$R1 := 0.1\Omega$

$IL := 2.5A$

Voltaje de la resistencia

$VR := R1 \cdot II$

$VR = 0.25V$

Potencia en la resistencia

$PR := IL^2 \cdot R1$

$PR = 0.625W$

Corriente de arranque

$IL := 30A$

Voltaje en la resistencia en el momento de arranque del motor monofásico

$VR := R1 \cdot II$

$VR = 3V$

Potencia en la resistencia

$PR := IL^2 \cdot R1$

$PR = 90W$

Calculo sensor de voltaje 220v

Para estos sensores se necesita conocer los valores característicos del motor trifásico como son voltaje y corriente en el momento de arranque y luego en estado nominal.

Voltaje del sensor

$Vf := 220V$

$R1 := 1M\Omega$

$R2 := 10K\Omega$

$$Va := Vf \cdot \frac{R2}{R1 + R2}$$

$Va = 2.178V$

Calculo sensor de corriente con dos resistencias

Calculo de resistencias total

Para la construcción de estos sensores con dos resistencias debemos conocer el valor de la resistencia que vamos a utilizar para de esta manera evitar que se sobrecaliente o explote la resistencia cuando la potencia es alta en el momento de arranque, en este caso utilizamos la resistencia más pequeña que encontramos en el mercado que es de 0.1Ω y también debemos conocer los valores característicos del motor Trifásico como son voltaje y corriente en el momento de arranque.

$R1 := 0.1\Omega$

$R2 := 0.1\Omega$

$$RT := \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

$RT = 0.05\Omega$

I del motor trifásico

$IL := 2.9A$

Voltaje de la resistencia

$VR := RT \cdot IL$

$VR = 0.145V$

Potencia en la resistencia

$PR := IL^2 \cdot RT$

$PR = 0.421W$

Corriente de arranque

$IL := 12A$

Voltaje de la resistencia del motor trifásico

$VR := RT \cdot IL$

$VR = 0.6V$

Potencia en la resistencia

$PR := IL^2 \cdot RT$

$PR = 7.2W$

Calculo sensor con una resistencia

Para la elaboración de estos sensores con una resistencias debemos conocer el valor de la resistencia que vamos a utilizar de acuerda a eso evitar que las resistencia sufra una avería y de acuerdo a su potencia buscar si existe o no en el mercado, en este caso utilizamos la resistencia más pequeña que encontramos en el mercado que es de 0.1Ω y también debemos conocer los valores característicos del motor trifásico como son voltaje y corriente en el momento de arranque.

Voltaje de la resistencia

$R1 := 0.1\Omega$

$IL := 2.9A$

Voltaje de la resistencia del motor trifásico

$VR := R1 \cdot II$

$VR = 0.29V$

Potencia en la resistencia

$PR := IL^2 \cdot R1$

$PR = 0.841W$

Corriente de arranque

$IL := 12A$

Voltaje de la resistencia en el momento de arranque del motor trifásico

$VR := R1 \cdot II$

$VR = 1.2V$

Potencia en la resistencia

$PR := IL^2 \cdot R1$

$PR = 14.4W$

3. calculo de las características de los motores eléctricos

Motor monofásico

Mediante los siguientes cálculos podemos conocer y determinar los siguientes parámetros fundamentales en el funcionamiento del motor:

Velocidad angular

$n := 3456_{RPM}$

$$\omega := \frac{\pi \cdot N}{30}$$

$\omega = 361.283\ rad$

Donde:

n: numero de revoluciones

ω: velocidad angular

Potencia aparente

$V := 122\ V$

$I := 3.27\ A$

$S := V \cdot I$

$S = 398.94\ W$

Donde:

S: potencia aparente

I: intensidad

V: voltaje

Potencia absorbida

$R := 28.38\ \Omega$

$P := I^2 \cdot R$

$P = 303.465\ W$

Donde:

P: potencia absorbida

I: intensidad

R:resistencia

Factor de potencia

$$\cos\phi := \frac{P}{S}$$

$\cos\phi = 0.761$

Potencia mecánica

$\eta := 0.8$

$Pm := V \cdot I \cdot \cos\phi \cdot \eta$

$Pm = 242.772\ W$

Donde:

I: intensidad

V: voltaje

η: rendimiento

Pm: potencia mecanica

Torque

$$T := \frac{30 \cdot Pm}{N \cdot \pi}$$

$T = 0.67$ Nm

Donde:

T:torque

Motor trifásico

En los siguientes parámetros que a continuación describimos podemos conocer y determinar los cálculos fundamentales en el funcionamiento del motor:

Motor trifásico

Momento de arranque

FASE 1

VELOCIDAD ANGULAR

$N := 650$

$$\omega := \frac{\pi \cdot N}{30}$$

$\omega = 68.0678$ rad

POTENCIA APARENTE

$V1 := 225.5V$

$I1 := 2.5A$

$S1 := V1 \cdot I1 \cdot \sqrt{3}$

$S1 = 976.4436$ W

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.57$

$P1 := \sqrt{3} \cdot V1 \cdot I1 \cdot Cos\phi$

$P1 = 556.5729$ W

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.26$

$Pm1 := \sqrt{3} \cdot V1 \cdot I1 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm1 = 144.7089$ W

TORQUE

$$T1 := \frac{30 \cdot Pm1}{N \cdot \pi}$$

$T1 = 2.126\ Nm$

FASE 2

VELOCIDAD ANGULAR

$N := 620$

$$\omega := \frac{\pi \cdot N}{30}$$

$\omega = 64.9262\ rad$

POTENCIA APARENTE

$V2 := 227.9V$

$I2 := 2.34A$

$S2 := V2 \cdot I2 \cdot \sqrt{3}$

$S2 = 923.6784\ W$

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.56$

$P2 := \sqrt{3} \cdot V2 \cdot I2 \cdot Cos\phi$

$P2 = 291.5903\ W$

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.25$

$Pm2 := \sqrt{3} \cdot V2 \cdot I2 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm2 = 129.315\ W$

TORQUE

$$T2 := \frac{30 \cdot Pm2}{N \cdot \pi}$$

$T2 = 1.9917\ Nm$

FASE 3

VELOCIDAD ANGULAR

$N := 710$

$$\omega := \frac{\pi \cdot N}{30}$$

$\omega = 74.351\ rad$

POTENCIA APARENTE

$V3 := 224.6V$

$I3 := 2.41A$

$S3 := V3 \cdot I3 \cdot \sqrt{3}$

$S3 = 937.5349\,W$

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.57$

$P3 := \sqrt{3} \cdot V3 \cdot I3 \cdot Cos\phi$

$P3 = 534.3949\,W$

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.27$

$Pm3 := \sqrt{3} \cdot V3 \cdot I3 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm3 = 144.2866\,W$

TORQUE

$$T3 := \frac{30 \cdot Pm3}{N \cdot \pi}$$

$T3 = 1.9406\ Nm$

Estado normal

FASE 1

VELOCIDAD ANGULAR

$N := 1680$

$$\omega := \frac{\pi \cdot N}{30}$$

$\omega = 175.9292\,rad$

POTENCIA APARENTE

$V1 := 225.5V$

$I1 := 1.15A$

$S1 := V1 \cdot I1 \cdot \sqrt{3}$

$S1 = 449.1641\,W$

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.54$

$P1 := \sqrt{3} \cdot V1 \cdot I1 \cdot Cos\phi$

$P1 = 242.5486\,W$

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.16$

$Pm1 := \sqrt{3} \cdot V1 \cdot I1 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm1 = 38.8078\,W$

TORQUE

$$T1 := \frac{30 \cdot Pm1}{N \cdot \pi}$$

$T1 = 0.2206\ Nm$

FASE 2

VELOCIDAD ANGULAR

$N := 1620$

$$\omega := \frac{\pi \cdot N}{30}$$

$\omega = 169.646\,rad$

POTENCIA APARENTE

$V2 := 227.9V$

$I2 := 1.19A$

$S2 := V2 \cdot I2 \cdot \sqrt{3}$

$S2 = 469.7339\,W$

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.57$

$P2 := \sqrt{3} \cdot V2 \cdot I2 \cdot Cos\phi$

$P2 = 291.5903\,W$

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.17$

$Pm2 := \sqrt{3} \cdot V2 \cdot I2 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm2 = 45.5172\,W$

TORQUE

$$T2 := \frac{30 \cdot Pm2}{N \cdot \pi}$$

$T2 = 0.2683\ Nm$

FASE 3

VELOCIDAD ANGULAR

$N := 1710$

$$\omega := \frac{\pi \cdot N}{30}$$

$\omega = 179.0708\,\text{rad}$

POTENCIA APARENTE

$V3 := 224.6V$

$I3 := 1.41A$

$S3 := V3 \cdot I3 \cdot \sqrt{3}$

$S3 = 548.5162\,W$

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.55$

$P3 := \sqrt{3} \cdot V3 \cdot I3 \cdot Cos\phi$

$P3 = 301.6839\,W$

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.16$

$Pm3 := \sqrt{3} \cdot V3 \cdot I3 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm3 = 48.2694\,W$

TORQUE

$$T3 := \frac{30 \cdot Pm3}{N \cdot \pi}$$

$T3 = 0.2696\,Nm$

Rotor bloqueado

FASE 1

VELOCIDAD ANGULAR

$n := 1$

$$\omega := \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$\omega = 0.1047\,\text{rad}$

POTENCIA APARENTE

$V1 := 225.5V$

$I1 := 7.15A$

$S1 := V1 \cdot I1 \cdot \sqrt{3}$

$S1 = 2792.6288\,W$

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.83$

$P1 := \sqrt{3} \cdot V1 \cdot I1 \cdot Cos\phi$

$P1 = 2317.8819\,W$

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.26$

$Pm1 := \sqrt{3} \cdot V1 \cdot I1 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm1 = 602.6493\,W$

TORQUE

$$T1 := \frac{30 \cdot Pm1}{\omega \cdot \pi}$$

$T1 = 5.4955\ Nm$

FASE 2

VELOCIDAD ANGULAR

$n := 1$

$$\omega := \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$\omega = 0.1047\,rad$

POTENCIA APARENTE

$V2 := 227.9V$

$I2 := 7.81A$

$S2 := V2 \cdot I2 \cdot \sqrt{3}$

$S2 = 3082.8755\,W$

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.62$

$P2 := \sqrt{3} \cdot V2 \cdot I2 \cdot Cos\phi$

$P2 = 291.5903\,W$

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.26$

$Pm2 := \sqrt{3} \cdot V2 \cdot I2 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm2 = 496.9595\,W$

TORQUE

$$T2 := \frac{30 \cdot Pm2}{\omega \cdot \pi}$$

$T2 = 4.5317\ Nm$

FASE 3

VELOCIDAD ANGULAR

$n := 1$

$$\omega := \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$\omega = 0.1047\ rad$

POTENCIA APARENTE

$V3 := 224.6V$

$I3 := 7.41A$

$S3 := V3 \cdot I3 \cdot \sqrt{3}$

$S3 = 2882.6279\ W$

POTENCIA ABSORBIDA

$Cos\phi := 0.61$

$P3 := \sqrt{3} \cdot V3 \cdot I3 \cdot Cos\phi$

$P3 = 1758.403\ W$

POTENCIA MECÁNICA

$\eta := 0.25$

$Pm3 := \sqrt{3} \cdot V3 \cdot I3 \cdot Cos\phi \cdot \eta$

$Pm3 = 439.6008\ W$

TORQUE

$$T3 := \frac{30 \cdot Pm3}{\omega \cdot \pi}$$

$T3 = 4.0087\ Nm$

Calculo freno de zapata para motor monofásico

Factor de multiplicación en el brazo o palanca

$l1 := 22$

$l2 := 4$

$$Mp := \frac{l1}{l2}$$

$Mp = 5.5$

Fuerza aplicada en la zapata

$f := 13kg$

$F := f \cdot Mp$

$F = 71.5kg$

Torque

Torque total en frenado del motor trifásico

$r := 0.1m$

$T := r \cdot F$

$T = 7.15kgm$

Y por tanto al convertir en N.m el torque tenemos

$T := 70.07N \cdot m$

Cálculos del freno hidráulico para motor trifásico

$d1 := 7$

$d2 := 15$

$$A1 := \frac{\pi \cdot d1^2}{4}$$

$A1 = 38.485$

$$A2 := \frac{\pi \cdot d2^2}{4}$$

$A2 = 176.715$

Factor de multiplicación de fuerza entre cilindros.

$$MF := \frac{A2}{A1}$$

$MF = 4.592$

Factor de multiplicación en el brazo o palanca

$l1 := 5$

$l2 := 1.8$

$$MB := \frac{l1}{l2}$$

$MB = 2.778$

Fuerza aplicada en el disco

$f := 7kg$

$F := f \cdot MF \cdot MB$

F = 89.286kg

Torque total en frenado del motor trifásico

r := 0.07m

T := r·F

T = 6.25kgm

Y por tanto al convertir en N.m el torque tenemos

T := 61.29N·m

DATOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS REALIZADAS EN EL BANCO

MOTOR MONOFÁSICO

Tabla de datos en el momento de arranque							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	120.2v	25.15A	1.15N.m	2666.34w	409.32w	0.75	0.767
2	120.7v	25.79A	1.14 N.m	2515.08w	415.01w	0.71	0.736
3	124.1v	26.18A	1.16 N.m	2640.09w	404.95w	0.74	0.749
4	122.8v	26.01A	1.15 N.m	2680.01w	406.28w	0.72	0.751
5	123.3v	24.89A	1.14 N.m	2589.35w	407.61w	0.73	0.743
Promedio	**122.22v**	**25.60A**	1.18 **N.m**	**2618.17w**	**408.63w**	**0.73**	**0.749**

Tabla de datos en estado normal							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	123.2v	3.15A	0.0727N.m	390.1w	24.28w	0.31	0.175
2	122.1v	3.09A	0.0707N.m	385.6w	25.91w	0.307	0.218
3	121.7v	3.01A	0.0718N.m	392.7w	26.46w	0.312	0.215
4	120.1v	3.12A	0.0713N.m	388.9w	25.12w	0.298	0.216
5	120.9v	3.14A	0.0704N.m	395.4w	24.76w	0.314	0.1994
Promedio	**121.6v**	**3.10A**	**0.0713 N.m**	**390.54w**	**24.70w**	**0.3089**	**0.204**

Tabla de datos en el motor con rotor bloqueado							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	115.9v	22.32A	1.127N.m	2440.1w	402.08w	0.83	0.834
2	113.1v	22.63A	1.081N.m	2414.3w	400.1w	0.82	0.82
3	114.1v	23.98A	1.098N.m	2490.6w	395.6w	0.81	0.801
4	112.6v	24.81A	1.195N.m	2425.1w	398.1w	0.84	0.836
5	112.3v	22.91A	1.057N.m	2431.8w	395.5w	0.82	0.811
Promedio	**113.6v**	**23.33A**	**1.111N.m**	**2440.38w**	**398.27w**	**0.82**	**0.8204**

MOTOR TRIFÁSICO

CONEXIÓN TRIANGULO

Tabla de datos en el momento de arranque del motor							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	227.6V	5.1 A	1.301N.m	588.6w	119.2w	0.48	0.42
2	226.2V	5.09 A	1.202N.m	590.9w	122.75w	0.47	0.44
3	227.1V	5.2 A	1.102N.m	580.07w	124.16w	0.46	0.46
4	226.3V	5.11 A	1.087N.m	586.26w	123.05w	0.472	0.444
5	225.8V	5.19 A	1.206N.m	588.07w	120.9w	0.469	0.438
Promedio	**226.6V**	**5.13 A**	**1.17N.m**	**586.78w**	**122.01w**	**0.468**	**0.4404**

Tabla de datos del motor en trabajo normal							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	227.6V	3.14 A	0.573N.m	583.599w	100.819w	0.471	0.36
2	226.9V	3.16 A	0.566N.m	579.148w	101.31w	0.461	0.38
3	226.3V	3.17 A	0.547N.m	584.336w	100.45w	0.573	0.30
4	226.5V	3.15 A	0.569N.m	580.351w	99.82w	0.481	0.35
5	227.4V	3.161 A	0.56N.m	578.321w	101.01w	0.495	0.356
Promedio	**226.94V**	**3.156A**	**0.563N.m**	**581.14w**	**100.68w**	**0.494**	**0.349**

Tabla de datos del motor con rotor bloqueado							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	224.1V	21.48 A	5.088N.m	4869.8w	890.6w	0.831	0.809
2	225.01V	22.79 A	4.921N.m	4890.9w	905.6w	0.816	0.823
3	222.3V	24.13 A	5.015N.m	4884.76w	940.45w	0.815	0.85
4	220.9V	23.81 A	4.983N.m	4891.83w	859.3w	0.835	0.78
5	222.4V	24.09 A	5.203N.m	4875.77w	978.84w	0.832	0.889
Promedio	**222.94V**	**23.26A**	**5.03N.m**	**4882.6w**	**914.95w**	**0.822**	**0.83**

CONEXIÓN ESTRELLA

Tabla de datos en el momento de arranque							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	225V	2.34 A	0.433N.m	511.3w	77.88w	0.56	0.27
2	226.4V	2.6 A	0.436N.m	480w	70.3w	0.57	0.25
3	227.1V	2.5 A	0.435N.m	495.3w	75.1w	0.561	0.27
4	225.7V	2.35 A	0.432N.m	503.6w	73.24w	0.573	0.255
5	227.11V	2.45 A	0.438N.m	504.79w	76.09w	0.569	0.26
Promedio	**226.26V**	**2.44A**	**0.434N.m**	**498.99w**	**74.52w**	**0.566**	**0.261**

Tabla de datos del motor en trabajo normal							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	226.1V	1.14 A	0.249 N.m	254.3w	43.16w	0.55	0.16
2	227.5V	1.16 A	0.257 N.m	261.1w	42.98w	0.54	0.164
3	227.1V	1.13A	0.251N.m	259.4w	46.69w	0.56	0.179

4	227.9V	1.19 A	0.247N.m	263.55w	44.52w	0.57	0.168
5	226.4V	1.15 A	0.253N.m	250.95w	43.89w	0.551	0.174
Promedio	**227V**	**1.154A**	**0.2514N.m**	**257.86w**	**44.24w**	**0.554**	**0.168**

Tabla de datos del motor con rotor bloqueado							
Prueba #	Voltaje	Corriente	Torque	Potencia eléctrica absorbida	Potencia mecánica	Factor de potencia	Rendimiento
1	225.1V	7.13 A	1.66 N .m	1651.9w	288.17w	0.6395	0.26
2	224.1V	7.81 A	1.62 N.m	1695.41w	289.22w	0.6394	0.2616
3	225.1V	7.39A	1.6N.m	1801.47w	283.91w	0.611	0.258
4	224.9V	7.81 A	1.64N.m	1863.21w	289.51w	0.623	0.263
5	225.4V	7.51 A	1.65N.m	1760.67w	278.8w	0.629	0.262
Promedio	**224.92V**	**7.53A**	**1.634N.m**	**1754.53w**	**285.92w**	**0.628**	**0.2609**

CAPITULO VI: DISCUSIÓN

Banco de prácticas

La construcción de este banco es muy importante para la formación académica de los estudiantes de la carrera, porque permite verificar los conocimientos adquiridos mediante la práctica los conocimientos adquiridos previamente en las aulas de clases sobre motores eléctricos; realizando los temas de prácticas planteados en el presente trabajo investigativo. A continuación algunos puntos primordiales que se siguió para la construcción como son:

Armadura del banco

Con la información recopilada, visitas técnicas realizadas y la investigación con apoyo de docentes entendidos en el tema se procedió al desarrollo de bocetos para la construcción y ejecución de la armadura, ensamblado, y acabado final de la armadura para el banco de motores.

Software obtenido

Aprovechando los avances y ventajas que ofrecen en la actualidad software, como es el caso de Labview; un software diseñado para realizar y controlar procesos de automatización a nivel didáctico, industrial, mediante el cual se logra la interacción del proceso mecánico, eléctrico y electrónico asistido por dispositivos y accesorios desarrollados para su automatismo. Es así que logramos desarrollar un programa que se adapto a nuestras necesidades y requerimientos para la obtención de características de los motores eléctricos: monofásico y trifásico.

Sensores

Para diseñar y construir los sensores partimos de las características de los motores y los requerimientos necesarios para obtener las curvas en el banco. De ahí tenemos los sensores monofásicos y los trifásicos que respectivamente transformen el voltaje y la corriente en señales que luego se convertirán en valores que admita la tarjeta de adquisición para de esta forma poder visualizar los parámetros de los motores.

Características de los motores eléctricos

Mediante la visualización de los parámetros de los motores en el programa se puede obtener y conocer las características como: el torque, la potencia mecánica, potencia eléctrica, voltaje, corriente, factor de potencia, fundamentales en el funcionamiento del motor, los mismos que permiten que mediante el uso de formulas y cálculo matemático se encuentre los valores respectivo y su comprobación.

Guías prácticas

Con los datos obtenidos en el banco de motores y por los temas investigados y sugeridos se procedió a realizar las guías de prácticas que permitirán a los estudiantes y docentes de la carrera al correcto uso y manejo del banco para la obtención de las curvas características de los motores eléctricos; Y de esta manera permitir una mejor comprensión referente a estos temas y prácticas para los motores eléctricos.

CONCLUSIONES

- ✓ Con la información recopilada se logro obtener un mayor conocimiento sobre el tema y su modo de aplicarlo.
- ✓ Con los conocimientos adquiridos por las visitas técnicas y los cálculos realizados se logro diseñar un modelo de banco para la obtención de características de los motores eléctricos.
- ✓ Gracias a los datos obtenidos se construyo las guías de referencia para la realización de prácticas para que los estudiantes puedan correlacionar la teoría con la práctica.
- ✓ Por medio de la socialización podemos impartir los conocimientos logrados en la elaboración de la tesis.
- ✓ Conociendo las partes principales y sus características nos facilita la utilización del banco de motores.
- ✓ Con el banco construido de acuerdo al diseño y por sus componentes nos permitió obtener las características principales del motor como son: las eléctricas como la potencia absorbida, corriente y voltaje; y las mecánicas como el torque, factor de potencia, potencia mecánica.

RECOMENDACIONES

- Para próximos proyectos investigativos recomendamos se realice la inter relación entre software como es el Labview y el Mathlab para de esta forma realizar un programa que haga una prueba matemática de los datos obtenidos con en el Labview.
- Para futuros trabajos sería necesario implementar al banco motores eléctricos de corriente continua para obtener sus características.
- Poner a correr primero el programa y luego el motor para poder apreciar las curvas desde el instante en que arranca el motor.
- Tener en cuenta el efecto calorífico del motor al momento de frenarlo para de esta forma evitar que este se recaliente o a su vez se pueda quemar el motor.
- Dar una pausa de tiempo entre cada aplicada diferente de carga para poder obtener un valor estable de características del motor.
- Verificar y comprobar que la conexión estrella, y triangulo del motor este correcta

BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

I. ACOSTA J. 1986. CONTROLES AUTOMÁTICOS PARA PROCESOS. Editorial del Pueblo y Educación, ciudadela de la Habana.

II. A.E. FITZGERALD. 2003. MAQUINAS ELÉCTRICAS. Sexta Edición. Editorial Mc-Graw-Hill Interamericana.

III. KROHNE. MANUAL DE SENSORES.

IV. LIWSCHITZ, Michael. 1970. MAQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA. México, Compañía Editorial Continental.

V. NASAR, Syed. 1980. TEORÍA Y PROBLEMAS DE MAQUINAS ELÉCTRICAS Y ELECTROMECÁNICAS. México, Mc Graw-Hill.

VI. SMEATAN, Robert. 1991. MOTORES ELECTRICOS, SELECCIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACION. II edición, tomo II. Mexico, Mc Graw Hill.

VII. SMOLENSKI, Ivanov. 1983. MAQUINAS ELÉCTRICAS. Tomo II. Moscú. Editorial MIR.

SITIOS WEB

I. [http://www.google/motor-induccion-monofasico_files/cfa010f10016a577.js]. [Consulta: 14 julio 2009].

II. [http://www.google/motoreselectricos/motortrifasico_files/00031819]. [Consulta: 14 mayo 2008].

III. [http://www.google/motoreselectricos/motormonofasico_files/00021969]. [Consulta: 14 mayo 2008].

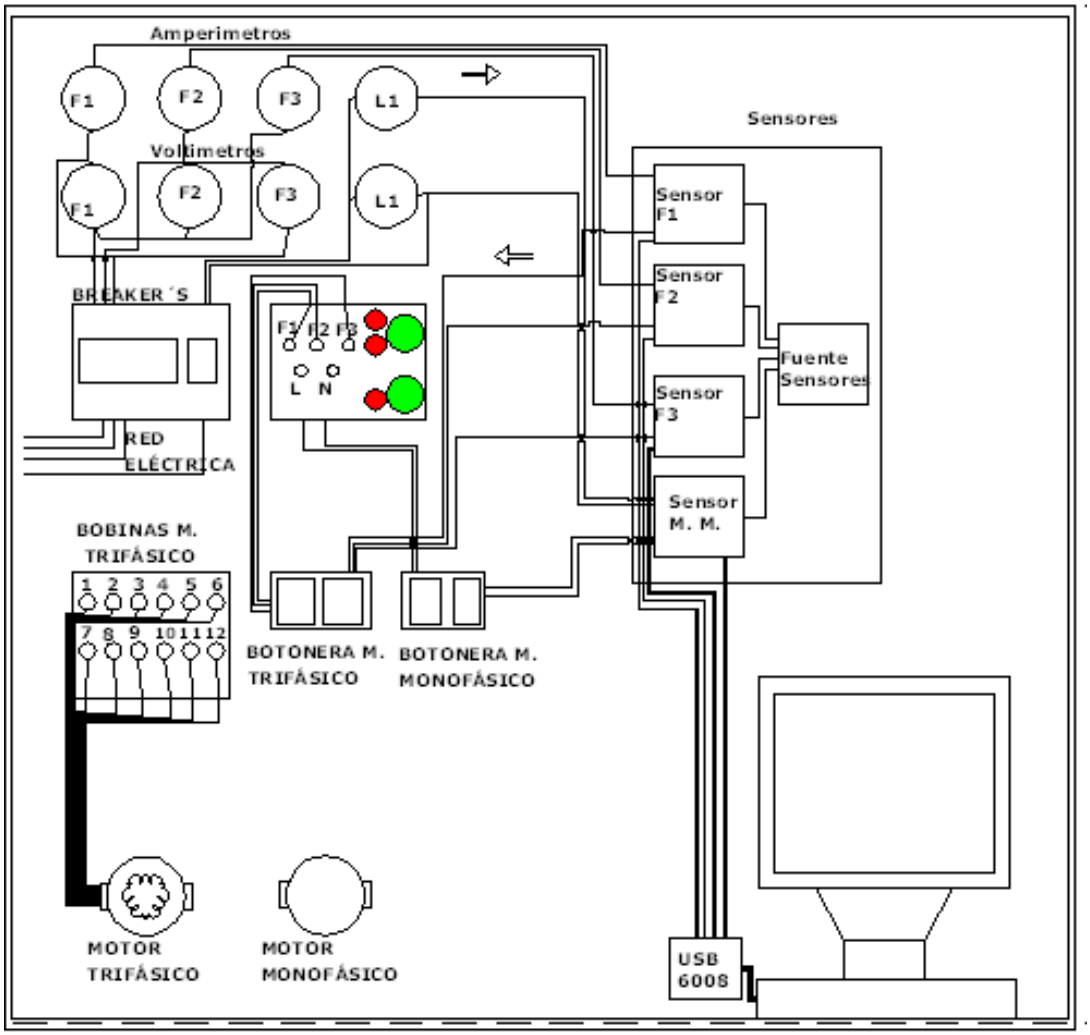
ANEXOS

ANEXO 1 PRESUPUESTO

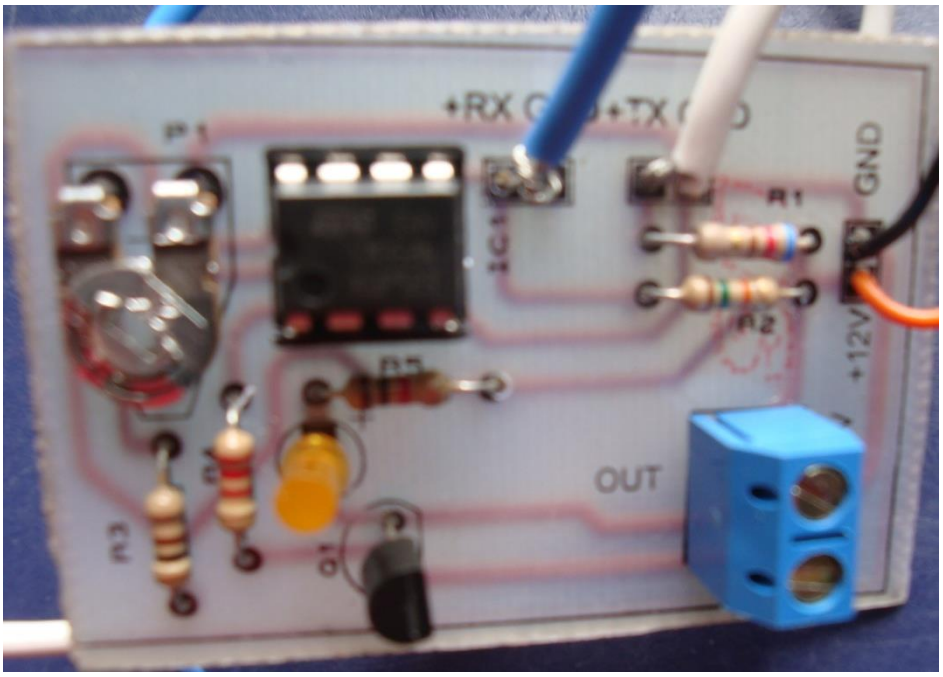
A continuación detallamos los elementos que intervienen en la realización de nuestro proyecto y dos diferentes tipos de freno utilizados en la construcción del banco.

Cant.	Materiales	Costo
1	Motor Trifásico de 3/4 HP	$ 170.00
1	Motor Monofásico de 400watts	$ 140.00
1	Tarjeta de Adquisición de datos USB 6009	$ 390.00
1	Computadora	$ 750.00
1	Programa para la visualización de datos	$ 120.00
1	Freno hidráulico	$ 190.00
1	Freno mecánico	$ 80.00
1	Condensador	$ 50.00
Accesorios de automatización		
4	Sensor de corriente	$ 240.00
4	Sensor de voltaje	$ 280.00
1	Sensor de aceleración	$ 260.00
Accesorios varios		
1	Base del Banco	$ 220.00
40	Conductor solidó Nº 10 cableado (por metros)	$ 40.00
4	Breakers de 20Amp.	$ 40.00
1	Plancha de plywood de 9mm.	$ 25.00
2	Luz piloto verde	$ 7.00
3	Luz piloto roja	$ 7.50
1	Botonera trifásica	$ 15.00
1	Botonera monofásica	$ 10.00
4	Amperímetros	$ 24.00
4	Voltímetros	$ 32.00
90	Plus hembra y macho	$ 12.00
10	Accesorios eléctricos	$ 50.00
Administración		
1	Mano de obra calificada	$ 350.00
	TOTAL	$ 3850.00

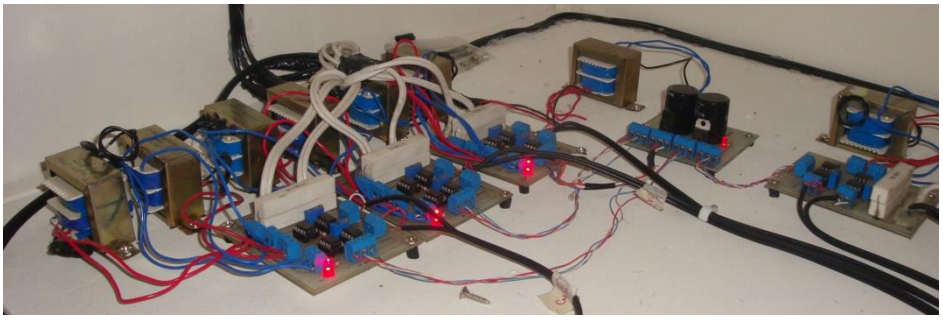
ANEXO 2 ESQUEMA DE CONEXIONES DEL BANCO



ANEXO 4 CONTADOR DE PULSOS



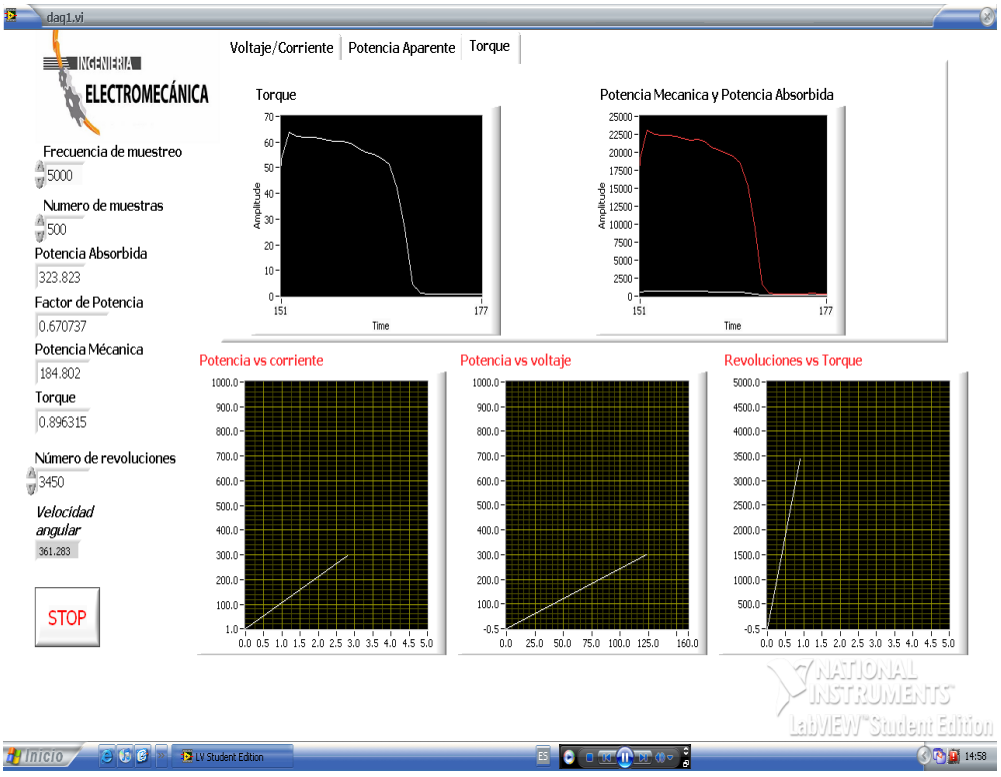
ANEXO 5 SENSORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE



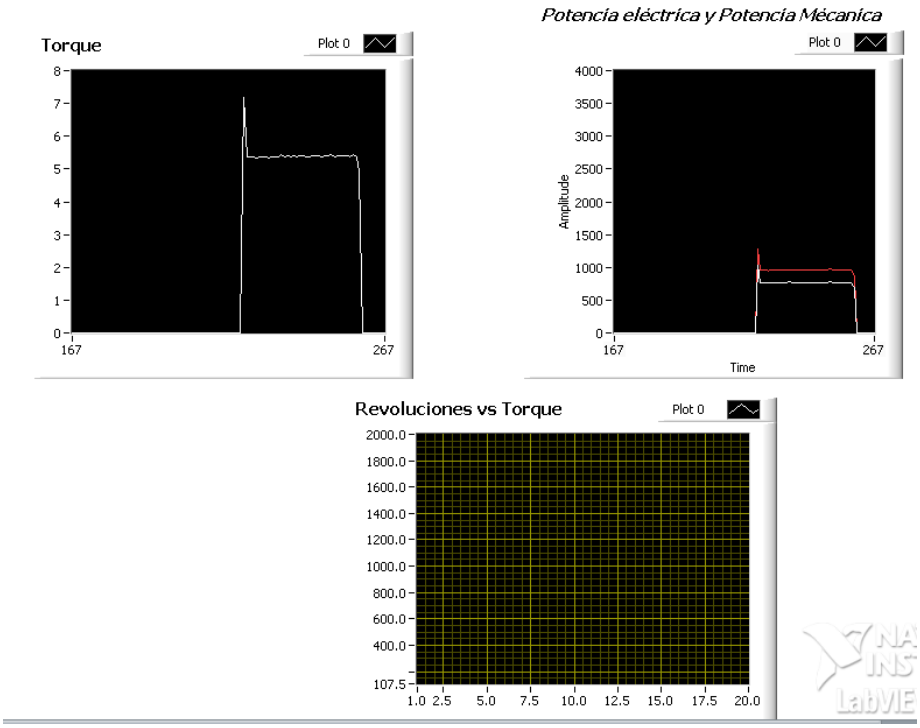
ANEXO 6 TARJETA USB 6008

ANEXO 7 PORTADA DEL SOFTWARE, VI 1

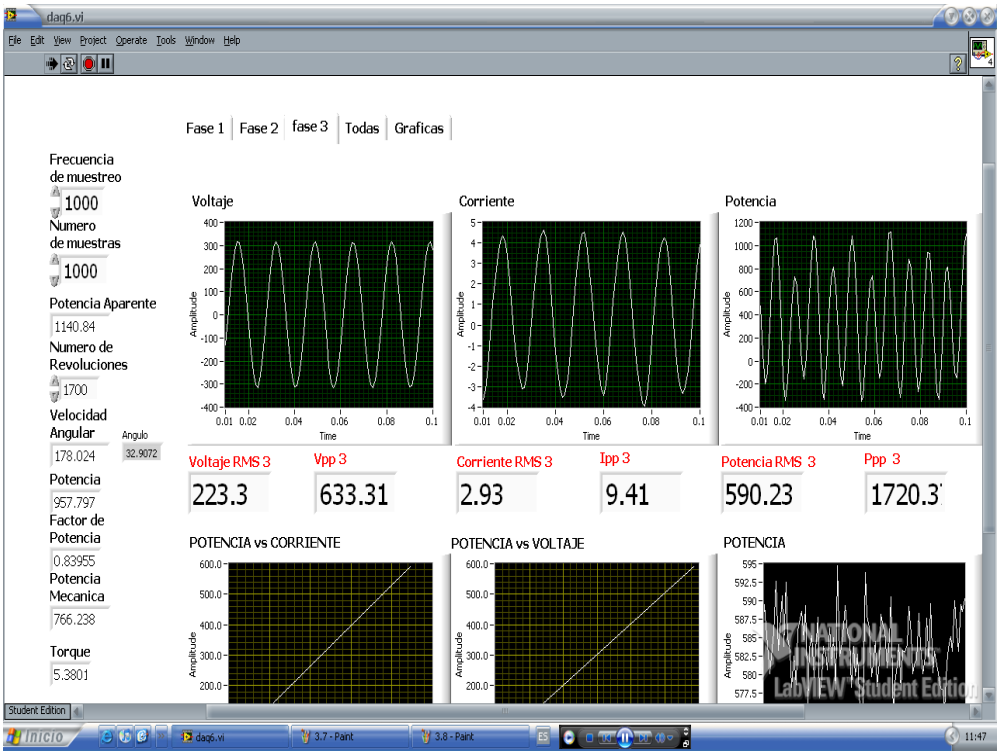
ANEXO 8 MOTOR MONOFÁSICO, VI 2, VENTANA 1



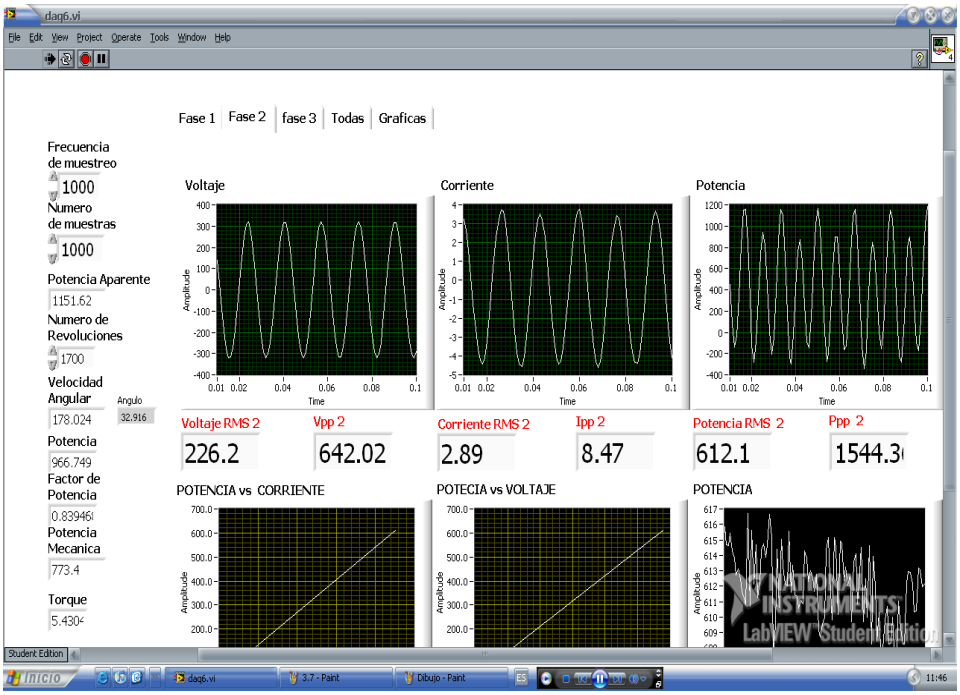
ANEXO 9 MOTOR MONOFÁSICO, VI 2, VENTANA 2



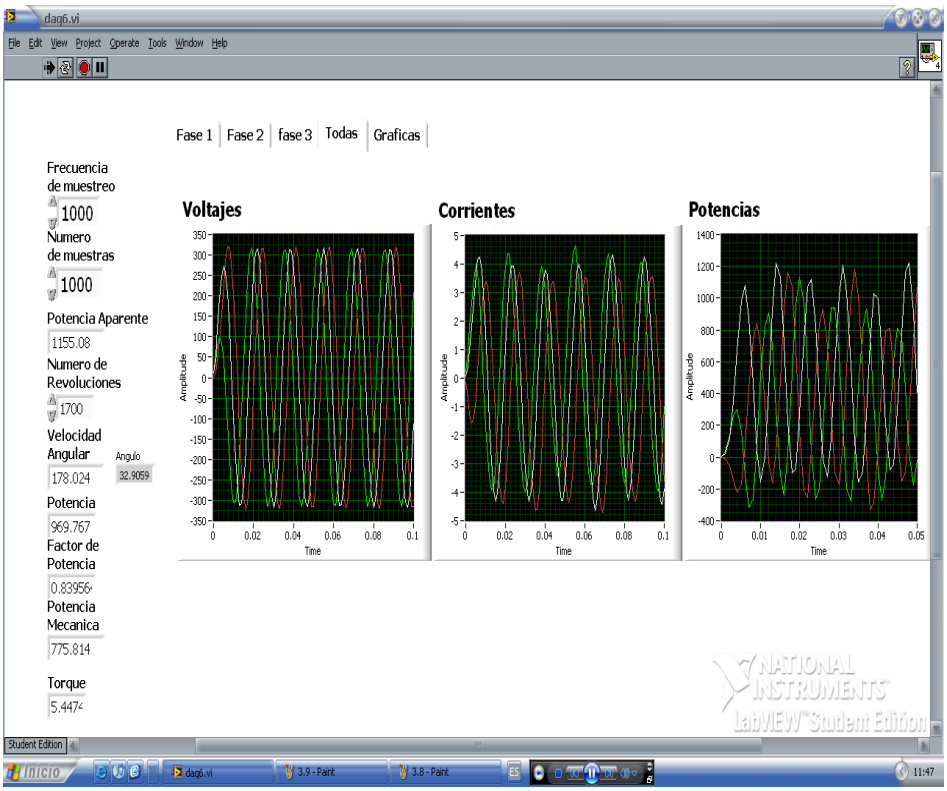
ANEXO 9 MOTOR TRIFÁSICO, VI 3, VENTANA 1



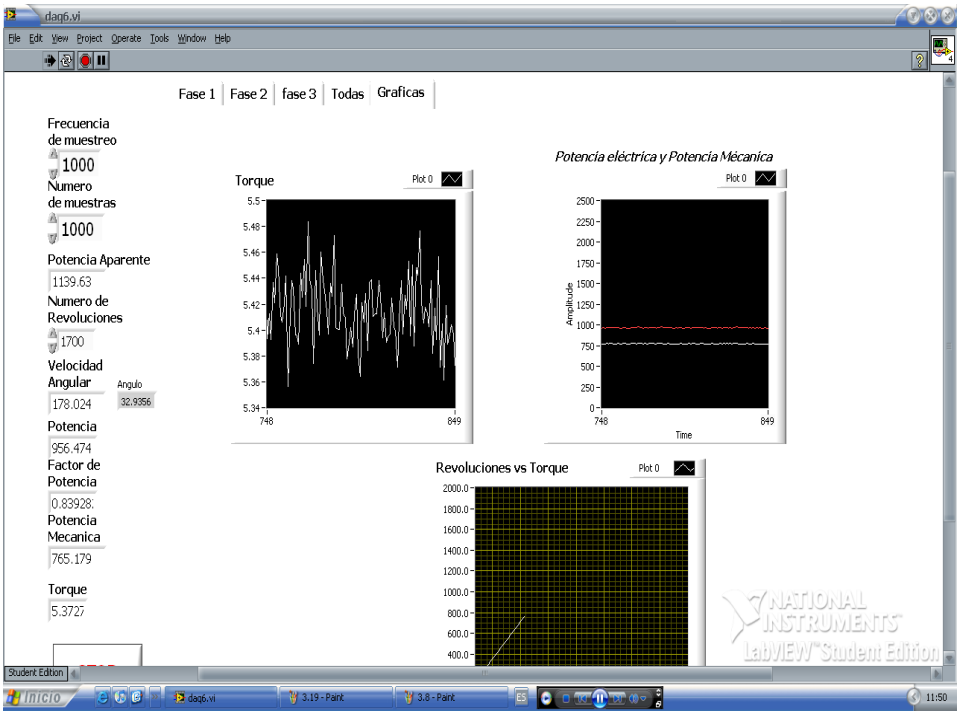
ANEXO 9 MOTOR TRIFÁSICO, VI 3, VENTANA 1



ANEXO 10 MOTOR TRIFÁSICO, VI 3, VENTANA 2



ANEXO 11 MOTOR TRIFÁSICO, VI 3, VENTANA 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TEMA:

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA OBTENER LAS CARACTERÍSTICAS DE MOTORES ELÉCTRICOS"

AUTORES:

ENRY MANUEL CORONEL VALDIVIESO
DARWIN RENÁN GUEVARA ALBA

TUTOR:

ING. NORMAN JIMÉNEZ

LOJA – ECUADOR
2008