ANALISIS Y CARACTERÍSTIZACION DE LOS PARAMETROS ELECTRICOS DEL CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE INDUCCION TRIFASICO, DESDE UN ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS

Desarrollo Tecnológico

DEINER ALBERTO MARTINEZ RAMIREZ: 1120745597

JOSE ALEJANDRO AMAYA PLATA: 1120745092

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico
Ciudad y fecha (8, 11, 2021)

ANALISIS Y CARACTERÍSTIZACION DE LOS PARAMETROS ELECTRICOS DEL CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE INDUCCION TRIFASICO, DESDE UN ANALIZADOR DE REDES ELECTRICAS

Desarrollo Tecnológico

DEINER ALBERTO MARTINEZ RAMIREZ: 1120745597

JOSE ALEJANDRO AMAYA PLATA: 1120745092

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en Operación y Mantenimiento Electromecánico

DIRECTOR
Licenciado. Esp. Milton Reyes Jiménez

GRUPO DE INVESTIGACIÖN SISTEMAS DE ENERGIA AUTOMATIZACION Y CONTROL – GISEAC

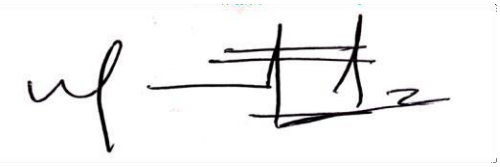
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico
Ciudad y fecha (8, 11, 2021)

Nota de Aceptación

Aprobado

Juan R. Camacho M.

Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

A Dios, de todo ser humano presente en el caminar de nuestras vidas, bendiciéndonos y dándonos las fuerzas para continuar con nuestras metas trazadas sin desfallecer. A nuestros padres que con apoyo incondicional y confianza permitieron que lográramos culminar esta etapa profesional.

Cabe destacar también a todas aquellas personas que nos brindaron sus conocimientos o sus palabras de aliento y apoyo durante todo el proceso, ayudándonos a mantener siempre el foco en nuestras metas

AGRADECIMIENTOS

Iniciamos estos agradecimientos dándole gracias a Dios por permitirnos culminar de manera satisfactoria este proyecto y siempre contar con su acompañamiento para tomar las mejores decisiones.

También en estas líneas queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación, resaltando al Ing. Milton Reyes y al Ing. Juan Camacho, que de alguna manera estuvieron con nosotros en los momentos difíciles y nos brindaron sus conocimientos. Estas palabras son para ustedes. A nuestros padres por toda su comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que nos han tenido. No tenemos palabras para agradecerles las incontables veces que nos brindaron su apoyo en todas las decisiones que hemos tomado a lo largo de nuestras vidas.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO **9**

INTRODUCCIÓN **10**

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN **11**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **11**
1.2. JUSTIFICACIÓN **13**
1.3. OBJETIVOS **14**
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
1.4. ESTADO DEL ARTE **14**

2. MARCO REFERENCIAL **17**

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION **33**

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO **36**

5. RESULTADOS **43**

6. CONCLUSIONES **51**

7. RECOMENDACIONES **52**

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **53**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de un convertidor de frecuencia 16
Figura 2. Bornas de Conexion convertidor de frecuencia Invertek 18
Figura 3. Bornas de Conexión terminales control convertidor de frecuencia 21
Figura 4. Analizador de redes circuitor. 23
Figura 5. Conexión general analizador de redes circuitor 24
Figura 6. Pantalla Analizador circuitor 27
Figura 7. Conexión tarjeta de potencia Convertidor inverterk 38
Figura 8. Conexión inicio de arranque motor Convertidor inverterk 39
Figura 9. Conexión potenciómetro Convertidor inverterk 40
Figura 10. Definición sentido de giro motor Convertidor inverterk 41
Figura 11. Control velocidades fijas de motor - Convertidor inverterk 42
Figura 12. Conexión Convertidor inverterk – Analizador Circuitor 43
Figura 13. Módulo de Accionamiento eléctrico 44
Figura 14. Visualización voltaje de fase 45
Figura 15. Visualización voltaje de línea 46
Figura 16. Visualización corriente de línea 46
Figura 17. Visualización frecuencia de red 46
Figura 18. Visualización Potencia activa por fase 47
Figura 19. Visualización potencia reactiva por fase 47
Figura 20. Visualización potencia aparente por fase 48
Figura 21. Visualización factor de potencia por fase 48
Figura 22. Montaje Visualización de un voltaje de línea RS 49
Figura 23. Montaje Visualización de un voltaje de línea ST 49
Figura 24. Montaje Visualización de un voltaje de línea ST variador 51
Figura 25. Montaje Visualización de frecuencia variador 51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Terminales de Control. 20
Tabla 2. Parámetros de medida visualizados CVM C10....29
Tabla 3.Función de las teclas en las pantallas de medida**.** CVM C10....30
Tabla 4.Función de las teclas en la pantalla armónicos**.** CVM C10 30
Tabla 5. Función de las teclas, programación, modo consulta 31
Tabla 6. Función de las teclas, programación, modo edición 32
Tabla 7. Controles HMI 37
Tabla 8. Parámetros básicos según analizador de redes 45

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de desarrollo tecnológico, permitió integrar dos equipos electronicos: uno para el control de velocidad de un motor de inducción trifásico y otro para la medición de parámetros eléctricos utilizando un analizador de redes. Se describieron inicialmente las características de conexión y programación de cada equipo lo cual facilitara al usuario la operación de los mismos.

Se utilizó un motor de inducción trifásico de 220 voltios, 1,1 kW marca delorenzo para el análisis de los resultados del proyecto.

La investigación desarrollada en el presente proyecto es de tipo exploratoria informal, la cual fue apoyada en fuente de datos secundarios que se encuentran revisando la literatura y la recopilación de documentación para comprender y dar solución a la problemática de la investigación, la exploración mantiene un enfoque cuantitativo que define la descripción de las cualidades de la problemática como lo es el análisis y caracterización de los parámetros eléctricos del control de velocidad de motores de inducción trifásicos desde un analizador de redes eléctricas. A traves del desarrollo del proyecto se estableció una conexión simultánea para el control de velocidad de un motor, utilizando un convertidor de frecuencia y la medición de los parámetros eléctricos básicos que muestra un analizador electrónico de redes utilizando como carga un motor de inducción trifásico. Podemos referenciar el proyecto como integrado debido a que se utilizan equipos estudiados en dos niveles del programa de tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico

PALABRAS CLAVE. Analizador, Frecuencia, Tensión, Motor, Eficiencia.

INTRODUCCIÓN

El laboratorio de accionamientos y medidas eléctricas del programa de tecnología en operación y mantenimiento electromecánico, en ruta al estudiante en la utilización de herramientas prácticas para la maniobra, control de velocidad y medición de parámetros eléctricos en motores de inducción trifásicos; El presente proyecto permitió integrar dos de los equipos más utilizados en los laboratorios y mirar su comportamiento en cuanto a la lectura de parámetros como corriente, tensión, frecuencia, factor de potencia, potencia; importantes para el desarrollos de apliccaiones en contextos industriales.

Dentro del desarrollo del proyecto se implementó un convertidor de frecuencia inverterk de tecnología británica, de fácil operación y programación, que permite ampliar la gama de equipos de control.

Es importante para el programa trabajar proyectos integradores los cual pueden ayudar a implementar apliccaiones de máquinas o proceso según las necesidades del entorno.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto industrial el requerimiento de mejorar y optimizar constantemente los sistemas eléctricos en integrando el control de velocidad de un motor de inducción y la medición de parámetros eléctricos utilizando analizadores de redes, plantea la necesidad de la interacción de equipos electrónicos que mejoren estas tareas.

Generalmente los motores eléctricos, es el accionador eléctricos más utilizado, se ubican en diversos sectores de una instalación eléctrica o de una maquina; lo cual es importante el control y visualización de cada uno de los parámetros eléctricos que lo soportan.

En el contexto del laboratorio de accionamientos y medidas eléctricos se requiere de herramientas prácticas para ejecutar proyectos integradores de estudiantes de diferentes niveles de estudio que beneficien las metodologías de aprendizaje práctico, lo cual es factor importante en requerimientos de la acreditación de programa de tecnología en operación y mantenimiento electromecánico. La necesidad de integrar tecnologías para realizar demostraciones y aplicaciones de los sistemas eléctricos, electrónicos y electromecánicos, siendo este un espacio fundamental para la investigación, docencia y comunidad estudiantil; de otra manera la falta de experiencia y desconocimiento por parte de ingenieros de los desarrollos tecnológicos en los sistemas de control de velocidad y eficiencia energética dificultan la implementación y estudio de desarrollos tecnológicos que pueden dar soluciones.

JUSTIFICACIÓN

La actualización y modernización de equipos de control y medida industrial, para el desarrollo de control y medición de parámetros eléctricos y específicamente en la variación de velocidad de motores de inducción trifásicos, garantiza efectividad y seguridad en máquinas y procesos; y al mismo tiempo para personal que se desempeña en esta área

El conocimiento de tecnologías en constante avance y aplicadas, parte desde las prácticas de laboratorio de las universidades, donde es relevante la existencia de equipos y proyectos que faciliten mejorar las destrezas y los conocimientos de sistemas eléctricos y electrónicos.

La implementación de estos equipos con tecnología de punta desempeña un papel importante para que los egresados mantengan el prestigio de la institución en el mercado laboral.

Equipos o maquinas como sistemas de elevación, bandas transportadoras y bandas, tornos, cepilladoras, fresadoras, procesos de control de líquidos y aglomerados; requieren control de velocidad con convertidores de frecuencia y muy visibles en el día a día, tanto en el ámbito industrial.

Los beneficios productivos para las empresas se verán reflejados, teniendo dentro de su organización, personal preparado que brinda soluciones efectivas y modernas a las diferentes problemáticas en cuanto a la industria se refiere.

El desarrollo de este proyecto permite contar con una herramienta en el laboratorio de accionamientos en las Unidades Tecnológicas de Santander que mejora su infraestructura tecnología y aportara al proceso acreditación en que se encuentra el programa.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de control y medida eléctrica, para el análisis de los parámetros de visualización y control de la velocidad variable de un motor de inducción trifásico, utilizando un convertidor de frecuencia - un analizador de redes eléctricas, en referencia prácticas de medición y accionamiento eléctrico.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el funcionamiento y comportamiento de un convertidor de frecuencia y un analizador de redes que permitan integrar los parámetros de control y visualización en prácticas de laboratorio de accionamientos y medidas eléctricas, como herramienta didáctica en temáticas específicas de dos áreas de conocimiento.

- Análisis de los parámetros entregados por un convertidor de frecuencia de 1 h.p. 220 voltios; referenciando el ahorro de energía eléctrica, derivado de la utilización optimización del funcionamiento del motor según los requerimientos de la aplicación.

- Implementar un convertidor de frecuencia, de manera que pueda ser utilizado en aplicaciones de control de velocidad de un motor trifásico jaula de ardilla, para visualización y comparación de sus parámetros eléctricos.

1.3. ESTADO DEL ARTE

En un artículo denominado “Supervisión energética para monitorización y control de consumo. Un caso práctico”, publicado en la revista tecnológica 3C tecnología se hace referencia a la importancia del gasto energético para reducir el consumo en empresas que poseen equipos y maquinaria de gran potencia, para evitar sobrecostos que afecten a la compañía, de ahí la importancia del constante monitoreo de la energía, es muy útil como una herramienta para conseguir un consumo más eficiente, teniendo en cuenta ventajas como lo es el análisis de datos en comparación con otra información conocida permitiendo medir diferentes parámetros y observar el análisis a través de graficas en tiempo real, mantener un control a través de alarmas para detectar el sobreconsumo o fenómenos fuera de los rangos permisibles de la empresa, además de detectar fallas en áreas específicas causantes de pérdidas o afecciones a la red eléctrica de la empresa, controlar las perdidas y el consumo de energía reactiva permitiendo una mejor distribución de los costos, inclusive permitiendo establecer un nivel más estable de carga de transformadores y alimentadores mejorando en si la vida útil de los equipos en cuanto a su mantenimiento reduce sus costos en rango económico considerable debido a la minoría de sobreesfuerzo en los dispositivos implementados en la red eléctrica. (Garavito Meta, 16 de noviembre de 2015)

En el proyecto” Implementación de un variador de frecuencia para obtener un caudal de agua constante” Se inició con el estudio de las ventajas que ofrecen los variadores de velocidad, como mejoramiento del control del caudal y la presión, mejoramiento del factor de Potencia del Motor, Eliminar de la Energía Reactiva y lograr un arranque y una parada suave de los motores. Revisando estos factores se concluye que la principal razón para la implementación de los variadores de velocidad son la mejora y efectividad en el proceso y la disminución de los costos en el área de producción en el mismo. (Canto, 25 de 08 de 2016)

A traves de la instalación del convertidor de frecuencia en el motor de la bomba hidráulica sumergible, mejoramos ostensiblemente el control del caudal y presión

del agua, suministrando un caudal necesario, dependiendo de la demanda existente, esto nos dará un mayor periodo entre cada mantenimiento programado, también elimina el fenómeno de cavitación en la tuberías y en la bomba, se disminuye el consumo de energía del motor y, todo esto aumenta la eficiencia del sistema de bombeo. (motores, 21 de Diciembre de 2016)

En el proyecto: “Módulo Didáctico para el Control de la Velocidad de un Motor de Inducción Trifásico Basado en la Tecnología de FPGA”. El desarrollo e implementacion del módulo didáctico basado en tecnología FPGA (Field Programmable Gate Array), para el control de la velocidad de un motor de inducción trifásico de potencia fraccionaria, para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje en carreras afines a la Electrónica y a la Mecatrónica, orientado en el diseño y operación en las áreas del conocimiento específicas como la electrónica digital, el uso de lenguaje descriptivo de hardware (HDL) para configurar circuitos programables, y la electrónica de potencia, logrando un control aceptable y seguro de la velocidad del motor de inducción en los voltajes y potencias propuestos. Otro antecedente es la Implementación de un Módulo Didáctico para el Control y Regulación de la Velocidad en Lazo Cerrado en Motores Asincrónicos Trifásicos, Empleando un Variador de Control Vectorial. (cuyo objetivo principal es controlar y regular la velocidad en lazo cerrado en motores asincrónicos trifásicos, empleando un variador de control vectorial, utilizando un encoder.

Con el control vectorial se obtiene el mejoramiento de la operación del motor y un eficiente control de frecuencia con un torque máximo. Permite que la industria pueda realizar nuevas prácticas para obtener un mejor producto. La retroalimentación (control lazo cerrado), hace más eficiente el funcionamiento del motor y mejoramiento de productividad en tiempos de traslado del personal técnico. (Cabezas Castillo, 03 de febrero de 2013)

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Convertidor de frecuencia.

Para el desarrollo del proyecto se eligió un variador de velocidad inveterk de fabricación inglesa de 1 hp y 220 voltios.

2.2.1 Operatividad de un convertidor de frecuencia

Variando la tensión y frecuencia de la red que alimenta el motor, estos equipos de estado sólido que permiten variar en cualquier valor la velocidad de motores asíncronos de inducción trifásicos. Los convertidores electronicos de frecuencia disminuyen los consumos de energéticos de forma eficiente eficiente. De igual forma se puede ajustar la velocidad de los motores eléctricos con respecto a diferentes apliccaiones en entornos de la industria. (Furió, 19 de junio de 2019)

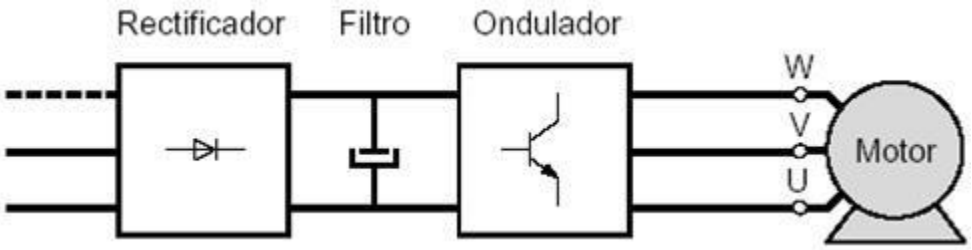


Figura 1. Etapas de un convertidor de frecuencia

Fuente: https://lh3.googleusercontent.com/proxy

Los convertidores de frecuencia contienen circuitos de potencia y control a traves de tarjetas electrónicas; la tarjeta de potencia tiene definida tres etapas:

Etapa 1: Rectificador: Está compuesta por diodos rectificadores, pueden ser cuatro ö seis dependiendo de la referencia del equipo con alimentación trifásica o monofásica. Ellos que convierten a una frecuencia del voltaje de entrada determinada.

Etapa 2: Enlace de c.c.: Se estructura con condensadores que guardan el voltaje del rectificado utilizado en la fase inversora del convertidor. Las experiencias han determinado voltaje hasta 800 VCC almacenados. Lo cual puede ser de riesgo eléctrico. De igual forma esta etapa absorbe de energía del proceso de regeneración, “Energía generado por el motor en una detección fuerte”. Frenado por inyección de corriente continúa del variador hacia el motor

Etapa 3 Convertidor: Se compone de conmutadores por transistores a modo de que transforman nuevamente el enlace de c.c. en un valor de voltaje y frecuencia variables para realizar control el motor de corriente alterna. El método más común es la modulación de la duración de los pulsos (PWM).

2.2.2 Generalidades Convertidor de Frecuencia Invertek

Bornes de Conexión Potencia y mando.

Es importante la consulta de la ficha técnica para identificar las borneras de potencia y control definidas en el variador.

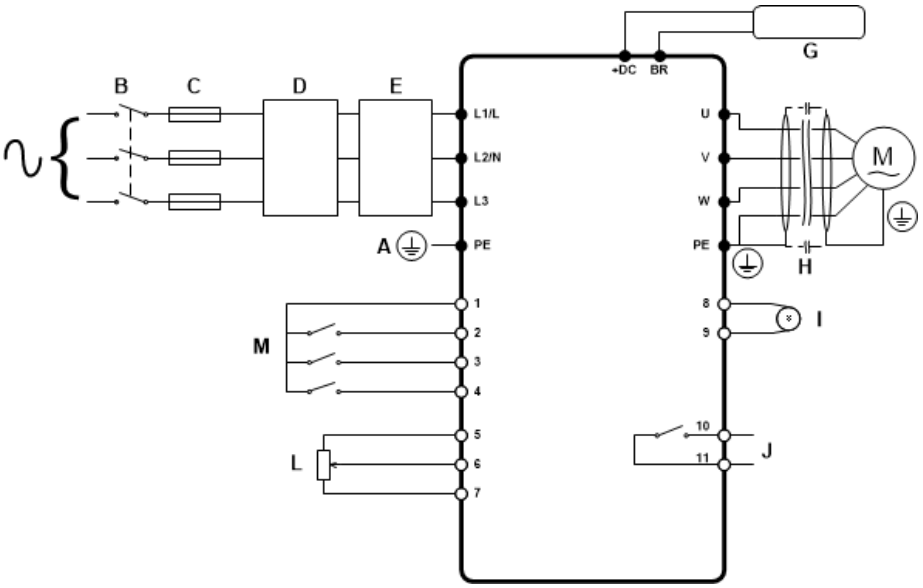


Figura 2. Bornas de Conexion convertidor de frecuencia Invertek

Fuente: Ficha Técnica Inverterk.

- Bornes L1/L y L2/N. Para alimentación monofásica de 220 v / 120 v

- Utilizar cable con disposición simétrica conductores apantallados. normas EMC CE y CTick,

- Se debe utilizar la norma IEC61800-5-1, para su instalación con un elemento de desconexión entre la alimentación y el mismos equipos.

- Los conductores se seleccionan de acuerdo con los códigos o reglamentos RETIE

2.2.3 Protección magneto térmico

- Se deben instalar la Instalar la protecciones contras sobrecarga y corto circuitos adecuadas, de acuerdo a la normatividad el tipo g G (IEC 60269) o los fusibles UL tipo J, de todos modos, en algunas situaciones el fusible tipo a R puede ser aplicado. El tiempo de funcionamiento de los fusibles debe ser menos a 0,5 segundos.

- En el caso de falla en el sistema de alimentación de energía, es conveniente disponer de 30 segundos para reiniciar la alimentarlo. Es conveniente esperar un mínimo de 5 minutos para remover la cubierta de protección o retirar las conexiones.

- La corriente máxima de corto circuito admitida en las conexiones de potencia del Optidrive es de 100kA norma en IEC60439-1.

2.2.4 Conexión del motor.

- El convertidor de frecuencia establece de forma ligera la conmutación de la tensión de salida (PWM) al motor en referencia con la alimentación de red donde para motores que han sido bobinados para funcionamiento con un convertidor de frecuencia no hay medidas preventivas requeridas.

- Ubicando los bornes U, V, W, el motor debe instalar el motor al equipo con un grupo de 3 o 4 conductores. conexión es de 3 conductores, el cable de tierra debe ser de la misma sección o superior a éstos. En el caso de manguera de conexión de 4 conductores, el cable de tierra debe ser de la misma sección que la de las fases.

- El cable de tierra del motor debe estar conectado a alguno de los terminales de tierra del equipo.

2.2.5 Cableado de control.

- Es necesario el apantallamiento de todos los conductores de señales
- Debe existir separación bien definida de los conductores de fuerza y mando.
- No se deben canalizar señales de niveles de tensión diferentes.
- El par de ajuste máximo de los bornes de control es de 0,5Nm.
- El calibre del conductor de control: 0,05 - 2.5mm^2 / 30 - 12 AWG.

2.2.6 Conexión terminales de control.

Terminal de control	Señal	Descripción	
1	Salida +24Vdc	+24Vdc, 100mA. **No conectar fuente externa en terminal de control 1**	
2	Entrada digital 1	Lógica positiva "Lógica 1" Rango voltaje de entrada: 8V … 30V DC "Lógica 0" Rango voltaje de entrada: 0V … 4V DC	
3	Entrada digital 2		
4	Entrada digital 3 / Entrada analógica 2	Digital: 8 a 30Vdc Analógica: 0 a 10Vdc, 0 a 20mA o 4 a 20mA	
5	Salida +10Vdc	+10Vdc, 10mA, 1kΩ mínimo	
6	Entrada analógica 1 Entrada digital 4	Analógica: 0 a 10Vdc, 0 a 20mA o 4 a 20mA Digital: 8 a 30V	
7	0V	Común para entradas y salidas digitales/analógicas. Conectado a terminal 9	
8	Salida analógica/ Salida digital	Analógica: 0 a 10V, Digital: 0 a 24V	20mA máximo
9	0V	Común para entradas y salidas digitales/analógicas. Conectado a terminal 7	
10	Salida de Relé	Común de Relé	
11	Salida de Relé	Contacto NO , 250Vac, 6A / 30Vdc, 5A	

Tabla 1. Terminales de Control.

Fuente: Manual Convertidor de frecuencia

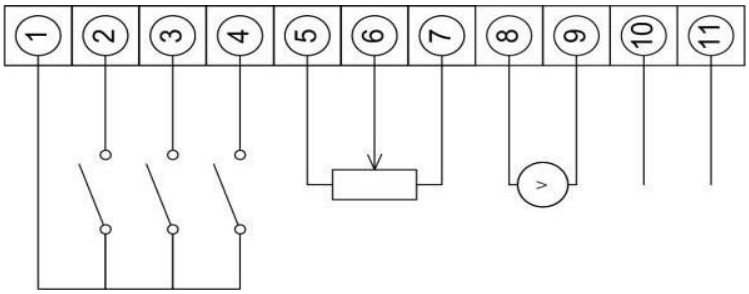


Figura 3. Bornas de Conexión terminales control convertidor de frecuencia

Fuente: Manual Equipo

.

2.2.7 Salida Analógica.

Las salida analógica debe programarse a tráves el parámetro P-25,

Existen dos modos de operación dependiendo del parámetro para salidas salida.

- Analógico: La salida es una señal 0-10Vdc, de 20mA de corriente máxima
- Digital. La salida es una señal de 24Vdc, de 20mA de corriente máxima.

2.2.8 Salida de Relé

Con el parámetro P-1 se establece la salida a relé utilizando el 8.

2.2.9 Entradas Analógicas.

Existe la disponibilidad de dos entradas analógicas, que pueden ser aplicadas como entradas digitales. Seleccionadas de la forma siguiente.

- Entrada Analógica 1: Parámetro de selección de formato P-16
- Entrada Analógica 2: Parámetro de selección de formato P-47

La función de la entrada analógica, por ejemplo velocidad de referencia o realimentación del PID está definida por el parámetro P-15..

2.2.10 Entradas Digitales.

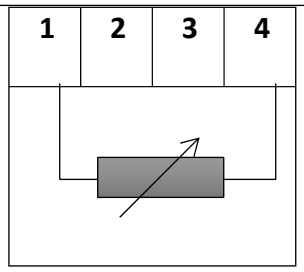
Se dispone de cuatro entradas digitales, definidas por los parámetros del P-12 al P-15

2.2.11 Protección interna de sobrecarga térmica.

El convertidor posee una función interna para la sobrecarga térmica del motor. En el caso que la corriente motor sea >100% del valor ajustado en P-08 durante un periodo mantenido (por ejemplo, 150%, durante 60 segundos), se bloqueará por alarma “I.t-trP”.

2.2.12 Conexión del termistor del motor

Cuando se utiliza un termistor de motor, se debe conectar de la siguiente forma:



Información adicional:

- Termistor compatible: Tipo PTC , 2.5kΩ nivel de disparo.
- Utilizar un ajuste en P-15 que tenga la

	función de disparo externo en la entrada digital 3. Ejemplo: P-15 = 3. Consulta sección 7 para más detalles. Ajustar P-47 = "□□□□□□"

2.3 Analizadores de redes eléctricas

Son dispositivos de medida electronicos de conexión indirecta definidos para la medición de varios parámetros eléctricos de una carga eléctrica determinada; pueden calcular, visualizar los valores eléctricos en sistemas monofásicos a tensión de fase, monofásicos a tensión de línea y trifásicos, para carga equilibrada o desequilibrada. (LTDA., 02 de Junio de 2018)

Figura 4. Analizador de redes circuitor.

Fuente: Ficha técnica circuitor

2.3.1 Utilidades de los analizadores de redes

Visualizar los excesos de consumos energéticos, analizar las curvas de carga para determinar donde se presenta la máxima demanda de energía, mostrar la necesidad de instalar bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia, prevenir fallas por mal estado de la red eléctrica en media.

Los analizador de redes eléctricas necesitan la conexión de transformadores de medida de corriente, para protección del equipos debido a que están diseñados para potencias muy bajas, la relación de relación debe ser a xx / 5 amperios en el devanado secundario.

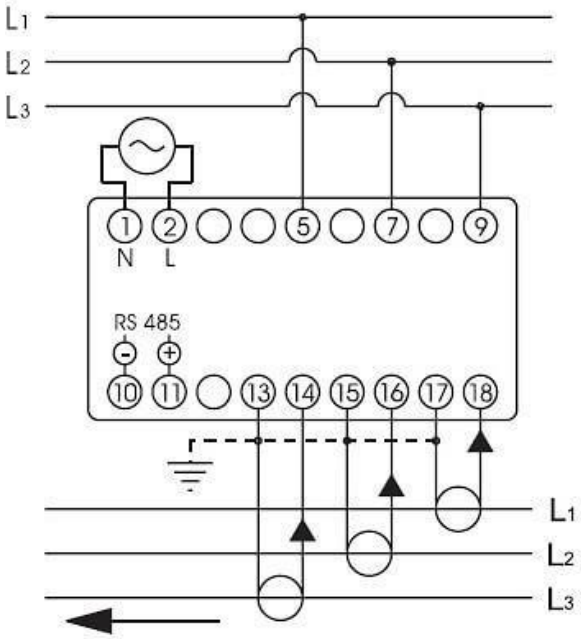


Figura 5. Conexión general analizador de redes circuitor

Fuente: Ficha técnica circuitor

2.3.2 Bornes analizador de redes Circuitor.

1: A1 Alimentación Auxiliar. 12: I2, entrada digital 2 / selección de tarifa

2: A2 Alimentación Auxiliar. 13: VL1, Entrada de tensión L1

3: Rc, Común de las Salidas de relé 14: VL2, Entrada de tensión L2

4: R2, Salida Relé 2 15: VL3, Entrada de tensión L3

5: R1, Salida Relé 1 16: N, Neutro

6: S2, Entrada de corriente de Neutro 17: S1 , Entrada de corriente L1
7: S1, Entrada de corriente de Neutro 18: S2, Entrada de corriente L1
8: A (+), RS485 19: S1, Entrada de corriente L2
9: B (-), RS485 20: S2, Entrada de corriente L2
10: GND, para RS485 y para las entradas digitales 21: S1, Entrada de corriente L3
11: I1, entrada digital 1 / selección de tarifa 22: S2, Entrada de corriente L3.

2.3.3 Características técnicas analizador circuitor c

De Conexión alimentación tarjeta del analizador

Tensión nominal 95 ... 240 V ~ ± 10%
Frecuencia 50 ... 60 Hz
Consumo 4... 6 VA
Categoría de la Instalación CAT III 300 V

2.3.4 Montaje.

El analizador de redes objeto de nuestro proyecto es un equipo compacto de montaje estándar de 96 X 96 cms, con sistema de medida en cuatro cuadrantes; utilizado en instalaciones eléctricas de baja y media tensión para circuitos ¿monofásicos y trifásicos.

2.3.5 Programación

Dispone de una pantalla táctil, visual analógica para los parámetros instantáneos (Cos φ o FP y potencia, máxima potencia alcanzada), visualización por LED de alarma, valor por tarifa, contador horas de funcionamiento, consumo de energía de tres procedencias referidas: red, grupo electrógeno o sistema de generación fotovoltaico.

Generación de una señal de impulso relacionada con el coste, emisión de kgCO2 o ahorro conforme al consumo o generación de energía.
Selección de tarifas a través de las entradas digitales. Ideal para calcular costes en tres turnos diferentes de trabajo.
Programación de alarmas sobre cualquier parámetro instantáneo medido o calculado. Configurable en parámetro Low/High, histéresis (%), NA/NC, retardo de conexión/desconexión y enclavamiento.
Comunicaciones de serie RS-485 Modbus / BACnet .
2 salidas a transistor configurables para impulsos o alarmas.
2 salidas a relé configurables como alarmas.
2 entradas digitales para selección de tres tarifas o detección de estados lógicos — Permite selección de tarifas mediante comunicaciones.
Precisión Clase 0,5% en tensión, corriente y potencia.
Clase 0,5S en Energía Activa y Clase 1 en Energía reactiva.

2.3.6 Pantalla.

El equipo dispone de un display LCD retro iluminado donde se visualizan todos los parámetros indicados.

Figura 6. Pantalla Analizador circuitor

Fuente: Autores

2.3.7 Designación de Parámetros.

PARAMETRO	UNIDADES	FASES	TOTAL III	N
Tensión fase-neutro	Vph-N	✓		
Tensión fase-fase	Vph-ph	✓	✓	
Corriente	A	✓	✓	✓
Frecuencia	Hz	✓	✓	
Potencia Activa	M/kW	✓	✓	
Potencia Aparente	M/kVA	✓	✓	
Potencia Reactiva Total	M/kvar	✓	✓	
Potencia Reactiva Total Consumo	M/kvar	✓	✓	

Potencia Reactiva Total Generación	M/kvar	✓	✓	
Potencia Reactiva Inductiva Total	M/kvarL	✓	✓	
Potencia Reactiva Inductiva Consumo	M/kvarL	✓	✓	
Potencia Reactiva Inductiva Generación	M/kvarL	✓	✓	
Potencia Reactiva Capacitiva Total	M/kvarC	✓	✓	
Potencia Reactiva Capacitiva Consumo	M/kvarC	✓	✓	
Potencia Reactiva Capacitiva Generación	M/kvarC	✓	✓	
Factor de potencia	PF	✓	✓	
Cos φ	φ	✓	✓	
THD % Tensión	% THD V	✓		
THD % Corriente	% THD A	✓		
Descomposición armónica Tensión (hasta 31º armónico)	harm V	✓		
Descomposición armónica Corriente (hasta 31º armónico)	harm V	✓	SI	
Energía Activa total	M/kWh		S1	
Energía Reactiva Inductiva Total	M/kvarLh		S1	
Energía Reactiva Capacitiva Total	M/kvarCh		S1	
Energía aparente Total	M/kVAh		S1	
Energía Activa Tarifa 1	M/kWh		S1	
Energía Reactiva Inductiva Tarifa 1	M/kvarLh		S1	
Energía Reactiva Capacitiva Tarifa 1	M/kvarCh		S1	
Energía aparente Tarifa 1	M/kVAh		S1	
Energía Activa Tarifa 2	M/kWh		S1	
Energía Reactiva Inductiva Tarifa 2	M/kvarLh		S1	

Energía Reactiva Capacitiva Tarifa 2	M/kvarCh		S1	
Energía aparente Tarifa 2	M/kVAh		S1	
Energía Activa Tarifa 3	M/kWh		S1	
Energía Reactiva Inductiva Tarifa 3	M/kvarLh		S1	
Energía Reactiva Capacitiva Tarifa 3	M/kvarCh		S1	
Energía aparente Tarifa 3	M/kVAh		S1	
Máxima Demanda de la Corriente	A	SI	S1	
Máxima Demanda de la Potencia Activa	M/kW		S1	
Máxima Demanda de la Potencia Aparente	M/kVA		S1	
Máxima Demanda de la Potencia Reactiva Inductiva	M/kvarLh		S1	
Máxima Demanda de la Potencia Reactiva Capacitiva	M/kvarCh		S1	

Tabla 2. Parámetros de medida visualizados CVM C10

Fuente. Manual Analizador CVM C10

2.3.8 Funciones de teclado por pantallas de medida.

Tecla	Pulsación corta	Pulsación larga (2 s)
	Pantalla anterior	Visualización del valor mínimo

	Pantalla siguiente	Visualización del valor máximo
	Salto entre los diferentes perfiles (analyzer, user, e3)	Entrada al menú de programación
		Visualización de la Máxima Demanda
		Información de la alarma activa
		Desenclava la alarma activa

Tabla 3.Función de las teclas en las pantallas de medida**.** CVM C10

Fuente. Manual Analizador CVM C10

2.3.9 Función de las teclas por las pantallas de armónicos.

Tecla	Pulsación corta	Pulsación larga (2 s)
	Salida de las pantallas de armónicos	
	Pantalla siguiente	
	Salto entre los diferentes tipos de armónicos	Entrada al menú de programación

Tabla 4.Función de las teclas en la pantalla armónicos**.** CVM C10

Fuente. Manual Analizador CVM C10.

Función de las teclas en el menú de programación, modo consulta.

Tecla	Pulsación corta	Pulsación larga (2 s)
	Pantalla anterior	Salida de programación
	Pantalla siguiente	Salida de programación
		Entrada al menú modo edición

Tabla 5. Función de las teclas, programación, modo consulta

Fuente. Manual Analizador CVM C10

2.3.10 Función de las teclas en el menú de programación, modo edición.

Tecla	Pulsación
	Salta de línea
	Incrementa los digitos (0-9) o salto entre las diferentes opciones de forma rotatoria

	Desplaza un digito editable (intermitente

Tabla 6. Función de las teclas, programación, modo edición

Fuente. Manual Analizador CVM C10

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

3.1 Tipo de Investigación

La investigación desarrollada en el presente proyecto es de tipo exploratoria informal, la cual fue apoyada en fuente de datos secundarios que se encuentran revisando la literatura y la recopilación de documentación para comprender y dar solución a la problemática de la investigación, la exploración mantiene un enfoque cuantitativo que define la descripción de las cualidades de la problemática como lo es el análisis y caracterización de los parámetros eléctricos del control de velocidad de motores de inducción trifásicos desde un analizador de redes eléctricas, la probabilidad de integrar prácticas de accionamiento eléctricos y mediciones eléctricas en el programa de tecnología, utilizando variador de velocidad y analizador de redes; como herramienta práctica para avanzar en el conocimiento de los sistemas de control y medición; que se requieren en el sector industrial , para que de este modo se pueda comprender la esencia a través del análisis de esta información empleando la documentación necesaria.

3.2 Enfoque de la Investigación

Enfoque cualitativo, cuyo objetivo general será la descripción de las cualidades de la solución a la problemática que se estudia, para así mismo comprender la importancia a tener en cuenta esta información, empleando técnicas de revisión que se encuentran en las manuales y técnicas de los variadores y analizadores de redes, que se utiliza el proyecto, bibliografía de la investigación y de artículos especializados.

3.3 Método y Técnicas de la Investigación

El método (observación, inductivo, deductivo o análisis), las técnicas (Experimentos medidas programación prueba y error)

3.4 Fases de Investigación

Esta investigación estará dirigida por una serie de actividades que permiten el desarrollo de los objetivos específicos para lograr el cumplimiento del alcance general de esta investigación, de esta manera continuación se describen las actividades a desarrollarse:

Fase 1 Estudiar las características de conexión y programación de los variadores y analizadores de redes, que permita un análisis, para el control de procesos industriales en entornos académicos, como herramienta actualizada para ingenieros electromecánicos que se desempeñan en área eléctrica.

- Actividad 1 Realizar las acciones necesarias para instalar y programar. variadores y analizadores de redes
- Actividad 2 Realizar los diagramas y circuitos eléctricos aplicados para garantizar la efectividad de las practicas

- Actividad 3 Ejecutar el proyecto con las diversas prácticas, utilizando variadores y analizadores de redes eléctrico en el entorno de laboratorio de accionamientos eléctricos.

Fase 2 Implementar, una unidad práctica portátil utilizando el analizador de redes para mediciones de parámetros eléctricos del control de velocidad de un motor trifásico

- Actividad 1 Recopilación de documentación técnica de un analizador de redes y un convertidor de frecuencia a utilizar que permita trabajar de acuerdo a las recomendaciones de las fichas técnicas.
- Actividad 2 Definir equipos y dispositivos necesarios para el montaje en la baliza de pruebas básicas del programador objeto de estudio.

Fase 3 Desarrollar y validar los ejercicios prácticos, utilizando el variadores y analizadores de redes para que estudiantes y docentes pueda integrar experiencia en los accionamientos eléctricos.

- Actividad 1 Realizar las respectivas normas de seguridad para desarrollar las prácticas para la implementación del equipos en el laboratorio de accionamientos eléctricos.
- Actividad 2 Diseñar los diagramas eléctricos de potencia y control de cada una de las practicas a realizar
- Actividad 3 Validación de cada una de las practicas realizada

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1 Generalidades convertidor de frecuencia Inverterk

4.4.1 Parámetros Básicos.

P0.1 velocidad Max en HZ [HZ]
P0.2 velocidad Min en HZ [HZ]
P0.3 Rampa de Aceleración [s]
P0.4 Rampa de Desaceleración [s]
P0.5 Rampa de parada con desaceleración
Datos de placa del motor
P0.7 Voltaje Nominal del motor [V]
P0.8 Corriente Nominal del motor [A]
P0.9 Frecuencia Nominal del motor [HZ]
P1.0 Velocidad Nominal del motor [Rpm]
P1.2 Selección de control principal 2 control bidireccional del teclado

4.2 Panel de operación.

El panel de operación consiste en teclas definidas para las diferentes tareas de programación, visualización de parámetros, paradas y arranque del motor a controlar
A continuación se muestra la tabla referida al panel de control de un convertidor de frecuencia inverterk

	NAVEGADOR	**Utilizada para visualizar la información en tiempo real, acceder y salir del modo edición de parámetros y para guardar cambios de parámetros.**
	SUBIR	Utilizada para aumentar la velocidad en tiempo real o para incrementar los valores de los parámetros en modo edición.
	BAJAR	Utilizada para reducir la velocidad en tiempo real o para disminuir los valores de los parámetros en modo edición.
	RESET / STOP	Utilizada para resetear un equipo en alarma. Cuando está en modo teclado se utiliza para parar un equipo en marcha.

Tabla 7. Controles HMI

Fuente Manual variador inverterk

4.3 Conexión variador inverterk.

El variador seleccionado se alimenta con una tensión monofásica de oscila en tre 110 – 480 voltios monofásicos voltios, este equipo poseen un filtro EMC que reduce las emisiones conducidas por la corriente eléctrica a traves de cables de alimentación para cumplir la normatividad de armónicos, los bornes de alimentación de tensión están referenciados por la nomenclatura L1 L2.

Completando con la fase de potencia el variador entrega tres bornes designados como U V W para la conexión directa de un motor trifásico de potencia equivalente a la potencia del variador.

En la siguiente figura se muestra la conexión en la etapa de potencia del variador inverterk

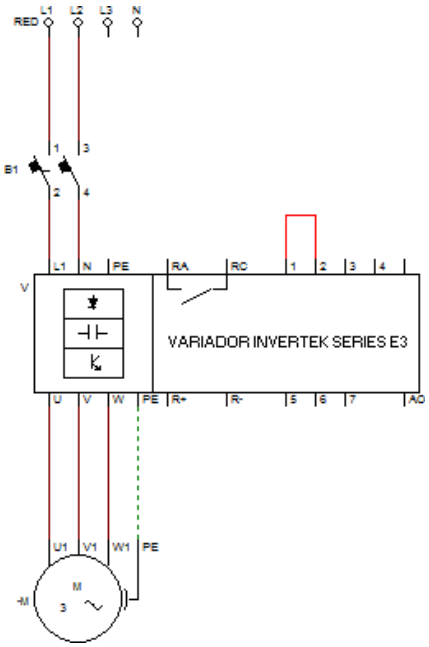


Figura 7. Conexión tarjeta de potencia Convertidor inverterk

Fuente: Autores

4.4 Control inicio de arranque.

Para el inicio de arranque del motor, una vez establecidos los parametros, se establece una conexion entre el punto 1 y 2 de la tarjeta de control del variador; esta señal pude ser de un simple interrupor, un pulsdaor con memoria, la señal de la salida de un tempriozador o inclusive la señal de salida de un sensor este utilmo para processo de automatizacion.

En la siguiente figura se observa la conexión de un suiche mecanico ON -OFF, que dara inicion al arranque inicial del motor

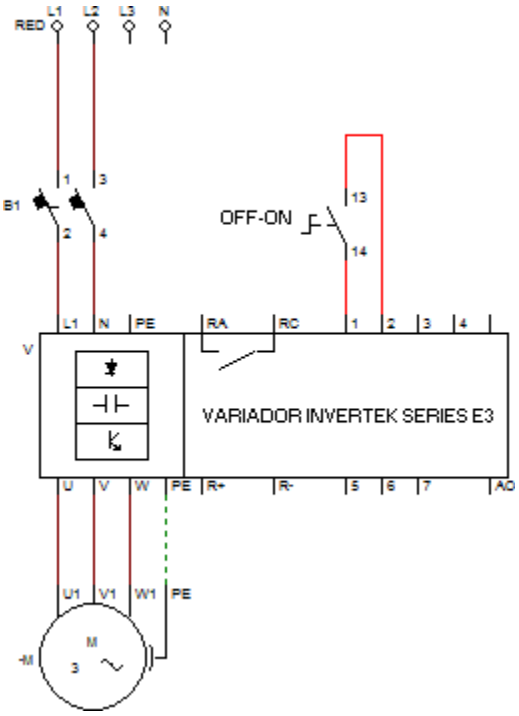


Figura 8. Conexión inicio de arranque motor Convertidor inverterk

Fuente: Autores

4.5 Control inicio de velocidad.

La variacion de velocidad de un motor a traves del convertidor, este entrega en su tarjeta de control una consisgna de voltaje que puede ser de 5 , 10 o 15 voltios de corriente continua la cual utilizando un potencionetro se realiza un diviso de tension que refleja elñ control de velociadad del motor, ñla cual ya ha sido programada en terminos de velocidada baja y velocidad alta a medida que gire el potencionetro. En el varaidor inverterk los bornes de potenbcioetro en control corresponde a los numerales 5 , 6 ,7 anotando que 6 corresponde al borne variable en el potenciometro; como se muestra en la siguiente figura.

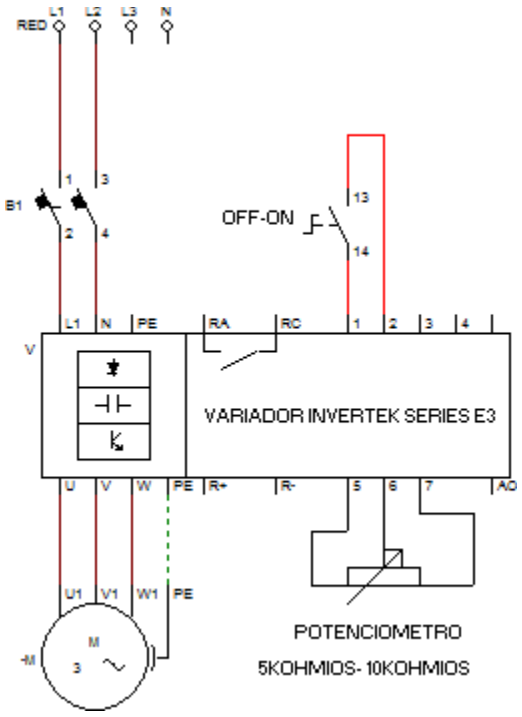


Figura 9. Conexión potenciómetro Convertidor inverterk

Fuente: Autores

4.6 Definición de sentido de giro del motor.

Una de las grandes ventajas de un convertidor de frecuencia es que no necesita el intercambio de fases para la inversión de giro del motor, lo cual reduce el cableado de maniobra en el circuito de fuerza con un contactor para cada sentido de d giro. En este caso los variador establecen señales digitales externa que a traves de suiches o señales de control definen el sentido de giro del motor

En el caso del variador inverterk los bornes de definición de sentido de giro del motor corresponden a los numerales 1. 2 ,3 tomando 1 como común, como se muestra en la siguiente figura.

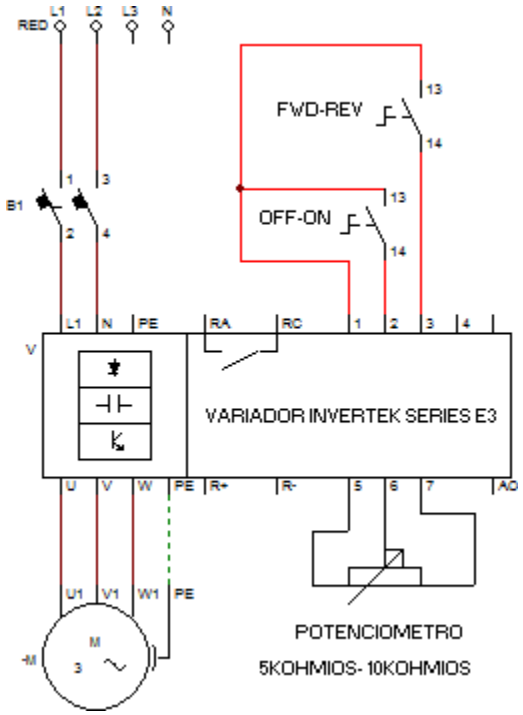


Figura 10. Definición sentido de giro motor Convertidor inverterk

Fuente: Autores

4.7 Velocidades fijas preseleccionadas

Mediante señales digitales externas que pueden ser de pulsadores, suiches, temporizadores o sensores, se pueden establecer velocidades fijas preseleccionase previamente programadas; la utilización de estas señales anulan como es lógico el control de velocidad desde el potenciómetro, garantizando una velocidad fija. Es aspecto se utiliza en control de bandas transportadoras, puente grúas y procesos específicos donde es indispensable el control de una determinada velocidad. En la figura siguiente se muestra esta posibilidad.

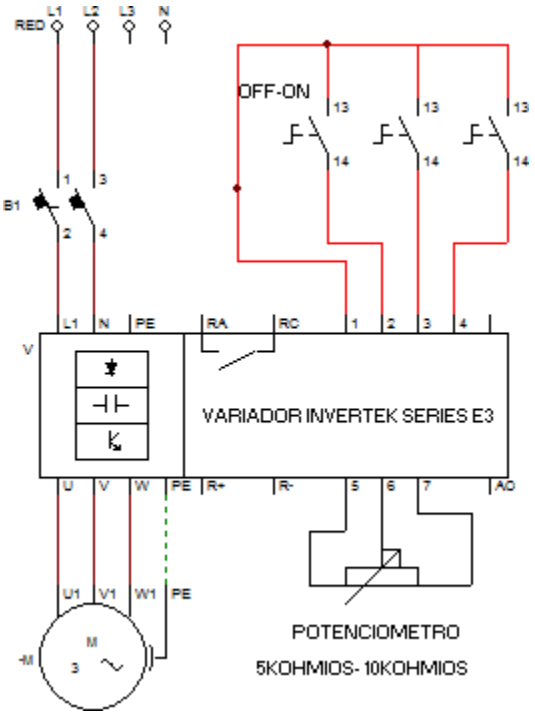


Figura 11. Control velocidades fijas de motor - Convertidor inverterk

Fuente: Autores

5. RESULTADOS.

5.1 Montaje de equipos.

Para la ejecución del proyecto se utilizó un convertidor de frecuencia inverterk y un analizador de redes circuitor; los cuales fueron montados de forma que se puedan utilizar en cualquier módulo de trabajo del laboratorio de accionamientos, medidas o maquinas eléctricas de la institución; como se muestra en la figura 12

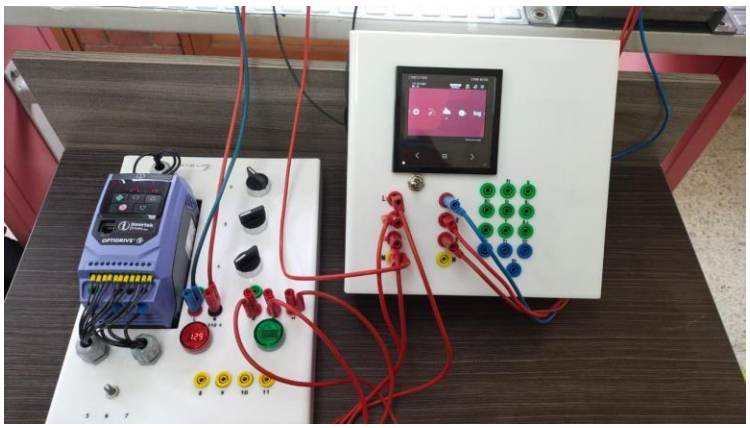


Figura 12. Conexión Convertidor inverterk – Analizador Circuitor

Fuente: Autores

5.2 Resultados

Los resultados del proyectos enmarcan la utilización simultánea del convertidor de frecuencia inverterk y un analizador de redes circuitor

Las prácticas se desarrollaron utilizando un módulo del laboratorio de accionamientos eléctricos, el cual cuenta con la carga disponible un motor de inducción trifásico de 220 voltios 1,1 kw, como se observa en la figura 13

Figura 13. Módulo de Accionamiento eléctrico

Fuente: Autores

5.2.1 Valores de parámetros básicos analizador de redes

Parámetro	Unidad	L1	L2	L3
Tensión Fase-neutro	V Ph-N	131.51 v	131.98 v	131.38 v
Tensión Fase-fase	V Ph-Ph	229.18 v	229.79 v	226.76 v
Corriente	A	1.813 A	1.875 A	1.841 A
Frecuencia	Hz	60Hz		
Potencia Activa	W	0.173 KW	0.045 KW	0.227KW
Potencia Reactiva	var	0.155 Kvar	0.236 Kvar	0.069 Kvar

Potencia Aparente	VA	0.236 KVA	0.244 KVA	0.240 KVA
Factor de Potencia	PF	0.73 PF	0.18 PF	0.94 PF
Coseno Phi	phi	0.73phi	0.17phi	0.96 phi
Distorsión Armónica tensión	THDV	3.16 %THDV	3.18 %THDV	3.07 %THDV
Distorsión Armónica corriente	THDA	15.42%THDA	15.57%THDA	16.12%THDA

Tabla 8. Parámetros básicos según analizador de redes

Fuente: Autores

Figura 14. Visualización voltaje de fase

Fuente: Autores

Figura 15. Visualización voltaje de línea

Fuente: Autores

Figura 16. Visualización corriente de línea

Fuente: Autores

Figura 17. Visualización frecuencia de red

Fuente: Autores

Figura 18. Visualización Potencia activa por fase

Fuente: Autores

Figura 19. Visualización potencia reactiva por fase

Fuente: Autores

Figura 20. Visualización potencia aparente por fase

Fuente: Autores

Figura 21. Visualización factor de potencia por fase

Fuente: Autores

Como una experiencia similar a un proyecto integrador, es importante que los estudiantes del programa de tecnología puedan utilizar de forma simultanea diferentes equipos de control y medición eléctrica, debido que la tecnología ha avanzado en el díselo de equipos embebidos es decir que ofrecen más de dos tereas simultáneas y así lograr grandes beneficios en un proceso, como menores tiempo de ejecución y mejores rendimientos económicos y calidad en el proceso.

En la figura 22 se plasma la experiencia lograda con el desarrollo del presente proyecto.

Figura 22. Montaje Visualización de un voltaje de línea RS

Fuente: Autores

Figura 23. Montaje Visualización de un voltaje de línea ST

Fuente: Autores

Figura 24. Montaje Visualización de un voltaje de línea ST variador

Fuente: Autores

Figura 25. Montaje Visualización de frecuencia variador

Fuente: Autores

6. CONCLUSIONES

El desarrollo e implementación del proyecto mejora las herramientas de medición y control al integrar equipos electrónicos; uno para la medición de corriente de línea, tensión de fase, tensión de línea, potencia activa reactiva y aparente, frecuencia y factor de potencia; con un equipos que varía la tensión y frecuencia para obtener la variación de velocidad de un motor de inducción trifásico, para comparar valores a través de su terminal de dialogo.

En la ejecución de la prueba conectando simultáneamente un convertidor de frecuencia y un analizador de redes eléctricas, se observaron ventajas al utilizar un único equipo en la verificación lectura de los parámetros eléctricos de un motor de inducción trifásico de 220 voltios 1.1 KW. Las pantallas de los equipos muestran los parámetros básicos como corrientes, tensiones, frecuencia; que a su vez pueden visualizar en el analizador; permitiendo relacionar prácticas en el área de las medidas eléctrica y de los accionamientos eléctricos.

La utilización de analizador de redes en un proceso de medición eléctrica, presenta la posibilidad de obtener valores medidos más cercanos a los valores teóricos, lo cual hace la disminución de errores absolutos y relativos en un proceso de medición eléctrica

7. RECOMENDACIONES

- Para prácticas de medidas eléctricas y accionamientos eléctricos, puede relacionarse equipos para el desarrollo de proyectos de aula integrados

que faciliten la interacción de alumnos de diferentes niveles en el plan de estudio.

- Para la utilización de cada equipo es importante la utilización de su respectiva ficha técnica, la cual garantiza una conexión segura de los mismos, independiente que los equipos estén internamente conectados.

- Respecto a la capacidad de la carga que operan los equipos; en el caso del analizador de redes se recomienda utilizar cargas cuyas corrientes de línea no superen los 30 amperios, debido a que el conductor primario que pasa por el transformador de corriente tiene esa capacidad; aquí cabe aclarar que los transformadores de medida de corriente utilizados poseen una relación de transformación de 100 / 5A.

- Revisar periódicamente las conexiones internas de las borneras ajustándolas con la herramienta adecuada; debido a que a medida que introducen los cables el movimiento de ellos hace que la tuercas se suelten.

- Para prácticas en accionamientos eléctricos puede usarse los equipos con su respectivo software y protocolos de comunicación para un aprovechamiento por parte de estudiantes y docentes del programa.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabezas Castillo, V. H. (03 de febrero de 2013). *Modulo didactico para el control de la velocidad de un motor de inducción trifasico basado en la tecnologia FPGA.* Soacha, Cundinamarca: Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Canto, C. E. (25 de 08 de 2016). *Sensores Capacitivos.* San Luis Potosí, Mexico: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Furió, J. (19 de junio de 2019). *Camilo Albert Electricidad.* Costa del Este, Argentina: Electricidad Albert.

Garavito Meta, Y. A. (16 de noviembre de 2015). *Historia de los Sensores.* Santiado de Chile: Universidad de santiago de chile.

LTDA., E. B. (02 de Junio de 2018). *Catalogo General de Productos.* Bogota, Colombia: Electricas Bogota LTDA.

motores, G. W. (21 de Diciembre de 2016). *Guia de especificacion motores electricos.* Bogota: https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h6e/h82/WEG-motores-electricos- guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf.