

Identificación de polaridad de los devanados en un motor trifásico de 6 terminales

Polarity identification of the windings in a 6-phase three-phase motor

VIRAMONTES-REYNA, José Luis †*, MORENO-SILVA, Josafat, MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe y VELÁZQUEZ-LEYVA, Erasmo

Universidad Tecnológica de San Luis Potosí

ID 1^{er} Autor: *José Luis, Viramontes-Reyna* / ORC ID: 0000-0003-2541-2864, CVU CONACYT ID: 288862

ID 1^{er} Coautor: *Josafat, Moreno-Silva* / ORC ID: 0000-0001-7251-6215, CVU CONACYT ID: 603092

ID 2^{do} Coautor: *José Guadalupe, Montelongo-Sierra* / ORC ID: 0000-0001-8980-2154, CVU CONACYT ID: 826645

ID 3^{er} Coautor: *Erasmo, Velazquez-Leyva* / ORC ID: 0000-0003-4732-9578, CVU CONACYT ID: 83001

DOI: 10.35429/JME.2019.9.3.13.19

Recibido: 21 de Enero, 2019; Aceptado 06 de Marzo, 2019

Resumen

En este documento se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la ley de Lens para identificar de forma correcta la polaridad de los devanados en un motor trifásico con 6 terminales expuestas, cuando no se tiene por alguna situación el etiquetado correspondiente; previo a la identificación de la polaridad se debe considerar tener ubicados los pares de los tres bobinados. Para la polaridad, se propone alimentar con un voltaje de 12 Vrms a uno de los bobinados, los cuales se identifican de forma aleatoria como W1 y W2, donde W1 se conecta a la fase del voltaje de 12 Vrms de la señal y W2 a la referencia de voltaje a 0V; por medio de la inducción de voltaje y considerando la ley de Lens, se logra identificar las 4 terminales restantes y etiquetarse como V1, V2, U1 y U2. Para este proceso se utiliza un microcontrolador y elementos de control con bajo costo.

Motor Asíncrono trifásico, Diferencia de Fase de señal eléctrica, Inducción electromagnética, Polaridad en inductor

Abstract

This document presents the results obtained from the application of the law of Lens to correctly identify the polarity of the windings in a three-phase motor with 6 exposed terminals, when the corresponding labeling is not in any situation; Prior to identifying the polarity, it should be considered to have the pairs of the three windings located. For the polarity, it is proposed to feed with a voltage of 12 Vrms to one of the windings, which are identified randomly as W1 and W2, where W1 is connected to the voltage phase of 12 Vrms of the signal and W2 to the voltage reference to 0V; by means of voltage induction and considering the law of Lens, the remaining 4 terminals can be identified and labeled as V1, V2, U1 and U2. For this process a microcontroller and control elements with low cost are used.

Three-phase asynchronous motor, Phase Difference of electrical signal, Electromagnetic induction, Inductor polarity

Citacion: VIRAMONTES-REYNA, José Luis, MORENO-SILVA, Josafat, MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe y VELÁZQUEZ-LEYVA, Erasmo. Identificación de polaridad de los devanados en un motor trifásico de 6 terminales. Revista de Ingeniería Mecánica. 2019 3-9: 13-19

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: jlviramontesr@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Al realizarse una búsqueda bibliográfica, tanto en publicaciones como en patentes, hasta la fecha, el autor no ha ubicado información sobre la identificación de polaridad en un motor trifásico de 6 terminales, los trabajos encontrados se basan sobre la base que ya se tienen relacionadas y en ese punto se les realizan los trabajos presentados.

Ante la situación mencionada, en el presente trabajo se presenta una propuesta de cómo identificar en un inicio, los tres pares de bobinados, en seguida, realizar la identificación de la polaridad del motor, basándose en las normas internacionales NEMA MG 1-2011 y IEC 60034-8:2007+A1:2014, las cuales marcan la base de identificación de las terminales para los diferentes tipos de motores trifásicos.

Para el proceso automático de identificación, se utiliza un microcontrolador y elementos de control eléctrico y electrónicos de bajo costo, se realiza un programa para identificar de primer orden los pares correspondientes de un motor trifásico de 6 terminales, los cuales, al alimentar con 5 VCD una de las terminales, se detecta su correspondiente par, en seguida, se alimenta otra terminal para detectar su par; una vez identificado se selecciona uno de los pares y se identifican de forma definitiva como W1 y W2, conectando la fase es una señal de 12 Vrms en W1 y la referencia a cero Volt a W2, se tiene una señal de bajo voltaje en fase con la de alimentación de 12 Vrms para ser utilizada en la comparación de fase en las bobinas donde se detectarán la polaridad.

Objetivo

Aplicar la Ley de Lens (Chapman, Motores de Inducción, 2012) para detectar la polaridad del bobinado de un motor trifásico con 6 terminales que no cuenta con un etiquetado correcto, ubicando de forma automática los pares y la polaridad de cada uno de los devanados al utilizar un microcontrolador y circuitería electrónica y eléctrica.

Metodología

En la búsqueda realizada por el autor no se encontró una investigación relacionada al tema tratado, por lo que es una contribución a la investigación al lograr realizar de manera automática la identificación y polaridad de las terminales en un tiempo de aproximadamente 3 segundos, además que se eliminan riesgos de descarga eléctrica hacia el usuario.

Para alcanzar el objetivo se utilizar equipo de medición como multiímetro, generador de funciones y osciloscopio, para realizar un análisis de las señales eléctricas presentadas en motores eléctricos trifásicos de 6 terminales, identificar y analizar el comportamiento eléctrico en las señales inducidas en los los pares de las bobinas del motor al ser alimentados un par con un voltaje bajo; desarrollar un circuito de control con un microcontrolador para identificar los tres pares de bobinados pertenecientes al motor, identificar la polaridad de cada uno de los devanados al utilizar un voltaje de 12 Vrms a uno de los devanados y detectar la polaridad de la señales inducidas en los devanados restantes, para identificarse de forma automática bajo la norma IEC 60034-8:2007+A1:2014 (IEC).

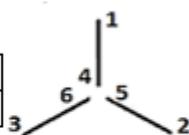
Conceptos teóricos aplicados

En esta sección se muestra las Normas a utilizarse, así como las ecuaciones correspondientes a la ley de Lens, se presentan el comportamiento de algunas señales eléctricas, donde se muestran las características de desfaseamiento entre las señales utilizadas y obtenidas en los devanados pertenecientes a los motores de inducción trifásica con 6 terminales.

La figura 1 se muestra la nomenclatura utilizada para identificar las terminales en los motores de 6 terminales así como la conexión necesaria para la alimentación a utilizarse, los cuales se basan en NEMA MG 1-2011 (NEMA); en la figura 2 se muestra la identificación de estos motores, pero utilizando la norma IEC 60034-8:2007+A1:2014 (IEC), para fines de la ejecución del programa, la identificación de polaridad se muestra en la norma IEC y NEMA.

Nomenclatura NEMA 6 Terminales
conexión en estrella,
bajo voltaje

L1	L2	L3	Unión
1	2	3	4,5,6



Conexión en Delta,
bajo voltaje

L1	L2	L3
1,6	2,4	3,5

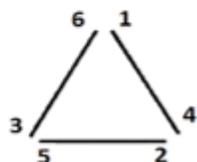
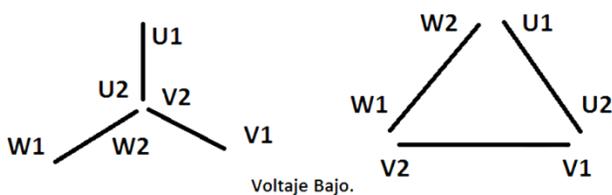


Figura 1 Nomenclatura NEMA 6 derivaciones
Fuente: NEMA MG 1-2011



Modo Operación.	Conexión	L1	L2	L3	Unión
Arranque	Estrella	U1	V1	W1	U2,V2,W2
Trabajo	Delta	U1,W2	V1,U2	W1,V2	---

Voltaje Alto.

Voltaje	Conexión	L1	L2	L3	Unión
Alto	Estrella	U1	V1	W1	U2,V2,W2
Bajo	Delta	U1,W2	V1,U2	W1,V2	-----

Figura 2 Nomenclatura IEC de 6 derivaciones
Fuente: IEC 60034-8:2007+A1:2014

La ley de Faraday establece que si un flujo atraviesa una espira de alambre conductor, se inducirá en ésta un voltaje directamente proporcional a la tasa de cambio del flujo con respecto al tiempo. Expresado en la ecuación (1).

$$e_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Donde

e_{ind} = voltaje inducido en la bobina.

N = número de vueltas de alambre en la bobina.

Φ = flujo que circula por la bobina.

El signo menos en la ecuación es una expresión de la Ley de Lenz, la cual establece que la dirección del voltaje inducido en la bobina es tal que si los extremos de ésta estuvieran en cortocircuito, se produciría en ella una corriente que generaría un flujo opuesto al flujo inicial.

Puesto que el voltaje inducido se opone al cambio que le produce u origina, se incluye un signo menos en la ecuación. Una corriente que fluya producirá ese flujo opuesto al incremento, y por ello el voltaje formado en la bobina deberá formarse con la polaridad indicada en la figura 3. Puesto que la polaridad del voltaje puede deducirse del análisis físico, el signo menos de la ecuación se omite frecuentemente.

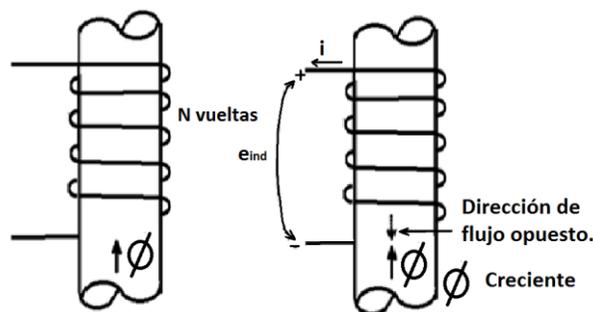


Figura 3 Significado de la ley de Lenz
Fuente: Diseño Propio

Por consiguiente, bajo los conceptos teóricos se tiene que si se alimenta un transformador por el lado primario, este induce al bobinado del secundario un voltaje invertido 180° como se muestra en la figura 4.

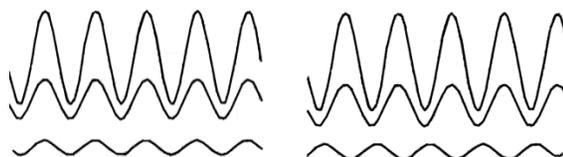


Figura 4 La señal inferior de los gráficos muestra el desfase de 0° o 180° respecto a la de 12 Vrms (superior)
Fuente: Diseño Propio

Diseño de un prototipo para detección de los tres pares de los motores

Para las pruebas realizadas se utilizaron cuatro motores de características iguales, correspondiendo a un motor marca De Lorenzo, con alimentación a 220/380 V Delta/Estrella, corrientes de 4.5/2.6 A en Delta/Estrella a 1.1 KW, f.p. de 0.86 a 3300 rpm a una frecuencia de 60Hz, el cual cuenta con bornes de conexión para 6 terminales. Como se muestra en la figura 5.



Figura 5 Motor trifásico de 6 terminales

Fuente: Diseño Propio

Se realiza un programa para el microcontrolador, el cual está seccionado de la siguiente manera: una primera sección para dar la bienvenida donde se presenta una imagen como la que se muestra en la figura 6.

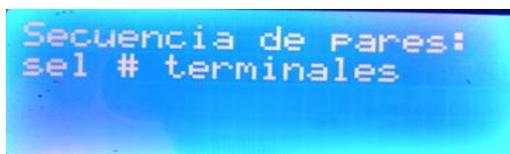


Figura 6 Pantalla de inicio en espera de Selección de terminales

Fuente: Diseño Propio

Cuando se activa en el circuito la selección de 6 terminales se muestra la figura 7.



Figura 7 Pantalla que indica el inicio de secuencia para las 6 terminales

Fuente: Diseño Propio

Cuando realiza la secuencia de detección de pares, el programa en pantalla muestra los resultados como se indica en la figura 8.



Figura 8 Pantalla con los resultados obtenidos de la identificación de pares

Fuente: Diseño Propio

Continuando con la secuencia de identificación de polaridad, se ejecuta el programa en automático, tomando el par ubicado en bobina W (1,6) para alimentarse con un voltaje de 12 Vrms, el cual se obtiene de una fuente independiente y con un punto de referencia a 0V para tomar un voltaje en sincronía con esta señal pero a un voltaje de 3 Vrms, el cual se utiliza como señal para disparo y lectura de los voltajes de los pares restantes del motor. Se obtiene una comparación de los voltajes inducidos respecto a la señal principal, ubicando las terminales que obtiene una lectura mayor de voltaje, quedando como la terminal positiva, etiquetándose como V1 y U1 respecto a la terminal que se identifica de inicio como W1 y que corresponde a la terminal con la alimentación de fase de la fuente de 12 Vrms.

La figura nueve y diez se muestran algunas de las señales obtenidas en el osciloscopio, donde se visualiza el desfase, respetando la ley de Lenz.

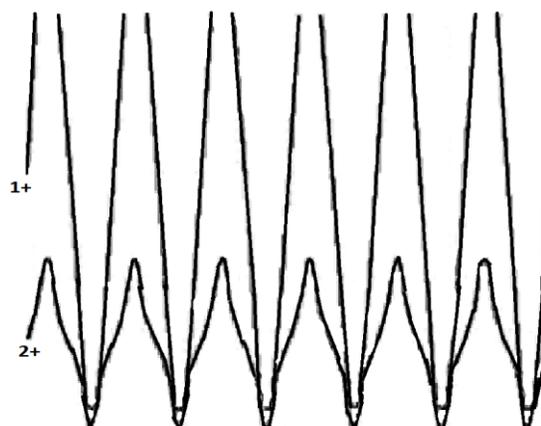


Figura 9 CH2 se presenta la señal inducida la cual se encuentra en fase con la de alimentación de CH1

Fuente: Diseño Propio

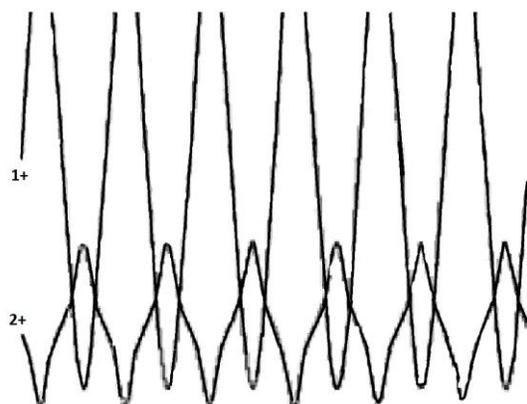


Figura 10 En CH2 se tiene la señal, pero con desfase de 180° respecto a la de alimentación en CH1

Fuente: Diseño Propio

Como se muestra en la ilustración 9 y 10, se obtienen desfases de señal, en la figura 9 no se tiene desfase, por consiguiente las puntas de prueba del osciloscopio se tienen invertidas, en la ilustración 10 las señales se encuentran desfasadas 180°, por lo tanto, las terminales de prueba de los dos canales se encuentran relacionadas de tal forma que la punta de prueba en CH2 corresponde al positivo del devanado analizado, respecto al positivo del CH1 el cual alimenta al devanado utilizado para marcar la referencia de polaridad.

Cuando se ejecuta en el programa la sección de polaridad, se muestra como resultado final la pantalla indicada en la figura 11.

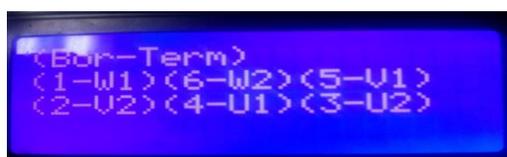


Figura 11 Pantalla que muestra el resultado final del análisis

Fuente: Diseño Propio

El número que se tiene es el borne del circuito donde se tiene conectada la terminal del motor y la letra con su número corresponde a la identificación considerando la Norma IEC.

Quedando la identificación final como se indica en la tabla 1.

Borne identificado en el prototipo	Número de terminal correspondiente para el motor
1	W1
6	W2
5	V1
2	V2
4	U1
3	U2

Tabla 1 Resultados finales con la identificación correspondiente

Fuente: Diseño Propio

Resultados

Las pruebas fueron realizadas en los motores con los que se cuentan en el laboratorio, siendo satisfactorio y demuestra que es posible generalizar este procedimiento a otros motores de 6 terminales, por lo que se requiere incrementar el número de pruebas para garantizar el procedimiento indicado.

El tiempo de ejecución puede ser modificado tanto en la detección de los pares como de la lectura del voltaje al identificar la polaridad por el objetivo de poder ser utilizado en el seguimiento del proceso; si se ejecuta el programa en los tiempos mínimos recomendables, se tienen un segundo para los pares y 2 para la polaridad, dando un total de 3 segundos. El automatizar la identificación de las terminales, permite trabajar con seguridad hacia el personal. Se logra con este prototipo el presentar una propuesta para la identificación de manera automática, hasta este momento, el autor no ha encontrado un equipo o investigación enfocada en este tema, por lo que es un área de oportunidad para una patente en un futuro, así como una contribución al área eléctrica para la identificación en tiempos cortos de las terminales en los motores de inducción.

Conclusión

El proceso indicado, así como la ejecución del programa el Microcontrolador hasta este momento ha dado buenos resultados, pero se requiere incrementar el número de pruebas con otros motores para garantizar el cien por ciento su eficiencia; al utilizar este método de identificación se garantiza la seguridad del personal que opere el equipo, pues los voltajes utilizados son bajos y no se expone al usuario en voltajes que generan riesgo eléctrico por descargas. El costo del circuito es relativamente bajo, lo que permite ser aplicado en instituciones educativas.

Bibliografía

1-2011, A. M. (9 de 12 de 2012). American Electrical Manufacturers Association. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/in/bis/S05/is/iec60034.8.2002.pdf>

Abraham S. Fontes, C. A. (26 de Junio de 2017). Comparison of techniques based on current signature analysis to fault detection and diagnosis in induction electrical motors. Electrical Engineering Conference (EECon), Electronic ISBN: 978-1-5090-5395-7, 74-79.

Angelosante, D., Fagiano, L., Grasso, F., & Ragaini, E. (26 de Octubre de 2017). Motor parameters estimation from industrial electrical measurements. 2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)(Electronic ISSN: 2076-1465), 1006 - 1010.

VIRAMONTES-REYNA, José Luis, MORENO-SILVA, Josafat, MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe y VELÁZQUEZ-LEYVA, Erasmo. Identificación de polaridad de los devanados en un motor trifásico de 6 terminales. Revista de Ingeniería Mecánica. 2019

Arduino. (s.f.). Arduino Mega Schematic. Recuperado el 11 de 5 de 2016, de <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>

BradleysMotors. (15 de 09 de 2015). BradleysMotors. Obtenido de http://bradleymotors.com/PDFs/Terminal_Markings_and_Motor_Connections.pdf

Caird, K. J. (2009). Patente n° EP 2 204 658 A1. Smyrna GA.

Chapman, S. J. (2012). Motores de Inducción. En Máquinas Eléctricas (pág. 512). British Aerospace Australia: Mc Graw Hill.

Electronic Components Datasheet Search. (s.f.). Recuperado el 2 de 5 de 2017, de Electronic Components Datasheet Search

Fluke. (21 de 9 de 2015). Support Fluke. Obtenido de <http://www.fluke.com/fluke/uses/Portable-Oscilloscopes/Fluke-120.htm?PID=55999>

Fornage, M. (2009). Patente n° EP 2 101 403 A2. Petaluma CA.

IEC. (s.f.). IEC International Electrotechnical Commission. Recuperado el 18 de Enero de 2018, de <http://www.iec.ch/about/?ref=menu>

Malinowski, J., McElveen, R., & Korkeakoski, J. (7 de Nov de 2013). Electrical and mechanical differences between NEMA and IEC AC low voltage random wound induction motors. (IEEE, Ed.) Pulp and Paper Industry Technical Conference (PPIC), Conference Record of 2013 Annual IEEE (ISSN: 0190-2172), 1-10.

Microchip. (s.f.). Microchip. Recuperado el 20 de Enero de 2018, de <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/atmel-2549-8-bit-avr-microcontroller-atmega640-1280-1281-2560-2561-datasheet.pdf>

Motors, H. E. (15 de 09 de 2015). <http://hupp-electric.com/>. Obtenido de NEMAConnections-Diagrams%20.pdf

Nandi, S., Toliyat, H. A., & Li, X. (5 de Diciembre de 2005). Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors-a review. IEEE Transactions on Energy Conversion, 20(Electronic ISSN: 1558-0059), 719-729.

NEMA. (s.f.). NEMA National Electrical Manufacturers Association, The Association of Electrical Equipment and Medical Imaging Manufacturers. Recuperado el 18 de Enero de 2018, de <https://www.nema.org/International/Pages/NEMA-en-Mexico.aspx>

Odawara, S., & Fujisaki, K. (7 de Noviembre de 2017). Local magnetic characteristics of electrical motor core by magnetic hysteresis analysis with inverter excitation. Linear Drives for Industry Applications (LDIA), 2017 11th International Symposium on (Electronic ISBN: 978-4-88686-400-0), 1-4.

Oliveira, B. C., Pacheco, A. L., Flesch, R. C., & Demay, M. B. (9 de Marzo de 2017). Detection of defects in the manufacturing of electric motor stators using vision systems: Electrical connectors. Industry Applications (INDUSCON), 2016 12th IEEE International Conference on (Electronic ISBN: 978-1-5090-5127-4), 1-6.

Peter, I., Scutaru, G., & Nistor, C. G. (10 de Julio de 2014). Manufacturing of asynchronous motors with squirrel cage rotor, included in the premium efficiency category IE3, at S.C. Electroprecizia Electrical-Motors S.R.L. Săcele. 2014 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM)(Electronic ISBN: 978-1-4799-5183-3), 421-425.

Piesinger, G. H. (2006). Patente n° 7031859. E. Saguro Vista CT. Cave Greek AZ.

Pommato., L. A. (1996). Patente n° 005510700. Santa Ana CA.

Ramana, D. V., & Baskar, S. (9 de Marzo de 2016). Diverse fault detection techniques of three-phase induction motor — A review. Emerging Technological Trends (ICETT), International Conference on (ISBN: 978-1-5090-3751-3), 1-8.

Robert Rosenberg, B. S. (1994). Reparación de Motores Eléctricos. Cd. de México: GG/México. Rockwell Automation. (s.f.). rockwellautomation.com. (Rockwell Automation) Recuperado el 25 de 11 de 2014, de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/icg-wp000_es-p.pdf

VIRAMONTES-REYNA, José Luis, MORENO-SILVA, Josafat, MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe y VELÁZQUEZ-LEYVA, Erasmo. Identificación de polaridad de los devanados en un motor trifásico de 6 terminales. Revista de Ingeniería Mecánica. 2019

Ruiz, I. N. (s.f.). Física – Máquinas Eléctricas. Selahattin Güçlü, A. Ü. (23 de Junio de 2018). Vibration analysis of induction motors with unbalanced loads. (IEEE, Ed.) Electrical and Electronics Engineering (ELECO), 2017 10th International Conference on, 365 - 369.

SKF. (s.f.). Recuperado el 10 de 3 de 2015, de <http://www.skf.com/cl/products/condition-monitoring/portables-data-collectors-and-analyzers/electric-motor-analyzers/static-motor-analyzers/baker-dx/index.html>

STANDARD, B. (21 de 9 de 2015). Terminal markings for electrical machinery and apparatus. (bsi-global) Obtenido de <http://www.bsi-global.com/bsonline>.

Twilight. (21 de 9 de 2015). Twilight, instrumentos de medición industrial. Obtenido de http://www.twilight.mx/Medidores-de-Aislamiento-Meggers.html?gclid=CjwKEAajw1f6vBRC7tLqO_aih5WISJAAE0CYwFC2k2YsxWWYzqPPZmlYMcesC-zcqOHTQKaSGl_OgFxoCUWXw_wcB

Udomsuk, S., Areerak, K., Areerak, T., & Areerak, K. (23 de Oct de 2017). Power loss identification of three-phase induction motor using adaptive tabu search. Electrical Engineering Congress (iEECON), 2017 International (ISBN: 978-1-5090-4666-9), 1-4.

Universidad Tecnológica Nacional. (s.f.). Unidad 3: Máquinas e instalaciones eléctricas. (Universidad Tecnológica Nacional) Recuperado el 24 de 11 de 2014, de http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs/A_PUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-U_3_v1.1.pdf

Vico, J., & Hunt, R. (20 de Mayo de 2010). Protection principles for electrical motors in the cement industry. 2010 IEEE-IAS/PCA 52nd Cement Industry Technical Conference (Electronic ISBN: 978-1-4244-6409-8), 1-13.