

**INSTALACIÓN DE MÓDULO DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD MÓVIL PARA EL
LABORATORIO DE MÁQUINAS I EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO**

**ESTEBAN ELIECER MORALES GIRALDO
JESÚS ABRAHAM ESCOBAR BELTRAN
VICTOR LLAMID ARBOLEDA OSPINA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
DEPARTAMENTO ELECTROMECAICA DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAICA
MEDELLÍN
2013**

**INSTALACIÓN DE MÓDULO DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD MÓVIL PARA EL
LABORATORIO DE MÁQUINAS I EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO**

**ESTEBAN ELIECER MORALES GIRALDO
JESÚS ABRAHAM ESCOBAR BELTRAN
VICTOR LLAMID ARBOLEDA OSPINA**

**Asesor:
Elkin Darío Pérez
Ingeniero Electricista**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
DEPARTAMENTO ELECTROMECAICA DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAICA
MEDELLÍN
201**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTO

En primera instancia a nuestro Padre Celestial quien nos concedió la bendición de vivir en esta tierra y nos concedió el poder para lograr nuestros objetivos en ella.

Con todo nuestro esfuerzo y amor a nuestras familias, a quienes amamos, nuestros padres e hijos por el apoyo incondicional y por comprender nuestras ausencias durante nuestro tiempo de estudio.

A nuestros profesores por el acompañamiento y el conocimiento que nos han inculcado y hoy se ve reflejado en trabajos y nuestra vida.

A nuestro asesor, el Ingeniero Elkin Darío Pérez quien nos acompañó en todo este tiempo.

A nuestros compañeros de clase, los cuales hicieron de todo este tiempo el más hermoso en nuestro aprendizaje.

A cada uno de nosotros por su empeño y dedicación.

Y aquellas personas que hicieron parte de una u otra manera para la realización de este trabajo de grado.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	16
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1 EL MOTOR ASÍNCRONO	17
4.1.1 El Rotor	17
4.1.2 Estator	18
4.1.3 El sistema de corrientes Trifásicas	18
4.2 ESTRUCTURA DE UN MOTOR ASÍNCRONO	20
4.2.1 Circuito magnético	20
4.3 ESTRUCTURA DE UN MOTOR ASÍNCRONO	20
4.3.1 Circuito magnético	20
4.3.2 Variación de las velocidades	21
4.3.3 El arranque en el motor sincrónico	21
4.3.4 En el arranque se produce una corriente elevada	22
4.3.5 La velocidad en los motores asíncronos	23
4.3.6 Observabilidad de la velocidad	23

	Pág.
4.3.7 Deslizamiento o resbalamiento	24
4.4 POTENCIA EN LOS MOTORES DE INDUCCIÓN	26
4.4.1 Voltaje	27
4.4.2 Corriente	27
4.4.3 Corriente de arranque	28
4.4.4 Par o torque	28
4.5 TIPO DE SERVICIO DE MOTORES ELÉCTRICOS	28
4.5.1 S1: Servicio continuo	29
4.5.2 S2: Servicio temporal	29
4.5.3 S3: Tipo de servicio periódico intermitente sin arranque	30
4.5.4 S4: Servicio periódico intermitente con arranque	30
4.5.5 S5: Servicio periódico intermitente con arranque y frenado eléctrico	30
4.5.6 S6: Servicio periódico de funcionamiento continuo	30
4.5.7 S7: Servicio de funcionamiento continuo con arranque y frenado Eléctrico	31
4.5.8 S9: Servicio con variaciones de carga y velocidad no periódicas	31
4.5.9 S9	31
4.6 El variador de velocidad	31
4.6.1 Justificación histórica de los variadores de velocidad	32
4.6.2 La regulación de la velocidad en los procesos	33
4.6.3 Ahorro de energía con variadores de velocidad	33
4.6.4 Tipos de variadores de velocidad	34

	Pág.
4.6.5 Usos y aplicaciones de los variadores de velocidad	34
4.6.6 Funciones de los variadores de velocidad electrónicos	35
4.6.7 Elementos de control	36
4.7 EL VARIADOR DE FRECUENCIA Y LA RIGIDEZ DEL MOTOR ASÍNCRONO	39
4.7.1 Dinamismo de los variadores de frecuencia	39
4.7.2 Solución a problemas en el arranque de motores asíncronos	40
4.7.3 Ventajas del variador de velocidad en el arranque	40
4.7.4 El variado de velocidad asociado a la baja calidad eléctrica	41
4.7.5 Componentes de potencia	42
4.8 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL	43
5. METODOLOGÍA	45
5.1 TIPO DE ESTUDIO	45
5.2. MÉTODO	45
5.3 POBLACION	45
5.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	46
6. RESULTADOS	47
6.1 ADQUISICIÓN DEL ALTIVAR 12 TELEMECANIQUE	47
6.2 INSTALACIÓN DEL ALTIVAR 12	48
6.2.1 Protección termo magnética	49
6.3 DESARROLLO DEL MÓDULO	50
6.3.1 Diseño de cálculo	52

	Pág.
6.4 EL CIRCUITO DE CONTROL DE PARO-MARCHA	66
6.5 SEÑALES DE ARRANQUE EN EL VARIADOR	67
6.6 ALTIVAR 12	68
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
CIBERGRAFÍA	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Rotor	17
Figura 2 Estator	18
Figura 3 Motor trifásico	19
Figura 4 Motor asincrónico	23
Figura 5 Maquina de dos polos velocidad de sincronismo $n_s = 3000$ r.p.m.	26
Figura 6 Monitorización de motores	29
Figura 7 Start Stop	37
Figura 8 Pilotos luminosos	37
Figura 9 Rele enchufable	37
Figura 10 Conector tipo banana	38
Figura 11 Circuito de control de paro en marcha	39
Figura 12 Altivar 12	48
Figura 13 Módulo	50
Figura 14 Módulo variador	51
Figura 15 Panel y funciones	52
Figura 16 Plano eléctrico	54
Figura 17 Etiqueta de cableado	54
Figura 18 Borneros de control	55
Figura 19 Diagrama de conexiones de control	56
Figura 20 Acceso de menú	57
Figura 21 Índice de parámetros	58

RESUMEN

La incomodidad que se presenta en el laboratorio de máquinas I de la Institución universitaria Pascual Bravo debido a la falta de un variador de velocidad móvil orienta la presente investigación al objetivo de instalar un Variador de velocidad de la serie Altivar 12 telemecanique para las labores pedagógicas que allí se desarrollan.

El apasionante estudio del campo magnético giratorio creado entre el rotor y el estator, fundamento de los motores asíncronos, así como las referencias históricas acerca de su origen y la razón por la cual se desarrollaron constituyen el horizonte de esta investigación. Se establece que el control de los procesos y el ahorro de energía se convirtieron en el factor de impulso para desarrollar los variadores de velocidad, que contribuyen al control de la aceleración, de las velocidades de operación para cada fase de los procesos y a controlar el par motor o torque, entre otras funciones.

El funcionamiento de los motores asíncronos sin la conexión a un variador de velocidad genera situaciones como sacudidas mecánicas que se evidencian durante los arranques y las paradas de velocidad que pueden llegar a ser intolerables para la máquina así como para la comodidad y seguridad de los usuarios y que precisan ser controladas con los arrancadores y variadores electrónicos que al adecuarse a motores de corriente alterna o continúa, garantizan la aceleración o desaceleración progresivas y permiten adaptar la velocidad a las condiciones de explotación de forma muy precisa. Ventajas del variador de velocidad en el arranque

Aunque la conexión del cableado para este dispositivo es muy sencilla y ofrece entre otras ventajas como el permitir arranques suaves, progresivos y sin saltos, controlando la aceleración y el frenado progresivo y limitando la corriente de arranque, plantea como limitantes el costo relativamente alto, el tiempo requerido para realizar la programación y para estudiar sus especificaciones, ya que el variador de velocidad sólo puede conectarse a máquinas compatibles con su diseño, ya que de lo contrario se pueden producir daños en el sistema.

El Variador de velocidad se presenta en la actualidad como elemento posibilitador de aprendizajes transversales ya que plantea la conexión con una amplia gama de dispositivos que integran sistemas para programar parámetros de tareas como

prevenir fallos, regular la corriente y proteger los equipos con lo cual se asegura que los estudiantes, industriales y fabricantes estén incursos en una dinámica corriente de innovación, comunicación y estudio de la conectividad.

INTRODUCCIÓN

Todos los procesos de aprendizaje que emprenden los seres humanos a lo largo de sus distintos ciclos vitales, precisan de parámetros específicos para ser evaluados de tal manera que cada estudiante pueda dar cuenta ante la comunidad educativa del grado de madurez que ha alcanzado en una determinada etapa de formación.

Con este preámbulo damos a conocer las motivaciones que nos llevaron al tema enfocado en esta investigación; el proyecto de implementar un variador de velocidad móvil en el área de prueba con motores y generadores en el Laboratorio de máquinas I, responde a una necesidad sentida de muchos miembros de la Institución Universitaria Pascual Bravo, toda vez que la carencia de este dispositivo genera distintas limitaciones en el alcance y los resultados de las prácticas.

La madurez de un estudiante y por ende, de una persona, se manifiesta entre otros factores, en el sentido de pertenencia que desarrolla con los distintos ámbitos con que interactúa, por eso entendimos que nuestro sentido de pertenencia con la Institución donde estamos cualificándonos como tecnólogos electromecánicos merece el aporte decidido de cada estudiante, de lo cual surgió la decisión de revertir nuestros conocimientos en pro del mejoramiento continuo de los procesos educativos del I. U. P. B.

Al captar las incomodidades que se tiene en el laboratorio de máquinas 1 debido a la falta de un variador de velocidad móvil que pueda instalarse en diferentes áreas de dicho laboratorio así como en diversos ámbitos de la Institución universitaria nos propusimos proyectar esta investigación a las acciones que posibiliten instalar un variador de velocidad de la serie Altivar 12 telemecanique para las labores pedagógicas que en ella se desarrollan.

1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En el laboratorio de máquinas 1 de la Institución Universitaria Pascual Bravo se han adecuado varios módulos de arranque para motores con variadores de velocidad, los cuales se utilizan para arrancar motores y generadores; estos módulos son fijos lo cual limita la posibilidad de realizar pruebas tanto en distintos sitios del laboratorio como en espacios exteriores a este donde también se llevan a cabo actividades de tipo pedagógico que involucran temas de gran valor en la formación académica. Por estas razones se vio la necesidad de adecuar un módulo de variación de velocidad móvil para facilitar las prácticas de laboratorio.

2. JUSTIFICACIÓN

El propósito de este proyecto es mejorar las prácticas con los diferentes grupos de motores y generadores aplicando sistemas eficaces que aporten al conocimiento de los estudiantes, del mismo modo mejora significativamente las prácticas en el laboratorio, con la posibilidad de configurar y alterar las variables de acuerdo a las necesidades de las pruebas.

La implementación del módulo móvil de variación de velocidad genera la posibilidad de aplicar los conocimientos teóricos de los estudiantes, donde pueden analizar el comportamiento de las máquinas dependiendo del modo de trabajo que puede ser: (arranque suave, control múltiple de velocidad, tratamiento de señales análogas y digitales), las cuales permiten ampliar la proyección en torno al ámbito industrial.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un módulo de variación de velocidad móvil para las pruebas con motores y generadores en el laboratorio de máquinas I, con la posibilidad de trasladarlo a cualquier sitio de la institución.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Fabricar un módulo móvil resistente y práctico para alojar los diferentes elementos de accionamiento para motores.
- Instalar adecuadamente el variador de velocidad con los diferentes componentes
- Realizar pruebas con motores y generadores del laboratorio de máquinas I

4. MARCO TEORICO

4.1 EL MOTOR ASÍNCRONO

Hasta mediados de los 80's predominaba el motor de corriente directa (MDC) el cual ha sido gradualmente reemplazado en muchas aplicaciones por el motor de inducción (MI) que se destaca por su robustez, menor costo, confiabilidad, versatilidad y rangos de velocidad y par considerables. Para el control vectorial de un motor de inducción es necesario conocer el estado magnético (Flujo magnético) del mismo, dato que a partir de los 90's se obtiene empleando estimadores y observadores en lugar de sensores.

Los motores asíncronos también llamado de Inducción, son una clase de motores eléctricos de corriente alterna. El motor asíncrono trifásico, por ser robusto, sencillo en la operación y de precio ligero es el de mayor uso en la industria. Tiene muchas semejanzas con los motores de corriente continua y cuenta con 2 partes como cualquier máquina rotativa:

4.1.1 El Rotor: Es la parte móvil del motor; su estructura está diseñada con láminas magnéticas que configuran una corona rotórica en la cual encaja el devanado rotórico; el rotor puede ser de dos tipos: En jaula de ardilla o rotor bobinado.

Figura 1. Rotor



Fuente: FOTO de archivo. Fondo blanco de rotor. Recuperado 2013 Disponible en: http://es.123rf.com/photo_8919196_fondo-blanco-de-rotor-aislado-de-motor-electrico.html

4.1.2 Estator: Es la estructura fija de la máquina donde se encuentran las bobinas inductoras; está constituida por una serie de láminas aisladas entre sí; en el estator se aplica un devanado que tiene que coincidir con el mismo número de fases que la rea a la que está conectado.

También se dispone de motores asíncronos monofásicos caracterizados porque el estator tiene un devanado monofásico y el rotor es de jaula de ardilla; su potencia es pequeña y en ellos el campo magnético, en consonancia con el teorema de Leblanc, es igual a la suma de 2 campos giratorios iguales que rotan en sentidos opuestos; estos motores monofásicos no arrancan por sí solos por lo cual precisan de un medio auxiliar para esta función.

Figura 2. Estator



Fuente: Diagnóstico en tiempo real de fallos en motores eléctricos alimentados desde variadores de frecuencia mediante inyección de una señal de alta frecuencia (BRB)”, referencia: PB02-055. Recuperado 2013
Disponible en: <http://isa.uniovi.es/~fernando/BRB.htm>

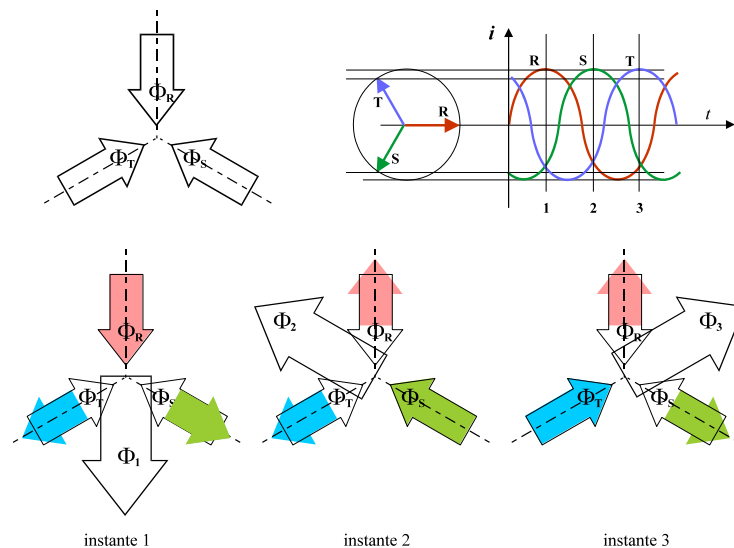
4.1.3 El sistema de corrientes Trifásicas: Las bobinas inductoras del estator son trifásicas y tienen un desfase de 120° entre sí; el teorema de Ferraris explica que con la circulación de unos sistemas de corrientes eléctricas por estas bobinas se introduce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Según la ley de inducción de Faraday este campo magnético variable induce una tensión en el rotor a través de la cual ocurre el efecto Laplace (o efecto motor) que consiste en que todo conductor inmerso en un campo magnético por el que circula una corriente eléctrica, capta una fuerza que tiende a ponerlo en movimiento; esta reacción suceda de manera simultánea al efecto Faraday (o generador) que

explica la tensión inducida en todo conductor a raíz de su movimiento en un campo magnético.¹

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

El campo giratorio en acción recíproca con las corrientes eléctricas en los conductores del rotor, induce una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores haciendo girar el rotor del motor. Surge a continuación el concepto de deslizamiento como la diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético.

Figura 3. Motor trifásico



Fuente Mosconi Osvaldo. Motor trifásico. 2013. Disponible en: <http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/maqeinstelectricas/MOTOR%20ASINCRONICO.pdf>

4.2 ESTRUCTURA DE UN MOTOR ASÍNCRONO

4.2.1 Circuito magnético: El estator o parte fija de un circuito magnético está formado por un anillo cilíndrico de chapas magnéticas insertado a la carcasa que lo rodea, la cual tiene una función puramente protectora. El estator tiene en su interior unas ranuras donde se realiza el bobinado correspondiente. En el interior

¹ Motor asíncrono. Recuperado 2013. Disponible en <http://www.tuveras.com/maquinaasincrona/motorasincrono1.htm>

del estator va ubicado el rotor, que consiste en un cilindro de chapa magnética fijado al eje. En su periferia se hallan unas ranuras entre las que se elabora el bobinado correspondiente. El entrehierro de estos motores es contante en toda su circunferencia y su valor debe ser el mínimo posible.

4.3 ESTRUCTURA DE UN MOTOR ASÍNCRONO

4.3.1 Circuito magnético: Las máquinas asíncronas cuya única versión son motores, puesto que los generadores siempre son sincrónicos, se caracterizan porque su velocidad de rotación n puede ser diferente que la síncrona NS ; siendo esta última la velocidad con la que gira el campo magnético dentro de la cavidad que rodea al rotor. Las corrientes inducidas por el campo electromagnético giratorio sobre el rotor hacen funcionar al motor asíncrono o de inducción.

El principio de funcionamiento del motor asíncrono se basa en un imán permanente que está suspendido encima de un disco de aluminio que funciona como un conductor el cual pivota sobre un cojinete en una plancha de hierro.

El imán permanente genera un campo magnético que pasa a través del disco de aluminio y se cierra por la plancha de hierro; al hacer girar el imán, también se produce el mismo movimiento en el disco de aluminio ubicado debajo de él; como consecuencia de las corrientes de Foucault generadas por el movimiento relativo entre el disco y un campo magnético, por la ley de Lenz el sentido del voltaje inducido en el disco de aluminio y las corrientes de Foucault involucradas produce un campo que tiende a oponerse a su causa o a la fuerza o movimiento que indujo el voltaje.

Las corrientes de Foucault inducidas tiende a producir un polo sur en el disco en el punto situado bajo el polo norte giratorio del imán permanente y un polo norte en el punto situado bajo el polo sur giratorio del imán. Mientras el imán se mueva se generarán corrientes de Foucault inducidas y polos de polaridad contraria en el disco ubicado debajo de él, en razón de esto el disco gira en el mismo sentido que el imán pero a una velocidad menor, pues de lo contrario no existiría movimiento relativo entre el disco y el campo magnético y no se producirían corrientes inducidas.

La explicación del hecho de que la velocidad del disco o rotor de la máquina no debe ser nunca igual a la del imán es porque entonces la tensión inducida sería 0 y no se produciría flujo magnético o par. La tensión inducida por la alternancia

entre la velocidad del disco o rotor y la velocidad del imán determina 2 velocidades:

- Velocidad de sincronismo del campo magnético giratorio, producido por el rotor, específicamente en el campo interior que ocupa; este tipo de velocidad es función de la frecuencia y los pares de la máquina.
- Velocidad de deslizamiento: es la velocidad a la que el disco o rotor gira por la interacción de su campo y el campo magnético giratorio.

4.3.2 Variación de las velocidades: Para obtener distintas velocidades en los motores asíncronos trifásicos se tienen 2 alternativas: diseñar motores que a través de conexiones introduzcan variaciones en los pares de polos, lo cual es la especialidad del motor Dahlander o modificar la frecuencia, que es un método muy difundido y llevado a cabo a través de los variadores de frecuencia.

4.3.3 *El arranque en el motor sincrónico*: El motor asíncrono presenta 2 tipos de arranque:

- Directo: Cuando las bobinas inductoras del estator se conectan directamente a la red de suministro; así el par de arranque es elevado.
- Indirecto: Sucede al intercalar entre las bobinas inductoras y la red de suministro elementos que permitan disminuir la intensidad de arranque tan elevada, como resistencias o autotransformadores. De esta forma se evitan distorsiones en la red y también se disminuye el par de arranque. Una vez arrancado el motor se eliminan estos elementos y las bobinas quedan conectadas directamente a la red.

El arranque de este tipo de motor tiene el inconveniente de que la corriente de arranque es muy grande, para motores pequeños, 3 ó 4 veces la corriente nominal y para motores grandes 6 ó 7 veces. La fase de arranque en un motor asíncrono es producto del estado de reposo del rotor y la elevada velocidad relativa entre campo estático y rotórico. Para producir el arranque se requiere entonces que el par de arranque del motor sea mayor al par resistente de la carga, con lo cual se logra una aceleración que hace girar el motor a una velocidad cada vez mayor, obteniéndose el régimen permanente, cuando se igualan el par motor y resistente.

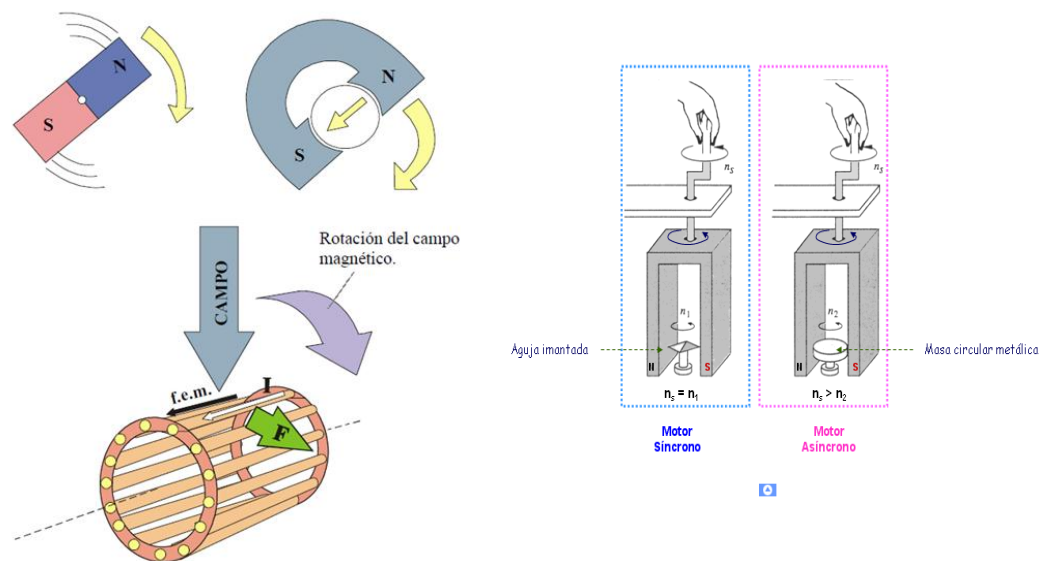
4.3.4 *En el arranque se produce una corriente elevada*: Los motores eléctricos soportan, por su diseño, la corriente de arranque siempre y cuando el arranque

sea rápido, pero es en general el sistema eléctrico, que alimenta al motor, el que no soporta la corriente del arranque mismo. Para disminuir la corriente de arranque se precisa de disminuir la tensión aplicada al motor en el momento de arranque lo cual se logra fijando impedancias en serie con el estator del motor, ya que de esta forma se baja la tensión y por ende disminuye la tensión aplicada al motor.

Estrictamente tiene que ser un dispositivo que puentee las impedancias después de finalizado el arranque; esta forma de arranque no es muy usada porque la cupla de arranque disminuye en forma cuadrática con la tensión aplicada, lo que equivale a entender que si se busca disminuir la corriente de arranque a la mitad, debe reducirse la tensión a la mitad y la cupla de arranque disminuiría cuatro veces lo que podría comprometer el arranque.

De lo anterior se desprende que es necesario limitar la corriente de arranque de los motores asíncronos trifásicos ya que estos están conectados a la red de distribución de energía eléctrica en paralelo con otros abonados, los cuales podrían sufrir los inconvenientes de bajas momentáneas en la tensión de suministro durante el arranque de dichos motores, debido a la caída de tensión provocada por la impedancia de las líneas de transporte. Para controlar estos fenómenos existen normas que imponen limitaciones en cuanto a corrientes máximas admisibles que se resumen en la siguiente tabla:

Figura 4. Motor asíncrono



Fuente: Mosconi Osvaldo. Motor trifásico. Recuperado 2013. Disponible en: <http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/maqeinstelectricas/MOTOR%20ASINCRONICO.pdf>

4.3.5 La Velocidad en los motores asíncronos: Los motores síncronos se caracterizan porque su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. En el caso de los motores asíncronos, para controlar la velocidad se requiere obtener la ubicación y velocidad del eje del rotor lo cual se logra con el uso de decodificadores incrementales, instrumentos que presentan fallas recurrentes, lo que hace necesario un programa de paradas de máquina para el mantenimiento y en casos de fallas, generan sobrecostos adicionales en la producción.

Esta circunstancia contribuyó al avanza de la teoría de estimación y de observadores, con lo cual se consiguió no sólo observar el flujo magnético sino también la variable de velocidad del rotor a partir de los voltajes y corrientes en el estator, lo cual es positivo además para darle solidez a la línea de investigación sobre el sistema de control denominados, control sin sensor mecánico.

4.3.6 Observabilidad de la velocidad: En el caso de los motores de inducción de alto desempeño dinámico, durante un largo período los medios para regular la velocidad han sido muy escasos; generalmente se recurría, respecto a los motores de jaula, a hacerlos funcionar a su velocidad nominal; los únicos motores equipados con varias velocidades fijas eran los de acoplamiento de polos y los de devanados separados, que todavía se usan con frecuencia.²

En el momento actual los convertidores de frecuencia permiten controlar la velocidad variable de los motores de jaula; esta herramienta que antes estaba reservada a los motores de corriente continua, ahora se presenta como alternativa. La velocidad de los motores asíncronos trifásicos es proporcional a la frecuencia de la corriente continua e inversamente proporcional al número de pares de polos que constituyen el estator.

4.3.7 Deslizamiento o resbalamiento: La diferencia en las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina Deslizamiento o resbalamiento. Si el motor gira a una velocidad diferente que la velocidad sincrónica, es decir, diferente a la velocidad del campo giratorio, el bobinado del rotor interrumpe las líneas de fuerza magnéticas del campo y por las leyes del electromagnetismo, en él circularán corrientes inducidas.

² Electricidad/ electricitat. Características de los motores de inducción asíncrona. Recuperado 2.013. Disponible en <http://electricidad-viatger.blogspot.com/2008/09/carectersticas-de-los-motores-de.html>

Cuando mayor sea la carga, mayor tendrá que ser el par necesario para moverla; para obtener el par necesario, tendrá que ser mayor la diferencia de velocidades para que las corrientes inducidas y los campos producidos sean mayores; por lo tanto, a medida que la carga aumenta, decae la velocidad del motor. Cuando la carga es nula (motor en vacío) el rotor gira prácticamente con la velocidad sincrónica. La diferencia entre la velocidad del motor n y la velocidad sincrónica n_s , se llama deslizamiento s , que puede ser expresado en rpm, como una fracción de la velocidad sincrónica o como un porcentaje de ésta. Es por eso que a esta máquina se le llama asíncrona, porque su rotor no gira a la misma velocidad del campo magnético producido por el estator.

El motor gira a una velocidad algo inferior a la del campo rotante por esa razón se lo llama motor asíncrono. Esa diferencia de velocidades se expresa como resbalamiento (s). Ese resbalamiento no se mide en r.p.m. sino en porcentaje.

$$s(\%) = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 = \left(1 - \frac{n}{n_s} \right) \cdot 100$$

Dónde: n_s es la velocidad del campo rotante o velocidad de sincronismo
 n es la velocidad del rotor.

En el arranque el resbalamiento es del 100 % y luego va decreciendo. En el punto teórico en que la velocidad de rotación alcanzaría la velocidad de sincronismo “s” sería del 0%

Estando el motor en régimen el resbalamiento dependerá del estado de carga del eje. A menor cupla le corresponde menor resbalamiento. Para motores de jaula de ardilla común el “s” oscila entre valores del 2 y el 3%. En la industria petrolera se usa mucho el motor de gran resbalamiento en el que el valor de “s” varía entre el 6 y el 8%.

Si se quisiera obtener la velocidad de rotación como función de “s”

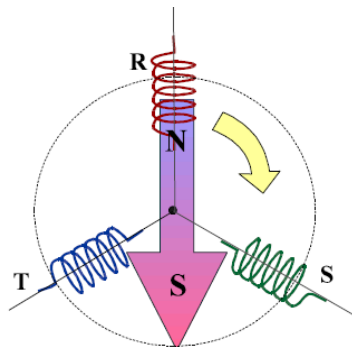
$$n = n_s \cdot \left(1 - \frac{s(\%)}{100} \right)$$

Para una frecuencia de red de 50 Hz la velocidad de sincronismo sería 3000 r.p.m. y por lo tanto la velocidad de rotación para un “s” del 6 % sería

$$n = 3000 \cdot \left(1 - \frac{6}{100}\right) = 2820 \text{ r.p.m. } ^3$$

Para obtener velocidades inferiores hay que disminuir la velocidad de sincronismo “ n_s ”. Si la frecuencia es fija la única manera de modificarla es cambiando el número de polos. El motor asincrónico en la concepción de 3 bobinados (1 por fase) es una máquina de dos polos ya que genera un campo rotante de 2 polos.

Figura 5.. Maquina de dos polos velocidad de sincronismo $n_s = 3000 \text{ r.p.m.}$



Fuente: Mosconi Osvaldo. Maquina de dos polos velocidad de sincronismo $n_s = 3000 \text{ r.p.m.}$ Recuperado 2013. Disponible en:

<http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/mageinstelectricas/MOTOR%20ASINCRONICO.pdf>

4.4 POTENCIA EN LOS MOTORES DE INDUCCIÓN

El rendimiento de la energía consumida por un motor eléctrico depende de su rendimiento; los fabricantes ofrecen una gama de potencias con rendimientos que van desde el 95% o superior, hasta un pobre 65%; hay que tener muy presente este dato cuando se va a elegir un motor, teniendo en cuenta si los caballajes y horas de funcionamiento son elevados. La robustez mecánica, un buen

³ Mosconi Osvaldo. Motor trifásico. Recuperado 2013. Disponible en:

<http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/mageinstelectricas/MOTOR%20ASINCRONICO.pdf>

aislamiento y la resistencia al sobre calentamiento son factores ligados a ahorro por su bajo mantenimiento.

La potencia se mide por la rapidez con que se realiza un trabajo; en física la potencia es igual a trabajo sobre tiempo; la unidad del sistema internacional para la potencia es el joule por segundo y se denomina watt (w). Estas unidades presentan el inconveniente de ser demasiado pequeñas para fines industriales, por lo cual se usa el kilowatt y el caballo de fuerza (HP) que se definen como:

$$1\text{kw}=1000\text{w}$$

$$1\text{HP}= 747\text{w}= 0.746 \text{ kw}$$

$$1\text{kw}= 1.34 \text{ HP}$$

Potencia - cupla

En toda máquina rotante uno de los parámetros que interesa es la potencia en el eje y consecuentemente la cupla. La potencia mecánica se expresa en física como el producto:

$$P = C \cdot \omega \quad \text{ó} \quad P = C \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{n(\text{rpm})}{60}$$

Donde: P es la potencia en vatios

C es la cupla en N.m (newton.metro)

ω es la velocidad angular en radianes/seg

n es la velocidad de rotación en (r.p.m)

Consecuentemente es de mucha importancia el análisis de los parámetros: potencia, cupla y velocidad de rotación.⁴

4.4.1 Voltaje: También se llama tensión eléctrica o diferencia de potencial; existe entre dos puntos y consiste en el trabajo necesario para trasladar una carga positiva desde un punto a otro. La diferencia de tensión es importante en la operación de un motor, ya que de ello depende el obtener un mayor aprovechamiento de la operación; los voltajes empleados más comúnmente son: 127v, 220V, 380v, 440v, 2300v y 6000v.

⁴ Mosconi Osvaldo. Maquina de dos polos velocidad de sincronismo $n_s = 3000 \text{ r.p.m}$ Recuperado 2013.

Disponible en: <http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/mageinsteletricas/MOTOR%20ASINCRONICO.pdf>

4.4.2 Corriente: La corriente eléctrica es la rapidez del flujo de carga que pasa por un punto dado en un conductor eléctrico en un tiempo determinado. La unidad de corriente eléctrica es el ampere; un ampere representa un flujo de carga con la rapidez de un coulomb por segundo, al pasar por cualquier punto. Los motores eléctricos esgrimen diversos tipos de corriente como corriente nominal, corriente de arranque, corriente de vacío y corriente a rotor bloqueado. La corriente nominal en un motor es la cantidad de corriente que consumirá el motor en condiciones normales de operación. La corriente de vacío es la corriente que consumirá el motor cuando no se encuentre operando con carga; es aproximadamente de 20 al 30% de su corriente nominal.

4.4.3 Corriente de arranque: Es el excedente de corriente que los motores eléctricos consumen en el punto de arranque; el valor es aproximadamente 2 a 8 veces superior. La corriente a rotor bloqueado es la corriente máxima que soportará el motor cuando su rotor esté completamente detenido.

4.4.4 Par o torque: Un par de fuerzas es un conjunto de 2 fuerzas de magnitudes iguales pero de sentido contrario. El momento del par de fuerzas o torque se representa por un vector perpendicular al plano del par. El par nominal es el par que se produce en un motor eléctrico para que pueda desarrollar sus condiciones de diseño. El par de arranque es el par que desarrolla el motor para romper sus condiciones iniciales de inercia y poder así iniciar su operación.

4.5 TIPO DE SERVICIO DE MOTORES ELÉCTRICOS

Frecuentemente los motores de inducción de servicio continuo están diseñados para la potencia nominal; los accionadores son una excepción, a pesar de esto la mayoría de los motores operan con un tipo de servicio no continuo. Algunos motores sólo se conectan por unos instantes, otros funcionan todo el día pero sólo se cargan brevemente y muchos motores deben acelerar grandes volantes o funcionan de manera conmutada y se frenan eléctricamente.

En todas estas clases de servicios diferentes un motor se calienta de forma diferente que en un servicio continuo; para proteger el bobinado y el rotor del sobre calentamiento deben tenerse en cuenta estos procesos de calentamiento especiales.

Figura 6. Monitorización de motores



Fuente: Laboratorio remoto de automática. Universidad de León. Recuperado 2.013 Disponible en: <http://ra.unileon.es/es/content/sistemasf%C3%ADsicos/variadores>

El tipo de servicio (“Power Factor” o “SF”) ofrece una indicación de la sobrecarga continua que un motor puede tolerar sin dañarse. Como ejemplo se plantea el caso de un motor de 4 HP con un factor de servicio de 1.25 puede realmente producir $4 \times 1.25 = 5$ HP antes de que se sobrecaliente.

A partir de la información sobre diseño, se plantea por parte de los compradores que la información sobre el *tipo de servicio* sea lo más exacta posible, ya que la potencia generada puede ser muy distinta respecto a la potencia de salida continua, de lo cual se deduce que el número de tipos de servicio posibles es por ello, teóricamente ilimitado. En pro de un mayor entendimiento entre fabricantes y operadores, se han identificado nueve tipos de servicio principales (S1 - S9)

Es una obligación de los fabricantes de motores asignar la capacidad de carga del motor a uno de estos tipos de servicio definidos, proporcionando además los valores y, donde sea necesario, de tiempo de funcionamiento, periodo de carga o ciclo de servicio relativo. La mayor parte de los usos cotidianos pueden encajar en uno de estos tipos de servicio:

4.5.1 S1: Servicio continuo: Funcionamiento en un estado de carga constante, con una duración suficiente para alcanzar el equilibrio térmico. El periodo de carga t_B es mucho mayor que la constante térmica de tiempo T .

4.5.2 S2: Servicio temporal: Funcionamiento en un estado de carga constante, que, no obstante, no dura lo suficiente para alcanzar el equilibrio térmico y con un intervalo posterior que dura hasta que la temperatura de la máquina difiere en no más de 2 K de la temperatura del refrigerante. El servicio es temporal cuando el periodo de carga $t_B \leq 3 T$ (constante térmica de tiempo). Comparado con el servicio continuo, el motor puede generar más potencia durante el periodo de carga.

4.5.3 S3: Tipo de servicio periódico intermitente sin arranque: Funcionamiento, que está compuesto de una secuencia de ciclos de servicio similares con una duración de ciclo t_S a carga constante y un intervalo que generalmente es tan corto que no se alcanza el equilibrio térmico y la corriente de arranque no afecta al calentamiento de forma apreciable. Éste es el caso cuando $t_B \leq 3 T$. La potencia durante este periodo debe ser mayor que la potencia de salida continua del motor.

4.5.4 S4: Servicio periódico intermitente con arranque: Funcionamiento, que consiste en una secuencia de ciclos de servicio idénticos con una duración de ciclo t_S , en la que cada ciclo abarca un tiempo de arranque t_A determinado, un tiempo t_B con carga constante y un intervalo t_{St} . ciclo de servicio relativo $t_r = 100 -$

Aquí debe tenerse en cuenta si el motor se detiene al final del ciclo por efecto de la carga o por medio de un freno mecánico. Si el motor sigue funcionando después de desconectarlo con el fin de enfriar significativamente el bobinado, esto debe indicarse. Si no se indica, se asume que el motor se detendrá en un periodo de tiempo muy breve.

En este tipo de servicio, el máximo número de conmutaciones sin carga Z_0 se utilizan como base para calcular la máxima frecuencia de conmutaciones de funcionamiento de acuerdo con el par de carga, la posible masa adicional y un posible efecto de volante. Comparado con el servicio continuo S1, puede apreciarse una reducción de potencia.

4.5.5 S5: Servicio periódico intermitente con arranque y frenado eléctrico: Funcionamiento compuesto de una secuencia de ciclos de servicio similares con una duración de ciclo t_S , en la que cada ciclo abarca un tiempo de arranque t_A determinado, un tiempo t_B con carga constante y un tiempo t_B de frenado eléctrico de alta velocidad. No hay intervalo.

4.5.6 S6: Servicio periódico de funcionamiento continuo: Funcionamiento compuesto de una secuencia de ciclos de servicio similares con una duración de ciclo t_S , en la que cada ciclo abarca un tiempo t_B con carga constante y un tiempo de reposo t_L , sin intervalo. Después del tiempo de funcionamiento t_B , el motor sigue girando sin carga y, debido a la corriente de carga nula, no se enfría hasta la temperatura del refrigerante, pero se ventila durante el tiempo de reposo t_L .

4.5.7 S7: Servicio de funcionamiento continuo con arranque y frenado eléctrico: Funcionamiento compuesto por una secuencia de ciclos de servicio similares con una duración de ciclo t_S , en la que cada ciclo abarca un tiempo de arranque t_A determinado, un tiempo t_B con carga constante P y un tiempo t_{Br} con frenado eléctrico de alta velocidad. No hay intervalo.

4.5.8 S8: Servicio periódico de funcionamiento continuo con cambios de carga/velocidad relacionados: Funcionamiento compuesto de una secuencia de ciclos de servicio similares con una duración de ciclo t_S . Cada uno de estos ciclos abarca un tiempo con una carga constante y una velocidad determinada, y después uno o varios tiempos con cargas diferentes que corresponden a velocidades distintas, por ejemplo, por inversión de los polos. No hay intervalo ni tiempo de reposo.

4.5.9 S9: Servicio con variaciones de carga y velocidad no periódicas: En este modo de funcionamiento la carga y la velocidad varían de forma no periódica dentro del régimen de funcionamiento máximo. Pueden darse con frecuencia picos de carga situados muy por encima de la potencia nominal. La posibilidad de sobrecarga puede tenerse en cuenta por sobredimensionamiento selectivo.

4.6 EL VARIADOR DE VELOCIDAD

Consiste en un dispositivo o sistema de dispositivos de carácter mecánico, hidráulico, eléctrico o electrónico cuyo propósito es controlar la velocidad giratoria de distintos tipos de maquinaria; la maquinaria industrial generalmente es operada a través de motores eléctricos a velocidades constantes o variables pero con valores precisos.

Los motores eléctricos, por su parte, funcionan generalmente a velocidad constante o casi constante y con valores asociados a la alimentación y a las características del motor, las cuales no pueden cambiarse fácilmente; surge entonces el variador de velocidad cuya función es controlar de manera precisa la velocidad de los motores para lograr una adecuada productividad, una buena terminación del producto elaborado o para garantizar la seguridad de personas y bienes; su uso está presente en una amplia gama de aplicaciones industriales

como ventiladores, equipos de bombeo, mecanismos de elevación, trenes laminadores, tornos y fresadoras, bandas y transportadores industriales.

El variador de velocidad puede ser integrado por un motor eléctrico y el controlador que regula su velocidad; otra forma de variador de velocidad es la integración de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permite cambiar la velocidad de forma continua (Sin ser un motor de paso).

En la actualidad contamos con procesos industriales exigentes en calidad y tiempo de ejecución, esto obliga a mejorar continuamente los sistemas de control que hacen posible ejecutar las labores de producción. Los variadores de velocidad, que desde una perspectiva más técnica en realidad se denominan variadores de frecuencia, están clasificados como uno de los elementos de mayor aporte en los procesos industriales debido a su alta funcionalidad y las múltiples operaciones que puede realizar, además de poder interactuar de una forma sencilla y segura con diversos equipos, esto lo permite realizar la variedad de señales con las cuales se puede manipular como son señales análogas (4-20mA, 0-10mV) y señales digitales (10V, 24V).

Diversas condiciones hacen de los sistemas integrados por variadores de frecuencia, sistemas confiables y eficaces donde controlar las diferentes variables es mucho más sencillo y seguro.

Su funcionamiento en nuestro caso es básicamente convertir una señal de corriente alterna AC en una señal de corriente directa DC, con el fin de tener control para su posterior transformación nuevamente en AC pero esta vez con valores de frecuencia que se puedan variar; a este proceso se le suman otra cantidad de funciones que aportan para que el equipo sea confiable, seguro y que abarque diversas aplicaciones.

4.6.1 Justificación histórica de los variadores de velocidad: La maquinaria de inducción alimentada con corriente C.A., especialmente la que utiliza un rotor en jaula de ardilla, es el motor eléctrico más común en la industria y el que presenta un rango de potencias mayor; el asunto es que no basta conectar un motor a la red para utilizarlo correctamente sino que existen distintos elementos que contribuyen a garantizar un funcionamiento seguro.

La fase de arranque por ejemplo, tiene gran relevancia porque en ella el par debe ser el necesario para mover la carga con una aceleración adecuada hasta que se alcanza la velocidad de funcionamiento en régimen permanente, procurando que no aparezcan problemas eléctricos o mecánicos que puedan afectar el motor, a la instalación eléctrico o a los elementos que se precisa mover.

El control de los procesos y el ahorro de energía son los dos argumentos principales para la implementación de los variadores de velocidad, que históricamente surgieron para el control de procesos pero que con el tiempo se ajustaron también al propósito de ahorrar energía.

4.6.2 La regulación de la velocidad en los procesos: Los variadores de velocidad coadyuvan en el control del proceso en tanto generan los siguientes resultados:

- Operaciones más suaves
- Control de la aceleración
- Diferentes velocidades de operación para cada fase del proceso
- Compensación de variables en procesos variables
- Facilitar operaciones lentas para fines de ajuste o prueba
- Ajuste a la tasa de producción
- Permitir el posicionamiento de alta precisión
- Control del par motor o torque

4.6.3 Ahorro de energía con variadores de velocidad: Una máquina comandada por un variador de velocidad gasta menos energía que si fuese activada a una velocidad fija constante; los ventiladores y bombas son ejemplos muy ilustrativos de ello; en el caso de una bomba que es impulsada por un motor que funciona a velocidad fija, el flujo producido puede ser mayor al necesario. Se tiene entonces el recurso de regular el flujo mediante una válvula de control que deja estable la velocidad de la bomba, pero en dicho caso es más efectivo regular el flujo mediante una válvula de control dejando estable la velocidad de la válvula, pero resulta más eficiente regular tal flujo controlando la velocidad del motor, en lugar de restringirlo por medio de la válvula, ya que de esta forma el motor no tendrá que consumir energía no aprovechada.

4.6.4 Tipos de variadores de velocidad: Se conocen tres tipos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos; dentro de cada tipo se hallan series de subtipos, destacando que los más antiguos son los mecánicos, usados antiguamente para controlar la velocidad de las ruedas de molino y las máquinas de vapor.

Los variadores de velocidad mecánicos e hidráulicos se conocen típicamente como transmisiones cuando se aplican al campo de los vehículos, equipo agroindustrial o algunos otros tipos de maquinaria. Estudiar el fenómeno de los variadores de velocidad tiene una gran importancia práctica ya que la elección correcta de las características de los motores y los variadores a instalar para un servicio determinado, requieren un saber acerca de las particularidades de este producto.

4.6.5 Usos y aplicaciones de los variadores de velocidad: Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

- Transportadoras. Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc.
- Bombas y ventiladores centrífugos. Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.
- Bombas de desplazamiento positivo. Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.
- Ascensores y elevadores. Para arranque y parada suaves manteniendo la cupla del motor constante, y diferentes velocidades para aplicaciones distintas.
- Extrusoras. Se obtiene una gran variación de velocidades y control total de de la cupla del motor.
- Centrífugas. Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.
- Prensas mecánicas y balancines. Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.
- Máquinas textiles. Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo random para conseguir telas especiales.
- Compresores de aire. Se obtienen arranques suaves con máxima cupla y menor consumo de energía en el arranque.

- Pozos petrolíferos. Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.

4.6.6 Funciones de los variadores de velocidad electrónicos: Aceleración controlada

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en «S».

Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

Variación de velocidad

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama «en bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

Regulación de la velocidad

Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado equipado con un sistema de mando para amplificación de potencia y un bucle de alimentación denominado «bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante una consigna o referencia. El valor de la consigna se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador taco métrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor.

Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial, gracias a la regulación, la velocidad es prácticamente insensible a las perturbaciones.

La precisión de un regulador se expresa generalmente en % del valor nominal de la magnitud a regular.⁵

4.6.7 Elementos de control: Estos elementos facilitan el trabajo en el momento de realizar conexiones y dar marcha al equipo. El Start-Stop como parte de esos elementos de control, tiene el propósito de arrancar y parar el sistema en cualquier momento; su conexionado varía dependiendo del tipo de sistema a controlar.

Figura 7. Start Stop”



Fuente: Botón de inicio y fin. Recuperado. 2013 Disponible en:
http://es.123rf.com/photo_3095450_start-and-stop-button.html

Este elemento posee un contacto normalmente abierto (N.O; N.A), pulsador verde “Start” y un contacto normalmente cerrado (N.C), pulsador rojo “Stop” generalmente son para inicia y parar.

Figura 8. Pilotos luminosos



Fuente: Pilotos luminosos. Recuperado 2013 Disponible en:
http://www.sassinelectric.com/producto_detalle.php?id=147&PHPSESSID=ed72a4a4429a8ec36853c9ff6c8b8708

⁵ Control y comunicación con variadores de velocidad. Recuperado 2013. Disponible en
<http://www.tecsup.edu.pe/home/curso-y-programas-de-extension/cursos-y-programas-de-extension/?sede=L&padre=3014&detail=19146>

Figura 9. Rele enchufable



Fuente:

Rele Enchufable. Recuperado 2013 Disponible en:

http://industrial.omron.es/products/catalogue/switching_components/electromechanical_relays/industrial_plug_in_relays/my/default.html

Bobinas: Las más utilizadas son: 24 V (DC-AC) 115 VAC 220 VAC cantidad de pines los más comunes son: 8 pines 11 pines.

Figura 10. Conector tipo banana



Fuente: Conector banana Recuperado 2013 Disponible en:

<http://es.radioshack.com/product/index.jsp?productId=2991085>

Teniendo en cuenta que la mayoría de los problemas de puesta en marcha son resultado de cableado impreciso o de falta de seguir ordenadamente las pautas de instalación, es básico no sólo tener en cuenta el código eléctrico nacional, sino otros códigos regionales o locales, así como la correcta conexión de cableado, ignorar los códigos durante la instalación es asegurar el riesgo de daño al equipo o lesiones personales.

El variador de velocidad es adecuado para una conexión directa a una línea de CA trifásica o monofásica del voltaje correcto; en ocasiones hace falta acondicionar un transformador de aislamiento o una reactancia de línea con una impedancia de

entrada de 3% de la capacidad nominal de entrada VA del variador de velocidad. La fase de instalación implica que las conexiones de alimentación de entrada y salida se realizan a través de un bloque terminal de diez posiciones.

Figura 11. Circuito de control de paro-marcha



Fuente: Electro broches. Recuperado 2013 Disponible en: <http://www.usinages.com/electricite-variateurs-convertisseurs-moteurs/explication-pour-branchement-altivar-3kw-380v-t31563.html>

4.7 EL VARIADOR DE FRECUENCIA Y LA RIGIDEZ DEL MOTOR ASÍNCRONO

El motor de corriente alterna a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano y versátil en cuanto a aplicaciones industriales se refiere, tiene la limitación de ser un motor rígido en el tema de la velocidad; la velocidad del motor asíncrono depende de la forma construída del motor y de la frecuencia de alimentación; teniendo en cuenta que la frecuencia de alimentación que suministran las compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asíncronos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método más expedito para controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador eléctrico de frecuencia, un sistema que no requiere motores especiales, que es muy eficiente y se adquiere a precios cada vez más accesibles; el variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor logrando modificar su velocidad; no obstante con el cambio de frecuencia debe modificarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

4.7.1 Dinamismo de los variadores de frecuencia: Los variadores de frecuencia son dispositivos electrónicos o convertidores de energía encargados de modular la energía que recibe el motor, es decir, permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red, en magnitudes variables. Se usan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada

4.7.2 Solución a problemas en el arranque de motores asíncronos: En los motores asíncronos se presentan situaciones que pueden llegar a ser intolerables para la máquina así como para la comodidad y seguridad de los usuarios y que precisan, por tanto, ser controladas como por ejemplo el pico de corriente en el arranque el cual puede afectar el funcionamiento de otros aparatos conectados a la red. Las sacudidas mecánicas que se evidencian durante los arranques y las paradas de velocidad son que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asíncronos trifásicos.

Los arrancadores y variadores electrónicos superan estos inconvenientes al adecuarse a motores de corriente alterna o continua, garantizan la aceleración o desaceleración progresivas y permiten adaptar la velocidad a las condiciones de explotación de forma muy precisa. Según la clase de motor se emplean varios tipos de rectificador controlado, convertidor de frecuencia o regulador de tensión.

4.7.3 Ventajas del variador de velocidad en el arranque: A pesar de las bondades de este dispositivo, es preciso nombrar algunas de sus limitaciones, por ejemplo, este es un sistema caro pero cuya rentabilidad se constata a largo plazo; requiere de tiempo para realizar la programación y precisa estudiar las especificaciones del fabricante; entre las ventajas que presenta se hallan:

- El variador de velocidad no tiene elementos móviles ni contactos
- La conexión del cableado es muy sencilla
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos
- Controla la aceleración y el frenado progresivo
- Limita la corriente de arranque

- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo, con lo cual protege el motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómatas o microprocesador
- Contribuye a un mayor rendimiento del motor
- Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, rpm)

4.7.4 El variador de velocidad asociado a baja calidad eléctrica: Aunque los variadores de velocidad son herramientas que con frecuencia ocasionan eventos de calidad eléctrica deficiente y que también pueden verse afectadas con situaciones en las cuales resultan afectados por problemas de baja calidad eléctrica.

Los transitorios de alta energía (relativamente alta frecuencia) típicos de la conmutación de condensadores de las empresas de distribución pueden transitar por el transformador de servicio, los alimentadores y el terminal de entrada del variador directamente al bus de enlace de corriente continua, donde a menudo causará un impacto de sobretensión de enlace de la misma; los diodos de entrada también podrían saltar debido a estos transitorios. Si la distorsión de alta tensión muestra un recorte de crestas desproporcionado, obstaculizará la carga completa de los condensadores de enlace de corriente continua con la consecuente disminución de autonomía del variador, de esto se deduce que una caída de tensión que normalmente no afectaría a un variador causará el impacto por la sobretensión del mismo.

De otro lado, una conexión incorrecta a tierra influirá en los circuitos de control internos del variador con consecuencias imprevisibles; los variadores de velocidad como cargas culpables. Un variador también puede ser la carga culpable y tener una consecuencia importante en la calidad eléctrica del sistema. Sin embargo, antes de considerar los problemas, destacaremos los efectos positivos de los variadores en la calidad eléctrica.

El primero de ellos es la capacidad de arrancador suave incorporado al sistema, lo cual se traduce en que no habrá corriente de arranque alguno ni defecto de caída de tensión en el resto del sistema.

Un segundo factor es que si el variador es de tipo de modulación por ancho de pulso (pwm) con un terminal de entrada de convertidor basado en diodos, el factor de potencia de desplazamiento es alto más o menos constante en todo el intervalo, lo cual determina que los variadores de velocidad pueden disminuir el uso de electricidad y corregir el factor de potencia de desplazamiento al mismo tiempo, lo cual también es beneficioso ya que los variadores y los condensadores de corrección del factor de potencia no se mezclan. Los condensadores son vulnerables a las corrientes armónicas de frecuencia más altas generadas por los variadores puesto que su impedancia disminuye cuando la frecuencia aumenta.

La clase de variador elegido repercute de manera significativa en las manifestaciones de la calidad eléctrica debido a los diversos diseños de convertidor (los convertidores o rectificadores convierten la corriente alterna en corriente continua y son el fundamento de la primera fase del variador).

4.7.5 Componentes de potencia: Son semiconductores que funcionan en la categoría “todo o nada” comparables, por tanto, a los interruptores estáticos que pueden tomar 2 estados: abierto o cerrado. Estos componentes, integrados en un módulo de potencia, constituyen un convertidor que alimenta a partir de la red, a tensión y frecuencias fijas, un motor eléctrico con una tensión y frecuencia variables.

Los componentes de potencia son la clave de la variación de velocidad y los progresos realizados en estos últimos años han sido determinantes en la fabricación de variadores de velocidad económicos.

Los elementos semiconductores como el silicio, tienen una resistividad que se sitúa entre los conductores y los aislantes; sus átomos poseen 4 electrones periféricos; cada átomo se asocia con 4 átomos próximos para formar una estructura estable con 8 electrones.

Un semiconductor de tipo P se obtiene añadiendo al silicio puro una pequeña cantidad de un elemento que posea 3 electrones periféricos; le falta por tanto un electrón para formar una estructura de 8 electrones, lo que se convierte en un exceso de carga positiva.

4.8 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

En el mercado actual ya pueden encontrarse equipos de automatización y control con variadores de velocidad de distintas marcas con reconocimiento internacional. Los variadores de velocidad se presentan comercialmente por familias de acuerdo al rango de potencia, así por ejemplo la familia micro integra equipos compactos para bajas potencias de 0.25kw a 5.5kw, dotados de protocolo Modbus con 3 opciones de configuración.⁶

La implementación de estas nuevas tecnologías se basan por ejemplo en estrategias como programar un autómatas elegido en el mercado con especificaciones precisas, para enviar comandos de velocidad al variador, también elegido por una determinada empresa o comprador; para ello deben introducirse previamente en el variador una serie de configuraciones con el objetivo de garantizar la correcta comunicación, acción contenida en los manuales de usuario.

Las comunicaciones serie empleadas para controlar el variador como dispositivo esclavo desde el PCL, se basan en el empleo de protocolos que mediante códigos especiales registran información básica desde la dirección del esclavo, códigos de función en escritura y lectura, número de bytes transmitidos, número de datos escritos en registros, entre otros.

En el laboratorio Remoto de Automática de la Universidad de León se cuenta con un equipo formado por un variador controlado por un autómatas mediante red Profibus manejable a través de la red Ethernet; cualquier usuario registrado será capaz de actuar sobre el variador, dándole arranque, parándolo, fijando el tiempo de aceleración, invirtiendo el sentido de giro del motor, etc.⁷

La tecnología actual ha desarrollado una configuración que permite controlar un variador de frecuencia mediante un autómatas que recibe órdenes internet, de una interfaz remota. Para ello se ha configurado el variador, programado el autómatas para el control del variador; la red de comunicación entrambos (Profibus) y la red entre el autómatas y la interfaz remota (Ethernet).

Con este adelanto pueden realizarse operaciones en las interfaz remota desde el arranque o paro del motor, cambio de sentido de giro del motor, incremento – decremento de la velocidad de giro del motor, selección de tiempo de rampa, habilitación-des habilitación de la inyección de corriente continua para actuar como carga.

⁶ Pomares Baeza Jorge. Práctica II. Control de velocidad mediante el autómatas CP1L y el variador MX2 de Omron. Grupo de innovación educativa en automática. Recuperado 2.013 Disponible en <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18967/1/Practica2.pdf>

⁷. Control remoto y monitorización de motores. Laboratorio remoto de automática Recuperado 2013. Disponible en <http://lra.unileon.es/es/content/sistemasf%C3%ADsicos/variadores>

Debido a la variedad de usos de estos equipos y a las diferencias entre equipos de estado sólido y equipos electromecánicos, el usuario y las personas responsables de la implementación de este equipo deben estudiar las especificaciones para estar seguros de adquirir el indicado para la aplicación y servicio requerido, pues de lo contrario exponen los equipos a daños indirectos.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE ESTUDIO

El abordaje de la instalación de un variador de velocidad de marca y modelo específico como es el Altivar 12 tecnomecanique y todos los dispositivos y conexiones que se requieren para asegurar su entrada en operación es una investigación que planteada como de tipo de estudio calificado, porque involucra diversos espacios para su ejecución, desde el aula de clases y los laboratorios así como los diversos ámbitos de estudio que permiten establecer un nivel de conocimiento relativo sobre esta tecnología.

5.2 MÉTODO

Esta investigación plantea la utilización de dos métodos de investigación; el primero de ellos es la observación científica a través de la cual se registraron datos básicos para este estudio como los inconvenientes pedagógicos del laboratorio de máquinas I, que afecta de manera específica a docentes y estudiantes; la observación es un instrumento universal de los científicos que permite conocer una realidad a partir de la percepción de los objetos y fenómenos. Para el caso concreto de esta investigación la observación se mantiene durante todo el proceso previo de preparación, instalación y relación con los equipos instalados para documentar la evolución del proceso.

Se recurre además al método de investigación aplicada porque se verifica una puesta en marcha de los conocimientos y experiencias recopiladas hasta el momento para ejecutar todo el proceso de modificación, implementación y conexión de una serie de equipos a partir de los cuales se alcanza el objetivo formulado.

5.3 POBLACIÓN

Se instala el variador principal de velocidad Altivar telemecanique para contribuir a los procesos de estudio de los estudiantes que realizan prácticas en el laboratorio de máquinas I, así como para los docentes que llevan a cabo los procesos de formación asociados a la tecnología electromecánica.

5.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

El proceso se llevó a cabo mediante el análisis detallado de los inventarios de equipos que permiten llevar a cabo las labores de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de máquinas I en el TPBIU, así como diálogos, observaciones y análisis de las limitaciones y dinámicas que se establecen en el estudio de los motores asíncronos y síncronos. La búsqueda de información respecto a las funciones, ventajas y diseño de los variadores de velocidad animó constantemente la primera etapa de esta investigación.

6. RESULTADOS

6.1 ADQUISICIÓN DEL ALTIVAR 12 TELEMECANIQUE

Una de las ejecuciones esperadas de esta investigación es la implementación del variador de velocidad Altivar 12 telemecanique, cuyas características generales se han estudiado sistemáticamente hasta determinar que es el instrumento efectivo y más adaptable a las necesidades pedagógicas del I. U. P. B

Entre los entre los variadores de velocidad que se encuentran en el mercado actual el Altivar 12 telemecanique ha sido reconocido por cientos de usuarios a nivel mundial como un instrumento fácil de usar, altamente eficiente, fiable y robusto porque asegura un funcionamiento adecuado durante un buen período de tiempo.⁸

Este variador es producido y comercializado por la empresa Schneider electric quien ofrece la amplia gama de variadores de velocidad Altivar 18. Es un modelo más con especificaciones precisas.

Distintas redes de usuarios que no encuentran ningún problema particular en el uso de este equipo.

Para algunos usuarios la facilidad de uso es tan evidente que puede tornarse frágil; este dispositivo ha demostrado un nivel de eficiencia ampliamente reconocido en diversos usos industriales.

⁸ Altivar 18 Telemecanique. Groupe Schneider. PDF. pág. 98 Displitop.com Recuperado 2013. Disponible en <http://diplotop.es/evaluacion/SCHNEIDER/ALTIVAR%2018>

6.2 INSTALACIÓN DEL ALTIVAR 12

Figura 12 Altivar 12



Fuente: Fotografía los autores

En primera instancia se fabricará una estructura metálica en la cual se asegurará una lamina de acrílico transparente; esta estructura deberá ser lo suficientemente estable y resistente para las maniobras continuas a las que será sometida, además de tener buena movilidad para facilitar las prácticas.

Luego se instalará el variador y los demás componentes junto con el cableado correspondiente de tal forma que sea fácil su identificación y posterior utilización.

Se programará el variador con parámetros que sean semejantes a las características de los equipos del laboratorio de máquinas I, de igual forma se dejará una guía donde se indique el procedimiento para cambiar los parámetros de programación.

Se realizaran pruebas con distintos equipos del laboratorio de máquinas I, con la finalidad de garantizar un funcionamiento adecuado y seguro.

Los variadores de velocidad en su mayoría contienen piezas y conjuntos vulnerables a las descargas electrostáticas por lo cual se precisa de controlar la presión estática al instalarlos, probarlos, repararlos o hacerlos entrar en funcionamiento. Los errores de cableado o de aplicación tales como tamaño muy pequeño de motor, alimentación de CA incorrecta, temperaturas ambientales excesivas, pueden causar un mal funcionamiento del sistema; a raíz de esto se recomienda que sólo el personal capacitado en el manejo del variador y la

maquinaria correlacionada debe ejecutar la instalación, arranque y posterior mantenimiento del sistema; desconocer esta precaución puede ocasionar lesiones personales o daños al equipo. El proceso de instalación requiere no sólo obtener una serie de además los siguientes ELEMENTOS sino comprender conceptos asociados a su funcionamiento:

6.2.1 Protección termo magnética: Esta tiene la finalidad de proteger todos los equipos conectados por debajo de ella, para evitar el daño a equipos o instalaciones por fallas que podrían ser simples en un principio, pero propagarse sin ningún control.

- La protección contra sobrecargas se efectúa a través de la lámina bimetálica
- (A).-La protección contra cortocircuitos la proporciona el dispositivo magnético (B).
- El disparo térmico se efectúa a través del bimetalo, que es ajustado por medio del tornillo (C) de forma que el bimetalo, al paso de la corriente, se calienta produciéndose un pandeo, que al llegar a determinados valores actúa sobre el mecanismo de contacto móvil (D), dando lugar a la desconexión del interruptor.

La desconexión magnética se regula a través del muelle interno de la bobina (B) y tiene lugar por medio del inducido (E), de forma tal que cuando la fuerza de atracción de la bobina (B) es suficientemente grande, el inducido (E) se desplaza venciendo la resistencia del muelle y actúa sobre el mecanismo de contacto móvil produciendo la desconexión del interruptor.

- La apertura del interruptor (F) y la extinción del arco eléctrico (G) se realizan en cortocircuito con un tiempo inferior a 10 milisegundos. Esta alta velocidad de respuesta garantiza la seguridad en las instalaciones a proteger.

6.3 DESARROLLO DEL MÓDULO

Figura 13 Modulo

Etapa 1



Fuente: Los autores. Fotografía

Tiempo de ejecución 1 día

- Fabricar la estructura metálica donde se instalarán todos los elementos eléctricos.
- Perforar el acrílico de acuerdo a la geometría de los elementos eléctricos a instalar.

Figura 14 Modulo variador

Etapa 2 Ejecución



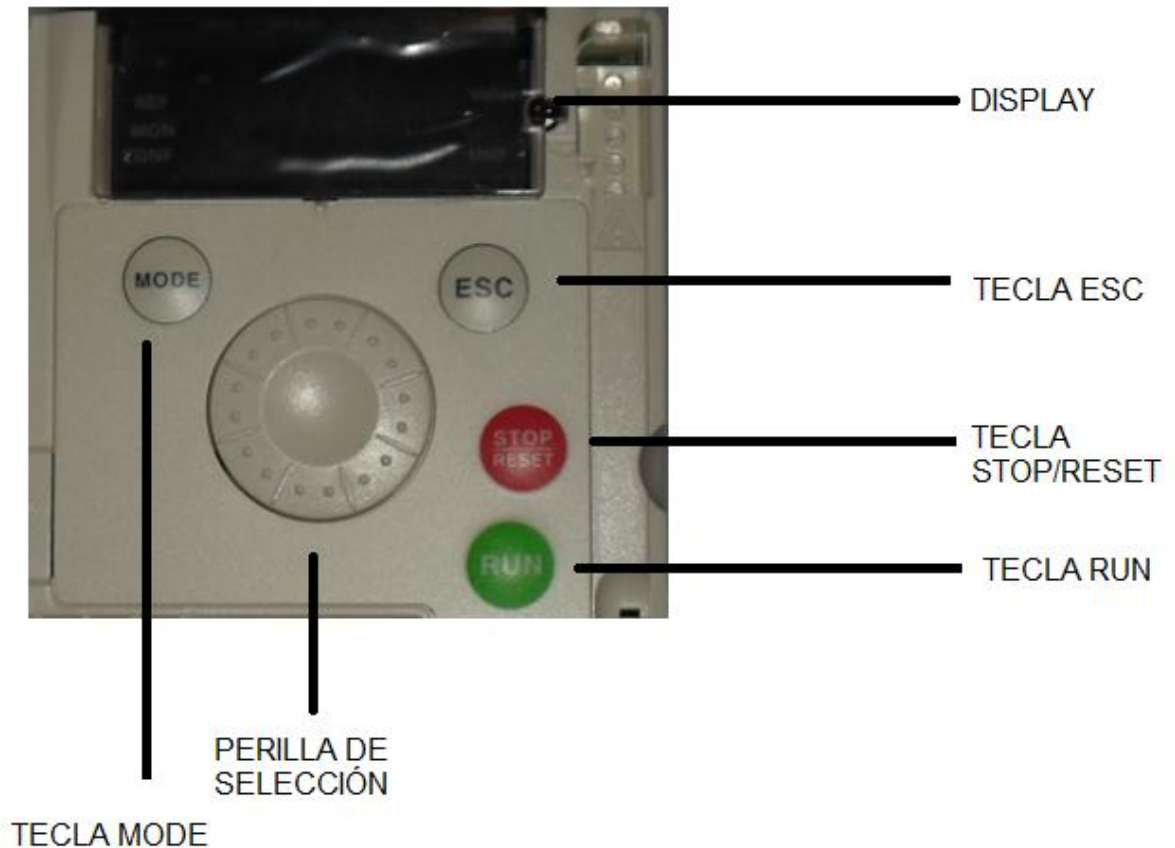
Fuente: Los autores. Fotografía

Tiempo de ejecución 1 día

- Instalar todos los elementos de control y conexión.
- Cablear todos los elementos eléctricos.

6.3.1 Diseño de cálculo

Figura 15 Panel y funciones



Fuente: Los autores Fotografía

Display: En este se visualizan los parámetros y sus valores de calibración, el estado del variador, el estado de las variables (frecuencia, voltaje y corriente) cuando está en modo RUN.

Tecla Mode: Selección de modos

- Modo de referencia
- Modo de monitoreo

- Modo de configuración

Tecla Esc: Anula un valor, un parámetro o un menú para volver a la selección previa.

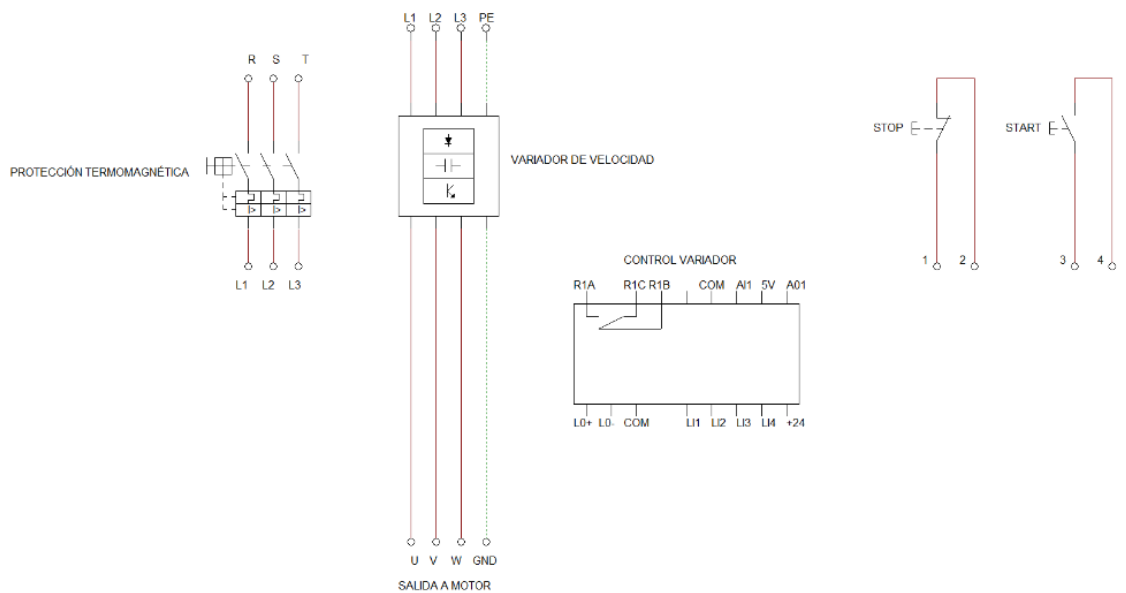
Tecla Stop/Reset: Controla la parada del motor y la eliminación de fallos del variador localmente.

Tecla Run: Controla el funcionamiento del motor localmente si ha sido programado como activo.

Perilla de selección: Con la rotación aumenta o disminuye el valor del parámetro, va al siguiente parámetro y también se puede usar para cambiar de un modo a otro.

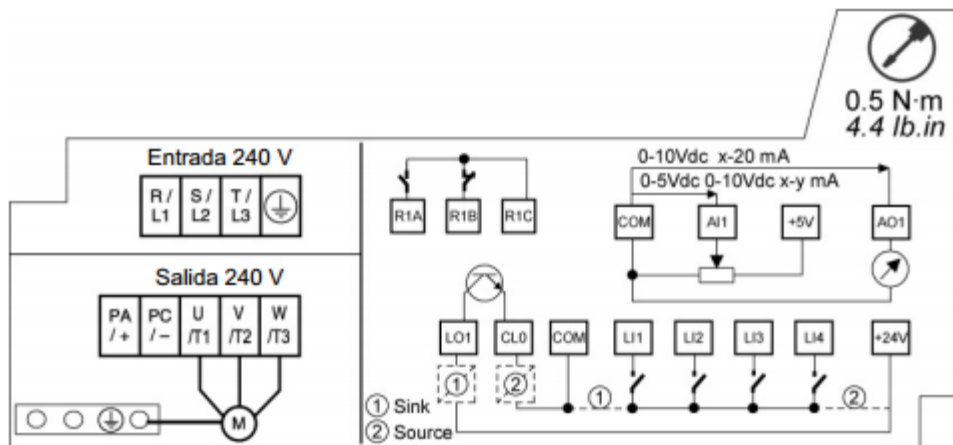
- Presionándolo guarda el valor actual, selecciona el valor.
- También se puede usar como potenciómetro en modo local.

Figura 16 Plano eléctrico



Fuente: Los autores

Figura 17 Etiqueta de cableado



Fuente: Los autores

Figura 18 Borneros de control

Borneros de control

Características y funciones de los borneros de control

Bornero	Función	Características eléctricas
R1A	Contacto NA del relé	Poder de conmutación mínima: • 5 mA para 24 V =
R1B	Contacto NC del relé	Poder de conmutación máxima: • 2 A para 250 V ~ y para 30 V = en carga inductiva (cos $\varphi = 0,4$ y L/R = 7 ms)
R1C	Común del relé	• 3 A para 250 V ~ y 4 A para 30 V = en carga de resistencia (cos $\varphi = 1$ y L/R = 0) • Tiempo de respuesta: 30 ms máximo.
COM	Común de las E/S analógicas y lógicas	
AI1	Entrada analógica en corriente o tensión	• Resolución: 10 bits • Precisión: $\pm 1\%$ a 25 °C (77 °F) • Linealidad: $\pm 0,3\%$ (escala plena) • Tiempo de muestreo: 20 ms ± 1 ms Entrada analógica de tensión de 0 a +5 V o de 0 a +10 V (tensión máxima 30 V), impedancia: 30 k Ω Entrada analógica de corriente de x a y mA, impedancia: 250 Ω
5 V	Alimentación eléctrica de consigna para potenciómetro de referencia	• Precisión: $\pm 5\%$ • Intensidad máxima: 10 mA
AO1	Salida analógica de corriente o de tensión (colector)	• Resolución: 8 bits • Precisión: $\pm 1\%$ a 25 °C (77 °F) • Linealidad: $\pm 0,3\%$ (escala plena) • Tiempo de muestreo: 4 ms (máximo 7 ms) Salida analógica de tensión: 0 a +10 V (tensión máxima +1%) • Impedancia de salida mínima: 470 Ω Salida analógica de corriente: x a 20 mA • Impedancia de salida máxima: 800 Ω
LO1	Salida lógica	• Tensión: 24 V (máxima 30 V) • Impedancia: 1 k Ω , máximo 10 mA (100 mA en colector abierto) • Linealidad: $\pm 1\%$ • Tiempo de muestreo: 20 ms ± 1 ms
CLO	Común de la salida lógica (emisor)	
LI1 LI2 LI3 LI4	Entradas lógicas	Entradas lógicas programables • Alimentación eléctrica +24 V (máximo 30 V) • Impedancia: 3,5 k Ω • Estado: 0 si < 5 V, estado 1 si > 11 V en lógica positiva • Estado: 1 si < 10 V, estado 0 si > 16 V o desconectado en lógica negativa • Tiempo de muestreo: < 20 ms ± 1 ms
+24V	Alimentación de +24 V proporcionada por el variador	+ 24 V -15% +20% protegido contra cortocircuitos y sobrecargas. Corriente máxima del cliente disponible 100 mA

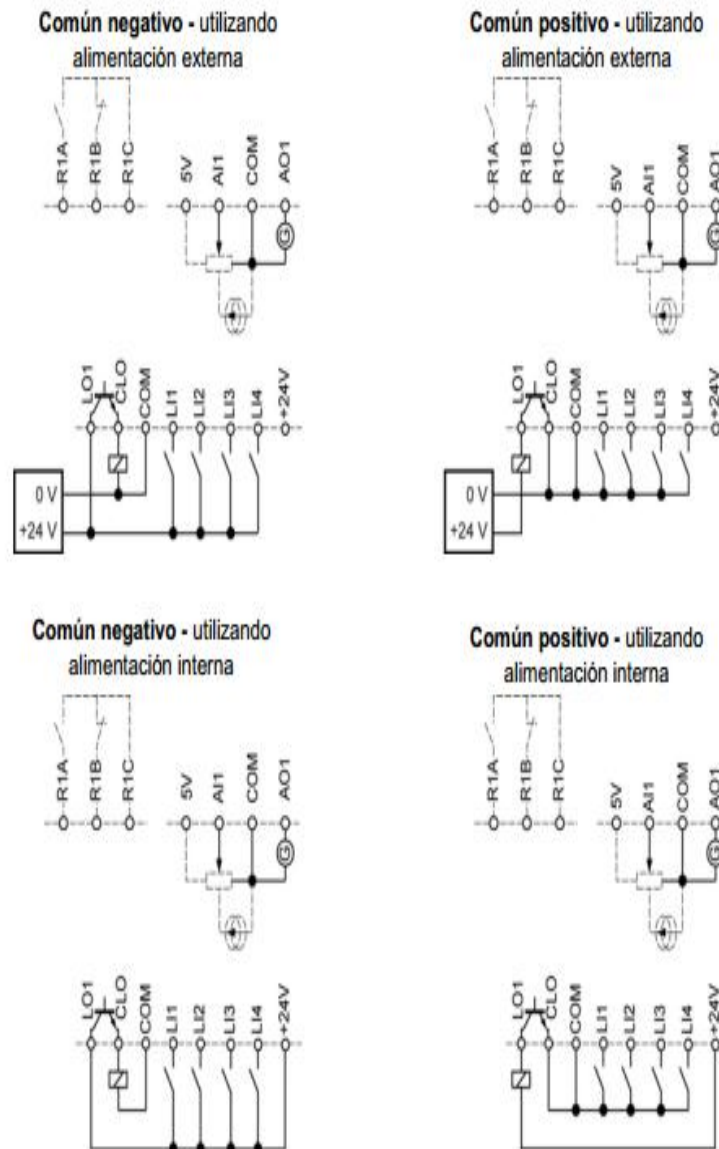
Fuente: Los autores

Figura 19 Diagrama de conexiones de control

Diagrama de conexiones de control

El parámetro **Tipo de entradas lógicas nPL**, página 50, se utiliza para adaptar el funcionamiento de las entradas lógicas a la tecnología de las salidas PLC.

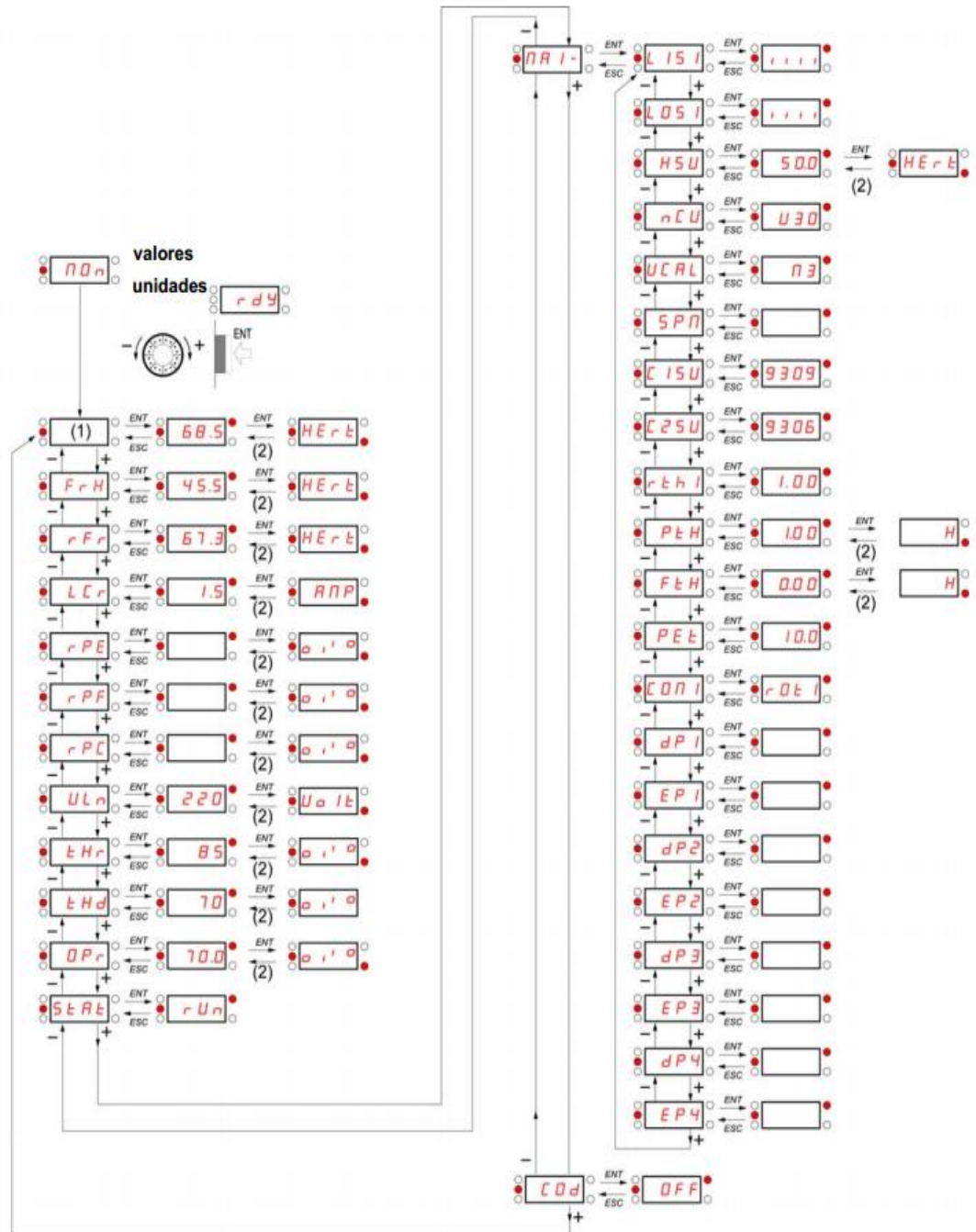
- Ajuste el parámetro a **POS** para funcionamiento en común negativo.
- Ajuste el parámetro a **NEG** para funcionamiento en común positivo.



Fuente: Los autores

Figura 20 Acceso de menús

Acceso a los menús



Fuente: Los autores

Figura 21 Índice de parámetros

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
ACC2	<u>63</u> <u>71</u>	Aceleración 2	s	0.0 a 999.9	-	5 s	
ACC	<u>44</u> <u>62</u>	Aceleración	s	0.0 a 999.9	-	3,0 s	
ADC	<u>65</u>	Inyección DC automática		nO YES Ct	No Sí Continua	YES	
ADD	<u>83</u>	Direc.Modbus		OFF a 247	-	Off	
AI1t	<u>51</u>	Configuración de AI1	-	5U 10U 0A	Tensión Tensión Corriente	5U	
AUI	<u>36</u> <u>38</u> <u>44</u> <u>60</u>	Entrada analógica	%	0 a 100	-	-	
AO1	<u>54</u>	Asignac. AO1		nO OCr OFr OrP OPS OPF OPE OPr tHr tHd	No Intensidad motor Frecuencia de salida Salida de rampa Referencia PID Retorno PID Error PID Potencia de salida Est.térmico motor Estado térmico del variador	nO	
AO1t	<u>54</u>	Configuración AO1		10U 0A 4A	Tensión Corriente Corriente	0A	
Ar	<u>77</u>	Rearranque auto.		nO YES	No Sí	nO	
bFr	<u>44</u> <u>55</u>	Frecuencia estándar del motor	Hz	50 60	-	50 Hz	
brA	<u>63</u>	Asignación adaptación rampa de decel.		nO YES dyrA	No Sí Freno del motor	YES	
C1SU	<u>40</u>	Versión de software de carta 1	-	-	-	-	-
C2SU	<u>40</u>	Versión de software de carta 2	-	-	-	-	-
Cd1	<u>61</u>	Canal control 1		tEr LOC LCC ndb	Terminales Local Terminal remoto Modbus		
CFG	<u>46</u>	Macro configuración	-	-	-	-	-
CHCF	<u>60</u>	Configuración de canales		SIN SEP	Modo Simultáneo Modo Separados	SIM	
CLI	<u>74</u>	Limit. Intensidad	A	0.25 a 1.5	-	1,5 A	

Fuente: Los autores

Continuación

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
CL2	74	Limitación corriente 2	A	0. 25 a 1. 5	-	1,5 A	
COd	42	Código bloqueo terminal	-	OFF On	Código desactivado Código activado	OFF	
CON1	41	Estado de la comunicación Modbus	-	r0t0 r0t1 r1t0 r1t1	-	-	
COS	55	Motor cos phi nominal	-	0. 5 a 1	-	Según el calibre del variador	
CrH1	51	Parámetro de escalado de corriente AI1 de 100%	mA	0 a 20	-	20 mA	
CrL1	51	Parámetro de escalado de corriente AI1 de 0%	mA	0 a 20	-	4 mA	
Ctd	53	Nivel de intensidad del motor	In	0 a 1. 5	-	InV	
Ctt	55	Tipo control motor	-	Std PERF PUNP	Estándar Rendimiento Bomba	Std	
dCF	64	Coef. parada rápida		1 a 10	-	4	
dE2	63	Deceleración 2	s	0. 0 a 999. 9	-	5 s	
dEC	44 62	Deceleración	s	0. 0 a 999. 9	-	3,0 s	
dP1	41	Último fallo detectado 1	-	véase página 93		-	-
dP2	41	Último fallo detectado 2	-	véase página 93		-	-
dP3	42	Último fallo detectado 3	-	véase página 93		-	-
dP4	42	Último fallo detectado 4	-	véase página 93		-	-
drn	82	Funcionamiento degradado de la alimentación de red		n0 YES	No Si	n0	
EP1	41	Estado del variador en el fallo detectado 1	-	-	-	-	-
EP2	42	Estado del variador en el fallo detectado 2	-	-	-	-	-
EP3	42	Estado del variador en el fallo detectado 3	-	-	-	-	-
EP4	42	Estado del variador en el fallo detectado 4	-	-	-	-	-
FbS	70	Factor de escala de retorno PID	PID	0. 1 a 100. 0	-	1,0	
FCS	45	Retorno al ajuste de fábrica/ recuperación de la configuración	-	n0 rEC In In1	No REC IN INI	n0	
FLG	56	Ganancia del bucle de frecuencia	%	0 a 100	-	20%	
FLO	61	Asignación de forzado local		n0 L1H L2H L3H L4H	No L1h L2h L3h L4h	n0	

Continuación

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
FLDC	<u>61</u>	Referencia de forzado local		n0 A11 LCC RIU1	No Bornero Terminal remoto Selector giratorio	n0	
FLr	<u>78</u>	Recuper. al vuelo		n0 YES	No Sí	n0	
Fr1	<u>44</u> <u>60</u>	Canal de referencia 1		A11 LCC ndb RIU1	Bornero Terminal remoto Modbus Selector giratorio	A11	
FrH	<u>36</u>	Referencia velocidad		A11 LCC ndb RIU	Bornero Terminal remoto Modbus Selector giratorio		
FrS	<u>55</u>	Frecuencia nominal del motor	Hz	10 a 400	-	50 o 60 Hz (a bFr)	
FSL	<u>64</u>	Asignación de parada rápida		n0 L1L L2L L3L L4L	Sin asignar L1L: LI1 activo a 0 L2L: LI2 activo a 0 L3L: LI3 activo a 0 L4L: LI4 activo a 0	n0	
Ftd	<u>53</u>	Umbral de frecuencia del motor	Hz	0 a 400	-	50 o 60 Hz	
FtH	<u>41</u>	Visualización del tiempo del ventilador		0. 0 1 a 999	-	-	-
HSP	<u>44</u> <u>76</u>	Velocidad máxima	Hz	LSP a tFr	-	50 o 60 Hz	
HSP2	<u>76</u>	Vel.máxima 2	Hz	LSP a tFr	-	50 o 60 Hz en función de BFr, máx. TFr	
HSP3	<u>76</u>	Vel.máxima 3	Hz	Como HSP2	Como HS2	Como HSP2	
HSP4	<u>76</u>	Vel.máxima 4	Hz	Como HSP2	Como HS2	Como HSP2	
HSU	<u>40</u>	Visualización del valor de la velocidad máxima	-	-	-	-	-
InH	<u>81</u>	Asignación inhibición tras fallo detectado		n0 L1H L2H L3H L4H	Función inactiva L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1	n0	
IPL	<u>80</u>	Pérdida fase red	-	n0 YES	No Sí	YES	
ItH	<u>80</u>	Corriente térmica del motor	A	0. 2 a 1. 5	-	Según el calibre del variador	
JOG	<u>66</u>	Asignación Jog		n0 L1H L2H L3H L4H	Función inactiva L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1	n0	
JPF	<u>68</u>	Frec.Oculto	Hz	0 a 400	-	0 Hz	

Continuación

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
LC2	<u>74</u>	Conmutación de 2ª limitación de intensidad		n0 L1H L2H L3H L4H L1L L2L L3L L4L	Función inactiva L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1 L1L: LI1 activo a 0 L2L: LI2 activo a 0 L3L: LI3 activo a 0 L4L: LI4 activo a 0	n0	
LCr	<u>38</u>	Intensidad motor	A	-	-	-	-
LFLI	<u>81</u>	Comportamiento pérdida 4-20 mA		n0 YES	No Sí	n0	
LFr	<u>38</u> <u>44</u> <u>60</u>	Referencia frecuencia mediante terminal	-	- 400 a 400	-	0	
LISI	<u>40</u>	Estado de las entradas lógicas LI1 a LI4	-	-	-	-	-
LOC	<u>52</u>	Umbral de sobrecarga de la aplicación	% de In	70 a 150	-	90 %	
LOI	<u>52</u>	Asignación LO1		Como r I	Como r I	n0	
LOIS	<u>52</u>	Estado LO1 (nivel activo de salida)		POS NEG	Positivo Negativo	POS	
LOSI	<u>40</u>	Estado de la salida lógica LO1 y del relé R1	-	-	-	-	-
LSP	<u>44</u> <u>75</u>	Velocidad Mínima	Hz	0 a HSP	-	0 Hz	
LUL	<u>53</u>	Umbral de subcarga de la aplicación	% de In	20 a 100	-	60 %	
NPc	<u>58</u>	Elección parámetros motor	-	nPr COS	nPr COS	nPr	
NTN	<u>80</u>	Memoria de estado térmico del motor	-	n0 YES	No Sí	n0	
nCI	<u>84</u>	Valor 1 de la dirección de escritura de Com scanner					
nC2	<u>84</u>	Valor 2 de la dirección de escritura de Com scanner					
nC3	<u>84</u>	Valor 3 de la dirección de escritura de Com scanner					
nC4	<u>84</u>	Valor 4 de la dirección de escritura de Com scanner					
nCA1	<u>83</u>	Parámetro 1 de la dirección de escritura de Com scanner				2135	
nCA2	<u>83</u>	Parámetro 2 de la dirección de escritura de Com scanner				219C	
nCA3	<u>83</u>	Parámetro 3 de la dirección de escritura de Com scanner				0	
nCA4	<u>83</u>	Parámetro 4 de la dirección de escritura de Com scanner					

Continuación

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
nCr	<u>55</u>	Intensidad nominal del motor	A (1)	0. 25 a 1. 5	-	Según el calibre del variador	
nCU	<u>40</u>	Potencia nominal de variador					
nN1	<u>84</u>	Valor 1 de la dirección de lectura de Com scanner					
nN2	<u>84</u>	Valor 2 de la dirección de lectura de Com scanner					
nN3	<u>84</u>	Valor 3 de la dirección de lectura de Com scanner					
nN4	<u>84</u>	Valor 4 de la dirección de lectura de Com scanner					
nNA1	<u>83</u>	Parámetro 1 de la dirección de lectura de Com scanner	-			0C81	
nNA2	<u>83</u>	Parámetro 2 de la dirección de lectura de Com scanner	-			219C	
nNA3	<u>83</u>	Parámetro 3 de la dirección de lectura de Com scanner	-			0	
nNA4	<u>83</u>	Parámetro 4 de la dirección de lectura de Com scanner	-			0	
nPL	<u>50</u>	Tipo de entradas lógicas	-	POS NEG	Positivo Negativo	POS	
nPr	<u>45 55</u>	Pot. nominal motor	kW o HP	-	-	Según el calibre del variador	
nrd	<u>57</u>	Frec.Corte Aleatoria		n0 YES	No Sí	n0	
nSP	<u>55</u>	Vel. nominal motor	rpm	0 a 32767	-	Según el calibre del variador	
nSt	<u>64</u>	Asignación rueda libre		n0 L1L L2L L3L L4L	Función inactiva L1L: LI1 activo a 0 L2L: LI2 activo a 0 L3L: LI3 activo a 0 L4L: LI4 activo a 0	n0	
OLL	<u>80</u>	Gestión de fallos de sobrecarga del motor	-	n0 YES	No Sí	YES	
OPL	<u>80</u>	Pérdida fase motor	-	n0 YES	No Sí	YES	
OPr	<u>38</u>	Potencia de salida	%	-	-	-	-
PAU	<u>72</u>	Asignación manual/auto PID		n0 L1H L2H L3H L4H	Función inactiva L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1	n0	
PEt	<u>41</u>	Tiempo transcurrido del proceso	0,01	-	-	-	-
PFL	<u>57</u>	Corriente de magnetización	%	0 a 100		20%	
PIC	<u>72</u>	Inversión de la corrección PID	-	n0 YES	No Sí	n0	

Continuación

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
P 1 F	<u>70</u>	Retorno PID		n0 R 1 1	No Bornero	n0	
P 1 I	<u>70</u>	Activación de la referencia interna PID		n0 Y E 5	No Sí	n0	
P 1 N	<u>72</u>	Referencia manual PID		n0 R 1 1 R 1 U	No Bornero AIV	n0	
P r 2	<u>70</u>	Asignación de 2 PID preselec.	-	n0 L 1 H L 2 H L 3 H L 4 H	Función inactiva L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1	n0	
P r 4	<u>70</u>	Asignación de 4 PID preselec.		P r 2	Como Pr2	n0	
P r P	<u>71</u>	Rampa de referencia PID	s	0 a 99. 9	-	0 s	
P 5 2	<u>68</u>	2 Vel. preselecc.		n0 L 1 H L 2 H L 3 H L 4 H	Función inactiva L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1	n0	
P 5 4	<u>68</u>	4 Vel. preselecc.		P 5 2	Como P 5 2	n0	
P 5 8	<u>68</u>	8 Vel. preselecc.		P 5 2	Como P 5 2	n0	
P 5 t	<u>60</u>	Stop Prioritario		n0 Y E 5	No Sí	YES	
P t H	<u>41</u>	Visualización del tiempo del equipo en tensión		0. 0 1 a 999	-	-	-
r 1	<u>51</u>	Asignación R1	-	n0 F L t r U n F t R F L A C t A S r A t S A U L A D L A R P 1	Sin asignar Ningún error detectado Marcha del radiador Umbral de frecuencia alcanzado Velocidad máxima alcanzada Umbral de intensidad alcanzado Referencia de frecuencia alcanzada Umbral térmico del motor alcanzado Alarma de subcarga Alarma de sobrecarga AI1 AI. 4-20	FLt	
r d G	<u>70</u>	Ganancia deriv. PID		0. 00 a 100. 00	-	0,00	
r F r	<u>38</u>	Frecuencia de salida	Hz	-	-	-	
r I G	<u>70</u>	Ganancia Int.(PID)		0. 0 1 a 100	-	1	
r I n	<u>60</u>	Inhibición marcha atrás		n0 Y E 5	No Sí	n0	

Continuación

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
rP2	<u>71</u>	Referencia de 2 PID preselec.	%	0 a 100	-	25%	
rP3	<u>71</u>	Referencia de 3 PID preselec.	%	0 a 100	-	50%	
rP4	<u>71</u>	Referencia de 4 PID preselec.	%	0 a 100	-	75%	
rPC	<u>38</u>	Referencia PID	-	-	-	-	-
rPE	<u>38</u>	Error PID	-	-	-	-	-
rPF	<u>38</u>	Retorno PID	-	-	-	-	-
rPG	<u>70</u>	Ganancia proporcional PID		0.01 a 100	-	1	
rPH	<u>71</u>	Valor máximo de referencia PID	% PID	0 a 100	-	100%	
rPI	<u>71</u>	Referencia interna PID	% PID	0 a 100	-	0%	
rPL	<u>71</u>	Valor mínimo de referencia PID	% PID	0 a 100	-	0%	
rPr	<u>82</u>	Rearme de la tensión		n0 FtH	Función inactiva Rearme de la visualización del tiempo del ventilador	n0	
rPS	<u>62</u>	Conmutación rampa		n0 L1H L2H L3H L4H L1L L2L L3L L4L	Sin asignar L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1 L1L: LI1 activo a 0 L2L: LI2 activo a 0 L3L: LI3 activo a 0 L4L: LI4 activo a 0	n0	
rPt	<u>62</u>	Asignación en forma de rampa		LIn S U	Lineal Forma de S Forma de U	LIn	
rR5	<u>64</u>	Dirección marcha atrás	-	n0 L1h L2H L3H L4H	Función inactiva L1h activo a 1 L2h activo a 1 L3h activo a 1 L4h activo a 1	n0	
rSF	<u>77</u>	Asignación rearme tras fallo detectado	-	n0 L1H L2H L3H L4H	Función inactiva L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1	n0	
rSL	<u>72</u>	Nivel de rearmado PID	%	0 a 100	-	0%	
rTtH1	<u>41</u>	Visualización del tiempo de marcha	0,01 h	0.01 a 999	-	-	-
SCS	<u>45</u>	Grabación configuración	-	n0 Sbr1	No Sí	n0	
SdC1	<u>65</u>	Corriente de inyección DC automática	A	0 a 1.2		0,7 A	
SFr	<u>57</u>	Frecuencia de conmutación	kHz	2 a 16	-	12	
SFS	<u>71</u>	Velocidad comienzo PID	-	n0 a 400	-	n0	
SFt	<u>57</u>	Tipo de frecuencia de conmutación	-	HF1 HF2	HF1 HF2	HF1	

Continuación

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
SH2	<u>76</u>	Asignación 2 HSP	-	n0 L1H L2H L3H L4H	No L1h: LI1 activo a 1 L2h: LI2 activo a 1 L3h: LI3 activo a 1 L4h: LI4 activo a 1	n0	
SH4	<u>76</u>	Asignación 4 HSP	-	Como SH2	Como SH2	n0	
SLL	<u>82</u>	Gestión de fallos Modbus		n0 YES	No Sí	YES	
SLP	<u>56</u>	Compens.Desliz.	% de nSL	0 a 150	-	100%	
SP2	<u>68</u>	Vel. preselecc.2	-	-	-	-	-
SP3	<u>68</u>	Vel. preselecc.3	-	-	-	-	-
SP4	<u>68</u>	Vel. preselecc.4	-	-	-	-	-
SP5	<u>68</u>	Vel. preselecc.5	Hz	0 a 400	-	25 Hz	
SP6	<u>68</u>	Vel. preselecc.6	Hz	0 a 400	-	30 Hz	
SP7	<u>68</u>	Vel. preselecc.7	Hz	0 a 400	-	35 Hz	
SP8	<u>68</u>	Vel. preselecc.8	Hz	0 a 400	-	40 Hz	
SPn	<u>40</u>	Número del producto específico	-	-	-	-	-
StA	<u>56</u>	Estabilidad del bucle de frecuencia	%	0 a 100	-	20%	
StARt	<u>39</u>	Estado del variador	-	-	-	-	-
StN	<u>81</u>	Tiempo de rampa de deceleración por subtensión	s	0. 0 a 10. 0	-	1,0 s	
StP	<u>81</u>	Prevención de subtensión	-	n0 rNP	No Paro rampa	n0	
StPt	<u>81</u>	Test IGBT		n0 YES	No Sí	n0	
Stt	<u>64</u>	Tipo de parada		rNP FSt nSt	Paro rampa Parad.rápida Rueda libre	rMP	
tAr	<u>77</u>	Tiempo máx. de re arranque automático		5 10 30 1H 2H 3H Ct	5 min 10 min 30 min 1 h 2 h 3 h Infinito	5 min	
tbr	<u>83</u>	Vel. trans.Modbus		4. 8 9. 6 19. 2 38. 4	4800 Bd 9,6 Bd 19,2 Bd 38,4 Bd	19,2 Bd	
tCC	<u>47</u>	Tipo de control	-	2C 3C	Control 2 hilos Control 3 hilos	2C	
tCt	<u>50</u>	Tipo control 2 hilos	-	LEL trn PF0	Nivel Transición Prioridad de la marcha hacia delante	trn	

Continuación

Código	Página	Nombre	Unidad	Valor posible/Función		Ajustes de fábrica	Ajustes de usuario
t d C I	<u>65</u>	Tiempo de inyección DC automática	s	0. 1 a 30		0,5 s	
t F D	<u>83</u>	Formato Modbus	-	8o 1 8E 1 8n 1 8n 2	8o1 8E1 8n1 8n2	8E1	
t F r	<u>55</u>	Frecuencia máxima	Hz	10 a 400		60 o 72 Hz (a bFr)	
t H d	<u>38</u>	Estado térmico del variador	-	-	-	-	-
t H r	<u>38</u>	Est. térmico motor	%	-	-	-	-
t H t	<u>80</u>	Tipo de protección del motor	-	A C L F C L	Autoventilado Ventilado por motor	ACL	
t L S	<u>72</u> <u>75</u>	Tiempo de funcionamiento a velocidad mínima	s	0. 1 a 999. 9	-	n0	
t O L	<u>52</u>	Retardo por sobrecarga de la aplicación	s	0 a 100	-	5 s	
t t d	<u>53</u>	Umbral del estado térmico del motor	% de tHr	0 a 118		100%	
t t O	<u>83</u>	Timeout Modbus	-	0. 1 a 30	-	10	
t U n	<u>58</u>	Autoajuste	-	n 0 Y E S d O n E	No Sí Realizado	n0	
U F r	<u>56</u>	Compensación RI (ley U/F)	%	25 a 200	-	100%	
U L n	<u>38</u>	Tensión de red	V	-	-	-	-
U L t	<u>53</u>	Retardo por subcarga de la aplicación	s	0 a 100	-	5 s	
U n S	<u>55</u>	Tensión nominal del motor	V	100 a 480	-	230 V	
U P P	<u>73</u>	Umbral de rearmar	%	0 a 100	-	0	
U S b	<u>81</u>	Gestión de fallos de subtensión	-	0 1	Fallo detectado + R1 abierto Fallo detectado + R1 cerrado	0	
U C R L	<u>40</u>	Tensión nominal de variador	-	-	-	-	-

Fuente: Los autores

6.4 EL CIRCUITO DE CONTROL DE PARO-MARCHA

Este circuito incluye componentes de estado sólido por lo cual si existe el contacto accidental con máquinas en movimiento o escapes accidentales de líquidos, gases o sólidos, se requiere un circuito adicional de parada para desconectar la alimentación de la línea de CA al variador, con lo cual habrá una pérdida del efecto de frenado regenerativo inherente y el motor realizará un paro libre. Es posible incluso que sea necesario un método de frenado auxiliar.

Cualquier sistema de desconexión fijado a los terminales de salida U, V y W del variador de velocidad debe ser capaz de detenerlo si se produce una apertura durante su operación, porque en tal caso, el variador continuará produciendo

voltaje de salida en el circuito del motor abierto, causando la posibilidad de una descarga eléctrica.

El esquema de cableado de control por defecto es control de “3cables” aunque también se puede programar el variador de velocidad para que funcione usando el esquema de cableado de control de “funcionamiento de avance/marcha/retroceso de 2 cables” para lo cual es preciso instalar un puente entre determinados terminales, lo cual se denomina “habilitación”. Si se ha verificado un cambio de esquema es necesario desconectar y volver a conectar la tensión al variador de velocidad para que el cambio se haga efectivo puesto que las funciones de arranque y dirección inversa funcionan distintas en los dos modos.

El variador de velocidad puede incluso ponerse en marcha desde cualquier adaptador (HIM o dispositivo en serie) y funcionará según la última dirección ordenada, a menos que las funciones de arranque, funcionamiento por impulsos e inversión de giro de dicho adaptador hayan sido desactivadas, se puede emitir un comando de parada desde cualquier adaptador en cualquier momento.

6.5 SEÑALES DE ARRANQUE EN EL VARIADOR

El variador de velocidad se ha diseñado para asegurar un arranque simple y eficiente; los parámetros programables están agrupados de manera lógica de modo que la mayoría de los arranques puedan realizarse ajustando los parámetros de un solo grupo; las características y ajustes avanzados están agrupados separadamente; esto elimina la necesidad de parar por parámetros innecesarios en el arranque inicial.

El variador de velocidad admite ser comandado por señales de entrada de control para arrancar o detener el motor, en vista de esto no deben usarse otros dispositivos que de manera rutinaria desconecten y luego vuelvan a conectar potencia de línea al variador con el fin de arrancar y parar el motor. Si fuera necesario usar este método para arrancar y parar o si es inevitable la desconexión y reconexión constantes, hay que asegurarse de no hacerlo más de una vez en un minuto.

6.6 ALTIVAR 12

El HIM, cuando se entrega preinstalado se ubica en el panel frontal del variador de velocidad. El módulo tiene dos secciones: un panel de visualización que ofrece un

medio para programar el variador de velocidad y ver los distintos parámetros de operación y un panel de control que es el interfaz de operador para el variador.

Al pulsar la tecla enter en el panel de control, se seleccionará un grupo de parámetros o se introducirá un parámetro en la memoria. Después que un parámetro ha sido introducido en la memoria la línea superior de la pantalla se activará automáticamente permitiendo que otro parámetro o grupo pueda ser escogido. El Him no sólo puede instalarse directamente en el variador de velocidad sino que puede usarse como programador portátil o puede instalarse en la parte frontal de un armario.

Todos los parámetros requeridos para cualquier función dada del variador de velocidad estarán contenidos en un grupo eliminando la necesidad de cambiar grupos para terminar una función; para usuarios que no tienen HIM instalado el variador puede usarse con los valores por defecto de cada parámetro o bien, modificando los valores de parámetros usando el puerto serie.

El parámetro que se uso por defecto para fuente de frecuencia y control de aceleración-deceleración es Selecdefrec1, Tiempoacel1, Tiempodecel1; sin embargo se pueden obtener una serie de fuentes de frecuencia y combinación diferentes de aceleración-deceleración controlando el estado de SW1, SW2 y SW3; en el bloque terminal de control y los parámetros Predet/2^a.acel y Presel superior.

La función de programar parámetros admite una amplia gama de tarea como almacenar los fallos que se produjeron en la operación, regresar al estado disponible; efectuar el cálculo de si al exceder el valor en límite corriente, puede causar un fallo e incluso de pueden programar parámetros para mostrar qué condición de alarma está presente cuando el bit del estado variador está alto.
Conectividad del variador de velocidad.

Un factor importante en la implementación del equipo es establecer la distancia adecuada de conexión para los adaptadores y conexiones por cable. Un adaptador es cualquier dispositivo conectado al puerto serie del variador de velocidad el cual admite la comunicación hasta con 5 dispositivos; los más comunes son:

- Módulos interfases de operador
- Módulos de comunicación

- Dispositivos de adaptaciones futuras

El acceso a la red es controlado por un algoritmo del tipo Concurrent Time Domain Múltiple Access (CTMDA) que controla los datos enviados en los intervalos programados; los protocolos de comunicación se ofrecen ahora como productos para la automatización basados en la estrategia para asignar una dirección a cada controlador, reconociendo el mensaje direccionado para él, determina la clase de acción a tomar y extrae datos de otras informaciones contenidas en un mensaje. Si una respuesta es requerida el controlador debería construir el mensaje de respuesta y enviarlo usando el mismo protocolo.

Los controladores se comunican usando la tecnología maestro-esclavo en la cual sólo un dispositivo (máster) puede iniciar la transacción (querer) los otros dispositivos responden a la solicitud del máster.

La tecnología digital permite actualmente que los variadores de velocidad de motores formen parte de un sistema de control en el cual intervienen no sólo como actuadores, sino incluso, en muchas circunstancias, como el controlador de un proceso. A raíz de este hecho, la especificación de los mismos puede integrar, además de los parámetros eléctricos a manejar como potencia y tensión sus capacidades de control y comunicación específicas en una red industrial.⁹

⁹ Laboratorio remoto de automática. Control remoto y monitorización de motores. Recuperado el 2 de junio de 2013. Disponible en <http://ra.unileon.es/es>

CONCLUSIONES

El motor de inducción, destacado por su robustez, menor costo, confiabilidad y versatilidad constituye en sí mismo una pieza fundamental para comprender la evolución tecnológica alcanzada por el hombre y específicamente el dominio que éste ha logrado de las corrientes eléctricas en la electrodinámica y la utilización de los campos magnéticos.

En el motor asíncrono se actualizan no sólo principios básicos para la formación tecnológica como la ley de inducción de Faraday, el efecto motor Laplace y las corrientes de Foucault sino el campo de la conectividad que implica una amplia gama de dispositivos para interfaz, el trabajo en red, los protocolos de comunicación y la automatización.

La conexión de un motor trifásico a un variador de velocidades es avance tecnológico para tener control sobre factores como la corriente nominal, la fase de arranque, el estado de reposo del rotor, los ciclos de aceleración/deceleración así como alternativas ante la caída de tensión provocada por la impedancia de las líneas de transporte.

El variador de velocidad es un dispositivo o sistema de dispositivos de carácter mecánico, hidráulico, eléctrico o electrónico que controla la velocidad giratoria del motor, adecuándose a sus características; ofrece ventajas para incrementar la productividad, la calidad de la terminación del producto y la seguridad de personas y bienes; está presente en una amplia gama de aplicaciones industriales como ventiladores, equipos de bombeo, mecanismos de elevación, trenes laminadores, tornos y fresadoras, bandas y transportadores industriales.

Los variadores de velocidad o variadores de frecuencia, debido a su operación segura y sencilla, a su alta funcionalidad y a las múltiples operaciones que pueden realizar, son fundamentales para la calidad, tiempo de ejecución, sistemas de control y ahorro de energía que hacen posible los procesos industriales.

En el mercado actual ya pueden encontrarse equipos de automatización y control compatibles con variadores de velocidad de distintas marcas y potencias cuyo objetivo es programar un autómatas para enviar comandos de velocidad al variador, de cambio en el sentido de giro de un rotor para lo cual deben introducirse previamente en el variador una serie de configuraciones para que los protocolos operen de forma correcta.

RECOMENDACIONES

Debido a la variedad de usos de los variadores de velocidad y a las diferencias entre equipos de estado sólido y equipos electromecánicos, el usuario y las personas responsables de su implementación deben estudiar las especificaciones para estar seguros de adquirir el indicado para la aplicación y servicio requerido, pues de lo contrario exponen los equipos a daños indirectos.

Incrementar el interés, el estudio y la implementación de equipos controlados por un autómata mediante códigos y protocolos de comunicación es el camino para que en el TPBIU se proyecten nuevos campos de formación que posiciones a la Entidad de la misma manera que otras universidades como la de León cuenta con un laboratorio Remoto de Automática con un equipo formado por un variador.

La implementación y puesta en marcha de los variadores de velocidad conllevan a una rigurosa observación de fenómenos como la distorsión de alta tensión y los transitorios de alta energía (relativamente de baja frecuencia) característicos de la conmutación de condensadores de la compañía eléctrica pues de ellos depende que el variador se torna culpable de situaciones de baja calidad eléctrica o una carga víctima.

La implementación de un variador de velocidad en el laboratorio de una institución universitaria como el Tecnológico Pascual Bravo debe ser entendido como un acto educativo de gran importancia pedagógica puesto que se trata de un proceso que requiere no sólo adecuar equipos sino evaluar los componentes, máquinas en movimiento o posibilidad de escapes accidentales de líquidos, gases o sólidos, así como el manejo de circuitos adicionales de parada y sistemas de cableado de control, procesos que se convierten en una oportunidad constante de formación y práctica para los estudiantes.

CIBERGRAFÍA

ARRANQUE. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://www.tuveras.com/maquinaasincrona/motorasincrono7.htm>

_____ de motores asíncronos trifásicos. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://www-app.etsit.upm.es/departamentos/teat/asignaturas/lab-ingel/arranque%20motor%20asinc%20trifas.pdf>

AUTOMATIZACIÓN y control. Recuperado 2013. Disponible en:
http://www.producel.com/esp/html/productos/automatizacionycontrol/variadores_de_velocidad.html

BOTÓN de inicio y fin. Recuperado. 2013 Disponible en:
http://es.123rf.com/photo_3095450_start-and-stop-button.html

CONCEPTOS básicos sobre el uso de los motores de inducción trifásicos
Recuperado 2013. Disponible en:
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/icg-wp000_-es-p.pdf

CÓMO afectan los variadores de velocidad a la distribución de la alimentación eléctrica. Recuperado 2013 Disponible en:
<http://www.fluke.com/fluke/ares/soluciones/calidad-potencia/notas-de-aplicacion/como-afectan-los-variadores-de-velocidad-a-la-distribucion-de-alimentacion-electrica.htm>

CONECTOR banana Recuperado 2013 Disponible en:
<http://es.radioshack.com/product/index.jsp?productId=2991085>

CONTROL y comunicación con variadores de velocidad. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://www.tecsup.edu.pe/home/curso-y-programas-de-extension/cursos-y-programas-de-extension/?sede=L&padre=3014&detail=19146>

CONTROL remoto y monitorización de motores. Laboratorio remoto de automática Universidad de León Recuperado 2013. Disponible en:
<http://ira.unileon.es/es/content/sistemasf%C3%ADsicos/variadores>

CONTROL y comunicación con variadores de velocidad. Recuperado 2013. Disponible en:

<http://www.tecsup.edu.pe/home/curso-y-programas-de-extension/cursos-y-programas-de-extension/?sede=L&padre=3014&detail=19146>

DATOS motores eléctricos de inducción. Recuperado 2013. Disponible en:

<http://www.epro.es/resources/Datos+el%C3%A9ctricos+de+inter%C3%A9s.pdf>

DIAGNÓSTICO en tiempo real de fallos en motores eléctricos alimentados desde variadores de frecuencia mediante inyección de una señal de alta frecuencia (BRB)", referencia: PB02-055. Recuperado 2013 Disponible en:

<http://isa.uniovi.es/~fernando/BRB.htm>

ELECTRICIDAD/ electricitat. Características de los motores de inducción asíncrona. Recuperado 2013. Disponible en:

<http://electricidad-viatger.blogspot.com/2008/09/characterstics-de-los-motores-de.html>

ELECTROBROCHES. Recuperado 2013 Disponible en:

<http://www.usinages.com/electricite-variateurs-convertisseurs-moteurs/explication-pour-branchement-altivar-3kw-380v-t31563.html>

FRANCO Mejía Edison.(2008) RAMÍREZ Scarpetta. Observabilidad de la velocidad en motores de inducción de alto desempeño dinámico. Universidad del Valle. Recuperado 2013. Disponible en:

<http://dyna.unalmed.edu.co/ediciones/155/articulos/a01v75n155/a01v75n155.pdf>

FOTO de archivo. Fondo blanco de rotor. Recuperado 2013 Disponible en:

http://es.123rf.com/photo_8919196_fondo-blanco-de-rotor-aislado-de-motor-electrico.html

GONZALEZ María José. Motores eléctricos de corriente alterna. Departamento de Tecnología. Recuperado 013. Disponible en:

<http://iesdionisioaguado.org/joomla/images/tecnologias/tecnoin2bach/motca.pdf>

INTERRUPTORES termomagnéticos. Recuperado 2013. Disponible en:

<http://ingenieroovidio.blogspot.com/2012/04/interruptores-termomagneticos-y.html>

LABORATORIO remoto de automática. Control remoto y monitorización de motores. Recuperado 2013. Disponible en:
[http://ira.unileon.es/eshttp://ira.unileon.es/es/content/sistemasf%C3%ADsicos/varia
dores](http://ira.unileon.es/eshttp://ira.unileon.es/es/content/sistemasf%C3%ADsicos/varia
dores)

MOTOR asíncrono. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://www.tuveras.com/maquinaasincrona/motorasincrono1.htm>

_____ Asíncrono. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-asincrono/motor-asincrono.shtml>
MOTOR asíncrono trifásico. Recuperado el 2 de junio de 2013. Disponible
en:[http://www-app.etsit.upm.es/departamentos/teat/asignaturas/lab-
ingel/motor%20asincrono%20trifasico.pdf](http://www-app.etsit.upm.es/departamentos/teat/asignaturas/lab-
ingel/motor%20asincrono%20trifasico.pdf)

MOTORES asíncronos trifásicos. Slideshare. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://www.slideshare.net/aicvigo1973/motores-asncronos-trifisicos>

MANUAL de motores eléctricos. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://www.ing.unlp.edu.ar/cys/DI/manual%20de%20motores%20electricos.pdf>

MOSCONI. Osvaldo Transformadores trifásicos. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://wordexplorer.com/Transformadores-Trifasicos>

-----Osvaldo. Motor trifásico. Recuperado 2013. Disponible en:
[http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/mageinstelectricas/MOTOR%20ASINCRON
ICO.pdf](http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/mageinstelectricas/MOTOR%20ASINCRON
ICO.pdf)

POMARES Baeza Jorge. Práctica II. Control de velocidad mediante el autómatas CP1L y el variador MX2 de Omron. Grupo de innovación educativa en automática. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18967/1/Practica2.pdf>

REDES, control Net y modbus plus y resumen de redes. Recuperado 2013
Disponible en:
[http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-redes-
industriales/item/283-redes-controlnet-y-modbus-plus-y-resumen-de-redes.html](http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-redes-
industriales/item/283-redes-controlnet-y-modbus-plus-y-resumen-de-redes.html)

START-Stop. En los variadores de velocidad. Recuperado 2013. Disponible en:

<http://mx.rsdelivers.com/product/eao/44771201/illuminated-start-stop-indicator-switch/2259311.aspx>

TERMOMAGNÉTICA tripolar Steck - 2A - 3kA - DIN - Curva C. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://www.gama-me.com/materiales-electricos/disyuntor-es-y-termomagneticas/termomagnetica-tripolar-steck-2a-3ka-din-curva-c>

VARIADORES de velocidad Danfoss S.A Recuperado 2013 Disponible en:
http://www.editorssl.com.ar/revistas/22anuario/aplicaciones_y_componentes_variadores_de_velocidad_danfoss

VARIADORES de velocidad. El rincón del vago. Recuperado 2013. Disponible en:
<http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>