

Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad 2017



Libro electrónico Online ISSN
1946-5351, Vol. 9, No. 4, 2017

CICS 2017

Universidad Veracruzana, Región Poza Rica - Tuxpan

Tuxpan, Veracruz, México

Septiembre 27 al 29, 2017

www.AcademiaJournals.com

IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES DE MOTORES TRIFÁSICOS DE 6, 9 Y 12 PUNTAS, DIAGRAMA DE FLUJO MODO AUTOMÁTICO

José Luis Viramontes Reyna MTC¹, Ing. José Guadalupe Montelongo Sierra²,
MI Erasmo Velázquez Leyva³ y MC. Martha Haydee Carolina Sánchez Muñiz⁴

Resumen—En este documento se muestra el análisis para la identificación de 6, 9 y 12 terminales de los motores asíncronos trifásicos jaula de ardilla, bajo el comportamiento de inducción magnética obtenido en el bobinado del motor al ser alimentados sus pares con voltaje en alterna y con la aplicación de la ley de Faraday y Lens, para detectar el desfase y voltaje inducido entre los pares de las bobinas del estator, así también se utiliza alimentación de CD para identificar los pares correspondientes y su polaridad, dando una nueva metodología para su identificación, independiente del método tradicional. Se utiliza un microcontrolador con entradas analógicas las cuales son utilizadas para las mediciones correspondientes, así como entradas y salidas discretas para marcar la secuencia de alimentación de los diferentes voltajes utilizados en el circuito.

Palabras clave—Motor asíncrono trifásico, motor jaula de ardilla, secuencia de fases, inducción electromagnética.
Three-phase asynchronous motor, squirrel cage rotor, phase sequence, electromagnetic induction.

Introducción

La presente investigación surge de la necesidad de tener un método diferente al tradicional para detectar los pares pertenecientes a cada una de las bobinas que se requieren para identificar la conexión de un motor trifásico de 6, 9 y 12 terminales, esto ante la situación que en un ambiente Industrial y escolar, regularmente el personal de mantenimiento eléctrico así como los alumnos al realizar conexiones del motor, las van recortando hasta llegar el momento en que las terminales solo tienen una pequeña sección de cable, es obvio que cuando surge esta situación, las etiquetas que se tienen para identificar estas terminales ya no existen. Se tiene un método tradicional para detectar la secuencia de cada par de cables para volver a re-etiquetar cada una de estas terminales, desgraciadamente este método es muy tardado y poco conocido, una persona experta en este tipo de identificación se lleva en promedio 15 minutos para realizarla; por consiguiente, se propone otro método de identificación, utilizando las mismas propiedades de inducción magnética que se presentan en el motor, considerando la inducción y desfases generados por una señal eléctrica de corriente alterna como señal de alimentación la cual ya es conocida tanto en sus valores de Voltaje y frecuencia para indicar a las bobinas del motor; así también se utilizan señales de CD para identificar los respectivos pares de las bobinas.

Descripción del Método

Antecedente y explicación del método propuesto

En la actualidad para identificar las terminales de un motor de inducción para su correcta conexión, ya sea en delta, estrella o doble estrella y este NO tiene su identificador correspondiente en cada una de sus puntos de conexión, se utiliza un método tradicional con el cual podemos identificar cada una de sus pares por medio de un multímetro, midiendo su resistencia y detectando de esta forma sus bobinas, para en seguida, con la utilización de un voltaje en CA y con capacidad de corriente de por lo menos 2 Amperes, logramos inducir en los otros pares una señal eléctrica, midiendo el voltaje inducido con el cual se logra identificar sus respectivos pares. Una persona experimentada para la detección de las respectivas terminales lleva un tiempo considerable, aproximadamente unos 15 minutos como mínimo. Cuando no hay identificación de las terminales del motor de inducción, se incrementa la probabilidad de un mal funcionamiento del motor, pérdidas en producción y dinero debido a paros (tiempo muerto) de operación de la maquinaria, daños al equipo y gastos por mantenimiento.

¹ José Luis Viramontes Reyna MCT es Profesor Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez S.L.P.. jviramontes@utslp.edu.mx (autor corresponsal)

² Ing. José Guadalupe Montelongo Sierra es Profesor de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez S.L.P. jmontelongo@utslp.edu.mx

³ El MI. Erasmo Velázquez Leyva es profesor de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. evelazquez@utslp.edu.mx

⁴ La MC. Martha Haydee Carolina Sánchez Muñiz es profesora de la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. msanchez@utslp.edu.mx

Por esta razón se pretende utilizar un osciloscopio, multímetro y un transformador de 2 amperes con entrega de voltaje conocido para utilizar el método de identificación, utilizando las propiedades que tienen los bobinados dentro del estator del motor trifásico, ubicando la magnitud de voltaje inducido y el desfaseamiento que se tiene en los voltajes de cada una de las bobinas, para después entregar una propuesta con microcontrolador para realizar la identificación de modo automático. Por el sistema académico que se tiene actualmente con los alumnos de la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, así como en el personal de mantenimiento en un ambiente industrial, donde continuamente se requiere desconectar y reconectar los motores en diferentes configuraciones; el estar manipulando las terminales muchas veces estas se van trozando y por consiguiente llegan momentos en los cuales la identificación se pierde, utilizando este nuevo método se pretende aplicar los conocimientos adquiridos en la utilización de equipo de medición y los conocimientos adquiridos en electricidad correspondiente a la operación y conexión de los motores de inducción trifásica, este método de identificación es una opción de poder integrar las áreas de electrónica y eléctrica en un solo objetivo que es el de hacer eficiente el tiempo de reconocimiento; desarrollando una interface que realice este reconocimiento de modo automático. Como modo de inicio se muestra el proceso de un motor de 6 terminales

Conceptos teóricos para la identificación de terminales

Representación de Voltajes y corrientes Alternos por medio de ondas Sinusoidales.

La ecuación para una onda sinusoidal para corriente y voltajes instantáneos vienen expresados de la siguiente manera:

$$i = I_m \sin \omega t \quad v = V_m \sin \omega t$$

Ya que ωt representa un ángulo, se puede expresar en radianes o grados.

Fase: (Chapman, Electric machinery fundamentals, Fourth edition, 2005) es la fracción de periodo durante la cual el tiempo o el correspondiente ángulo de tiempo ωt han avanzado, a partir de un punto de referencia arbitrariamente fijado. En el caso de una simple variación sinusoidal, el origen generalmente se toma a partir del último pase por cero, contando en sentido positivo. Así pues, una fase de una onda sinusoidal es de $1/12$ de periodo (o 30° a partir del origen), punto en el cual la ordenada es la mitad de la máxima. Así entonces $i = I_m \sin(\omega t + \theta)$ representa una onda sinusoidal de corriente con un ángulo θ de fase.

Diferencia de fase: (Chapman, Electric machinery fundamentals, Fourth edition, 2005) el ángulo de fase es un medio muy importante para situar adecuadamente unas con respecto de otras, diversas cantidades alternas, por ejemplo si se tiene una señal en corriente adelantada 90° respecto de una señal de voltaje, entonces se puede representar como $v = V_m \sin \omega t$ para el voltaje, así entonces la corriente se representaría como $i = I_m \sin \omega t + 90^\circ = I_m \cos \omega t$, como se muestra en la imagen 1.

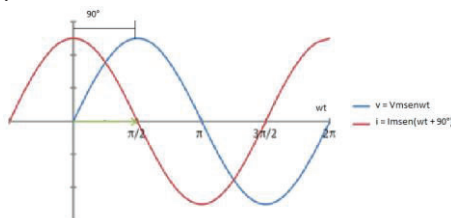


Imagen 1: diferencia de fase

Impedancia.

Para relacionar matemáticamente el voltaje y la corriente en un circuito de ca, se requiere un tipo especial de función. La que generalmente se emplea, recibe el nombre de función de impedancia del circuito o simplemente impedancia del circuito (Z); la cual indica dos hechos importantes: (1) la razón de V_m a I_m y (2) el ángulo de fase entre las ondas de voltaje y corriente. Se utiliza la siguiente notación: $Z \angle \text{ángulo}$ y sus unidades son los Ohms.

En general para una rama RLC la ecuación que representaría la impedancia en un circuito, estará dada de la siguiente manera

$$Z_{(RLC)} = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \angle \tan^{-1} \frac{(\omega L - 1/\omega C)}{R}$$

El campo magnético.

(Ruiz, 2005) Los campos magnéticos son los mecanismos fundamentales para convertir la energía de una forma a otra en motores, generadores y transformadores. Existen cuatro principios básicos que describen como se utilizan los campos magnéticos en estos aparatos:

1. Un conductor que porta corriente produce un campo magnético a su alrededor.

2. Un campo magnético variable en el tiempo induce un voltaje en una bobina de alambre si pasa a través de ella (este principio es la base del funcionamiento del transformador).
3. Un conductor que porta corriente en presencia de un campo magnético experimenta una fuerza inducida sobre el (esta es la base del funcionamiento del motor).
4. Un conductor eléctrico que se mueve en presencia de un campo magnético tendrá un voltaje inducido en él (esta es la base del funcionamiento del generador)

Producción del campo magnético. La ley básica que gobierna la producción de un campo magnético por medio de una corriente es la ley de Ampere.

$$\oint H \cdot dl = I_{net}$$

Donde **H** es la intensidad del campo magnético producida por la corriente I_{net} y dl es el elemento diferencial a lo largo de la trayectoria de integración, sus unidades son para I en amperes y para **H** en ampere vuelta por metro.

La intensidad del campo magnético **H** es, de alguna manera, una medida del esfuerzo de una corriente por establecer un campo magnético. La potencia del campo magnético producido en el núcleo depende también del material de que está hecho. La relación entre la intensidad de campo magnético **H** y la densidad del flujo magnético resultante **B** producida dentro del material está dada por:

$$B = \mu H$$

Donde **H** = Intensidad del campo magnético (ampere-vuelta por metro) y representa el esfuerzo de la corriente por establecer un campo magnético

μ = permeabilidad magnética del material (henrys por metro) y representa la facilidad relativa para establecer un campo magnético en un material dado.

B = densidad de flujo magnético resultante (weber por metro cuadrado o teslas (T)).

Las permeabilidad relativa es una medida útil para comparar la capacidad de magnetización de los materiales; si un material tiene un valor de 2000 de permeabilidad relativa, significa que con la cantidad de corriente dada, se tendrán 2000 veces más flujo en el material que en la sección correspondiente de aire.

. Si el vector de densidad de flujo es perpendicular a un plano de área A y si la densidad de flujo es constante en toda el área, la ecuación se reduce a $\Phi = BA$, de esta forma, el flujo total en el núcleo producido por una corriente i en el devanado, es

$$\Phi = BA = \frac{\mu N i A}{l_n}$$

Donde A es el área de la sección transversal del núcleo.

Ley de Faraday: voltaje inducido por un campo magnético variable. (Chapman, Motores de Inducción, 2012) Esta ley 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:

$$e_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

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 esta estuvieran en cortocircuito, se produciría en ella una corriente que generaría un flujo opuesto al flujo inicial.



Imagen 2:a) una bobina encierra un flujo magnético creciente. b) Determinación de la polaridad del voltaje resultante.

Significado de la ley de Lenz. Si las espiras están estrechamente ligadas, de modo que la mayor parte del flujo que circula en una espira también circula en las demás, entonces la ecuación anterior daría respuestas válidas. Pero si la dispersión es significativa o si se requiere la máxima exactitud, se necesitará una expresión diferente que no suponga tal hecho. La magnitud del voltaje en la i -ésima espira de la bobina está dada siempre por:

$$e_{ind} = d(\phi_i)/dt$$

Marcas de terminales utilizando ICE y NEMA.

(STANDARD, 2015) Así como lo marca la Terminal markings for electrical machinery and apparatus de BRITISH STANDARD en la parte 6: Lead colours for rotating electrical machinery para generadores y motores de AC "El color marcado de los cables indicados en esta cláusula pueden ser utilizados como una alternativa, además del

uso de símbolos. Esto es particularmente aplicable a las máquinas conformes a la BS 5000 - 11, cuando están equipados con cables sueltos. Los colores a ser utilizados son los siguientes.”

Nota: Los símbolos, que están en conformidad con la norma BS EN 60034-8: 2002, son los que sería aplicable si se proporcionaran las terminales.

3-phase 6-lead

U1	Red	V2	Brown
U2	Black	W1	Blue
V1	Yellow	W2	White

Tabla 1: identificación de motores con 6 terminales

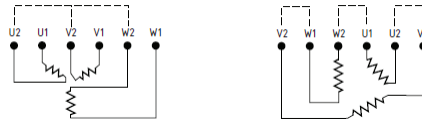


Imagen3: conexión Estrella y Delta en motor de 6 terminales

Lo anterior también se basa en la norma IEC 60034-8 (1-2011, 2012) (BradleysMotors, 2015) Así también como se marca en la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) junto con la American National Standard (ANSI), en la norma NEMA MG 1-2011 se marcan las terminales de la siguiente manera:

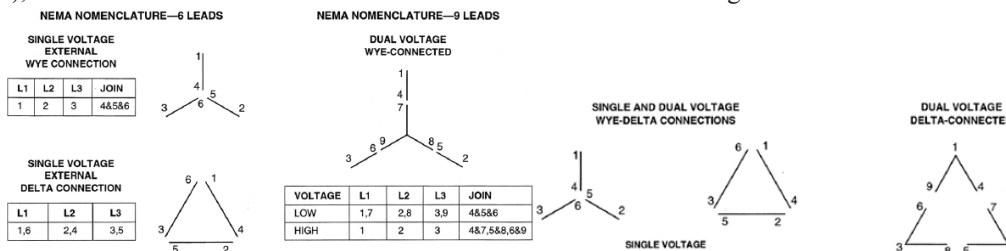


Imagen 4: Nomenclatura NEMA

Pruebas realizadas en motores de 6.

Para las siguientes pruebas se utilizaron: un generador de funciones marca BK PRECISION 4005DDS, un osciloscopio Tektronix TDS1001B, 40MHZ, así también se utilizó un transformador de 12 VCA y 2 Amperes, para verificar mediciones. La detección de los pares en 6 terminales se realizaron con un voltaje de 5 VCD.

Detección de polaridad de un motor de 6 terminales

Detección de los pares.

Las características técnicas del motor trifásico de inducción son las siguientes: Marca De Lorenzo 220/380 V Delta/Estrella con corrientes de 4.5/2.6 A en Delta/Estrella a 1.1 KW y f.p. de 0.86 a 3300rpm con una frecuencia de 60Hz.

Realizada la identificación de los 3 pares, se identifica la polaridad de los pares identificados para poder identificarlos como U1, V1 y W1 con sus respectivas conexiones de U2, V2 y W2. Para ello se utiliza una señal sinusoidal de 12 VRMS. y una frecuencia de 60Hz, colocando la punta del generador en una de las puntas del primer par (U1) y la otra se le conecta su referencia a cero del generador (U2). Mientras se procede a monitorear el siguiente par para identificar cuál de las terminales quedará como V1 y V2, estas terminales se ubican al monitorear las señales

Para 6 terminales solo es necesaria la identificación de la señal invertida, quedando que la punta conectada al positivo del osciloscopio y obteniendo una señal invertida en 180° se identifica como V1 y la otra V2, se realiza el mismo procedimiento para W1 y W2.un resultado de las pruebas realizadas nos daría la siguiente tabla 1.

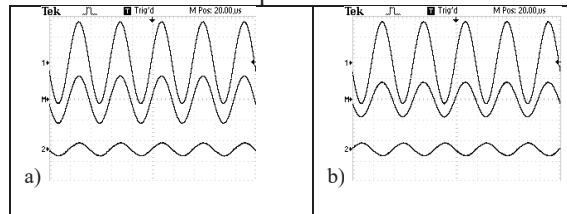


Imagen 5: señal inducida a) no invertida, b) invertida

Par1 identificado como U1-U2,	Par2 conectado al canal 2, medición de 1.6Vp inducido, si se encuentra en fase, entonces la punta positiva del osciloscopio marcará a V2 y	Par3 conectado al canal 2, medición de 1.8Vp inducido, si se encuentra en fase, entonces la punta positiva del osciloscopio marcará a W2 y
-------------------------------	--	--

alimentación de 10Vp	la otra será V1, si está desfasado 180°, entonces la punta positiva del osciloscopio será V1.	la otra será W1, si está desfasado 180°, entonces la punta positiva del osciloscopio será W1.
----------------------	---	---

Tabla 1: mediciones realizadas a un motor de 6 terminales y su identificación.

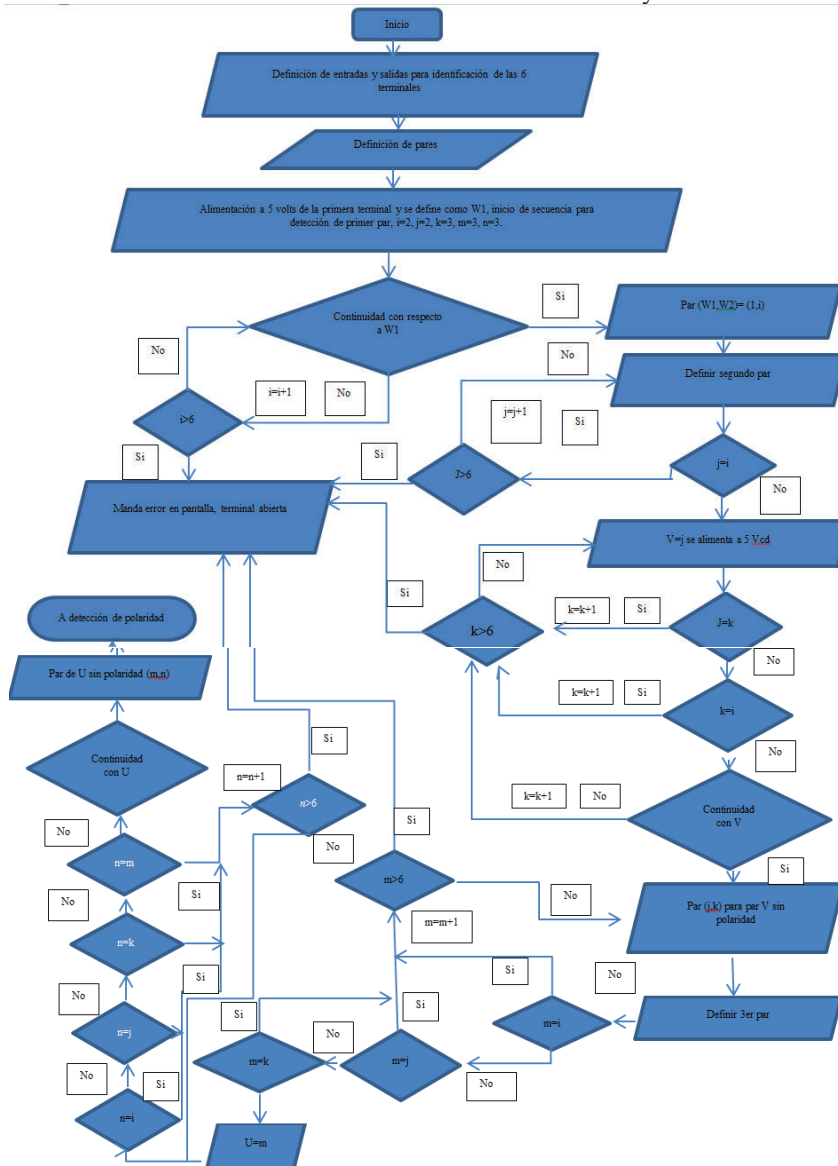


Imagen 6: Diagrama de Flujo para detectar los pares de un motor trifásico de 6 terminales

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En un enfoque de programación, es viable el identificar las terminales de un motor de 6, 9 y 12 terminales, para el control de las señales de alimentación y excitar las bobinas, es necesario utilizar junto con el microcontrolador, elementos como transistores y relevadores; por el tiempo de retardo que requiere el relevador de aproximadamente 10 ms para accionar, a el programa se le dio un retardo de 50 ms en cada etapa de identificación, por lo que para identificar las 6 terminales se utiliza aproximadamente un tiempo de 2 seg., pretendiendo reducir ese tiempo conforma se sigan realizando pruebas.

Conclusiones

Los resultados demuestran que es posible el generar un nuevo método para la identificación de las terminales, falta el realizar más mediciones para verificar los resultados obtenidos, es necesario recordar que cada motor por su

fabricación siempre nos dará valores de medición totalmente diferentes, sin embargo con las pruebas realizadas se ha verificado que a pesar de ello, siempre tienen un comportamiento similar, con variaciones de voltaje pequeños pero siempre con la referencia de identificación encontrada en la investigación.

Recomendaciones

En este punto es necesario el considerar que se requiere mayores pruebas con motores de otras características para verificar su comportamiento; así también el realizar una estandarización para que en un momento determinado lograr obtener un sistema que permita el obtener la identificación de un modo automático.

Referencias

TRABAJOS CITADOS

- 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>
- BradleysMotors. (15 de 09 de 2015). *BradleysMotors*. Obtenido de http://bradleymotors.com/PDFs/Terminal_Markings_and_Motor_Connections.pdf
- Chapman, S. J. (2005). *Electric machinery fundamentals, Fourth edition*. México D.F.: The McGraw Hill Companies, Inc.
- Chapman, S. J. (2012). Motores de Inducción. En *Máquinas Eléctricas* (pág. 512). British Aerospace Australia: Mc Graw Hill.
- Fluke. (21 de 9 de 2015). *Support Fluke*. Obtenido de <http://www.fluke.com/fluke/uses/Portable-Oscilloscopes/Fluke-120.htm?PID=55999>
- Fuke. (21 de 9 de 2015). *Support Fluke*. Obtenido de http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/2517897_6003_ENG_B_W.PDF
- <http://unal.edu.co/>. (Junio de 2005). (Universidad Nacional de Colombia) Recuperado el 18 de Noviembre de 2014, de http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALenc/DOCUMENTOS/TEORIA/MANUFAC TURA%20FLEXIBLE.pdf
- Motors, H. E. (15 de 09 de 2015). <http://hupp-electric.com/>. Obtenido de NEMAConnections-Diagrams%20.pdf
- Real Acadèmia de la Lengua Española*. (s.f.). Recuperado el 2014, de <http://rae.es>.
- Resource, P. (18 de Sept de 2015). *publicresource.org*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/in/bis/S05/is.iec.60034.8.2002.pdf>
- 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
- Ruiz, I. N. (2005). Física – Máquinas Eléctricas.
- Science, R. S. (s.f.). *Rutgers School of arts and Science*. (Physics and Astronomy) Recuperado el 27 de Julio de 2015, de <http://www.physics.rutgers.edu/>
- 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=CjwKEAjw1f6vBRC7tLqO_aih5WISJAAE0CYwFC2k2YsxWWYzqPPZmlyMcesC-zcQOHTQKaSGl_OgFxoCUWXw_wcB
- 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/APUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-_U_3_v1.1.pdf

Notas Biográficas

El **M.C.T. José Luis Viramontes Reyna** es profesor de tiempo completo en la Universidad Tecnológica de san Luis Potosí, apoyando principalmente a la división de electromecánica, específicamente a la carrera de mecatrónica Automatización y sistemas de manufactura flexible.

El **Ing. José Guadalupe Montelongo Sierra** es profesor de tiempo completo en la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, apoyando a la división de electromecánica, específicamente a la carrera de Mecatrónica área Instalaciones eléctricas eficientes.

El **MI Erasmo Velázquez Leyva** es Profesor de tiempo completo de la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, apoyando a la división electromecánica, específicamente a la carrera de mecatrónica área automatización.

La **M.C. Martha Haydee Carolina Sánchez Muñiz** es profesora de Tiempo completo de la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, apoyando a la división de electromecánica, específicamente a las carreras de mecatrónica en tronco común.