

INTERFACE FOR SELECTION OF SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTORS**INTERFAZ PARA LA SELECCIÓN DE MOTORES DE JAULA DE ARDILLA**

Ing. Libardo Enrique Pineda Hernández, Ing. Luis David Pabón Fernández
MSc. Jorge Luis Díaz Rodríguez

Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos.
Ciudadela Universityaria, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
Tel.: (+577) 568 5303, Ext. 164.
E-mail: jdiazcu@gmail.com, {davidpabon, liboph}@hotmail.com

Abstract: This paper an algorithm for the selection of three-phase squirrel cage induction motor was developed, based on the knowledge of the application. The algorithm implemented in Microsoft Excel part of a developed methodology taking into account certain factors influencing the selection of motors. This is to provide a practical tool to minimize failures due to poor selection and ensure the service continuity.

Keywords: Algorithm, induction motor, electric motor selection, Microsoft Excel.

Resumen: En este artículo se desarrolla un algoritmo para la selección de motores de inducción trifásicos de jaula de ardilla, partiendo del conocimiento de la aplicación. El algoritmo es implementado en Microsoft Excel y parte de una metodología desarrollada que tiene en cuenta factores importantes, que en ocasiones se omiten y que intervienen en dicha selección. Todo con el fin de proporcionar una herramienta práctica que permite minimizar las fallas a causa de la mala selección y garantizar así, la continuidad del servicio.

Palabras clave: Algoritmo, motor de inducción, selección de motores, Microsoft Excel.

1. INTRODUCCIÓN

Los motores de inducción son las máquinas eléctricas que han tenido mayor aplicación en la industria y otras áreas. Son los principales convertidores de energía eléctrica en mecánica. Su uso es, principalmente, por la calidad de mando eléctrico en la mayoría de los mecanismos (Campos, 2008).

Pero a pesar de ser los más utilizados y estudiados en algunas aplicaciones a la hora de seleccionarlos no se tienen en cuenta ciertos factores que se deben considerar para garantizar la vida útil de la máquina (Guerrero, 2010).

Algunos de estos factores son: el tipo de montaje, grado de protección, el tipo de control, tipo de acoplamiento, condiciones de humedad general, condiciones atmosféricas o ambientales (Kosow, 1993), la fuente de energía, el rango de la potencia, la velocidad, el ciclo de trabajo, el tipo de motor y encapsulado, pues repercuten en la instalación, la operación y el mantenimiento (NEMA, 2007).

La no aplicación de estos factores conlleva a fallas en los motores eléctricos como lo muestran ciertos estudios actuales que analizan fallas mecánicas, eléctricas, fallas por efectos ambientales y otras en motores de inducción (Harper, 2012).

Por esto este trabajo presenta el desarrollo de un algoritmo y una metodología que busca tener en cuenta la mayoría de factores involucrados en la selección del motor trifásico jaula de ardilla, y proporcionar una herramienta sencilla y práctica que sea guía para una buena selección en motores de jaula de ardilla.

2. FACTORES PARA LA SELECCIÓN

En la figura uno se pueden observar los factores a tener en cuenta en la buena selección del motor de jaula de ardilla, partiendo de que se conoce cuál va a ser la aplicación en la cual se va a utilizar

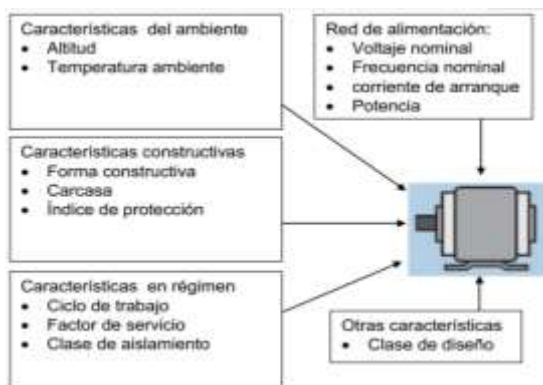


Fig. 1. Factores determinante en la selección.

2.1. Red de alimentación

2.1.1. Voltaje nominal

Es la tensión para la cual el motor fue proyectado. Según la norma IEC 60034-1, el motor eléctrico de inducción debe ser capaz de funcionar de manera satisfactoria cuando se alimenta con tensiones hasta 10% por encima o debajo de su tensión nominal, siempre que la frecuencia sea la nominal. Si hubiera simultáneamente variación en la frecuencia, la tolerancia de variación de tensión es reducida de manera que la suma de las dos variaciones (tensión y frecuencia) no pase del 10% (WEG, 2012).

2.1.2 Frecuencia nominal

Según la norma NEMA MG 1, los motores de inducción de corriente alterna deben funcionar correctamente a su carga y tensión nominales cuando exista como máximo una variación del $\pm 5\%$ de la frecuencia nominal.

Según la norma IEC 60034-1, el motor eléctrico de inducción debe ser capaz de funcionar satisfactoriamente con frecuencias hasta 5% por encima o debajo de su frecuencia nominal. Si al mismo tiempo hubiera variación de tensión, debe

ser tal que la suma de las dos variaciones (frecuencia y tensión) no pase de 10%.

2.1.3 Corriente de arranque

En los motores de inducción de jaula de ardilla, la corriente de arranque puede variar con gran amplitud dependiendo, en principio, de la potencia nominal del motor y de la resistencia efectiva del rotor en las condiciones de arranque. Para estimar la corriente del rotor en condiciones de arranque, todos los motores de jaula de ardilla tienen ahora una letra código de arranque (no se debe confundir con la letra de clase de diseño) en su placa de características. La letra código limita la cantidad de corriente que el motor puede tomar en condiciones de arranque y se calcula según la ecuación 1 (Chapman, 2002). Sin embargo para el algoritmo la corriente de arranque dependerá de la técnica de arranque seleccionada.

$$I_{start} = \frac{S_{start}}{\sqrt{3}V_T} \quad (1)$$

Donde:

$$S_{start} = P_{nom} [HP] \cdot \text{Letra de código} \quad (2)$$

2.1.4 Potencia nominal

Este dato puede indicarse tanto en unidades de HorsePower [HP] o kilo watt [kW], y son aspectos propios de la norma de fabricación (NEMA, IEC). La potencia de placa se define como la potencia nominal mecánica que debe o puede ser desarrollada por el motor eléctrico operando a voltaje y frecuencia nominal.

2.2 Características ambientales

2.2.1 Altitud

En el efecto de enfriamiento mediante la refrigeración, el aire está en función de su densidad. La presión atmosférica y la densidad del aire se reducen a altitudes mayores a los 1000 metros sobre el nivel del mar (*msnm*), lo que provoca que la disipación de calor del motor se reduzca, y que, por ende, la máquina se caliente más. Como guía general, por cada 100 metros por encima de los 1000 metros, la temperatura aumenta 1% (Fraile, 2003).

2.2.2 Temperatura ambiente

Es la temperatura ambiente máxima ($^{\circ}\text{C}$) a la cual el motor puede desarrollar su potencia nominal sin peligro. Es la temperatura del aire circundante que entra en contacto con los componentes calientes del aparato. En la norma NEMA MG 1, se indica que "El valor de la temperatura ambiente máxima será de 40°C , a menos que se especifique otra cosa".

2.3 Características constructivas

2.3.1 Forma constructiva

Los parámetros que se adoptan para la clasificación de estas formas constructivas son: La forma de fijación de la máquina, según sea por medio de patas a una base con railes o directamente a la propia accionada por medio de una brida y la existencia o no de cojinetes, de tapas laterales (los dos o solo una) y la propia disposición de esos cojinetes y tapas, cuando existen.

2.3.2 Carcasa

La carcasa o envoltorio de las máquinas eléctricas tiene las siguientes misiones:

- Sirve para fijar y sustentar las chapas magnéticas del estator
- Transmite al suelo, o a la base o elemento en donde se apoya la máquina, el par de reacción que se ejerce sobre la misma.
- Evacua el calor producido por las pérdidas
- Protege los elementos internos de la máquina de la penetración de agentes externos (agua, polvo, partículas sólidas, etc.) (Sanz, 2002).

2.3.3 Índice de protección

Las carcasas y demás accesorios de los equipos eléctricos de acuerdo a las características del lugar donde será instalado y de su accesibilidad, deben ofrecer un grado de protección (NEMA MG 1 2007). El índice de protección representa la característica del envoltorio, donde al menos se indique que:

- Protege a las personas contra el peligro de tocar directamente partes móviles.
- Protege la máquina contra la entrada de objetos extraños del exterior;
- Protege la máquina contra choques mecánicos (Guerrero, 2010).

2.4 Características en régimen

2.4.1 Ciclo de trabajo

Según la IEC 60034-1, es el grado de regularidad de la carga a la que el motor es sometido. Los motores normales son proyectados para régimen continuo, (la carga es constante), por tiempo indefinido, e igual a la potencia nominal del motor (NEMA MG 1, 2007). El ciclo de trabajo de un motor se selecciona de acuerdo a la aplicación, si el motor va a estar trabajando en forma continua, continua intermitente o variable, si es continua intermitente, se debe calcular la potencia para cada

espacio de trabajo y el tiempo que durará con la ecuación 2 (ver figura 2) y si corresponde a potencia variable con reposo la ecuación 3 (ver figura 3) (Kosow, 1993).

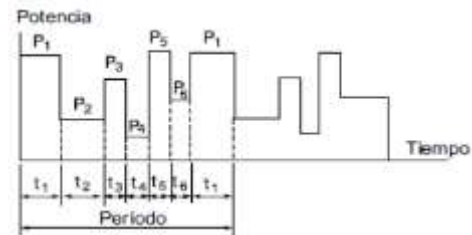


Fig. 2. Funcionamiento continuo con solicitudes intermitentes de potencia.

$$P_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \quad (3)$$

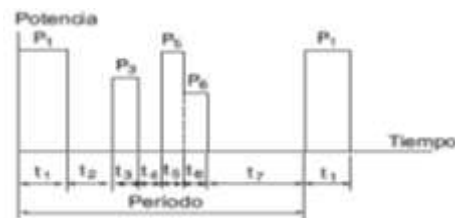


Fig. 3. Funcionamiento con carga variable y con reposo entre los tiempos de la carga.

$$P_m = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_3^2 \cdot t_3 + P_5^2 \cdot t_5 + P_6^2 \cdot t_6}{t_1 + t_3 + t_5 + \frac{1}{3(t_2 + t_4 + t_7)}}} \quad (4)$$

2.4.2 Factor de servicio

El factor de servicio de un motor indica que tanto, sobre la capacidad en su potencia puede operar el motor, sin que falle en forma inmediata (Harper, 2001).

La norma NEMA define al factor de servicio como un multiplicador, que se aplica a la potencia nominal el cual indica una sobrecarga permitida que debe tomarse en cuenta a un voltaje a una frecuencia nominal. Dicho factor de servicio puede utilizarse para lo siguiente: para acomodar la inexactitud al predecir las necesidades de potencia del sistema, prolongar la vida del aislamiento al disminuir la temperatura del bobinado a una carga asignada, manejar sobrecargas intermitentes u ocasionales, permitir, en ocasiones, trabajar a temperatura ambiente superiores a los 40 grados centígrados y compensar suministros de voltajes bajos o desbalanceados (NEMA MG1-2007).

2.4.3 Clase de aislamiento

La vida que se puede esperar de una máquina está íntimamente relacionada con la temperatura de servicio, debido a que la degradación del aislamiento es función de ambos factores temperatura y tiempo. En general, la degradación, así como la del dieléctrico siguen una ley exponencial (Ecuación 5).

$$Vida = Ae^{\frac{B}{T}} \quad (5)$$

Siendo A y B unas constantes y T la temperatura absoluta. En las normas de la ANSI, IEEE y NEMA, fijan tres clases de aislamiento de principal interés en las máquinas industriales; estas clases son las B, F, y H. (Fitzgerald *et al*, 2003).

2.5 Otras características: clase de diseño

Es posible producir gran variedad de curvas par-velocidad cambiando las características del rotor de los motores de inducción. Para ayudar a la industria a seleccionar de modo adecuado los motores destinados a diversas aplicaciones en el rango completo de caballos de fuerza, la NEMA y la IEC. Han definido una serie de diseños estándar con diferentes curvas par-velocidad (Chapman, 2002).

Todo diseño y construcción de motor eléctrico se rige a especificaciones que fueron determinadas, se han definido en 4 diseños estándares especificados por las letras A, B, C, y D. Cada uno de los diseños de estos motores posee características particulares que difieren uno de otro (Quiñonez, 2010).

3. METODOLOGÍA Y ALGORITMO

A continuación se describen de manera muy general los pasos a seguir en la metodología propuesta para seleccionar un motor trifásico jaula de ardilla.

Paso 1. Determinar la potencia de la carga mediante cálculos, dependiendo la aplicación para la cual se requiera el motor, algunos ejemplos sencillos son:

a. Potencia para el motor que acciona una bomba

$$P = Q \cdot d \cdot \frac{h}{\eta} \quad (6)$$

Donde:

P = Potencia [kW] h =Altura elevación [m]
 Q = Caudal [m³/s] η =Rendimiento mecánico
 d = Peso específico
 [N/dm³]

b. Potencia para Elevación de Agua.

$$P = Q \cdot \frac{h}{75\eta} \quad (7)$$

Donde:

P =Potencia [CV]. h = Altura de elevación [m].
 Q =Caudal [m³/s] η = Rendimiento mecánico

Paso 2. Se debe seleccionar el valor de velocidad o el rango de velocidad para cual se quiere que funcione el motor con la carga. Cuando el motor trabaje con una sola velocidad (a velocidades bajas) se puede usar reductor o elevador de velocidad como poleas, engranes.

Si la velocidad es variable es de importancia considerar el paso 12, un ejemplo del uso de engranes es el cálculo de la velocidad mediante poleas.

Para un sistema de transmisión por polea se necesitan mínimo dos poleas una polea impulsora (la que va en el motor) y una polea impulsada. La fórmula que relaciona esto es:

$$S \cdot D = S_1 \cdot d_1 \quad (8)$$

Donde:

D Diámetro de la polea impulsora
 S Velocidad de la polea impulsora [rpm].
 d_1 Diámetro de la polea impulsada
 s_1 velocidad de la polea impulsada [rpm].

Cuando el movimiento se transmite entre más de dos poleas, la fórmula utilizada es:

$$S \cdot D = S_1 \cdot d_1 = S_2 \cdot d_2 = S_n \cdot d_n \quad (9)$$

Paso 3. Determinación de la frecuencia de operación dependiendo del país donde vaya a operar el motor este tomará su frecuencia eléctrica de acuerdo al operador de red.

Paso 4. Selección del número de polos del motor que influye junto con la frecuencia eléctrica, en la velocidad sincrónica del motor y el tamaño de la máquina.

Paso 5. Selección del voltaje del motor en base al operador de red, para este caso será trifásica, sin embargo, hay que tener en cuenta que por norma se fabrican determinadas potencias de motores asociadas a un valor de voltaje de alimentación, en la tabla 2 se muestran los voltajes.

Paso 6 Determinación del ciclo de trabajo del motor de acuerdo a la aplicación, si el motor va a estar trabajando en forma continua, continua intermitente o variable, si es continua intermitente o variable, se debe calcular la potencia para cada espacio de trabajo y el tiempo (Ver figuras 2 y 3).

Paso 7. Selección de la potencia nominal de la máquina en base a la potencia calculada del paso 1 y considerando el ciclo de trabajo (paso 6), para esto se deben tener en cuenta las tablas de potencias estándar.

Paso 8. Selección el grado de protección y clase aislamiento en términos de las condiciones ambientales (temperatura, altitud y el tipo de ambiente).

El grado de protección se selecciona de acuerdo al ambiente de trabajo del motor, si es un ambiente con presencia de polvo, agua, etc., con el fin de garantizar la seguridad de las personas y el buen ambiente interno de la máquina, en base a la temperatura ambiente de la aplicación y las horas de operación se puede seleccionar de manera gráfica una clase de aislamiento que proporcione la vida del motor confiable al igual

Paso 9. Establecer la forma de montaje más conveniente para la máquina; este paso es muy importante, tanto para el buen acople en la carga, como para evitar sobre esfuerzos innecesarios en el eje del motor. Este paso depende única y exclusivamente de la forma en que será ubicado el motor (horizontal, vertical, en el suelo, en la pared, etc.)

Paso 10. Determinación del factor de servicio, esto influye en el momento de hacer la selección, ya que este puede compensa desbalances de voltaje, prolonga la vida de los devanados y algunos otros beneficios etc. Este selecciona dependiendo la aplicación de acuerdo a tablas preestablecidas.

Paso 11. Seleccionar la clase de diseño de acuerdo a la aplicación del motor y los requerimientos de par vs velocidad establecidos para la aplicación.

Paso 12. Comparar los valores característicos determinados mediante los anteriores pasos, con valores proporcionados por catálogos de los fabricantes y seleccionar un motor que se aproxime en mayor medida a las características deseadas.

Paso 13. Si la aplicación es de velocidad constante, es necesario calcular, la corriente de arranque de los motores, de acuerdo a la letra de rotor bloqueado (ecuación 2). Si la corriente es excesiva o la aplicación requiere de una técnica de arranque para disminuir la corriente o variar la curva para velocidad en se procede a realizar los cálculos referentes a dependiendo del tipo de técnica que se utilice: Arranque directo, por autotransformador, por resistencia en serie con el estator, estrella-triángulo, etc.

Si la aplicación es de velocidad variable se procede a calcular y seleccionar un variador de frecuencia, en términos de la potencia, corriente, voltaje de alimentación, rango de frecuencias, tipo de controlador, etc.

Paso 14. Calcular y seleccionar los elementos necesarios para la instalación y protección del motor; esto es esencial para asegurar la continuidad de funcionamiento de las máquinas. La elección de los dispositivos de protección debe hacerse con mucho cuidado. Los fallos en motores en los motores eléctricos pueden ser, como en todas las instalaciones, los derivados de cortocircuitos, sobrecargas, y los contactos indirectos.

Estos pasos metodológicos se implementaron en un algoritmo, cuyo diagrama de flujo se muestra en la figura 4, cabe resaltar que cada paso incluye subtarefas que requieren el uso de cálculos y anejo de tablas establecidos por las normas vigentes, como se ha indicado en algunos párrafos anteriores.

4. IMPLEMENTACIÓN

El algoritmo, con sus respectivos cálculos y tablas, se implementó en Microsoft Excel, con el fin de hacer de esta aplicación una herramienta de oficina, sencilla, práctica y fácil de manejar.

También porque este *software* presenta ciertas facilidades a la hora de manejar tablas tanto para el programador como para el usuario lo que es muy conveniente en esta aplicación.

El software realizado como primer paso requiere indicar que estándar se va a utilizar en la selección del motor, ya sea NEMA, IEC, etc.



Fig. 4. Diagrama de flujo del algoritmo desarrollado para la selección de motores.

SOFTWARE DE SELECCIÓN PARA MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS DE JAULA DE ARDILLA 28/02/2014

Datos del motor

Tipo de motor	Trifásico de inducción jaula de ardilla
Norma aplicable	NEMA
Potencia de la carga	9,63 hp
Velocidad de operación motor-carga	1700 RPM
Frecuencia eléctrica	60
Número de polos	4
Voltaje de operación	208 V
Ciclo de trabajo	Continuo <input type="button" value="Calcular"/> (Solo si es continuo intermitente o variable)
Potencia de salida (seleccionada)	10,0 hp
Clase de aislamiento	B 130°C MAX (operación)
Velocidad sincrónica	1800
Grado de protección	ODP Abierto a prueba de polvo
Forma de montaje	Horizontal B35
Método de arranque	Estrella - triángulo
Factor de servicio	1,15
Clase de diseño	B De propósito general

Condiciones ambientales

Funcionamiento del variador de frecuencia

Ver formas de montaje

Protecciones e instalaciones

Nota: Los campos azules son los datos requeridos

Fig. 5. Entorno principal del software implementado.

En la figura 5 se muestra la interfaz principal del software, en donde se observan los espacios para ingresar los datos de la aplicación, el estándar, etc.

Además presenta unos iconos en donde se pueden desplegar otras interfaces para realizar cálculos

necesarios, en la figura 6 y 7, se muestran algunas de estas interfaces, en donde se calculan las protecciones térmicas y contra cortocircuitos y se determina la corriente en una aplicación de velocidad variable.

Cálculo de corriente de protección térmica

Aproximación a 1.15 nominal	1.15	NOO
Corriente nominal del motor	12.5 A	Ver diagrama
Corriente protección térmica	14.375 A	añadir

Cálculo y selección de la corriente de protección contra cortocircuito

Método de arranque	estrella-triángulo
Letra de código	A
Tipo de motor	Trifásico jaula de ardilla
Fusible valor máximo	25.00 A
Disyuntor valor máximo	25.00 A
Valor estándar fusible	40 A
Valor estándar disyuntor	50 A

Fig. 6. Entorno para cálculo de protecciones térmicas y contra cortocircuito

MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA
Variador de frecuencia

La forma correcta para especificar un variador de frecuencia es seleccionar un equipo que pueda suministrar como mínimo la corriente nominal del motor y de aplicación trifásica (3φ).

Funcionamiento de un variador de frecuencia

Voltaje de motor: 208 V
Corriente nominal del motor: 15 A
Corriente del variador disponible: 15

Fig. 7. Entorno para el cálculo de la corriente del variador de frecuencia.

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN

El siguiente ejemplo de carácter académico ilustra el funcionamiento del software

Un sistema de bombeo está compuesto por una tubería de 15.24 cm de diámetro y de accesorios, el caudal es de 110 m³ por hora y la elevación estática es de 2.5 m y el rendimiento del 70%, el cual gire a una velocidad aproximada de 1760 rpm. El motor se instalará en posición horizontal en Sincelejo (Sucre) Colombia, en este lugar existe una temperatura promedio de 38°C durante el día. El valor del voltaje disponible es de 208 V. El motor trabajará a una altura de 180 msnm aproximadamente 8 horas diarias continuas.

Como primer paso se calcula un aproximado de la potencia de la carga mediante el uso de la ecuación 5, la potencia calculada es de 12.9 HP.

A continuación se ingresan al software los datos de potencia, estándar a aplicar en este caso NEMA, además de otros datos como la posición, etc. En la figura 8, se muestran los datos ingresados y los calculados o establecidos, en base a tablas de normas NEMA, por el software.

MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO
Datos de

Tipo de motor	Trifásico de inducción jaula de ardilla
Norma aplicable	NEMA
Potencia de la carga	9.83 hp
Velocidad de operación motor-carga	1760 RPM
Frecuencia eléctrica	60
Numero de polos	4
Voltaje de operación	208 V
Ciclo de trabajo	Continuo
Potencia de salida (seleccionada)	10.0 hp
Clase de aislamiento	B 130°C MAX (operación)
Velocidad sincrónica	1800
Grado de protección	ODP Abierto a prueba
Forma de montaje	Horizontal B35
Método de arranque	Estrella - triángulo
Factor de servicio	1.00
Clase de diseño	B De propósito general

Calcular

Fig. 8. Datos ingresados al software y datos calculados por el mismo.

También se diligencian las demás interfaces como la mostrada en la figura 9, en donde se observan los datos del ambiente ingresados al software y la corrección en la potencia y temperatura máxima realizada por el software.

Temperatura ambiente (T°)	38 °C
Altitud de operación (H)	138 m
Factor de corrección por T° y H	1
Potencia de salida corregida	10 hp
Aumento máximo permisible de temperatura	92 °C

Fig. 9. Interfaz de condiciones ambientales.

Al terminar de diligenciar los datos requeridos por el software, este determina que el motor más conveniente para la aplicación de acuerdo a catálogos del proveedor SIEMENS y la norma NEMA será:

Motor tipo GP10 de uso general de caracas en fundición gris, de armazones 215T o 284 T, de 10 caballos de fuerza, y eficiencia de 90%, con una instalación trifásica basada en conductores THW No. 10 y TW No. 8. El valor del fusible 35 A y el valor del disyuntor será de 30 A.

6. CONCLUSIONES

El ciclo de trabajo de un motor trifásico jaula de ardilla es un factor a considerar que depende de los valores de potencia a los cuales va a trabajar el motor, pues una utilización a otro régimen diferente al que se seleccionó, podría provocar sobrecalentamiento al motor y daños al mismo, los ciclos de trabajo son los que más dañan a los motores, cuando no son seleccionados de manera apropiada.

La temperatura ambiente y la altitud, donde va a operar el motor, es un factor importante a considerar en la selección de motores, estos influyen en el sistema de aislamiento de los devanados del motor y en la disipación de calor del motor.

Evaluar la calidad de potencia eléctrica del lugar de instalación del motor es un elemento importante para una operación eficiente de los motores eléctricos. Algunos parámetros a tomar en cuenta son: la tensión no debe tener variaciones al $\pm 10\%$, frecuencia no debe tener variaciones de $\pm 5\%$ (norma IEC 60034-1 y NEMA MG-1).

La protección de los motores juega un papel importante en asegurar la continuidad de funcionamiento de las máquinas. La elección de los dispositivos debe hacerse con mucho cuidado, con el fin de evitar derivados de cortocircuitos, sobrecargas y contactos indirectos.

REFERENCIAS

- Guerrero, C. O. (2010). *Prevención de las fallas de los motores trifásicos de inducción mediante una adecuada selección*. Artículo. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Vol. 23, N°. 1.
- Campos A., J. C. et al., (2008). *Eficiencia energética en motores eléctricos*, Colciencias-UPME, Bogotá.
- Kosow, I. (1993). *Máquinas eléctricas y transformadores*, Editorial: Prentice Hall Hispanoamericana, México.
- NEMA MG10 (2007). *Energy Management Guide for Selection and Use of Fixed Frequency Medium AC Squirrel-Cage Polyphase Induction Motors*.
- Harper, G. E. (2012). "Reparaciones de motores eléctricos", Manual de electricidad industrial.
- Chapman, S. J. (2002). "Máquinas Eléctricas", 3ª Ed., México: Mc. Graw Hill.

- Mujal, R. M. (2003). *Tecnología eléctrica*, 2ª Ed.
- Fraile, M. J. (2003). *Máquinas Eeléctricas*, Mc Graw Hill, España.
- NEMA MG1 (2007) *Information Guide for General Purpose Industrial AC Small and Medium Squirrel-Cage Induction Motor Standards*.
- Sanz Feito, J. (2002). *Máquinas Eléctricas*, Prentice Hall.
- Wildi., T. (2007) *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. 6 ed. Pearson Educación, México.
- Harper, G. H. (2001). *Curso de transformadores y motores de inducción* 4ª ed., Editorial Limusa, México.
- Fitzgerald. A. E., Kingsley Ch., J y Umans S. D. (2003). *Electric Machinery*. 6ª Edición, McGraw Hill.
- Quiñonez, M. G. (2010). *Criterios para la selección de un motor y controles eléctricos como prevención de riesgos en la industria*, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Owen, E. L. (1997). Historic Milestone, *Industry Applications Magazine*, IEEE, vol. 3, n° 3, mayo/junio.
- Browning, R. (1997). Evolution of induction motors the ever-shrinking motor, *Industry Applications Magazine*, IEEE, Vol. 3, No. 1.
- de Swardt, H. (2003). *Electric Motor Design Enhancements: Ensuring High Quality and Long Term Reliability*, Vector. Institution of Certified Mechanical and Electrical Engineers, South Africa.
- Viloria, J. R. (2005). "Automatismos y cuadros eléctricos", Editorial Paraninfo, España.
- Harper, G. E. (2003). "El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas", Editorial Limusa, México.

SITIOS WEB

- www.weg.net (2012). *Motores eléctricos guía de especificación*.