



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE INYECCIÓN DE
CORRIENTE MONOFÁSICO PARA PRUEBAS A RELÉS DE
PROTECCIÓN DE DISTANCIA**

SARDIÑA, CARLOS
TOVAR, JULIO

Bárbula, Noviembre 2010



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE INYECCIÓN DE
CORRIENTE MONOFÁSICO PARA PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN
DE DISTANCIA**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

**SARDIÑA, CARLOS
TOVAR, JULIO**

Bárbula, Noviembre 2010



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado “Diseño y construcción de un banco de inyección de corriente monofásico para pruebas a relés de protección de distancia”, realizado por los Bachilleres: **Carlos Sardiña**, Cédula de identidad: **17.008.892** y **Julio Tovar**, Cédula de identidad: **16.947.446**, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Charles Steblina

TUTOR

Prof. Alejandro Sierra

JURADO

Prof. Eva Monagas

JURADO

Lugar y Fecha
Bárbula, 1 de Noviembre de 2010



AGRADECIMIENTOS

La formación adquirida a lo largo de la carrera fue fundamental para la realización de este trabajo y por eso estamos agradecidos antes de todo con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, por su labor como nuestra casa de estudio y por donativos que nos otorgó para la realización del presente trabajo.

Las siguientes personas han sido fundamentales en el desarrollo de este proyecto y quisiéramos hacer público nuestro agradecimiento.

Al Ing. Carlos Sardiña y la Sra. Idalina de Sardiña, por su ayuda incansable en el proceso de armado del banco, con una actitud generadora de ideas útiles a lo largo de todo este trabajo; su ayuda constante y desinteresada en aspectos monetarios, técnicos y morales, su compañía y lucha como pilares fundamentales durante todo el proceso de realización de este proyecto.

Al Lic. Carmelo Tovar y la Sra. Francisca de Tovar, por su ayuda incondicional en todas las etapas de la realización de este proyecto, apoyo moral y por haber servido de ejemplo de entrega y perseverancia, valores fundamentales al momento de la obtención de la meta.

Al Prto. Carlo Kuk, quien nos permitió en gran parte poder realizar este proyecto, al facilitarnos herramientas e instalaciones de su taller metalmecánico, con donaciones de equipos y ayuda al momento de manipular la maquinaria.

Al Ing. Oriana Barrios, quien de manera desinteresada nos donó diversos materiales y equipos fundamentales para el desarrollo de nuestro trabajo, además de brindarnos su ayuda en aspectos teóricos y conceptuales.

Al Ing. Charles Steblina, que en su papel de tutor nos ayudó en aspectos teóricos y prácticos de gran importancia en el diseño de nuestro trabajo; tendiéndonos la mano también en donativos necesarios para llevar a cabo la elaboración del proyecto.

Al Ing. Eva Monagas, por su asesoría en la etapa de metodología de la investigación.



Al Arq. Patricia González, quien nos facilitó equipos de trabajo y su amplia experiencia para la realización de los planos.

Al Ing. José Marcano, por su colaboración desinteresada en donativos de implementos y artefactos indispensables para la elaboración de este proyecto.

Al Tco. Daniel Haines, por una generosa donación de materiales diversos y facilitación de herramientas necesarias en ciertas etapas del armado.

Al Sr. Eduardo Rossi y su familia, por tendernos la mano al facilitarnos lugares y herramientas para el armado del mismo.

Al Ing. Jean Carlo Scholtz, Por la colaboración prestada en diligencias requeridas en la búsqueda de materiales o movilización de los mismos.

Al Ing. Tania Maza, por su apoyo incondicional y su comprensión en situaciones y momentos duros en el proceso de construcción, facilitándonos su vehículo para realizar diligencias pertinentes.

Al Ing. Alejandro Sierra, al darnos su orientación en aspectos teóricos relacionados al ámbito de protecciones eléctricas.

Al Ing. Nelson Sardiña, por brindarnos ayuda en el proceso de armado facilitándonos sus instalaciones, herramientas y materiales.

A los Ing. y amigos Luis Ojeda, Luis Gutiérrez y Mildred Castillo, por la colaboración prestada con la fabricación de ciertas piezas.

A los amigos Emil Sucre y Miguel Cornejo, por consejos y colaboración en diversas etapas que conformaron este proyecto.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PALACIOS, Antonio. Protección de Sistemas de Potencia. Universidad de Carabobo. Publicaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.
- [2] HINCAPIÉ ISAZA, Ricardo. Aplicación de Redes Neuronales Artificiales en la Protección de Distancia en Líneas de Transmisión. Universidad Tecnológica de Pereira.
- [3] SIERRA, Alejandro. Guía de Prácticas para el Laboratorio de Protecciones Eléctricas. Universidad de Carabobo.
- [4] HIDALGO, Francisco Javier. (1994) Diseño y construcción de un banco de pruebas y calibración para protección de generadores. Universidad Simón Bolívar.
- [5] CARRILLO, Lixy y BOLÍVAR, J. (2009) Construcción de un multimedia didáctico para las prácticas del Laboratorio de Circuitos y Mediciones Eléctricas de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo. Universidad de Carabobo.
- [6] SIMONE, Andrés y STEBLINA, C. (2001) Diseño y Construcción de un Contrastador de Contadores Monofásicos de Energía Activa. Universidad de Carabobo.
- [7] BERROSTEGUIETA, J. (1990) Introducción a los Transformadores de Medida. Artech. Vizcaya.
- [8] M.I.T. (1981) Circuitos Magnéticos y Transformadores. Reverté, Buenos Aires.
- [9] HERNÁNDEZ, Ana Loly. El Proyecto Factible como Modalidad en la Investigación Educativa. UPEL-IPRGR.
- [10] KERLINGER, F. (1983) Investigación del Comportamiento. Técnicas y Metodología (2ª. Edición).
- [11] HERNÁNDEZ y Otros (2003). “*Metodología de la Investigación*”, editorial McGraw-Hill Interamericana editores S.A., 3º edición. Chile.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[12] BALESTRINI, Mirian. Como se elabora el Proyecto de Investigación (Para estudios formulativos o explorativos, descriptivos, diagnóstico, evaluativos, formulación de hipótesis causales, experimentales y los proyectos factibles). Consultores y Asociados. Caracas. Venezuela. 2006, 6ª.

[13] “*Reglamento de investigación de la UPEL*” (1998).

HOROWITZ, Stanley y PHADKE, A. (1992) Power System Relaying. Research Studies Press LTD.

[14] PALELLA y MARTINS. (2006) Metodología de la Investigación Cuantitativa. FEDUPEL. Caracas.

[15] ARIAS, Fidias. (2004) Introducción a la Metodología Científica. Caracas: Episteme (3ra edc.).

[16] SABINO, Carlos. (2002) El Proceso de Investigación. Editorial Panapo. Caracas.



RESUMEN

RESUMEN

El presente proyecto de grado trata sobre la construcción de un banco de inyección de corriente para realizar pruebas a relés de protección de distancia, que posea la capacidad de suministrar corrientes y voltajes a su salida con la posibilidad de ser desfasados entre sí, para cumplir con requerimientos necesarios en dichas pruebas. Este proyecto está enmarcado dentro de la modalidad de Proyecto Factible, por representar una solución viable a una necesidad por parte de la Escuela de Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

El proyecto satisface necesidades de dos Laboratorios: el de Circuitos y Mediciones Eléctricas y el de Protecciones Eléctricas de la Universidad de Carabobo, e integra los equipos que se encuentran en los mismos y los que pudieran ser adquiridos, con esto se realiza un diagnóstico previo, con la finalidad de elaborar el diseño en base a los equipos donados o facilitados y a los que fue requerida su compra. Luego de concretado lo anterior se procedió a realizar un estudio comparativo de mercado de los diferentes materiales y equipos faltantes, siendo factores influyentes para la compra: el precio, calidad y disposición en el mercado, asegurando ante todo la compatibilidad de estos equipos con los ya existentes, provenientes de donativos. Teniendo los materiales necesarios, se procedió a realizar la etapa de armado dividido en etapas secuenciales de construcción, de acuerdo a las necesidades propias del banco. Posteriormente se realizaron pruebas pertinentes para constatar el correcto funcionamiento y cumplimiento de funciones preestablecidas para el mismo. A su vez, se realizaron los planos pertinentes al banco y el manual de usuario. Por último se incluyen conclusiones, limitaciones y recomendaciones a tomar en cuenta para la utilización del banco.

Se obtiene de esta manera una herramienta que proporciona las condiciones necesarias para la realización de las prácticas del Laboratorio de Protecciones Eléctricas que involucran a dicho relé, ya que se logró obtener en el banco la capacidad de suministrar a su salida voltajes y corrientes desfasables uno respecto al otro, además de contar con otras cualidades que permiten añadir variantes al momento de realizar pruebas a relés de distancia.



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	Pág.
CAPÍTULO I (El Problema)	
Planteamiento del Problema.....	10
Justificación de la investigación.....	11
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos.....	13
Resultados esperados.....	14
CAPÍTULO II (Marco Teórico)	
Antecedentes.....	16
Bases Teóricas.....	21
Definición de términos.....	54
CAPÍTULO III (Marco Metodológico)	
Tipo de investigación.....	
Diseño de la investigación.....	67
Procedimiento Metodológico.....	68
CAPÍTULO IV (Resultados)	69
Sistema de alimentación eléctrica existente en el laboratorio de protecciones.....	
Descripción de los parámetros necesarios para la realización de pruebas de.....	72
funcionamiento al relé de protección de distancia.....	72
Tipo de fallas que el banco emulará.....	
Materiales y equipos suministrados por la universidad a ser utilizados en las etapas... de medición, alimentación y protección en el banco de inyección de corriente.....	74
Diseño del circuito de fuerza.....	
Diseño del circuito de control.....	76
Diseño del circuito del cronómetro.....	81
Diseño de la estructura soporte.....	89
Mecanismo de encendido del banco.....	90
Materiales y equipos comprados, utilizados en las etapas de medición, alimentación, protección y estructura soporte del banco de inyección de corriente.....	91
Construcción del banco de inyección de corriente monofásico.....	92
Realización de prueba de funcionamiento del banco de inyección de corriente..... monofásico.....	95
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXO A (Diagrama Trifilar).....	104
ANEXO B (Manual del usuario del Analizador de Parámetros CVM-NRG96.....	106
ANEXO C (Tabla de capacidad de corriente del C.E.N).....	110
ANEXO D (Planos del circuito de control).....	136
ANEXO E (Plano del circuito del cronómetro digital).....	140
ANEXO F (Código del programa del circuito digital).....	146



	Pág.
ANEXO G (Estructura soporte del banco).....	162
ANEXO H (Planos de conexiones del circuito de fuerza).....	168
ANEXO I (Tablas de cableado del banco).....	194
ANEXO J (Manual de usuario del banco de inyección de corriente monofásico).....	202



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.		Pág.
2.1	Sistema radial.....	24
2.2	Sistema mallado.....	25
2.3	Relé de atracción tipo armadura.....	27
2.4	Relé de inducción de disco.....	28
2.5	Característica de operación tiempo definido.....	31
2.6	Característica de operación tiempo inverso.....	32
2.7	Línea de transmisión etapa de protección 1.....	35
2.8	Línea de transmisión etapa de protección 2.....	35
2.9	Característica de operación de impedancia.....	37
2.10	Característica de operación de admitancia.....	38
2.11	Característica de operación de reactancia.....	39
2.12	Transformador de corriente y de potencial.....	42
2.13	Esquema del autotransformador.....	43
2.14	Circuitos equivalentes de un autotransformador.....	44
2.15	Circuitos equivalentes aproximados de un autotransformador.....	45
2.16	Autotransformador reductor.....	47
2.17	Autotransformador elevador.....	48
2.18	Variación del ángulo de fase.....	51
2.19	Circuito equivalente de una línea de transmisión eléctrica.....	53
2.20	Desfasaje de voltaje de salida respecto a la corriente de salida.....	54
4.1	Protección de distancia Característica MHO.....	73
4.2	Circuito de corriente.....	77
4.3	Diagrama fasorial del circuito de voltaje con transformador doblador.....	78
4.4	Circuito de voltaje.....	79
4.5	Estructura soporte.....	96



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de fallas en sistemas de potencia representa una problemática que se ha ido incrementando a lo largo de los años por el continuo crecimiento de dichos sistemas y su complejidad de conexión. Con esto se ha generado la necesidad de desarrollar lo que se conoce como sistemas de protecciones, los cuales están destinados a proteger al sistema de potencia y a los usuarios conectados al mismo.

Por otro lado, nuestro país ha tenido a lo largo de los años un crecimiento poblacional e industrial que involucra una ampliación y desarrollo de sus sistemas de protecciones; con lo cual es imperativo dar respuestas a las necesidades de conocimientos en esta área y contar con equipos que permitan realizar pruebas que simulen situaciones de falla para evaluar y analizar el comportamiento de equipos de protección con los que cuenta la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

En este trabajo se presenta un diseño y la construcción de un Banco de Inyección de Corriente Monofásico para la realización de pruebas a relés de protección de distancia, lo que no es posible en la actualidad por no poseer el equipo adecuado que permita realizar estas pruebas, y de esta manera incorporar estos valiosos conocimientos y experiencias prácticas al curriculum de un egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

Se busca con la realización de este trabajo, que se cumplan los objetivos de aportar las herramientas necesarias para la obtención del conocimiento propio del ámbito de las protecciones eléctricas, específicamente en el área de protección de distancia, para con ello, elevar el nivel de preparación y poseer un mejor desenvolvimiento en este campo.



CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de protección eléctrica tienen como objetivo fundamental el de detectar la falla, localizarla y retirar rápidamente del sistema de potencia la parte fallada, permitiendo que el resto del sistema continúe prestando un buen servicio. A su vez, los sistemas de protección eléctrica están formados por transductores, los cuales poseen el nombre de transformadores de corriente y transformadores de tensión y sirven como interfaz entre el sistema de potencia y los relés de protección actuando como reductores de los parámetros de corriente y tensión respectivamente. Dichos parámetros se les suministran a los relés, los cuales al percibir algún valor fuera de rango del que haya estado diseñado o configurado emiten señal de disparo hacia el disyuntor, el cuál recibe la señal antes mencionada, abre sus contactos y despeja la falla [1].

Entre los relés más importantes en la industria eléctrica por su extenso uso, está el relé de distancia, el cual ha sido utilizado por mucho tiempo en la protección de líneas de transmisión. Su principio de funcionamiento se basa en la medición de impedancia a la frecuencia fundamental entre el punto de ubicación del relé y el punto de falla para determinar si está o no dentro de una zona de protección previamente ajustada. Dicha medición de impedancia se realiza a través del monitoreo de señales de voltajes y corrientes, tomando en cuenta tanto la magnitud como la fase entre ambas. [2]

De acuerdo a Antonio Palacios, “la necesidad de disponer de un sistema de protección se desprende del hecho que cualesquiera de los elementos que hacen parte de un sistema de potencia puede fallar afectando al sistema y, por tanto, a los consumidores durante todo el tiempo que dicho elemento permanezca en servicio” [1]. Estas fallas pueden provocarle pérdidas cuantiosas



al usuario, es por ello que para suplir esta necesidad se creó la cátedra de Protecciones Eléctricas, la cual posee el Laboratorio de Protecciones Eléctricas, sirviendo este como complemento práctico de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas [3].

Sin embargo, actualmente no es posible realizar las prácticas del laboratorio que involucran el suministro de corrientes y voltajes desfasados entre sí a relés de distancia. Esta situación impide realizarle las pruebas pertinentes a mencionado relé y dificulta el proceso enseñanza-aprendizaje respecto a su funcionamiento. En caso de mantenerse esta situación se creará una brecha de calidad entre lo ofertado en el currículo de la Universidad de Carabobo y las tendencias mundiales que buscan la calidad e internacionalización para la convalidación de títulos entre países.

Por otro lado, en la industria en general, a los relés se les requiere realizar pruebas para verificar sus características de funcionamiento, por motivos bien sea de control de calidad al momento de su fabricación, por mantenimiento o por reparación, es por todo lo antes mencionado que resulta importante para el estudiante de Ingeniería Eléctrica el dominio sobre el funcionamiento del relé de distancia lo cual en la actualidad no puede ser ofertado.

Este proyecto de grado se realiza a fin de identificar y responder, cuál es el sistema de alimentación eléctrica requerida, cuáles elementos deberían conformar el banco de pruebas, cuáles son las pautas de uso para quienes lo manipulen y cuáles serán las condiciones deseables de mantenimiento del equipo.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Según el programa sinóptico de la materia Protecciones Eléctricas de la Universidad de Carabobo, se debe contar entre las estrategias de enseñanza de la misma, con clases magistrales y experiencias prácticas en el laboratorio utilizando equipos reales y simulaciones de funcionamiento de esos equipos como método de estudio [3]. Es por ello que, tomando en cuenta



Capítulo I: El Problema

tanto las exigencias de la cátedra, como la importancia que tiene en la industria eléctrica la utilización del relé de distancia y, ya que no es posible realizarle las pruebas pertinentes, se hace necesario la construcción de un equipo que logre suministrarle voltajes y corrientes con la posibilidad de ser desfasados entre sí y de esta manera cumplir con las condiciones anteriormente planteadas.

De esta manera, las competencias curriculares de los alumnos a cerca del funcionamiento de los relés de distancia se obtendrán a partir de la realización de las prácticas impuestas por la cátedra, las cuales podrán ser ejecutadas por medio del uso del banco de inyección de corriente monofásico.

La Escuela de Eléctrica de la Universidad de Carabobo obtendrá el banco de inyección de corriente para realizarle las pruebas pertinentes a relés de distancia aprovechando tanto recursos donados a la universidad como propios de los alumnos involucrados en la realización del proyecto de grado.

Así mismo, al construir el banco, la Universidad de Carabobo podría realizar trabajos relacionados con pruebas a relés a entidades externas, lo cual daría un aporte tecnológico y económico a la casa de estudios.

Este proyecto corresponde a las líneas de investigación *Análisis de las Mediciones e Ingeniería Eléctrica Aplicada*, pertenecientes al Departamento de Circuitos y Mediciones y al Departamento de Potencia respectivamente, correspondientes a la Escuela de Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y Construir un banco de inyección de corriente monofásico para pruebas a relés de protección de distancia.



1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.4.1 Identificar el sistema de alimentación eléctrica del Laboratorio de Mediciones Eléctricas de la Universidad de Carabobo, el tipo de falla que el banco emulará, todo esto para determinar los componentes a utilizar y las técnicas necesarias para llevar a cabo el diseño.
- 1.4.2 Diseñar el banco de inyección de corriente, tomando en cuenta los elementos que lo conformarán, con el objetivo de establecer sus partes y características constructivas y desarrollar herramientas técnicas asociadas al uso, mantenimiento y especificaciones del mismo para suministrar al operador de un manual de usuario.
- 1.4.3 Construir el banco con la finalidad de ejecutar el diseño propuesto y de esta manera poder llevar a cabo pruebas a relés de protección de distancia.

1.5 DELIMITACIONES

1.5.1 De contenido

Para la realización de este proyecto se cuenta con: el analizador de parámetros CVM-NRG96, equipos donados a la universidad (en el capítulo IV serán reseñados), y alimentación trifásica en el Laboratorio de Mediciones Eléctricas de la Universidad de Carabobo.

1.5.2 De tiempo

El proyecto de grado se realizará al cabo de 24 semanas aproximadamente, siendo este el tiempo necesario que requerirá el diseño y construcción del banco de inyección de corriente y la elaboración del informe.



1.5.3 De espacio

El banco de inyección de corriente será destinado a utilizarse en el Laboratorio de Mediciones Eléctricas, perteneciente a la escuela de Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Bárbula, Municipio Naguanagua, Estado Carabobo, Venezuela.

1.6 RESULTADOS ESPERADOS

Dotar a la Escuela de Eléctrica de la Universidad de Carabobo de un banco de inyección de corriente capaz de realizarle las pruebas de funcionamiento a relés de protección de distancia.



Capítulo I: El Problema



CAPÍTULO II

2.1 ANTECEDENTES

La importancia del conocimiento de las características y funciones de los relés para su ajuste y coordinación con el resto del sistema de protecciones, se basa en la comprensión de su principio de funcionamiento, lo cual se logra experimentando mediante pruebas simuladas en laboratorios, en las cuales se comprueban, verifican y ajustan comportamientos deseados o no deseados; allí radica la importancia de poseer un equipo apto para realizar dichas pruebas de la manera más completa posible, asegurando que las mismas sean lo más parecidas a las fallas o situaciones reales del sistema de potencia que se desea simular, por ello observamos la necesidad de diseñar e implementar un banco que permita realizar la mayoría de estas pruebas. Para ello se consultaron y tomaron como guías y fuente de información trabajos y bancos existentes relacionados con dicha investigación, los cuales permitieron ampliar la información y reforzar aspectos de índole conceptual y semántico importantes para su entendimiento y desarrollo, así por otro lado sirvieron de guía para establecer un correcto orden y cronología en el desenvolvimiento de dicha investigación; dichos trabajos son nombrados a continuación.

En primer lugar es importante señalar que la Universidad de Carabobo en el año de 1975 adquirió la mesa de pruebas modelo RTT-6A marca MULTI-AMP, para equipar el Laboratorio de Protecciones Eléctricas. Este equipo puede ser considerado como un simulador analógico, ya que realiza funciones equivalentes a ciertos equipos tales como: generadores de señales de AC, generadores de señales DC y simulaciones de condiciones de falla de los sistemas de potencia; además de esto el simulador analógico puede alimentar en forma monofásica y trifásica, con



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

variaciones de frecuencias, variaciones de la amplitud de fase, variaciones del ángulo de la alimentación, etc.

La importancia de dicho mesón para la presente investigación radica en que en diversos aspectos, el mismo fue un modelo guía para el diseño e implementación de nuestro banco, en los cuales existe semejanza en la construcción o se implementó un sistema similar al ya existente en este banco de prueba.

Existen diversos trabajos cuyos contenidos en diversas áreas o especialidades fueron de gran ayuda, entre los cuales podemos nombrar:

Hidalgo, Francisco Javier (1994), **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS Y CALIBRACIÓN PARA PROTECCIÓN DE GENERADORES”**. Universidad Simón Bolívar. [4]

Sinopsis:

En este trabajo de investigación se diseñó y construyó un banco de pruebas y calibración de relés, destinados a la protección de generadores pertenecientes a la planta de la Cervecería Polar ubicada en los Cortijos de Lourdes. Dichos generadores tienen protecciones asociadas, que actúan cuando existe una operación anormal en ellos. Estas protecciones deben ser probadas cada cierto número de intervalos de tiempo para tener datos actualizados del modo como operan y, en consecuencia, poder tomar las medidas correctivas al instante. Entre estas tenemos las siguientes:

- Detectar si los ajustes de los relés son los adecuados.
- Dependiendo de los resultados, si se debe recomendar o realizar una recalibración de las protecciones que tengan operaciones anormales.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- La necesidad de realizar un mantenimiento más profundo o sugerir el cambio del equipo por uno nuevo, si la recalibración no ofrece mejoras.

Aporte:

Este sirvió de referencia al momento de diseñar y ubicar los diferentes componentes, implementos y circuitos requeridos en nuestro banco. Ayudó a establecer una secuencia para especificar y armar los diferentes componentes utilizados, aportándonos ideas para explicar de manera secuencial, detallada y concisa pasos y consideraciones del proceso de armado.

Coa, Sixto y Sierra, Alejandro (2003), realizaron una **“GUÍA DE PRÁCTICAS PARA EL LABORATORIO DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS”**. [3]

Sinopsis:

Este trabajo describe una serie de prácticas para el conocimiento circuital y de funcionamiento de distintos relés, cubriendo con estos los principales tipos de protección, el objetivo del mismo es que los cursantes de la materia salgan con capacidad de comprender y trabajar con relés, tanto en su instalación, integración y coordinación en un sistema de protecciones.

Aporte:

Este trabajo sirvió como guía conceptual para reforzar conocimientos y generalidades acerca de los relés, así como también las pruebas realizadas a relés en el laboratorio de protecciones eléctricas dependiendo de sus características de construcción o funcionamiento, además de servir de guía conceptual y teórica.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Carrillo, Lixy y Bolívar, Javier. (julio 2009), **“CONSTRUCCIÓN DE UN MULTIMEDIA DIDÁCTICO PARA LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS Y MEDICIONES ELÉCTRICAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO”**. Universidad de Carabobo. [5]

Sinopsis:

Este trabajo plantea el diseño y construcción de un dispositivo multimedia que permite realizar la medición de diversas variables de interés en un sistema eléctrico; permitiendo al usuario la observación de las variables de interés en el mismo aparato. Permite la visualización de los valores en una pantalla digital. La cual puede expresar el valor de una sola variable a la vez, posee gran facilidad de conexión y desconexión con el sistema y es de fácil manipulación. El multimedia fue elaborado bajo el software Flash Macromedia, representando una herramienta interactiva para el desarrollo de las prácticas de transformadores de instrumentación y medición de parámetros, además de contener el acceso al programa PowerStudio necesario para el uso del analizador digital y al manual del mismo.

Aporte:

El principal aporte en la implementación del banco de inyección de corriente fue la incorporación del Analizador de Parámetros CVM-NRG96 al equipo, el cual podrá colocarse o removerse del banco, según las necesidades del usuario. Tiene como ventaja la de medir el ángulo de fase entre tensiones y corrientes de salida del banco de prueba, función de suma importancia para la realización de pruebas al relé de distancia.

También fue de utilidad el manual de usuario para interpretar el correcto funcionamiento del equipo de medición como también su apropiada instalación.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Simone, Andrés y Steblina, Charles (2001), **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONTRASTADOR DE CONTADORES MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ACTIVA”**. Universidad de Carabobo. [6]

Sinopsis:

En este trabajo se ilustra la existencia de un problema que actualmente presentan las compañías que suministran energía eléctrica como lo es la insuficiencia de certificación de un número significativo de contadores de energía que demanda el crecimiento poblacional, comercial e industrial de nuestro país.

En este proyecto se presenta el diseño y la implementación de un sistema de contrastación de contadores monofásicos de energía activa. La concepción del diseño es tal, que permite que sea fácilmente extensible y/o heredable a la contrastación de contadores de un mayor número de fases, y a la contrastación simultánea de varios contadores con el mismo sistema. También se busca la intervención mínima del operador que realiza la tarea de contrastación de los contadores, mediante la automatización de las etapas y tareas posibles en el proceso, para evitar así errores que el operador pueda introducir en la búsqueda y minimización de la desviación que presenta el contador de energía en su medición.

Aporte:

El aporte principal de este trabajo fue la incorporación al proyecto del Método de Carga Ficticia. Dicho método fue implementado en el diseño y elaboración del banco de inyección de corriente. También sirvió este trabajo como guía en la estructuración de la resolución del proyecto, tomando en cuentas las fases del estudio.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Estos documentos y trabajos de grados se tomaron como base fundamental para dar los primeros pasos para el desarrollo de este trabajo

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS

De acuerdo a Antonio Palacios [2]. Para entender la función de los sistemas de protección con relés, se deben conocer la naturaleza y forma de operación de los sistemas de potencia. La energía eléctrica es un recurso fundamental para nuestra sociedad actual y para la industria que se desarrolla día a día. Para una buena planificación se requiere de diseño, instalación y operación de conjuntos de generadores, transformadores y líneas de transmisión y distribución. Aun cuando pareciera que el sistema de potencia estuviese estático, y la capacidad de entregar energía fuese continua, existen perturbaciones creadas por cambios de cargas conectadas al sistema, por fallas creadas por causas naturales o por errores en los equipos u operaciones. A pesar de estas constantes perturbaciones, el sistema de potencia puede mantener su estado cuasi-estático debido a la gran diferencia de tamaño entre el sistema de potencia en comparación con una simple carga que salga o se conecte al sistema y a las rápidas, efectivas acciones que tomen los equipos y sistemas de protección frente a las perturbaciones.

La principal diferencia de la explotación de la energía eléctrica, con respecto a la explotación de otros recursos energéticos, es el hecho de que ésta no puede ser almacenada, lo que obliga a producirla en el momento en que sea requerida por los consumidores.

Esto obliga a que los sistemas de potencia sean diseñados de forma tal que puedan satisfacer la máxima demanda, que por lo general es de poca duración. Con el fin de reducir los costos y buscar mayor rentabilidad se recurre en los sistemas modernos a la interconexión de sistemas de potencia. Sin embargo, esta práctica aumenta las posibilidades y presencia de fallas como



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

consecuencia de una mayor extensión y mayor cantidad de elementos que por supuesto, perjudican la rentabilidad y calidad del servicio.

Por otra parte, los procesos industriales en la actualidad requieren una alta calidad de servicio y continuidad del mismo, contrario a los sistemas antiguos los cuales eran utilizados fundamentalmente para iluminación, en donde la suspensión del servicio no representaba mayores inconvenientes ni pérdidas económicas. En la actualidad una suspensión de servicio representa una gran pérdida económica para las industrias y para las empresas de servicios eléctricos.

Es cierto que con el paso del tiempo se han mejorados las tecnologías de fabricación de los equipos que constituyen los sistemas de potencia, reduciendo las posibilidades de fallas. Sin embargo, esto representa un mayor costo de inversión. Por otra parte, es casi imposible que la tecnología de fabricación elimine totalmente la posibilidad de ocurrencia de fallas.

La solución más adecuada a todos estos problemas es precisamente un sistema de protección, lo que ha permitido el desarrollo de los grandes sistemas de potencia a través de las interconexiones, sin afectar la calidad y continuidad del servicio.

Hoy en día, un sistema de protecciones es tan importante como un generador o un transformador ya que es imposible operar un sistema de potencia moderno sin un sistema de protección adecuado.

La necesidad de tener un sistema de protecciones se debe básicamente al hecho de que cualquiera de los equipos en un sistema de potencia puede fallar y afectar a todo el sistema, y por lo tanto, a todas las cargas conectadas a este en particular. Esta condición se mantendrá tanto tiempo como el equipo fallado se mantenga conectado al sistema de potencia.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Todos los equipos, sin importar el costo o tamaño, están sujetos a la posibilidad de fallar y dicha condición puede ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar del sistema, por este motivo se hace necesario erradicar una falla lo más pronto posible para afectar a la menor parte del sistema, por lo tanto, a la menor cantidad de usuarios posible.

Los fines fundamentales de un sistema de protecciones son: detectar la falla, localizar la falla y retirar rápidamente del sistema de potencia la parte fallada. Es obvio que al hacer esto se está protegiendo a los equipos involucrados en la falla.

Sin embargo, no tendría ninguna utilidad el que un sistemas de protecciones al detectar una anomalía en la operación del sistema de potencia, saque de servicio a todo el sistema o todos los equipos no involucrados en las cercanías a la zona, por lo tanto, existen ciertas características fundamentales que debe poseer un sistema de protecciones para que sea efectivo y seguro.

Estas son:

- Debe retirar rápidamente del servicio cualquier elemento que afecte el sistema, como es el caso de una fuente de cortocircuito.
- Accionar señales sonoras o luminosas cuando se presenta una condición anormal que pueda afectar al sistema, de forma que el personal de operación tome las medidas necesarias, como es el caso de sobrecarga de un transformador.
- Retirar del servicio los elementos o equipos en donde la condición anormal pueda poner en peligro al sistema o al mismo equipo.
- Impedir maniobras incorrectas que pueda cometer el personal de operación y que puedan afectar al sistema de potencia.
- Seccionar el sistema de potencia en el punto más adecuado frente a una pérdida de generación o frente a una pérdida de sincronismo.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Para realizar la función fundamental de retirar del sistema únicamente el elemento fallado se utilizan interruptores o disyuntores, que permiten seccionar el sistema de potencia. Es evidente que a mayor cantidad de interruptores que se utilicen, es menor la parte del sistema que debe retirar de servicio para eliminar la falla. Sin embargo, lo normal es colocarlos en las partes fundamentales del sistema de potencia.

Si se revisa un sistema radial, veremos que en estos solo existe una vía de alimentación a la falla por lo que, con abrir un interruptor ya queda aislado del sistema la sección que presentaba un comportamiento anormal sin tener que sacar de servicio, todo lo que se encuentra conectado al sistema antes de la zona afectada. Esto se muestra en la figura 2.1.

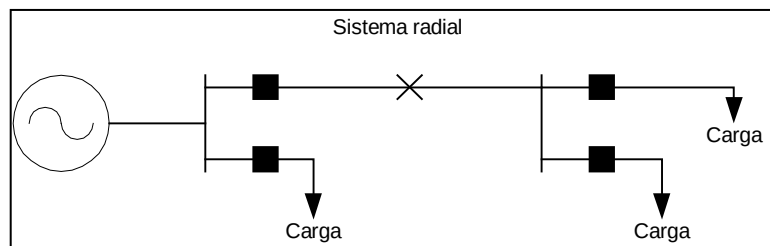


Figura 2.1 Sistema radial.

Si se tiene un sistema mallado, existen diversas vías de alimentación hacia una falla en particular, por lo que se hace necesario abrir tantos interruptores como vías de alimentación tenga la falla, lo cual implica sacar de servicio una mayor parte del sistema. Esto se muestra en la figura 2.2.

En la protección de sistemas de potencia no es conveniente confiar en una sola posibilidad de despeje de falla, esto debido a que los equipos de protección están sujetos al igual que los equipos del sistema de potencia a fallar, si no existiera algún método que permitiera respaldar a una protección fallada, una falla podría permanecer de forma indefinida causando grandes daños al



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

sistema de potencia y a los equipos que lo conforman, sin olvidar a los usuarios que disfrutan del servicio.

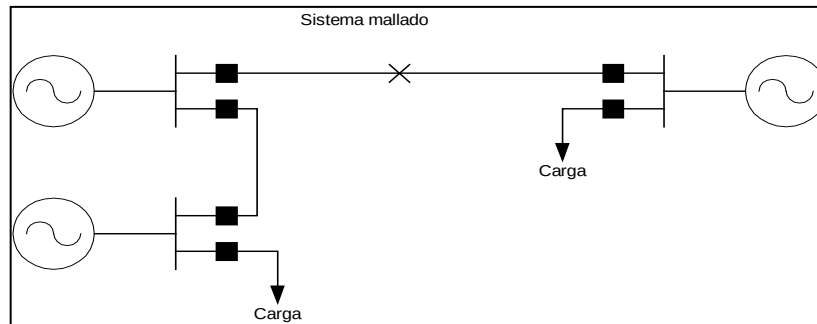


Figura 2.2 Sistema mallado

Por esta razón, se diseña el sistema de protecciones de tal forma que presente lo que se llama protección primaria, de alta velocidad, y en caso que la protección primaria falle, presenta una segunda alternativa llamada protección de respaldo. Esta protección de respaldo sirve de protección primaria cuando se hace mantenimiento a los dispositivos de la protección primaria.

En algunas ocasiones, según la importancia del sistema o de los consumidores, es recomendable recurrir a un segundo nivel de protecciones dentro de la misma subestación. Esta se conoce como protección secundaria, la cual es un poco retardada y actúa antes recurrir a la protección de respaldo.

Los equipos de protección se alimentan de equipos de medición, transformadores de corriente, transformadores de voltaje que informan a los equipos de protección de las condiciones que presenta el sistema de potencia. Debido a que los sistemas de potencia presentan altos voltajes y corrientes, es necesario utilizar estos transformadores para llevar las magnitudes de las variables a medir, a los niveles aptos de seguridad que puedan operar los equipos.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.2.2 GENERALIDADES DE LOS RELÉS

Un relé es simplemente un elemento de una o varias señales del sistema de potencia y actúa dependiendo de la información recibida, abriendo o cerrando contactos, dando generalmente órdenes de apertura a uno o varios interruptores.

Algunos relés presentan una construcción similar a la de un contactor, sin embargo, la aplicación es totalmente diferente. El contactor solamente recibe órdenes de abrir o cerrar circuitos de potencia. Por el contrario, el relé recibe información permanentemente y solamente actúa cuando detecta una condición de falla.

Los relés pueden presentar diferentes principios de funcionamiento o diferentes características de aplicación, lo cual nos da diferentes posibilidades para su escogencia dependiendo de la finalidad en que se requiera; sabiendo esto es importante conocer las diferentes características de los diferentes tipos de relés para poder establecer diferencias y conclusiones, de manera que podamos saber cuál es el más acertado para determinada aplicación, a continuación se explicara de manera breve cada una de ellas.

2.2.2.1 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS RELÉS SEGÚN SE PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

➤ **Relés de atracción de armadura:**

Los relés de atracción de armadura; son relés de tipo electromagnético, en donde se utiliza una corriente eléctrica para crear un flujo magnético y atraer una estructura. El movimiento de la misma abre o cierra los contactos del mismo. Su construcción puede ser muy variada. Entre las principales tenemos:

- **Relé tipo balancín:**

Este tipo de construcción compara el torque producido por una corriente contra el producido por la acción de un resorte pivoteando, formando una especie de balanza. Cuando la intensidad de la corriente es tal que se vence la acción del resorte, el relé cierra sus contactos.

- **Relé tipo armadura:**

Al igual que en el tipo anterior; en este tipo de relé compara la magnitud de una fuerza de atracción, resultado de un campo magnético producido por una corriente (señal I) que circula por la bobina, contra la fuerza que opone un resorte y la gravedad de la armadura, la cual es móvil. Cuando la intensidad de la corriente es lo suficientemente grande, la parte fija de la armadura atrae a la parte móvil, desplazándola y cerrando los contactos. Esto se muestra en la figura 2.3

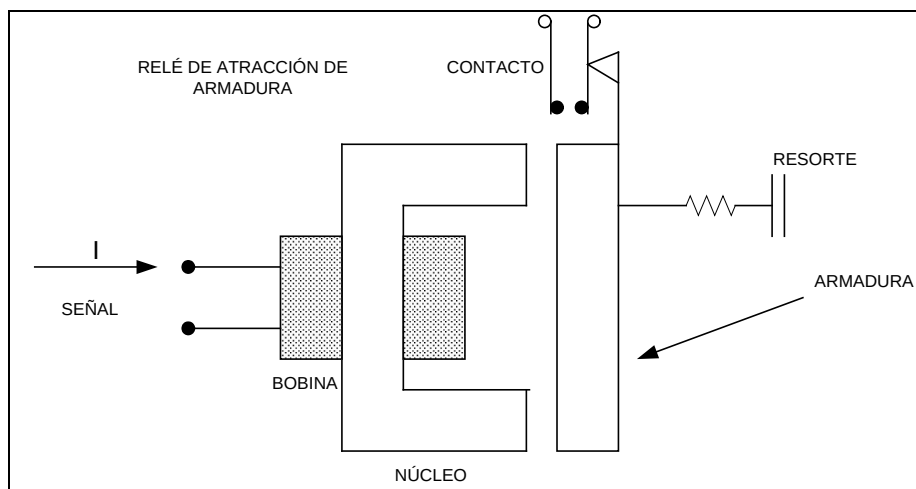


Figura 2.3 Relé de atracción tipo armadura.

➤ **Relés de inducción:**

Los relés de inducción son de tipo electromagnético, que emplean el mismo principio de operación de los motores eléctricos (inducción). El movimiento del rotor abre o cierra los contactos del relé.

- **Relé tipo motor D.C.:**

En este tipo de relé de corriente continua se compara la acción de unas corrientes contra la fuerza de oposición de un resorte. Son Relés poco usados, debido a su baja confiabilidad.

- **Relé tipo motor A.C. Relé de disco o polos de Sombra:**

Este relé compara la acción de una corriente (I) la cual circula por la bobina produciendo un torque electromagnético, contra la acción de un resorte en espiral el cual trata de evitar el giro del disco. El torque producido al superar la fuerza que se le opone hace girar el disco comprimiendo el resorte, si la fuerza producida por este campo electromagnético es lo suficientemente grande el disco girara hasta cerrar los contactos. Esto se muestra en la figura 2.4.

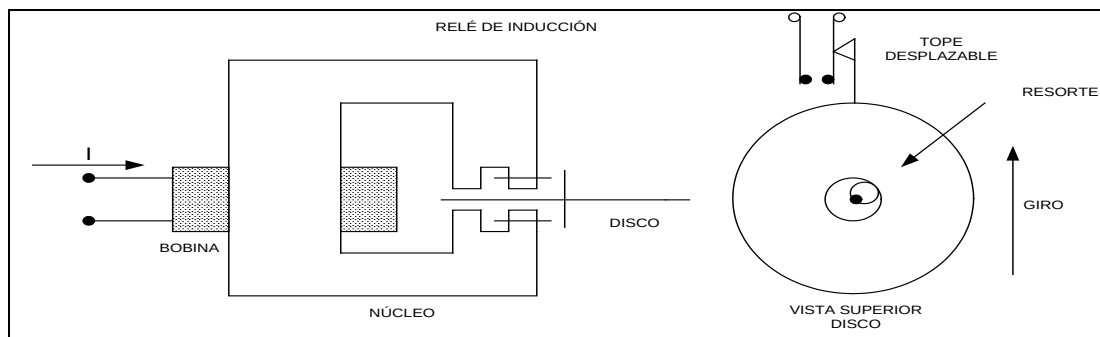


Figura 2.4 Relé de inducción de disco

Los relés de disco tipo polos de sombra son muy utilizados por su gran confiabilidad.

- **Relé de Copa o Tambor:**

Su construcción consiste en una jaula de ardilla, de gran número de barras que se transforma en un cilindro metálico, separado del material magnético del rotor para que solo gire la jaula, presentando así una poca inercia; el material ferromagnético, del rotor no gira. Esta construcción permite tener relés de mayores torques y menores inercias que la construcción de disco, en razón de que permite aumentar el área actuante con un ligero aumento de la inercia. Por cuanto no se aumenta el radio de giro, como ocurre en las construcciones tipo disco. Estos pueden ser usados



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

como elementos comparadores de fase o direccionales. Son relés de mayor velocidad de respuesta.

➤ **Relés Electrónicos:**

Son los relés donde los procesos se realizan por medio de elementos electrónicos. Este tipo de relés presenta la ventaja de que su característica de operación se puede modificar fácilmente, y por lo tanto, se pueden obtener tiempos de operación instantáneos o retardados, e igualmente, se pueden obtener las características inversas que se deseen.

Dentro de estos relés podemos nombrar tres clases los siguientes:

- **Relés Analógicos:** Son relés donde las operaciones son realizadas por elementos electrónicos utilizando señales de valor muy reducido, pero muy similares a las señales originales, es decir, utilizan señales de naturaleza alterna, al igual que los relés de atracción de armadura o los relés de inducción.
- **Relés Digitales:** Son relés que transforman las señales originales que reciben, en señales digitales, ondas rectangulares y las procesan mediante circuitos lógicos.
- **Relés Numéricos:** Son relés que muestrean numéricamente y en forma secuencial los valores instantáneos de las señales originales que reciben, las procesan mediante el empleo de elementos microprocesadores, utilizando métodos numéricos.

2.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RELÉS SEGÚN TIPO DE PROTECCIÓN

➤ **Relé de Sobrecorriente.**

Como se sabe un relé es un dispositivo que cuando se activa, con cantidades adecuadas de energía del sistema, indica una condición anormal. Cuando se cierran los contactos del relé reciben energía los circuitos de disparo del interruptor de circuito asociado y se abren los contactos de este último aislando la parte averiada del sistema.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El relé de sobrecorriente a través de los transformadores de corriente, monitorea una determinada corriente que puede ser una condición normal o para cuando ocurre una falla en el sistema. Este dispositivo se calibra de tal manera que exista un valor de corriente nominal y se determina a qué valor se desea hacer operar los interruptores del sistema de potencia.

Su principio de operación se basa en la detección de nivel, éste es el principio de operación más simple. La magnitud de las corrientes de fallas son por lo general mayores que las corriente de carga normal que aparecen en los sistemas de potencia. Por lo tanto, se puede fijar un límite de corriente para la protección de forma tal que cualquier corriente por encima de este nivel, evidencia la existencia de una falla o condición anormal en la zona. El relé se debería diseñar de forma tal que opere y dispare el interruptor del circuito para cualquier corriente por encima del ajuste o se puede también conectar el relé a una alarma de forma que un operador pueda actuar.

El nivel por encima del cual el relé opera se conoce como nivel de “pick-up” o elevación. Para toda corriente por encima del “pick-up”, el relé actúa y por debajo de éste no realiza ninguna acción.

En principio, las protecciones de sobre corriente admiten su clasificación en dos grandes grupos, en función del tiempo de operación. Explicadas a continuación:

- **Protección de sobre corriente de tiempo independiente.**

Este relé se define como aquel que una vez puesto en trabajo, es prácticamente independiente de la magnitud de la señal. La coordinación por tiempo simplemente consiste en permitir que los relés se pongan en trabajo y ajustar sus tiempos de operación a valores diferentes. Este tipo de protección presenta el inconveniente para la coordinación de que el tiempo de despeje de la falla aumenta hacia la fuente, dando como resultado que las fallas de alta corriente se despejen con tiempos cada vez mayores.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Un relé de este tipo siempre operará en el mismo tiempo para todo valor de corriente ajustada en el propio relé.

También se les denomina de tiempo definido. Este dispositivo está compuesto de un elemento de control de corriente de tipo “todo o nada”, que excita un elemento temporizador ajustado a un valor determinado que puede ser nulo, en cuyo caso se puede hablar de un relé instantáneo.

El valor de ajuste de la corriente de operación es llamado “VALOR TAP de CORRIENTE”. En el caso indicado, cuando el tiempo de operación es cero, se habla de “LEVEL CERO”.

Casi todos los relés de sobrecorriente incorporan una unidad de sobre intensidad del tipo independiente, denominada “elemento instantáneo”, en serie con el relé de sobre corriente de tiempo dependiente, de forma que ambas unidades están recorridas por la misma corriente. Usualmente esta unidad instantánea se ajusta a un valor muy superior al de la intensidad de arranque del elemento de tiempo dependiente. Lo anteriormente nombrado se refleja en la figura 2.5.

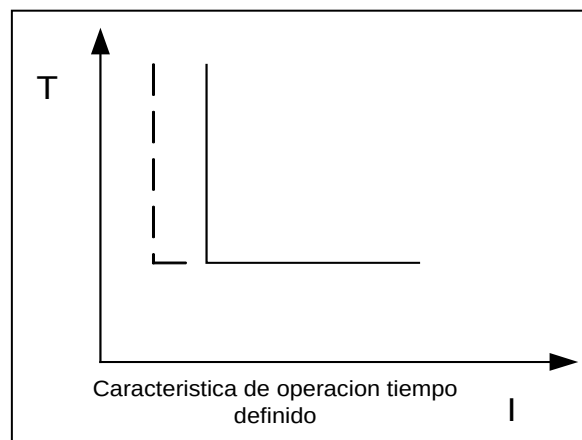


Figura 2.5 Característica de operación tiempo definido



- **Protección de sobrecorriente de tiempo dependiente.**

Un relé de este tipo está representado por el de tiempo inverso, este operará en un tiempo que es función del valor de la corriente, de forma que cuanto mayor sea, menor será el tiempo de actuación. Esto se muestra en la figura 2.6.

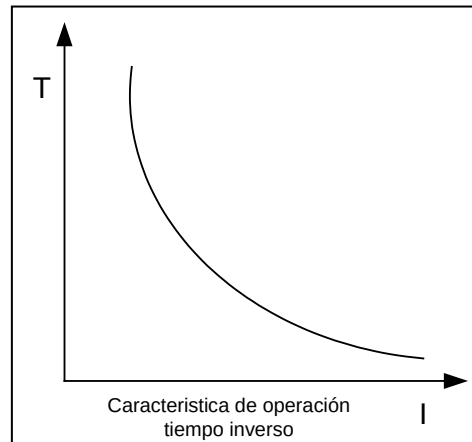


Figura 2.6 Característica de operación tiempo inverso

Los fabricantes pueden suministrar relés con diferentes características de operación, como: Normal inverso, muy inverso, extremadamente inverso, etc. Esto influirá en la pendiente de la curva determinando la relación de cambio entre las dos variables (tiempo y corriente).

El tiempo de operación y la corriente están relacionados por una ecuación que define la curva de operación característica del relé La cual es:

$$t = k / [(I_p / I_a)^n - 1] \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde: I_p = Corriente de paso (operación)

I_a = Corriente de ajuste

n, k = Constantes de diseño



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

t = Tiempo de operación (segundos)

El exponente n , define el tipo de característica, normal inverso, muy o extremadamente inverso.

Es normal que un relé de sobre corriente, dentro de su característica, ofrezca una familia de curvas, que se pueden activar mediante un ajuste, llamado de LEVEL, adecuándolo así a las necesidades particulares. Esto se suele hacer, rotulando el recorrido del citado dispositivo con números del 0 al 10. En la posición 0, los contactos del relé están cerrados y en la 10 al máximo tiempo de operación para una determinada corriente.

Para determinar el ajuste de corriente en estos equipos, se procede a definir un término muy importante, como lo es la corriente arranque de operación o corriente de pick-up, la cual establece el ajuste que debe tener el relé de acuerdo a las necesidades del sistema de potencia, es decir, define una base de corriente para poder manipular las curvas de operación.

Este valor (corriente de Pick-up) por lo general queda establecido, como 1.75 a 2 veces la corriente normal de operación del sistema de potencia, según estipulan algunos autores o entendidos en la materia.

Una vez establecida la corriente de Pick-up, se procede a ajustar el rango de corriente de operación en el relé (taps), lo cual permite entrar a las curvas y predeterminar los tiempos de operación del equipo.

➤ **Relé de Recierre**

Es un dispositivo que al ocurrir una falla en el sistema y ser detectada recibe una señal de otro relé que manda a dar la apertura de una línea y de acuerdo a esto, puede dar orden a los interruptores de abrir o cerrar sus contactos. El relé puede ser programado para dar recierre en



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

varias oportunidades, debido a que las fallas que pasan en los sistemas de potencia son de origen transitorio y así poder darle continuidad al servicio en caso de ocurran este tipo de fallas.

➤ **Relé de Distancia**

Es un tipo de relé de doble señal que se basa en la comparación de tensiones y corrientes de una línea de transmisión para determinar los valores de impedancia, que son proporcionales a la distancia de una falla. Su uso se debe a la necesidad de proteger las líneas de transmisión de los sistemas de potencia.

Este tipo de protección por operar en base a la impedancia, no se ve afectada por la corriente de carga y de cortocircuito, y en consecuencia, no es afectada por las modificaciones en la configuración del sistema de potencia y, contrario a la protección de sobrecorriente, siempre es posible obtener una buena protección.

Estos relés tienen un alcance que se podría definir como la frontera que tienen para poder detectar la falla, es decir, es el límite hasta el cual el relé puede disparar. Este puede operar de manera que el programador lo ajuste, sin embargo, los criterios establecidos para esto son la división en etapas de actuación. Entre estas tenemos:

- Primera etapa: esta es instantánea y tiene por objeto proteger la mayor parte de la línea con protección primaria de alta velocidad; es lógico que no se puede proteger toda la línea (1) en protección de primera etapa, de lo contrario, se perdería la coordinación con la primera etapa de la línea (2), su ajuste tiene que ser subalcanzado para garantizar que bajo ninguna circunstancia vea las fallas de la línea (2).
- Segunda etapa: Esta tiene por objeto dar protección primaria, retardada, al terminar el remoto de la línea (1), no protegido por la primera etapa: su ajuste debe sobrealcanzar al terminal remoto para garantizar la protección de la línea en cualquier circunstancia.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- Tercera etapa: esta tiene por objeto dar protección de respaldo a la línea siguiente, (línea (2)); es lógico que su ajuste debe sobrealcanzar dicha línea.

Estas etapas de coordinación están en general por el orden de:

1era etapa: 80% de la línea con un tiempo instantáneo. $Z1 = 0.8 ZL1$ Ecuación 2.2

2da etapa: 120% de la línea con un retardo. $Z2 = 1.2 ZL1$ Ecuación 2.3

3ra etapa: 120% de ambas líneas. $Z3 = 1.2 (ZL1 + ZL2)$ Ecuación 2.4

Gráficamente todo esto se observa en las figuras 2.7 y 2.8.

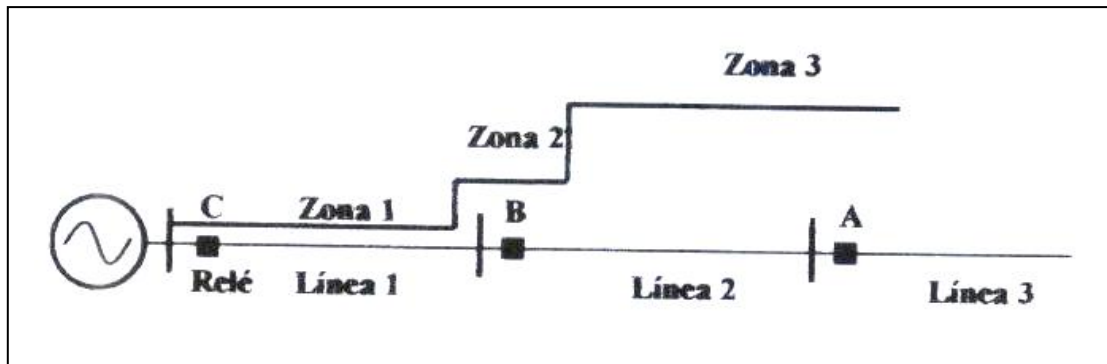


Figura 2.7

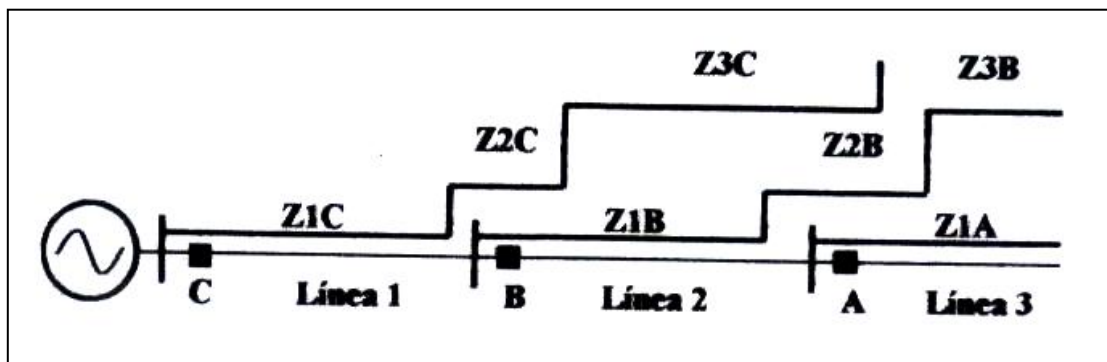


Figura 2.8

El 20% es debido a los errores que se pueden cometer a través de la medición de los transformadores de potencial y de corriente.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El alcance de estos relés puede ser afectado por una serie de factores como los siguientes:

Factores que aumentan el alcance:

- Errores cometidos por el relé y los equipos que los alimentan, de ser positivos, hacen que el relé actúe para fallas más allá del ajuste.
- El transitorio el cual origina sobrealcance en los relés.

Factores que disminuyen el alcance:

- Errores cometidos por el relé y los equipos que los alimentan, de ser negativos, hacen que el relé no actúe para fallas al final del ajuste.
- La presencia de la resistencia de arco, a excepción del relé de reactancia.
- La realimentación, originada por la presencia de fuentes que alimenten simultáneamente la falla con impedancias comunes.

Los relés de distancia tienen distintas características de operación las cuales son:

- **Impedancia**

Este relé no es direccional ya que da orden de disparo en ambas direcciones, por lo tanto, para sistemas mallados, se requiere utilizar relés direccionales. Este es actuado por corriente y retenido por voltaje. Su ecuación de torque es:

$$z = \sqrt{\frac{K_1}{K_2}} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Para fallas en pata del relé se cae en el centro del círculo, y por tanto, se produce el máximo torque de disparo, es el punto más alejado de la característica de operación, dicha característica se muestra en la figura 2.9.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Introduciendo modificaciones en la alimentación del relé de impedancia se puede desplazar el círculo para obtener características circulares no concéntricas con el origen, obteniendo los llamados relés de impedancia modificados.

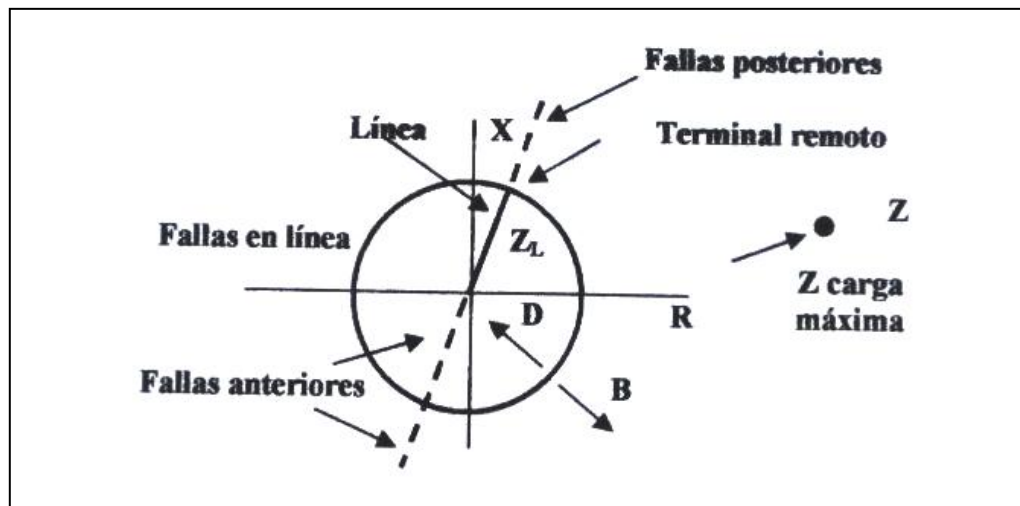


Figura 2.9 Característica de operación de Impedancia

- **Admitancia (MHO)**

Por el contrario este relé si es direccional ya que solo da disparo en la dirección de la línea, por lo tanto, en sistemas mallados, no se requiere el empleo de relés direccionales, como se muestra en la figura 2.10. Este relé es actuado por dirección y retenido por voltaje, su ecuación de torque es:

$$z = \frac{K_1}{K_2} \cos(\theta - \tau) \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Para fallas en pata del relé no se produce torque, y por lo tanto, no se da orden de disparo, se cae sobre la característica de operación.

Introduciendo modificaciones en la alimentación del relé de admitancia se puede desplazar el círculo para obtener características circulares que no pasen por el origen, obteniendo los llamados relés de admitancia modificados.

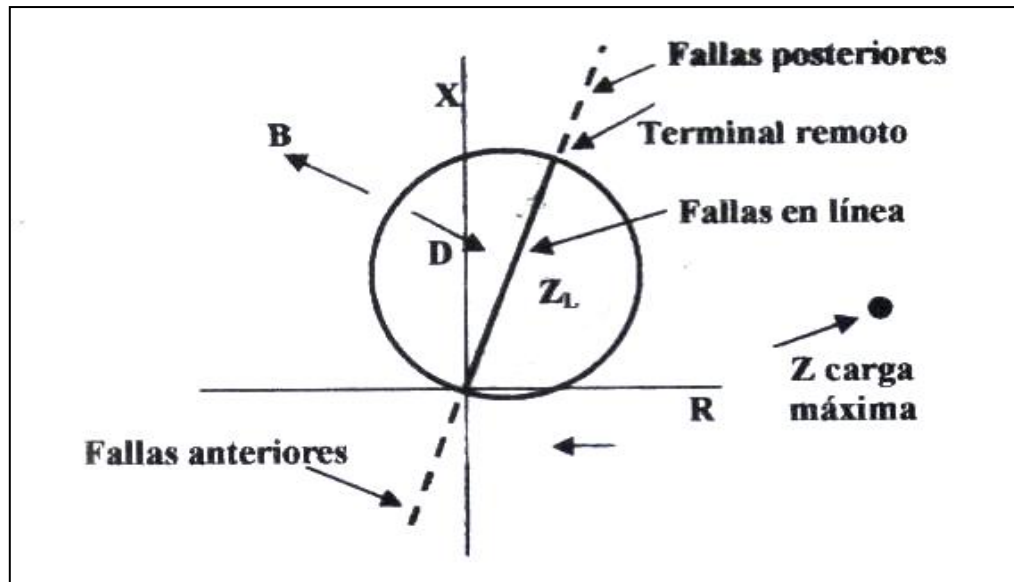


Figura 2.10 (Característica de operación de admitancia)

- **Reactancia**

Este relé no es direccional ya que da orden de disparo en ambas direcciones, por lo tanto, para sistemas mallados, se requiere utilizar relés direccionales. Este relé es actuado por corriente y retenido por dirección con ángulo $\tau = 90^\circ$, su ecuación de torque es:

$$X = Z \sin \theta = \frac{K_1}{K_2} \text{ Ecuación 2.7}$$

La impedancia de carga máxima penetra dentro de la zona de disparo, por lo tanto es necesario limitar su alcance para evitar el disparo frente a impedancias de cargas normales.

Para fallas en pata del relé el torque que se produce es alto, y por lo tanto, se cae en el origen alejado de la característica de operación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En la figura 2.11 se observa su característica de operación, como puede observarse la misma en el plano de impedancias, es de tipo lineal horizontal a X constante.

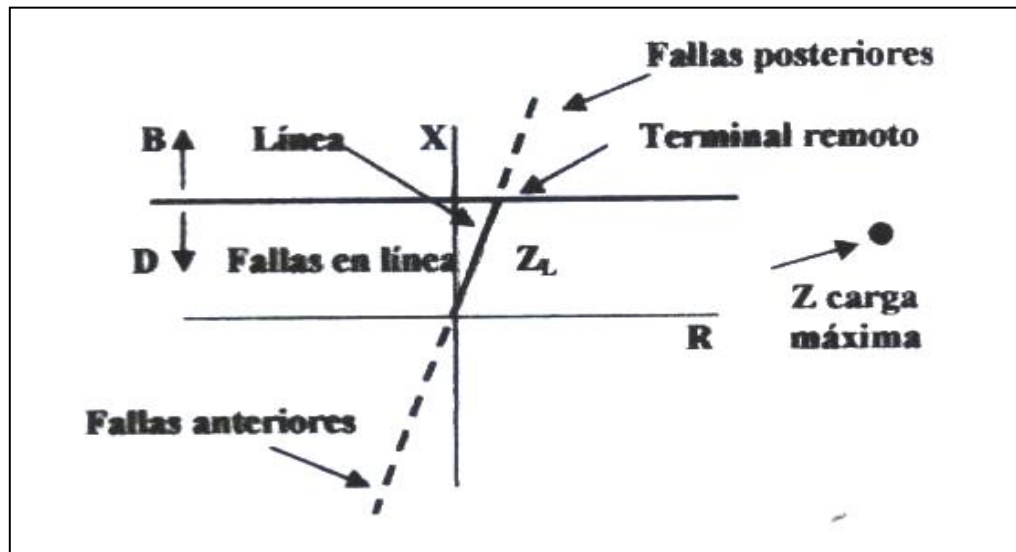


Figura 2.11 (Característica de operación de reactancia)

Selección del tipo de relé según la aplicación requerida:

- **Líneas largas:** aquí la resistencia de arco es pequeña comparada con la impedancia de la línea, por lo cual puede emplearse cualquier relé, el alcance de los relés es muy poco afectado.
- **Líneas cortas:** en estas la resistencia de arco es comparable con la de la línea, es recomendable emplear relés de reactancia que no son afectados por el arco; los demás relés se le ve disminuido el alcance.
- **Enlace corto:** Cuando el enlace entre las fuentes de generación es de corta distancia, de baja impedancia, las oscilaciones son de baja amplitud y, por tanto, puede utilizarse cualquier relé.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- **Enlace largo:** cuando el enlace entre fuentes de generación es de larga distancia, de alta impedancia, las oscilaciones son de gran amplitud y, por tanto, es recomendable el relé de admitancia, que es el relé menos afectado.
- **Falla a tierra:** estas involucran gran contenido de resistencia, por lo tanto, es aconsejable, para estas aplicaciones, el empleo de los relés de reactancia.

2.2.3 GENERALIDADES DE LOS TRANSFORMADORES DE PROTECCIÓN

La función de los transformadores de corriente y voltaje, conocidos también como transformadores de protección, es la de disminuir los valores de corrientes y voltajes de los sistemas de potencia, y proveer un aislamiento galvánico entre el sistema de potencia y otros instrumentos conectados al secundario de los transformadores.

Los rangos de los secundarios de los transformadores han sido estandarizados para dar libertad a la hora escoger un transformador para sustituir alguno dañado, entre las diferentes empresas.

El rango más común de los secundarios de los transformadores de corriente es 5 A, aunque también los hay con secundario de 1 A. La selección depende de la aplicación para la que se utilizará el transformador. Los secundarios de los transformadores de potencial están estandarizados para 120 voltios.

Estos son valores nominales, pero los transformadores deben estar diseñados para soportar valores por encima de estos, ya que en condiciones de funcionamiento anormales, las variables que soportarán serán mayores en el caso de sobrevoltajes y cortocircuitos.

Se estima que el transformador de corriente deba soportar corrientes de falla de hasta cincuenta veces mayores que la corriente normal de carga, mientras que el transformador de potencial un 20% mayor que el voltaje nominal casi de forma indefinida.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Los transformadores de protección pueden ser independientes o estar incluidos en el devanado de un aparato de potencia, como un interruptor o transformador de potencia.

La función de los transformadores de protección en los sistemas de protección es la de proveer a los relés y medidores con señales que sean fieles representaciones de las cantidades en los primarios de los mismos.

Aún cuando los transformadores de hoy en día son muy precisos, se debe tener en cuenta que los transformadores pueden introducir algún error en la medición y en el diseño de protecciones se debe determinar el comportamiento del relé bajo estos errores.

2.2.4.1 GENERALIDADES DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

El primario de un transformador de intensidad consta de una o varias espiras que se conectan en serie con el circuito cuya intensidad se desea medir. El secundario alimenta los circuitos de intensidad de uno o varios aparatos de protección conectados en serie.

El arrollamiento primario puede tener una, dos, o cuatro secciones, permitiendo una, dos o tres intensidades primarias nominales mediante el adecuado acoplamiento de las mismas. Puede haber también uno o varios arrollamientos secundarios, bobinados cada uno sobre su circuito magnético. De esta manera no existe influencia de un secundario sobre el otro.

El núcleo de los transformadores de corriente normalmente es de forma toroidal, con el secundario uniformemente repartido para reducir al mínimo el flujo de dispersión. El primario consta de una o varias espiras que se conectan en serie con la línea. También existen transformadores de corriente en los que no está incorporado el primario.



2.2.4.2 GENERALIDADES DEL TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

El primario de un transformador de tensión, se conecta a los bornes, entre los cuales se desea medir la tensión y el secundario se conecta a los circuitos de tensión de uno o varios aparatos de protección conectados en paralelo.

El transformador de tensión difiere menos de transformador de potencia que el transformador de intensidad. Por razones constructivas y de aislamiento, los transformadores de tensión, se fabrican normalmente con núcleo rectangular y los secundarios (si hay más de uno) se bobinan sobre el mismo núcleo. No existe por lo tanto independencia entre ellos, a diferencia de lo que ocurre en los transformadores de corriente.

Los transformadores de tensión pueden estar destinados a medir la tensión entre fases o entre fase y tierra. En este caso, uno de los terminales primarios está conectado a tierra, interna o externamente al transformador. A partir de cierto nivel de tensión (unos 72,5 KV.) todos los transformadores de tensión son del tipo fase-tierra. [7]

En la figura 2.12 se muestran los transformadores de corriente y de tensión.

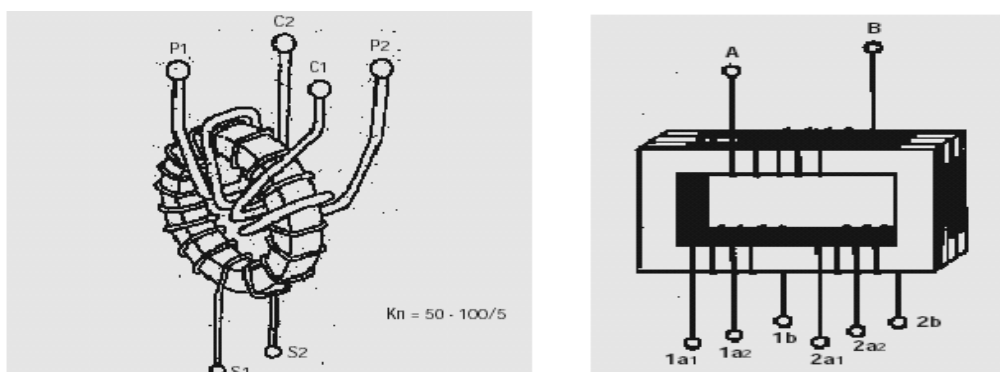


Figura 2.12 Transformador de corriente y de potencial.



2.2.4 GENERALIDADES DE UN AUTOTRANSFORMADOR (PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO)

El autotransformador puede ser considerado simultáneamente como un caso particular del transformador o del bobinado con núcleo de hierro. Tiene un solo bobinado arrollado sobre el núcleo, pero dispone de cuatro bornes, dos para cada circuito, y por ello presenta puntos en común con el transformador.

La figura 2.13 muestra un esquema del autotransformador.

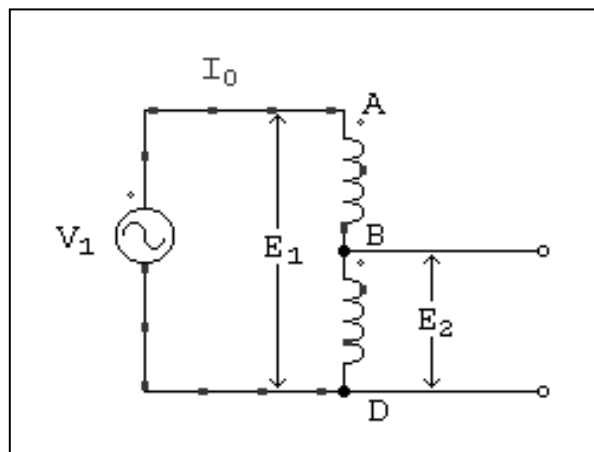


Figura 2.13 Esquema del autotransformador

Ref: Francisco L. Singer, Transformadores Industriales, Neotécnica, Buenos Aires 1976.

2.2.4.1 Circuitos Equivalentes

Si se desprecia la no linealidad de las características de excitación, el autotransformador puede representarse por uno de los circuitos de la figura 2.14.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

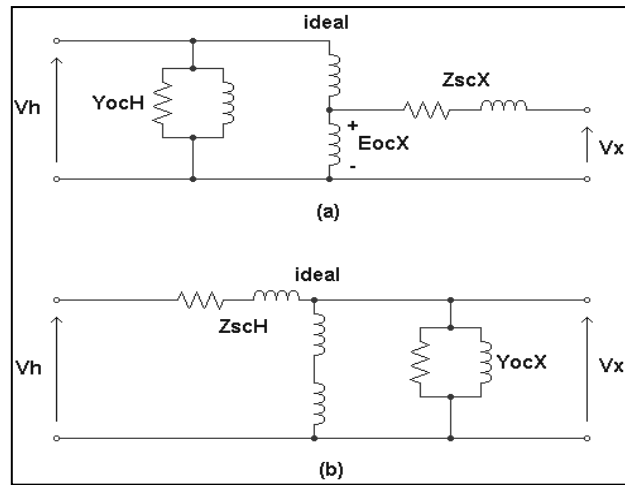


Figura 2.14: Circuitos equivalentes de un autotransformador

Según el teorema de Thévenin, el autotransformador visto desde sus terminales de baja tensión equivale a una fuerza electromotriz igual a la tensión en circuito abierto E_{ocX} medida entre los terminales de baja tensión, en serie con la impedancia Z_{scX} medida entre los terminales de baja tensión con los terminales de alta en cortocircuito, como en la parte derecha del transformador ideal de la figura 2.14 (a). Si la razón de transformación del transformador ideal es V_H / E_{ocH} , la tensión en sus terminales de alta es igual a la alta tensión V_H del autotransformador real. Esta razón de tensiones en circuito abierto es muy aproximadamente igual a $(N_1 + N_2) / N_2$ donde N_1 y N_2 son los números de espiras de los devanados serie y común, respectivamente. Puede demostrarse que si se conecta entre los terminales de alta del autotransformador ideal la admitancia en circuito abierto Y_{ocH} medida desde el lado de alta tensión del transformador real, el circuito de la figura 2.14 (a) es un circuito equivalente exacto del autotransformador tanto para el lado de alta tensión como para el de baja. Evidentemente, si se realizan las medidas en circuito abierto en el lado de baja tensión y las medidas en cortocircuito desde el lado de alta tensión, también el circuito de la figura 2.14 (b) será un circuito equivalente exacto del autotransformador. Cuando se desprecia la corriente de excitación, los circuitos equivalentes exactos de la figura 2.14 se reducen a los circuitos equivalentes aproximados de la figura 2.15.



2.2.4.2 ESTUDIO COMPARATIVO CON EL TRANSFORMADOR

En primer lugar, se supondrá que las potencias aparentes en cada bobinado son proporcionales a las respectivas potencias efectivas, ya que los ángulos de fase entre carga y tensión dependen en su mayor grado de las condiciones que impone la impedancia Z conectada como carga. Escribamos, para el transformador, la siguiente igualdad:

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

La ecuación 2.8 es válida si se desprecia la corriente de vacío, siempre pequeña, y las pérdidas, también muy pequeñas. La igualdad anterior dice que las potencias primaria y secundaria son iguales.

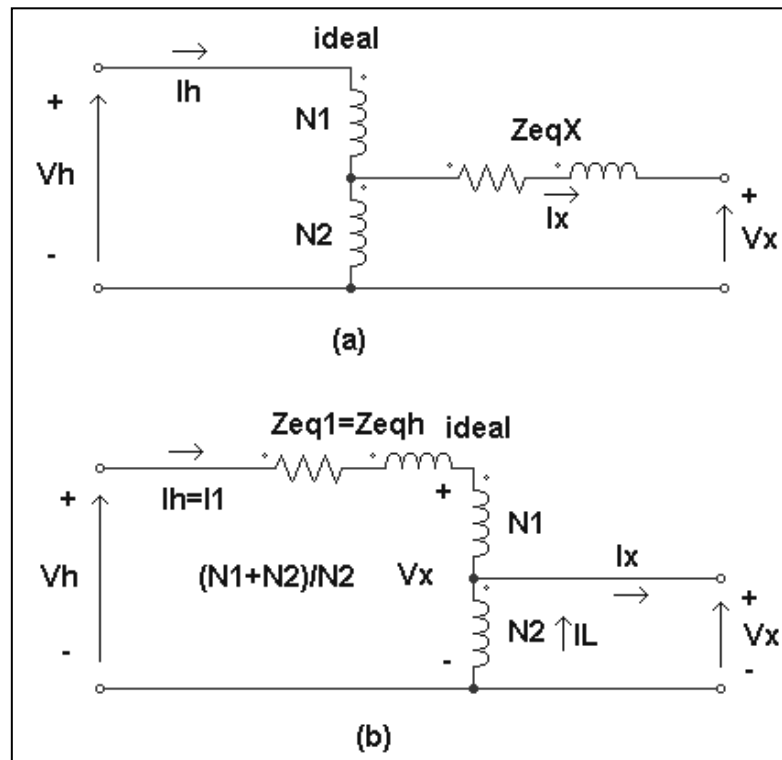


Figura 2.15: Circuitos equivalentes aproximados de un autotransformador



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Se restan en ambos miembros una misma cantidad, con lo que la ecuación no se altera: esa cantidad es $V_2 I_1$, de significado únicamente algebraico:

$$V_1 I_1 - V_2 I_1 = V_2 I_2 - V_2 I_1 \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Pero se pueden agrupar términos de igual factor, con lo que se tiene:

$$I_1 (V_1 - V_2) = V_2 (I_2 - I_1) \quad \text{Ecuación 2.10}$$

La ecuación 2.10 corresponde al autotransformador, y tomando sólo el primer miembro, se puede escribir, llamándolo P_a , potencia del autotransformador:

$$P_a = I_1 (V_1 - V_2) = I_1 V_1 (1 - V_2/V_1) = I_1 V_1 (1 - 1/k) \quad \text{Ecuación 2.11}$$

$$P_a = I_1 V_1 (k-1)/k \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Ahora se toma la potencia aparente del transformador, que llamaremos P_t , necesaria para rendir el mismo servicio; ya la tenemos expresada en la igualdad que teníamos al principio de este estudio, de la cual sólo tomamos el primer miembro:

$$P_t = V_1 I_1 \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Pues con esta potencia se le suministra al secundario una corriente de carga I_2 bajo una tensión V_2 , es decir, lo mismo que nos rinde el autotransformador. Si se divide la expresión que da la potencia necesaria del autotransformador por la del transformador, se llega a la relación:

$$(P_a / P_t) = (k - 1) / k \quad \text{Ecuación 2.14}$$



La ecuación 2.14 muestra que la relación entre ambas potencias es pequeña para valores de k grandes. Es decir que, por lo que atañe a la potencia en juego en el autotransformador, conviene utilizarlo para relaciones de transformación del orden de la unidad. En la deducción anterior que estudiaba la energía puesta en juego, se supuso que las pérdidas eran nulas, de modo que la potencia primaria era igual a la secundaria. Luego, se puede considerar como primarios a cualquiera de las dos secciones; de esto se desprende que serán válidas las consideraciones hechas para el esquema de la figura 2.13 en el caso del de la figura 2.14.

2.2.5.3 FUNCIONAMIENTO CON CARGA

Si se conecta una impedancia Z entre los puntos B y D, tal como lo muestra la figura 2.16, sin entrar en consideraciones sobre el carácter de Z , por ahora, se producirá una variación en las condiciones de funcionamiento. Z puede tener carácter óhmico, inductivo o capacitivo. Al conectarla entre dos puntos que acusan una diferencia de potencial, circulará una corriente, que llamamos I_2 , con subíndice correspondiente a secundario, pues así lo hemos especificado al principio.

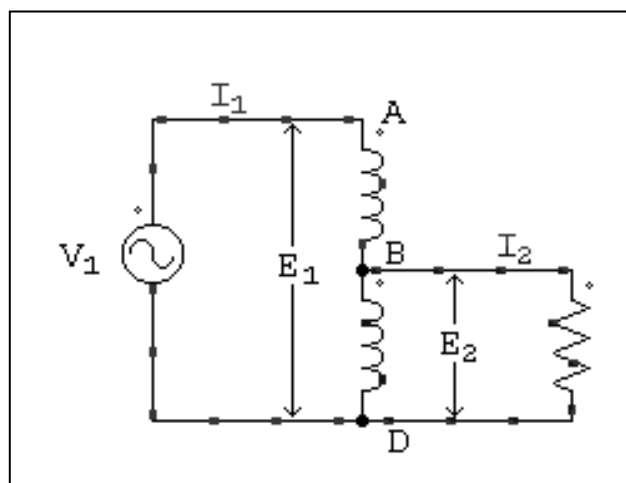


Figura 2.16 Autotransformador reductor



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Para determinar el sentido instantáneo de esta corriente secundaria se realiza la siguiente observación: en un instante dado, la f.e.m. inducida es tal que el punto A tiene mayor potencial que el D, como lo muestra la figura 2.17. Luego los vectores de las f.e.m. E_1 y E_2 podemos imaginarlos dibujados con la flecha hacia arriba. La tensión primaria debe vencer a la f.e.m. primaria, luego en ese instante la corriente primaria circula con sentido contrario al que correspondería a la f.e.m. primaria, es decir, de A hacia D. En el secundario, en cambio, la tensión en los bornes y la f.e.m. tienen el mismo sentido, luego la corriente circula hacia arriba, es decir, de D hacia B.

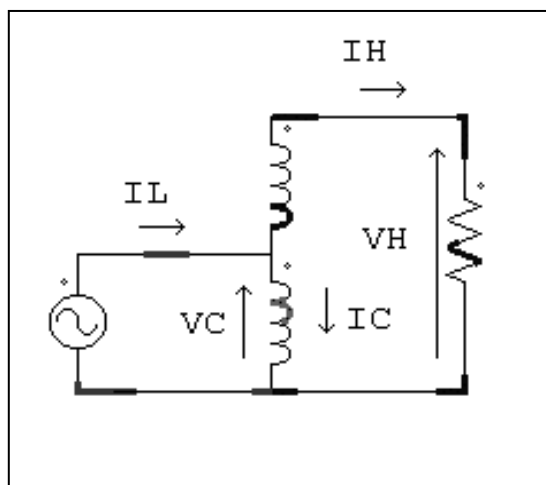


Figura 2.17 Autotransformador elevador

Por lo que en el tramo B D donde tenemos dos corrientes que se encuentran, sólo circulará la diferencia entre ambas, es decir, que en el tramo secundario del bobinado circula una corriente:

$$I_{BD} = I_2 - I_1 \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Debiendo aclararse que esta diferencia debe tener carácter vectorial. Pero ya se comienza a comprobar una de las ventajas del autotransformador. En una sección del bobinado circula sólo la diferencia de las corrientes primaria y secundaria. Quiere decir que en el tramo A B se tiene la corriente I_1 ; en el BD la diferencia $(I_2 - I_1)$ y, en el circuito de carga la corriente I_2 . En estas se



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

prescinde de la corriente de vacío, porque se sabe que es de valor muy pequeño comparada con la primaria de carga. Procediendo así se pueden hacer simplificaciones importantes.

Veamos la relación entre las corrientes primaria y secundaria. Haciendo abstracción de la corriente magnetizante, por su pequeñez, sabemos por lo que se estudió en el primer capítulo, que los ampervueltas primarios deben ser iguales a los ampervueltas secundarios, luego podemos escribir en este caso, y aclarando que la expresión es algebraica y no vectorial, por lo que estudiamos para transformadores al despreciar I_0 :

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Que por simple cambio de miembro de sus factores permite escribir:

$$(N_1 / N_2) / (I_2 / I_1) = k \quad \text{Ecuación 2.17}$$

Relación que es inversa a la de tensiones o f.e.m., lo mismo que sucedía para los transformadores. Si queremos conocer la relación entre las corrientes circulantes en la sección superior e inferior del bobinado, podemos proceder así: En primer lugar, sabemos ya que:

$$I_{BD} = I_2 - I_1 \quad \text{Ecuación 2.18}$$

Y si dividimos esta ecuación por la corriente primaria, o sea por la corriente que circula entre A y B, se tiene:

$$(I_{BD} / I_{AB}) = (I_2 / I_{AB}) - (I_1 / I_{AB}) \quad \text{Ecuación 2.19}$$

Ahora analicemos lo que ha resultado; el primer término es el cociente entre las corrientes que queríamos obtener; el segundo término es la relación de transformación., pues el denominador es la corriente I_1 , y el tercer término es la unidad, por ser iguales el numerador y denominador. Luego, se tiene:

$$(I_{BD} / I_{AB}) = k - 1 \quad \text{Ecuación 2.20}$$



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Relación cuyo primer miembro es inverso al similar que se obtuvo para las tensiones, pues el segundo miembro de ésta es igual al de la expresión que daba la relación entre las f.e.m. de las secciones superior e inferior.

Si se consideran aisladamente las dos expresiones que han dado por resultado $(k - 1)$, que son el cociente entre las f.e.m. entre puntos A B y B D, y las corrientes circulantes entre B D y A B, podemos suponer al autotransformador como equivalente de un transformador que en lugar de k , tenga una relación de transformación $(k - 1)$, y cuyo primario sea la sección superior A B y cuyo secundario sea la sección B D. Esto es importante en lo que respecta a la transferencia de energía desde la red al circuito de carga en el secundario, pues en ese aspecto, parte de la energía se transfiere por vía electromagnética, como en los transformadores, y parte por vía eléctrica directa, como en un circuito cerrado simple de corriente alternada. La parte que transfiere energía por vía electromagnética es la A B. que obra como primario ficticio, y la parte que la recibe transferida es la B D, secundario ficticio. Cuando comparemos las características del autotransformador con el transformador volveremos sobre este detalle, para demostrarlo, y para poner de manifiesto una de las cualidades fundamentales del primero, que le da ventajas evidentes con respecto al segundo. [8]

2.2.5 VARIACIÓN DE ÁNGULO DE FASE A PARTIR DE LA SUMA DE FASORES DE UN SISTEMA TRIFÁSICO

El método de carga ficticia, consiste en aplicar tensión y corriente de manera independiente. El uso de este método presenta ciertas ventajas, tales como:

- Evita la disipación innecesaria de energía.
- Facilidad en la variación del factor de potencia.

Con la incorporación de un sistema de potencia trifásico, de variacs, transformadores y con las conexiones apropiadas puede obtenerse un fasor en el que puede ser manipulado de manera



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

continúa su amplitud y ángulo de fase entre dicho fasor y otro de referencia (siendo el fasor de referencia en nuestro proyecto, el fasor de corriente de salida del banco de inyección).

En el diagrama fasorial (de la figura 2.18) se observa el fasor V_{a1} , resultado de la suma de dos fasores; uno (V_a) que proviene directamente del sistema trifásico, y el otro (KV_{c1}) que es la fracción del fasor V_c de dicho sistema.

Si el fasor V_a se conserva fijo, el ángulo de fase V_{a1} respecto a V_a (ϕ_1), dependerá netamente de la amplitud del fasor KV_{c1} ; lo que indica que este ángulo puede ser controlado a través del uso de un variac que defina la amplitud del fasor KV_{c1} .

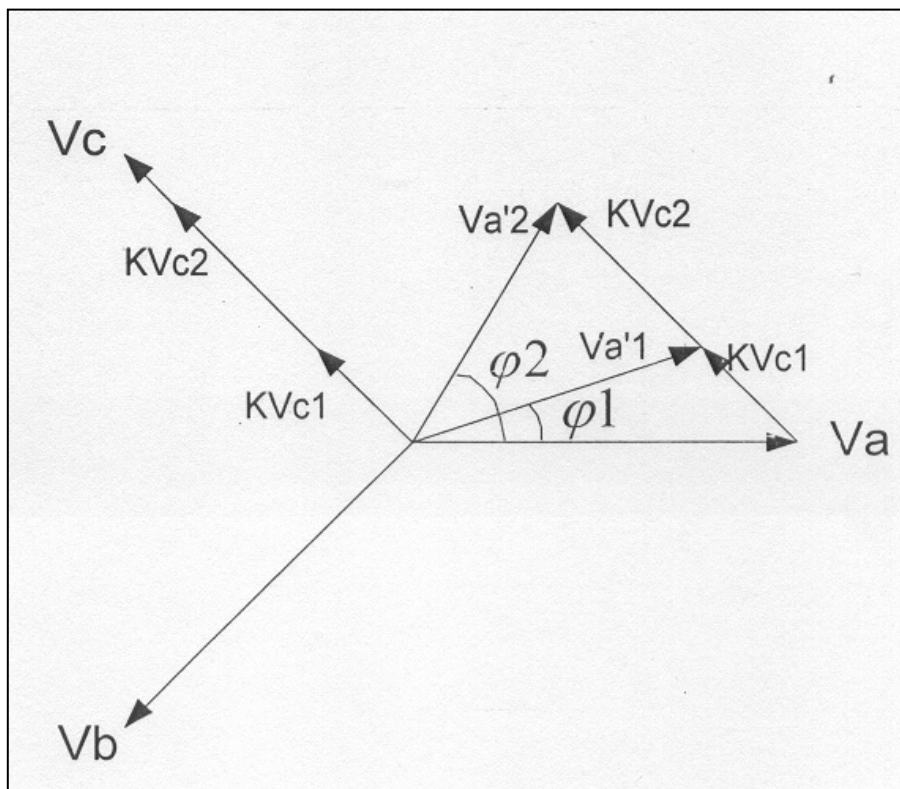


Figura 2.18 Variación del ángulo de fase.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Si la corriente de salida del banco de inyección es generada a partir de V_a , y la tensión aplicada al mismo proviene de V_{a1} , tenemos control de la fase ϕ_1 entre la tensión y la corriente aplicada a través de la amplitud del fasor KV_{c1} . [4]

2.2.6 CIRCUITO EQUIVALENTE DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

Las líneas de transmisión eléctrica poseen parámetros eléctricos, los cuales deben ser tomados en cuenta al momento de diseñar la protección necesaria para ellas. En la figura 2.19 se muestra el circuito equivalente de una línea de transmisión eléctrica. Los símbolos para éstos son: R, L, G y C, cuyas definiciones son:

- Resistencia total en Serie de la línea por unidad de longitud, incluyendo ambos conductores. Unidades: Ohms/metro.
- Inductancia total en Serie de la línea por unidad de longitud, incluyendo la inductancia debida al flujo magnético interno y externo a los conductores de la línea. Henrios/metro.
- Conductancia en paralelo de la línea por unidad de longitud. Es una representación de las pérdidas que son proporcionales al cuadrado de la tensión entre los conductores o al cuadrado del campo eléctrico en el medio. Generalmente G representa una pérdida interna molecular de los materiales aislantes dieléctricos. Siemens/metro.
- Capacidad en paralelo de la línea por unidad de longitud. Faradios/metro (tomada en cuenta en líneas de mediana y larga longitud).

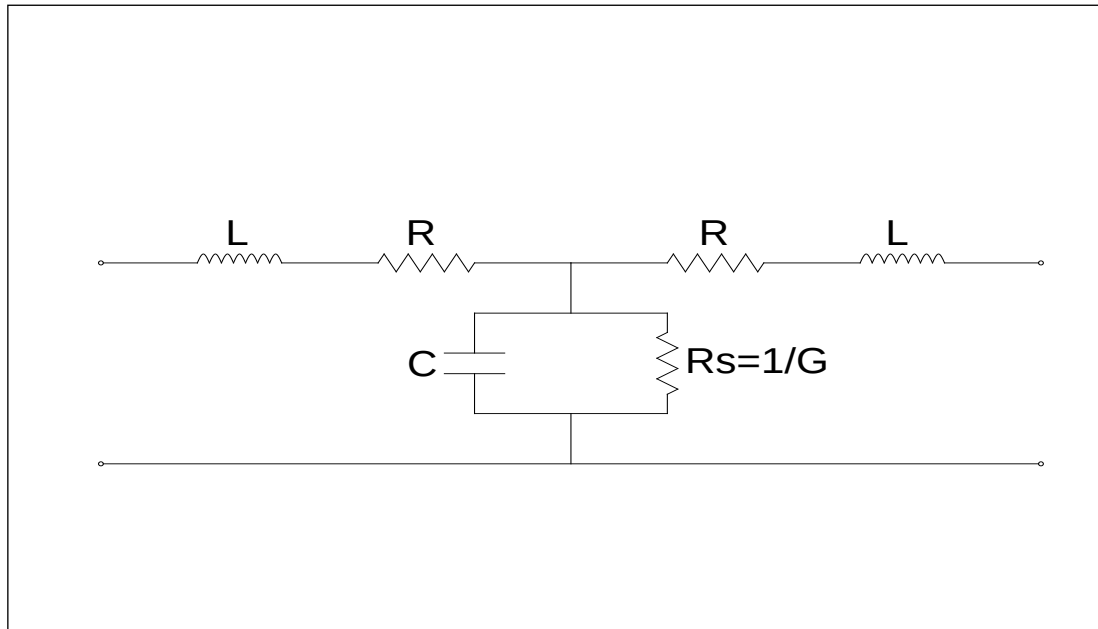


Figura 2.19 Circuito equivalente de una línea de transmisión eléctrica.

2.2.7 CÁLCULO DEL CIRCUITO DE VOLTAJE

En la figura 2.20 se muestra el diagrama fasorial que representa los parámetros de tensión involucrados en el circuito de voltaje y sus ángulos de fase variables respecto a la corriente de salida.

Tomando a V_b como la segunda fase que interviene en el circuito de voltaje junto con la fase pivote V_a :

$$\vec{V_r} = \vec{V_a} + k\vec{V_b}$$

$$\vec{V_r} = V_a \angle 0^\circ + k V_b \angle -120^\circ$$

$$\vec{V_r} = |V| \left[1 - k \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} j \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.21}$$

Evaluando la ecuación 2.21 para $k = 2$.

$$\vec{V_r} = -\sqrt{3} |V| j$$



$$\vec{V}_r = \sqrt{3}|V| \angle -90^\circ$$

Siendo $|V|=120$ (V) $\rightarrow |V_r| = 208$ (V)

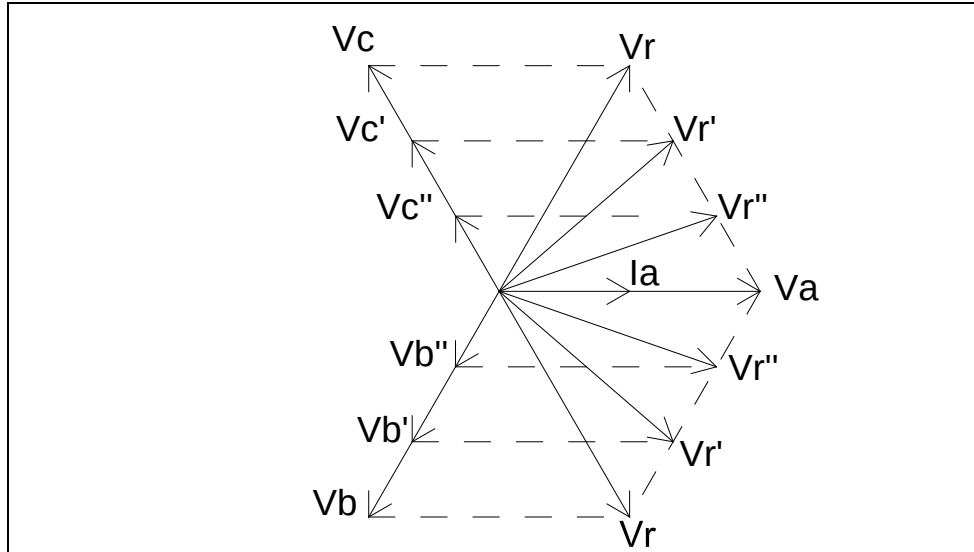


Figura 2.20 Desfasaje del voltaje de salida respecto a la corriente de salida.

2.2.6 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- ❖ AC: en inglés, siglas de "Alternating Current" o "Corriente alterna" (CA).
- ❖ AC/DC: en inglés, siglas de "Alternating Current / Direct Current", o "Corriente alterna /Corriente continua". Define un dispositivo que puede funcionar como fuente de alimentación de ambos tipos de corriente.
- ❖ Amperímetro: instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que circula por un circuito eléctrico. Los amperímetros, en esencia, están constituidos por un galvanómetro cuya escala ha sido graduada en amperios. El aparato descrito corresponde al diseño original, ya que en la actualidad los amperímetros utilizan un conversor analógico/digital para la medida de la caída de tensión sobre una resistencia por la que circula la corriente a medir. La lectura



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

del convertidor es leído por un microprocesador que realiza los cálculos para presentar en un display numérico el valor de la corriente circulante.

- ❖ **Amperio o Ampere:** unidad de la intensidad de la corriente eléctrica cuyo símbolo es "A". Esta unidad está definida en el Sistema Internacional (SI) como la intensidad de corriente eléctrica constante que, mantenida entre dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados en el vacío a una distancia de un metro el uno del otro, produce entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por cada metro de longitud. 1 amperio equivale a 1 Culombio por segundo.
- ❖ **Autotransformador:** transformador cuyo primario y secundario está formado por un solo bobinado. Tiene la facultad de ser reversible, y según se use como elevador o como reductor el primario es parte del secundario o al revés.
- ❖ **Bloqueo (LOCKOUT):** es el comportamiento que presenta el relé cuando las variables medidas no poseen la intensidad necesaria para activar ninguna señal, o cuando las condiciones de operación del sistema no están dentro de las que el relé tiene pautadas y por ende no ejecuta ninguna acción.
- ❖ **Borne:** cada uno de los botones o terminales metálicos a los cuales se unen los hilos conductores en un aparato eléctrico. Botones conexiones de metal con buenas características conductivas.
- ❖ **Cable:** alambre con propiedades conductoras de la energía eléctrica. Está formado por uno o varios conductores constituidos a su vez por varios hilos elementales de cobre; también pueden ser de aluminio pero se utilizan raramente. Todo ello va protegido por una cubierta aislante flexible y normalmente impermeable.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- ❖ Conductor: cuerpo que presenta escasa o nula resistencia al paso de la corriente eléctrica; se emplea para establecer comunicación eléctrica entre dos cuerpos de diferente potencial. Son conductores los metales, el carbón y los minerales de brillo metálico. En los experimentos de electrostática, el cuerpo humano, el agua, los cuerpos húmedos y el globo terrestre se comportan como conductores.
- ❖ Conector: dispositivo que permite la interconexión de componentes, cables eléctricos y/o tarjetas electrónicas variadas.
- ❖ Contactor: es un elemento conductor que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.
- ❖ Contactos normalmente abiertos: conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos es ideal para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.
- ❖ Contactos normalmente cerrados: desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- ❖ Convertidor: circuito que transforma una magnitud en otra distinta de la misma naturaleza eléctrica, manteniendo una relación de proporcionalidad con la primera. Es cualquier dispositivo que transforma una corriente mono o polifásica, de una determinada frecuencia, en otra corriente continua o bien alterna, de distinto número de fases o distinta frecuencia.
- ❖ Corriente de carga: esta representa el valor que se espera circule por las líneas del sistema de potencia en condiciones normales de operación. Se debe tener en cuenta que existen diversas condiciones estipuladas como normales para el sistema, según sea la carga que se esté alimentando en un momento determinado, la corriente de carga puede ser mayor o menor, por lo cual siempre es conveniente considerar un factor de sobrecarga para que las protecciones no actúen sin necesidad.
- ❖ Corriente de Pick-up: es un valor de corriente que se ajusta para que los relés de sobrecorriente a partir de alcanzar valores mayores a este inicien su operación. Por lo general este es el máximo valor de corriente que se puede permitir circular por las líneas del sistema de potencia, sin que ocurran daños a los equipos o al sistema en sí.
- ❖ Corriente de Drop-out: una vez que el relé percibe la falla y actúa emitiendo una señal, las condiciones de la falla pueden cambiar, por lo cual podría disminuir el valor de la corriente de falla y el relé podría separar sus contactos que previamente había cerrado; por esta situación se define entonces la corriente de drop-out como la mínima que debe circular por el relé una vez cerrados sus contactos para que estos no se separen.
- ❖ Cortocircuito: es toda conexión accidental o intencional a través de una impedancia o resistencia relativamente baja, de dos o más puntos de un circuito, los cuales están normalmente a diferentes tensiones.
- ❖ DC: En inglés, siglas de "Direct Current", o "Corriente continua".



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- ❖ **Disparo:** esta acción representa el hecho que los dispositivos adaptadores de señales (TC Y TP) enviaron al relé información de actuación, esto significa que según sus ajustes el dispositivo de protección, ha detectado una condición anormal de funcionamiento y activa los dispositivos de señalización como alarmas y ordena la apertura de uno o varios interruptores.
- ❖ **Factor de potencia:** se define factor de potencia (fp), de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa, P , y la potencia aparente en un sistema
- ❖ **Falla:** es la condición que impide continuar la operación de uno o más componentes de un sistema y requiere la rápida acción de esquemas de protección para evitar el daño de los equipos. Una falla eléctrica generalmente implica una falla de aislamiento que se traduce en un cortocircuito o en una pérdida de la continuidad del circuito que establece una condición del circuito abierto.
- ❖ **Fasor:** es una cantidad compleja que se emplea para representar funciones del tiempo que varían de forma senoidal. es un número complejo con:
 - **Módulo:** la amplitud de la magnitud que representa.
 - **Fase:** la fase de dicha magnitud en $t=0$.
- ❖ **Fuente:** se dice de cualquier elemento activo (pila, batería, alternador, etc.) capaz de generar una diferencia de potencial entre sus bornes, con destino a la alimentación de un circuito eléctrico o electrónico.
- ❖ **Fuente de corriente alterna:** fuente de alimentación que da como resultado un voltaje de corriente alterna entre sus bornes. Es típicamente el voltaje que suministra un alternador o generador.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- ❖ **Fuente de corriente continua:** fuente de alimentación que da como resultado un voltaje de corriente continúa entre sus bornes. Es típicamente el voltaje que suministran las pilas y la dinamo.
- ❖ **Fusible:** dispositivo de seguridad, consistente en un hilo o chapa metálica, de fácil fusión, que se coloca en algunas partes de las instalaciones eléctricas, para que cuando la intensidad sea excesiva, la interrumpa fundiéndose.
- ❖ **Impedancia:** medida de la oposición que presenta un circuito, o una parte de él, al paso de la corriente eléctrica alterna sinusoidal. La unidad de impedancia es, al igual que la resistencia, el ohmio. La impedancia de un circuito que sólo contenga una resistencia R , es $Z = R$, pues una resistencia no presenta impedancia a la corriente alterna.
- ❖ **Inductancia:** reactancia inductiva en la corriente eléctrica. Es una relación entre la cantidad de flujo magnético y la corriente que circula por un inductor o bobina.
- ❖ **Inductor:** bobina o parte de un circuito eléctrico que produce el flujo magnético de inducción, destinado a producir una fuerza electromotriz en el inducido. Puede ser fijo o móvil.
- ❖ **Interruptor:** es el dispositivo encargado de realizar la conexión o desconexión de los equipos o zonas de un sistema de potencia en caso de ser necesario. Actúa solo cuando se le ordena realizar esta acción. La orden puede ser de tipo manual o por una señal de disparo emitida por un relé. [1]
- ❖ **Perturbación:** es la condición que permite continuar la operación del sistema, pero que puede dañar ciertos equipos si se prolonga más allá de cierto tiempo. Básicamente las perturbaciones se dividen en: sobretensiones, sobrecargas y oscilaciones de potencia.
- ❖ **Neutro:** en los circuitos eléctricos, conductor central, generalmente, unido a tierra.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- ❖ **Oscilaciones de Potencia:** las causas más comunes de la aparición de oscilaciones son las conexiones y desconexiones de circuitos del sistema, al producirse variaciones de potencia. Esto se debe a que los alternadores no toman instantáneamente el ángulo correspondiente a la carga, sino después de un cierto número de oscilaciones amortiguadas, pudiendo en algunos casos, perder su sincronismo lo que se traduce en una sobrecarga. Efectos similares pueden producirse por una mala sincronización.
- ❖ **Protección primaria:** la protección primaria tiene por objeto despejar la falla a alta velocidad para permitir continuar prestando servicio a los consumidores no afectados por la falla y al mismo tiempo, reducir los daños causados a los equipos bajo falla.
- ❖ **Protección de respaldo:** tiene por objeto el de despejar la falla en caso de que la protección primaria no lo haga en el tiempo estipulado. Sin embargo, puesto que todos los equipos en el sistema están sujetos a fallas, es necesario que para garantizar un respaldo confiable, este debe ser ejecutado con equipos completamente diferentes a los que realizan la protección primaria, ya que se corre el riesgo que la falla que afectó a la protección primaria, afecte a la protección de respaldos, ya que si estas comparten dispositivos como relés, TP, TC, vías de interconexión o alimentación al presentarse alguna falla en estos se observa claramente que ambas protecciones no actuaran o lo harán de manera incorrecta, por ser estos dispositivos utilizados por las dos protecciones. Por esta razón se opta a que ésta protección esté ubicada en un área remota.
- ❖ **Protección secundaria:** protección que actúa con un poco de retardo respecto a la primaria y está ubicada en la misma área que la protección primaria. Se recomienda que sean independientes los equipos que realizan la protección primaria y la secundaria, ya que de fallar la fuente que los alimente a las dos por ejemplo, fallarían las dos protecciones.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- ❖ Resistencia de falla: esta representa el camino que tenga la falla, por donde se desvía la corriente hacia un fin diferente al deseado, las fallas en los sistemas de potencia ocurren a través de arcos eléctricos con impedancias bajas, fundamentalmente de tipo resistivo, la resistencia de arco que evidentemente puede afectar los relés que operan en base a la impedancia, como lo son los relés de distancia.
- ❖ Rectificador: aparato o dispositivo para convertir una corriente alterna en unidireccional o continua. Un rectificador ideal posee una resistencia nula en un sentido e infinita en el otro. Cuando se intercala un rectificador en un circuito de corriente alterna, sólo circulará corriente mientras la polaridad de la misma esté en el sentido favorable. Por lo tanto, sólo circulará corriente en un sentido, rectificando así la corriente.
- ❖ Relación de transformación: es la relación existente entre el número de espiras del primario y del secundario de un transformador, determinará el valor de la f.e.m. inducida sobre su circuito secundario. Un transformador que posea en su secundario mayor número de espiras que las del primario, inducirá sobre aquel una tensión mayor que la aplicada. A la inversa, un secundario con menor número de espiras que las del primario generará una tensión menor que la del primario.
- ❖ Relé de control monoestables: es un dispositivo electromecánico enchufable en bases, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes, estos pasan instantáneamente de la posición de reposo a trabajo cuando se alimenta su bobina, volviendo esos contactos a la posición inicial de reposo cuando la bobina deja de alimentarse. Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- ❖ Relé de protección: son dispositivos de vigilancia que reciben una o varias señales del sistema al cual protegen, estas las comparan con valores normales de operación de dicho sistema los cuales se fijan o programan en el relé, estas señales llegan en valores adecuados gracias a los transformadores de protección, dependiendo de la información recibida y los resultados de la comparación el mismo actuara, emitiendo una señal o no, con la cual se dará orden de apertura si es necesario a uno o varios interruptores.
- ❖ Relé temporizador: relé cuya actuación de contactos de salida está gobernada por una temporización ajustable en el frontal del relé, en otras palabras este dispositivo permite añadir un retardo en la activación o desactivación de una señal a su salida, este tiempo de retardo será con respecto a una señal de activación o desactivación que entra al mismo; básicamente retrasa la señal que le llega y después del tiempo para el cual fue diseñado o programado la transmitirá a su salida.
- ❖ Sistema de Potencia: En términos generales se puede decir que un sistema de potencia es una red eléctrica que transporta la energía desde la fuente de recursos energéticos hasta los consumidores. Está conformado por centrales de generación, subestaciones de generación, líneas de transmisión, subestaciones de distribución, cargas y sistemas de protección.
- ❖ Sistema de Protecciones Eléctricas: Este es un conjunto encargado de detectar y localizar la falla así como de retirar rápidamente del sistema de potencia la parte afectada, permitiendo que el resto continúe prestando un buen servicio. Esta tarea la lleva acabo haciendo uso de los transformadores de protección, relés de protección y de los interruptores.
- ❖ Sobrecarga: una línea o equipo se encuentra sobrecargado, cuando su corriente es superior a la nominal. Las sobrecargas pueden ser durables o breves. Como principales causas cortocircuitos que no son aislados oportunamente o excesos de cargas.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

- ❖ **Sobretensiones:** es cualquier tensión transitoria o permanente entre fases o entre fase y tierra, con un valor de cresta mayor que la tensión máxima del sistema.
- ❖ **Tensión Nominal:** es la tensión para la cual se proyectó el sistema y se fabricaron, probaron y ajustaron los diferentes equipos del sistema.
- ❖ **Transformadores de Medida:** los transformadores de medidas son transductores que sirven como acopladores de voltaje y corriente, los cuales disminuyen dichos parámetros con la finalidad de realizar mediciones indirectas.
- ❖ **Transformador de corriente:** es aquel destinado a transformar valores reales de corriente a valores adecuados y seguros para la alimentación de equipos de protección y medición, así como también aislar el sistema de protección o medición de altas corrientes del sistema de potencia, evitando riesgos en la operación y manipulación de los equipos.
- ❖ **Visualizador de siete segmentos (llamado también *display*):** es una forma de representar números en equipos electrónicos. Está compuesto de siete segmentos que se pueden encender o apagar individualmente. Cada segmento tiene la forma de una pequeña línea, este componente se utiliza para la representación de números en muchos dispositivos electrónicos debido en gran medida a su simplicidad. Aunque externamente su forma difiere considerablemente de un diodo LED (diodos emisores de luz) típico, internamente están constituidos por una serie de diodos LED con unas determinadas conexiones internas, estratégicamente ubicados de tal forma que forme un número 8.
- ❖ **Voltímetro:** Instrumento para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico. Consta esencialmente de un galvanómetro, de escala graduada en voltios conectados en serie a una resistencia elevada. Todo el conjunto se conecta en paralelo al circuito, de modo que la intensidad de corriente que circula por él es pequeña y proporcional



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

a la diferencia de potencial. Los voltímetros de pico o de cresta dan el valor máximo de la tensión de una corriente variable. Los voltímetros de tensión eficaz miden el valor eficaz de la tensión. Si la corriente es alterna, éste es proporcional a la tensión máxima, pero si la corriente varía arbitrariamente, el valor eficaz se determina a partir de sus efectos caloríficos.

- ❖ Variac: es básicamente un autotransformador que permiten obtener un rango o banda de variación en los valores de tensión por medio de un desplazamiento en el contacto de baja que modifica el número de vueltas efectivas.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO



CAPÍTULO III

CONSIDERACIONES GENERALES

En toda investigación científica, se hace necesario, que los hechos estudiados así como las relaciones que se establecen entre estos, los resultados obtenidos y las evidencias significativas encontradas en relación al problema investigado, además de los nuevos conocimientos que son posible situar, reúnan las condiciones de fiabilidad, objetividad y validez interna; para lo cual, se requiere delimitar los procedimientos de orden metodológico, a través de los cuales se intenta dar respuestas a las interrogantes, objeto de investigación.

En consecuencia, el marco metodológico, de la presente investigación donde se propone diseñar y construir un banco de inyección de corriente monofásico para pruebas a relés de protección de distancia; es la instancia que alude al momento tecno-operacional presente en todo proceso de investigación; donde es necesario situar al detalle, el conjunto de métodos, técnicas y protocolos instrumentales que se emplearán en el proceso.

Destaca en esta dirección, que en función de las características derivadas del problema investigado y de los objetivos delimitados al inicio de la misma, en el marco metodológico del presente estudio, se introducirán, anticipadamente, los diversos procedimientos tecno-operacionales más apropiados para recopilar, presentar y analizar los datos, con la finalidad de cumplir con el propósito general de la investigación planteada. En tal sentido, se desarrollarán importantes aspectos relativos al tipo de estudio y a su diseño de investigación, incorporados en relación a los objetivos establecidos, que en este caso, se trata de una investigación no experimental ubicada entre los estudios de proyectos factibles, cuyo diseño es de campo; las técnicas y métodos que se utilizarán en la obtención y el análisis de los datos necesarios; las



CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

fases metodológicas involucradas para cumplir con los requisitos de la investigación, permitirá el desarrollo de el diseño del banco de inyección de corriente monofásico para pruebas a relés de protección de distancia, para su posterior construcción.

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al problema planteado referido al diseño y construcción de un banco de inyección de corriente monofásico para pruebas a relés de protección de distancia, y según el propósito o finalidades perseguidas, se incorpora el tipo de investigación denominado *proyecto factible*. El mismo consiste en la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible, cuyo propósito es satisfacer una necesidad o solucionar un problema. Tal como lo señala Ana Loly Hernández. (UPEL-IPRGR), en su trabajo de investigación, *El Proyecto Factible como Modalidad en la Investigación Educativa* [9]:

El investigador, se propone generar cambios y alterar una realidad, gracias a la inconformidad que éste tiene con aquella. Desde su perspectiva, esa realidad se presenta con carencias y deficiencias y por supuesto, quiere generar cambios deseados mediante proyectos de acción.

La investigación de tipo Proyecto Factible se puede explicar de la siguiente manera: Consiste en la recolección de los datos necesarios para así poder estar consciente de cuál es el problema en cuestión y de cómo esta investigación puede ayudar a solucionarlo o en su defecto disminuir su gravedad.

Dicho proyecto factible se encuentra entre la modalidad de investigación no experimental, la cual es también conocida como investigación Ex Post Facto, término que proviene del latín y significa después de ocurridos los hechos. De acuerdo con Kerlinger (1983) la investigación Ex Post Facto es un tipo de "... investigación sistemática en la que el investigador no tiene control sobre las variables independientes porque ya ocurrieron los hechos o porque son intrínsecamente



CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

manipulables” [10]. En la investigación Ex Post Facto los cambios en la variable independiente ya ocurrieron y el investigador tiene que limitarse a la observación de situaciones ya existentes dada la incapacidad de influir sobre las variables y sus efectos (Hernández, Fernández y Baptista, 2003) [11].

En atención a esta modalidad de investigación, se introducirán tres grandes fases en el estudio, a fin de cumplir con los requisitos involucrados en un proyecto factible.

1. Primeramente se realizará un diagnostico del contexto general del objeto de estudio, para precisar las condiciones del Laboratorio de Mediciones Eléctricas, lugar donde permanecerá el banco.
2. Luego se formulará el modelo operativo propuesto, basado en los resultados del diagnostico. El cual estará remitido al, de que forma y donde se resolverá el problema planteado.
3. Por último la construcción del banco de inyección de corriente monofásico.

Dichas fases, antes mencionadas están ampliadas y desplegadas en detalle en la figura esquemática de las fases de investigación presentada más adelante.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el marco de la investigación planteada, referido al diseño y construcción del banco de inyección de corriente monofásico para pruebas a relés de protección de distancia; se define el diseño de investigación como el plan o la estrategia global en el contexto del estudio propuesto que permite orientar desde el punto de vista técnico, y guiar todo el proceso de investigación, desde obtención de los primeros datos, hasta el análisis e interpretación de los mismos en función de los objetivos definidos en la presente investigación [12]. El diseño de una investigación intenta dar de una manera clara y no ambigua respuestas a las preguntas planteadas en la misma.



CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Las investigaciones de tipo Proyecto Factible deben de tener un apoyo ya sea de tipo documental, de campo o una modalidad que los incluya a ambos, para la UPEL (1998) [13].

Atendiendo a los objetivos delimitados, de manera primaria, la investigación se orienta hacia la incorporación de un diseño de campo. Por cuanto este diseño permite no solo observar, sino recolectar los datos directamente de la realidad objeto de estudio, en su ambiente cotidiano, para posteriormente analizar e interpretar los resultados de estas indagaciones. La investigación de campo para Palella y Martins (2006), “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables” [14].

Adicionalmente también se orienta hacia una investigación documental o de diseño bibliográfico; según (Arias, 2004 [15]; Sabino, 2002; UPEL [16]), este tipo de diseño de investigación se basa en el estudio de un problema con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza principal, en trabajos previos, así como información y datos divulgables por medios impresos.

Dicho esto, se considera que esta investigación es un *Proyecto Factible*, perteneciente al tipo de estudio *No experimental*, la cual debido al tipo de dato que se deben recolectar será apoyada en un diseño de investigación *de campo y documental*. Ya que los datos para su realización serán obtenidos directamente del lugar donde se va a basar la investigación y otros muchos de material teórico ya existente.

3.3 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

En atención a esta modalidad de investigación, se introducirán tres fases en el estudio, a fin de cumplir con los requisitos involucrados en una investigación aplicada.

1. Inicialmente se desarrollará un diagnóstico de la situación existente en la realidad del objeto de estudio, a fin de determinar las condiciones y características propias



CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

del Laboratorio de Mediciones Eléctricas de la Universidad de Carabobo, con el fin de tener conocimientos e información sobre el sistema de alimentación eléctrica del lugar, para obtener una visión de los límites del banco a diseñar en el presente proyecto.

2. En la segunda fase del proyecto y atendiendo a los resultados del diagnóstico, se formulará el modelo operativo propuesto, referido al, donde y de qué manera se intenta dar respuestas o resolver el problema planteado en la institución estudiada; como son:
 - a. Descripción de los parámetros necesarios para la realización de pruebas de funcionamiento a relés de protección de distancia.
 - b. Identificación del tipo de falla que el banco emulará.
 - c. Descripción de los materiales y equipos suministrados por la Universidad a ser utilizados en las etapas de medición, alimentación y protección del banco de inyección de corriente monofásico.
 - d. Elaboración del diseño tomando en cuenta los equipos suministrados por la Universidad de Carabobo.
 - e. Descripción de los materiales y equipos que deben ser comprados a ser utilizados en las etapas de medición, alimentación, protección y estructura soporte del banco de inyección de corriente monofásico.
3. Construcción del banco de inyección de corriente monofásico.
 - a. Compra de los materiales y equipos.
 - b. Construcción del banco.
 - c. Elaboración del manual de usuario del banco de inyección de corriente monofásico.



CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

- d. Realización de prueba de funcionamiento del banco de inyección de corriente monofásico.
- e. Elaboración de Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones (para subsanar dificultades y/o llevar a cabo investigaciones futuras).



CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para cada una de las fases de la investigación descritas en el capítulo anterior, y los instrumentos utilizados para la validación de los mismos.

4.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA EXISTENTE EN EL LABORATORIO DE PROTECCIONES.

En el Laboratorio de Mediciones se dispone de alimentación trifásica 4 hilos, 120/208 V AC por lo que se cuenta con tres tensiones desfasadas 120° , de magnitud 120 V cada una.

Basado en la alimentación eléctrica del Laboratorio de Mediciones Eléctricas, se planteó el diseño del banco de inyección de corriente, el cual será mostrado más adelante en este capítulo.

A continuación se formulará el modelo operativo propuesto, referido al, donde y de qué manera se dará respuesta a la problemática planteada.

4.2 MODELO OPERATIVO

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO AL RELÉ DE PROTECCIÓN DE DISTANCIA.

En la elaboración del diseño del banco, se consideraron los parámetros de entrada propios del relé de admitancia (MHO).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según lo reseñado en el capítulo II, el relé de admitancia o MHO, es un relé de distancia actuado por dirección y retenido por voltaje. La característica de operación de un relé MHO en el plano de impedancias, es un círculo que pasa por el origen, como lo muestra la figura 4.1.

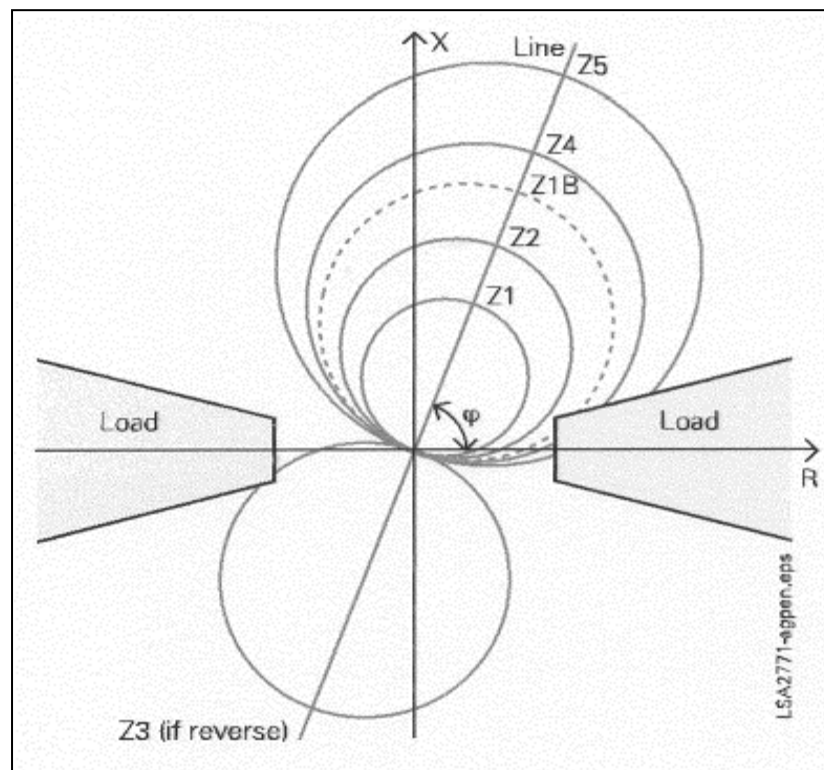


Figura 4.1 Protección de distancia. Característica MHO

El principio de funcionamiento del relé de distancia es el de detectar cambios de impedancia entre el valor monitoreado y el valor configurado en el equipo. Es por ello que al obtener a la salida del banco señales que emulen características propias de las impedancias como los son su magnitud y fase y además se cuente con la posibilidad de variar ambas características, es que se propone utilizar el “Método de Carga Ficticia”.

Según el “Método de Carga Ficticia”, reseñado en el capítulo II, se cuenta con voltajes y corrientes a la salida de un circuito con la posibilidad de desfazar un parámetro respecto al otro,



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

con lo cual se logra obtener un ángulo entre el voltaje y la corriente variable. Dicho ángulo entre el voltaje y la corriente de salida del circuito representa el mismo ángulo de la impedancia que se requiere variar para la realización de pruebas a relés de distancia, aunque como el nombre lo indica dicha impedancia es representada a través de una carga no existente o ficticia.

Por todo lo antes mencionado se propone suministrar a la salida del banco voltajes y corrientes con la posibilidad de desfasar uno respecto al otro y además de variar las magnitudes de ambas variables de manera tal de emular y controlar las características propias de las impedancias en las líneas como lo son su ángulo de fase y amplitud.

4.2.2 TIPO DE FALLAS QUE EL BANCO EMULARÁ

Ya que el banco de inyección de corriente posee salidas monofásicas, solo puede realizar pruebas a relés de distancia emulando fallas monofásicas a tierra.

4.2.3 MATERIALES Y EQUIPOS SUMINISTRADOS POR LA UNIVERSIDAD A SER UTILIZADOS EN LAS ETAPAS DE MEDICIÓN, ALIMENTACIÓN Y PROTECCIÓN EN EL BANCO DE INYECCIÓN DE CORRIENTE

A continuación se presentará una lista de los componentes suministrados por la Universidad y utilizados en la elaboración del banco de inyección de corriente, presentados con el nombre del componente, y especificaciones asociadas.

❖ Circuito de Fuerza:

- Circuito de corriente:
 - ✓ Autotransformador variable VARIAC (ATV1): [entrada: 120 (V); salida: 0-140 (V); 0,7 (KVA)].
 - ✓ Transformador (TF): [relación de transformación: 120:10, 3 (KVA)].



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ✓ Contactor CUTLER-HAMMER NEMA SIZE 3 (Cc): [90 (A), 600 (V)].
- Circuito de voltaje:
 - ✓ Transformador (TD) CUTLER-HAMMER: [120/240 (V), 100 (VA)].
 - ✓ Autotransformador variable VARIAC (ATV2): [entrada: 120 (V); salida: 0-140 (V); 0,7 (KVA)].
 - ✓ Autotransformador variable VARIAC (ATV3): [entrada: 240 (V); salida: 0-280 (V), 4 (A)].
- Equipos de medición:
 - ✓ Voltímetro digital AC YOKOGAWA (V1): [300 (V)].
 - ✓ Amperímetro analógico AC YOKOGAWA (A1): [5 (A)].
 - ✓ Analizador de parámetros CVM-NRG96 CIRCUTOR: (especificaciones descritas en el punto 4.2.4.1.3).
- ❖ Circuito de control:
 - ✓ Dos relés temporizadores DIVERSIFIED ELECTRONICS: [6 (A), 250 (V)].
 - ✓ Dos Pulsadores CUTLER-HAMMER.
 - ✓ Luz piloto verde CUTLER-HAMMER.
 - ✓ Luz piloto roja CUTLER-HAMMER.
 - ✓ Cinco bases circulares para relés 8 pines EATON.

4.2.4 DISEÑO

El diseño se realizó basándose en los equipos suministrados por la Universidad de Carabobo, dependiendo de ello el dimensionamiento del banco de inyección de corriente y su alcance. Del mismo modo determinará la estructura soporte a utilizar.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El banco comprende tres circuitos fundamentales, el circuito de fuerza, el circuito de control y el circuito del cronómetro.

4.2.4.1 CIRCUITO DE FUERZA

El circuito de fuerza está integrado por dos circuitos esenciales, uno es el circuito de corriente, el cual maneja y regula la corriente que se suministra a la salida y el otro es el circuito de voltaje, el cual provee a la salida la tensión necesaria para la realización de pruebas.

Como se planteó anteriormente, para la ejecución de las pruebas de funcionamiento al relé de distancia, es necesario el suministro de voltajes y corrientes que a su vez tengan la posibilidad de ser desfasados entre sí. Es por ello que el presente diseño se fundamenta en el “Método de Carga Ficticia” el cual fue reseñado en el capítulo II. El plano del Circuito de Fuerza puede observarse en el anexo A.

Circuito de corriente

Como se muestra en la figura 4.2, el circuito de corriente está conformado por un variac ATV1. También integra este circuito el transformador TF conectado a ATV1 en sus terminales de entrada 1 y 3, a su salida se conecta con un contactor en sus terminales 1 y 5, de esta manera resulta la relación de transformación 120:10. Garantizando así la elevación de la corriente hasta valores cercanos a los 90 (A). El circuito de corriente queda limitado por la corriente que el contactor Cc es capaz de manejar, siendo dicho valor 90 (A).

A la salida del contactor se cuenta con una barra de cobre de 99.9% de pureza, con la finalidad de servir de nodo para la disposición de las dos salidas de corriente anteriormente mencionadas.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

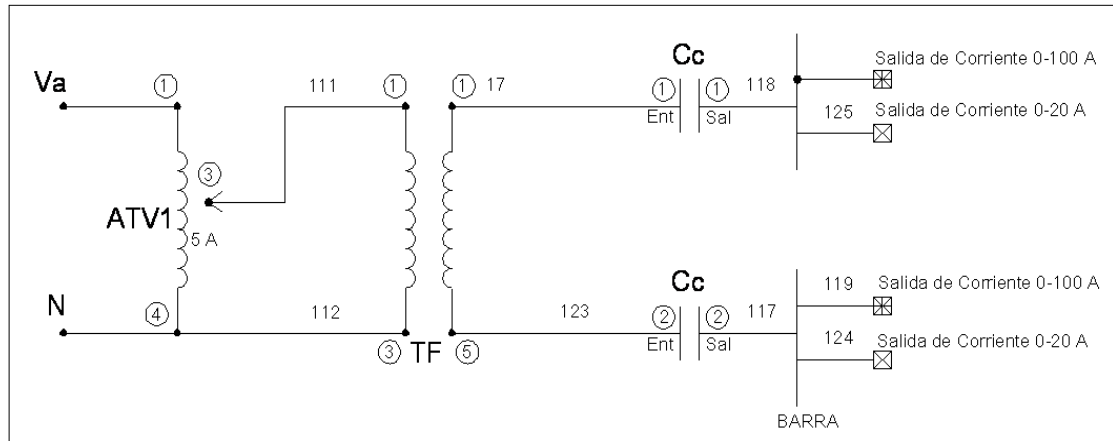


Figura 4.2 Circuito de corriente.

El circuito consta de dos salidas monofásicas, una de (0-20) (A) y otra de (0-90) (A). La disposición de diversas salidas tiene como finalidad la de proporcionar versatilidad al banco, ya que se contará de una bornera especial para el tipo de prueba que se desee realizar según su magnitud de corriente. La disposición de borneras se realizó de esta forma, tomando como referencia los bancos de inyección de corrientes más comúnmente usados en el mercado, como el RTT-6A marca MULTI-AMP, entre otros.

Motivado al suministro de intensidades de corrientes manejables por los equipos de medición, se cuenta en el circuito de corriente, con un transformador de corriente (TC) de relación de transformación 100:5, capaz de reducir la corriente de salida hasta valores manejables por los equipos de medición.

Circuito de voltaje

Con el cálculo del Circuito de Voltaje mostrado en el capítulo II se demuestra que debe utilizarse un transformador que doble la entrada de voltaje V_b o V_c , para garantizar un desfase de -90° o 90° respectivamente, respecto a I_a . De esta forma, a través de la variación de $ATV2$ se aseguran valores específicos de desfases; luego, por intermedio de $ATV3$, se varían los valores de



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

magnitud del voltaje a la salida del circuito. En la figura 4.3 se muestra el resultado de utilizar un transformador doblador en el circuito de voltaje.

Como se muestra en la figura 4.4, el circuito de voltaje está formado por el variac ATV2. También integran este circuito el transformador de aislamiento TA, el transformador doblador TD y a la salida de la malla del circuito de voltaje se encuentra el variac ATV3, el cual recibe en su primario el resultado de la suma fasorial entre porciones de V_b y V_a o entre porciones de V_c y V_a y posibilita la variación de la magnitud del voltaje resultante (V_t). El circuito de corriente queda limitado por la corriente que ATV3 es capaz de manejar (4(A)). Se dispondrá de un solo par de bornes de salida de voltaje.

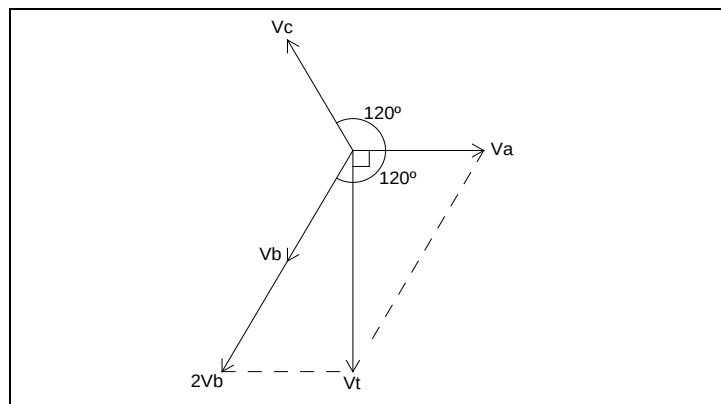


Figura 4.3 Diagrama fasorial del circuito de voltaje con transformador doblador.

Equipos de medición

En la etapa de medición, el circuito de fuerza posee un voltímetro digital V1, un amperímetro analógico A1, y un analizador de parámetros CVM-NRG96, el cual podrá colocarse o removerse del banco, según las necesidades del usuario. Dicho analizador es un instrumento de medida programable; ofrece una serie de posibilidades de empleo, las cuales pueden seleccionarse mediante menús de configuración en el propio instrumento.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

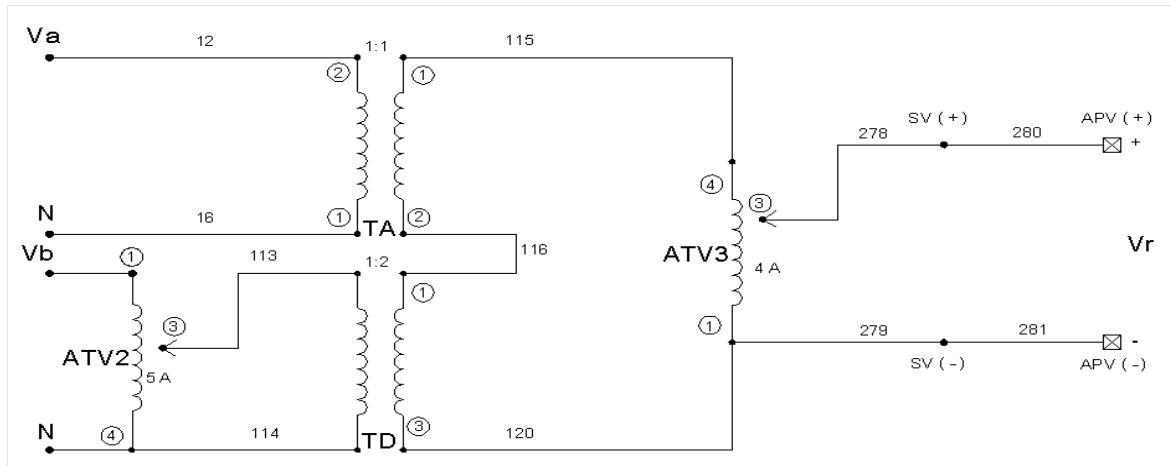


Figura 4.4 Circuito de voltaje.

El Analizador de Parámetros CVM-NRG96 mide, calcula y permite visualizar los principales parámetros eléctricos de redes industriales trifásicas equilibradas o desequilibradas, siendo el más importante de los parámetros a medir para efectos del banco, el factor de potencia, ya que será necesario ajustar el ángulo de fase de la corriente respecto al voltaje.

La medida se realiza en verdadero valor eficaz, mediante tres entradas de tensión alterna y tres entradas de corriente, para la medida de los secundarios 5 (A), procedentes del transformador de corriente (TC) externo.

El CVM-NRG96 permite la visualización de todos los parámetros eléctricos mostrados en la tabla 4.1, mediante su display LCD retro iluminado, visualizando cuatro parámetros eléctricos instantáneos, máximos o mínimos en cada salto de pantalla.

En el anexo B se muestran las especificaciones del analizador de parámetros.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Etapa de control

En la etapa de control del circuito de fuerza está conformado por un contactor Cc cuyo par de contactos son normalmente abiertos (N.O.), el cual activa y desactiva el suministro de corriente a la salida.

Tabla 4.1 Tabla de magnitudes mesurables por el Analizador de Parámetros

MAGNITUD	UNIDAD	L1	L2	L3	III
Tensión Simple	V	•	•	•	
Tensión Compuesta	V	•	•	•	
Corriente	A	•	•	•	••
Frecuencia	Hz	•			
Potencia Activa	kW	•	•	•	•
Potencia Reactiva L	kvarL	•	•	•	•
Potencia Reactiva C	kvarC	•	•	•	•
Potencia Aparente	kVA				•
Factor de Potencia	PF	•	•	•	
Cos	Cos				•
Máxima Demanda	Pd			•	
Corriente de Neutro	I _N			•	
THD de Tensión	% THD – V	•	•	•	
THD de Corriente,	% THD – A	•	•	•	
kWh (consumo y generación)	W·h				•
kvarh.L (consumo y generación)	W·h				•
kvarh.C (consumo y generación)	W·h				•
kVAh (consumo y generación)	W·h				•
Descomposición armónica (V y A) *	%	•	•	•	15th

- ✓ (•) Disponible por display y comunicaciones.
- ✓ (••) Disponible sólo por comunicaciones.
- ✓ (*) Descomposición armónica en modelo HAR.

Cableado

Para el cableado interno del banco, se procedió a seleccionar los calibres de los conductores a utilizar, mediante la tabla 310-17 del Código Eléctrico Nacional COVENIN 200:1999, dicha tabla se encuentra en el anexo C.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La selección de los cables involucrados en el banco se realizó a través del método llamado “Ampacidad”. Dicho método toma en cuenta como corriente de selección a la máxima corriente que circula a través del conductor de manera permanente. La tabla 4.2 muestra las corrientes de selección en cada circuito que conforma el banco.

Tabla 4.2 Corrientes máximas del circuito de fuerza del banco en Amperios.

Circuito de Corriente	Circuito Primario	Circuito secundario	
	5	100	
Circuito de Voltaje	4		
Equipos de Medición	Amperímetro	Voltímetro	Analizador de Parámetros
	5	0,9	5

Protección

En la etapa de protección se cuenta con fusibles para cada una de las tres fases en la entrada, dispuestos con portafusibles de fácil acceso en el panel izquierdo del banco. Se determinó la capacidad de interrupción de los fusibles partiendo de las corrientes nominales de los variacs involucrados en el circuito de fuerza. La corriente nominal del ATV3 es de 4(A), es por ello que tanto para las fases B como para la C se instaló un fusible de capacidad de interrupción de 4 (A) cada uno. Y por último, debido a que la corriente nominal del ATV1 es de 5 (A), se instaló un fusible de capacidad de interrupción de 5 (A).

4.2.4.2 CIRCUITO DE CONTROL

Este puede observarse en el anexo D-1. La finalidad de este circuito radica en la necesidad de dirigir y controlar de manera automática o manual, según el criterio del operador, ciertas funciones o estados del banco de prueba, así como sus condiciones de trabajo. Permite manipular



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

variables presentes en el funcionamiento y ejecución de las pruebas, realizar cambios o acciones de manera automática mientras la prueba está siendo llevada a cabo, todo esto mediante parámetros previamente establecidos que aseguran que los resultados obtenidos sean los deseados por el operador según las características del relé que se estudia. Por otro lado, permite la activación de señales luminosas que dan aviso de la presencia de etapas de funcionamiento como momentos de disparo, o modos de trabajo del banco, para así lograr un mejor entendimiento por el operario o personal que manipula el equipo, así como alertar de manera rápida estas condiciones para la toma de acciones de manera acertada y eficiente.

Funciones y opciones

- Selección del modo de trabajo del banco ya sea modo TIMER o modo CONTINUO.
- Selección de la fase que se sumará con la fase principal (VA), pudiéndose escoger VB o VC dependiendo de los requerimientos de la prueba.
- Activación de la simulación de falla mediante un pulsador normalmente abierto, llamado “Inicio de falla”.
- Desactivación de la simulación de falla, en caso del surgimiento de algún problema o si se desea detener la prueba por algún otro motivo, mediante el pulsador normalmente cerrado llamado “Detener falla”.
- Conexión del Analizador de Parámetros mediante pulsador “Conectar analizador de parámetros”.
- Desconexión del Analizador de Parámetros mediante pulsador “Desconectar analizador de parámetros”.
- Aviso de existencia de falla mediante indicador luminoso verde.
- Aviso de actuación del relé bajo prueba mediante indicador luminoso rojo.
- Aviso de conexión del analizador de parámetros al banco mediante indicador luminoso amarillo.



Etapas de funcionamiento

❖ Emulación de falla

En esta etapa se encuentra la circuitería correspondiente a la activación y desactivación de la falla así como también la selección de modos de trabajo y fases de entrada para recrear la falla acorde al caso que se quiera simular.

El funcionamiento de la etapa de simulación de falla actúa de la siguiente forma:

Al activar la inyección de la corriente de falla (mediante el pulsador correspondiente) se energizan los siguientes dispositivos y producen las siguientes acciones:

- **Relé (Cc):** actúa y cierra sus contactos permitiendo el paso de la corriente de falla a la bobina de corriente del relé bajo prueba.
- **Relé (Cv):**
 - ✓ Cierra uno de sus contactos que permite la activación del circuito electrónico del cronómetro para que el mismo comience a contar el tiempo de duración de dicha falla.
 - ✓ Cierra otro contacto que sirve de enclavamiento permitiendo que la falla permanezca, una vez es soltado el pulsador, permitiendo que la prueba continúe.
- **Luz piloto (verde):** enciende e indica la ocurrencia del estado de simulación de falla.

Una vez que la falla llegue al relé bajo prueba y es detectada, este da la orden de disparo para la interrupción de la falla, se cierran sus contactos y se energizan los siguientes dispositivos:



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- **Relé (R):** este se activa siempre y cuando el contacto normalmente abierto de la bobina T que le antecede esté cerrado (el banco de prueba trabaja en modo timer). Si es así R se energiza actuando sobre sus contactos dando paso a las siguientes acciones:
 - ✓ Al abrir uno de sus contactos normalmente cerrados interrumpe la falla automáticamente cortando la alimentación de las bobinas CC y CV, a su vez se detiene el cronómetro (por quitarle la alimentación a la bobina CV) en el tiempo de duración de la falla, el cual es de sumo interés. Si R no es alimentada por estar el contacto que le antecede de la bobina T abierto, es porque simplemente el modo de trabajo seleccionado para el banco es el modo continuo, donde se desea que la falla continúe hasta que el operador lo crea conveniente.
- **Luz piloto (roja):** indica el momento de disparo del relé bajo prueba y muestra al usuario el momento de detección de la falla.
 - ✓ Independientemente del modo de operación en que se esté trabajando siempre que el relé detecte la falla y cierre sus contactos, se encenderá el indicador luminoso (rojo), debido a que existen contactos de los relés T y CON en paralelo para energizar dicho indicador en ambas condiciones de trabajo, por lo cual, si alguno de los contactos está abierto obligatoriamente el otro estará cerrado, permitiendo la alimentación de dicha luz.

❖ **Conexión y desconexión segura del analizador de parámetros con el banco**

El banco de prueba utilizará un Analizador de Parámetros el cual necesita de un transformador de corriente que transforme las altas corrientes de las pruebas a valores permisibles para el equipo de medición, asegurando de esta manera que este no sufra daños; este equipo podrá ser necesitado en otras pruebas en el laboratorio, por lo cual deberá ser extraído del banco, con ello se presenta



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

el siguiente problema: el secundario del transformador de corriente queda “en abierto” al ser desconectado del equipo de medición, situación peligrosa para mencionado transformador, con lo cual surge la necesidad de crear un control automático que permita realizar la conexión del equipo al momento en que se realicen pruebas, de resto quedaría desconectado pero siempre asegurando que el transformador de corriente quede en un estado seguro (con terminales “cortocircuitados”). El plano que muestra esta aplicación se encuentra en el anexo H-11.

El Funcionamiento de esta etapa actúa de la siguiente manera:

Si se desea acoplar el equipo al sistema para realizar una medición, se procede a presionar el pulsador (CE), una vez presionado circulará corriente energizando el relé TC2 el cual actuará sobre sus contactos dando paso a las siguientes acciones:

- ✓ Se cerrarán los contactos de TC2 que permiten la conexión del Analizador de Parámetros con el transformador de corriente.
- ✓ Permitirá el enclavamiento eléctrico por medio de otro contacto, que asegura no cambiar de estado al soltar el pulsador.
- ✓ Abrirá uno de sus contactos normalmente cerrados, el cual impedirá la alimentación de la bobina temporizada a la desconexión TC1, la cual un tiempo después abrirá el contacto de seguridad del secundario del transformador, quedando esté conectado solamente mediante los contactos de TC2 al equipo de medición. A su vez, TC1 al cambiar de estado permite que se alimente una luz piloto (amarilla) e indica que el equipo ya ha sido acoplado.

Si se desea desacoplar el equipo de medición luego de haber concluido la prueba, se procede a presionar el pulsador DE, lo que permite que circule la corriente energizando el relé AE, el cual actuará sobre sus contactos dando paso a las siguientes acciones:



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ✓ Cerrará uno de sus contactos que enclavará la alimentación para evitar la conmutación de estado de su bobina al soltar el pulsador.
- ✓ Al cerrar otro de sus contactos, permite se alimente nuevamente TC1, con lo cual se cierra el contacto de seguridad en el transformador de corriente inmediatamente; apagándose también la luz piloto que indica que el equipo está conectado correctamente.
- ✓ Abrirá uno de sus contactos normalmente cerrados impidiendo la alimentación de una bobina temporizada a la desconexión B, la cual un tiempo después llevara sus contactos a su estado normal, abriendo sus contactos anteriormente cerrados (cuando existía la alimentación de la bobina B) quitando con esto la alimentación de TC2, ocasionando de esta manera que esta última cambie el estado de sus contactos desconectando el equipo de medición, eliminando el enclavamiento de su bobina y devolviendo la alimentación a TC1, que provisionalmente está siendo suplida mediante un contacto de AE. Por otro lado un contacto de B también regresa a su estado normal quitando la alimentación de la bobina AE, cambiando de estado todos sus contactos y dejando todo en su condición inicial.

❖ Modos de emulación de falla

El banco de inyección de corriente monofásico posee dos formas de emulación de fallas, elegidas a través del SELECTOR DE MODO (Smodo). Dichas formas son reseñadas a continuación:

- **Modo Timer:** en este modo, al momento de la inyección de la falla al relé bajo prueba, el banco muestra por medio del cronómetro digital el tiempo de presencia de la falla en bornes de salida (SC100 o SC20). Al momento de disparo del relé, el banco percibe la circulación de corriente en bornes de entrada, lo que genera automáticamente la interrupción de la corriente de falla en bornes de salida y la parada de la cuenta del cronómetro.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- **Modo Continuo:** en este modo, de la misma manera que en el modo timer, al momento de la inyección de la falla al relé bajo prueba, el banco muestra por medio del cronómetro digital el tiempo de presencia de la falla en bornes de salida (SC100 o SC20). La diferencia con el modo anterior radica en que al momento en el cual se produce el disparo del relé bajo prueba, el banco percibe la circulación de corriente en bornes de entrada y lejos de interrumpir la simulación de falla, permite la inyección con el objetivo que el usuario tenga la posibilidad de observar los parámetros eléctricos que produjeron el disparo del relé. En este modo, tanto la inyección de la falla como la cuenta del cronómetro digital no se detienen hasta tanto el usuario oprima el pulsador PARAR FALLA.

Elementos que conforman el circuito de control

- Dos selectores de dos posiciones tipo bate.
- Cinco relés de ocho pines circulares.
- Un relé de ocho pines de configuración cuadrada.
- Un relé de once pines de disposición circular.
- Dos relés de catorce pines.
- Dos relés temporizadores a la desconexión de ocho pines en disposición circular.
- Un relé contactor capaz de soportar las corrientes de prueba pasando a través de sus contactos.
- Siete bases ocho pines circulares.
- Una base de ocho pines configuración cuadrada.
- Una base circular de once pines.
- Dos bases de catorce pines.
- Tres pulsadores normalmente abiertos.
- Un pulsador normalmente cerrado.
- Cuatro luces piloto.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Función principal de cada relé

Al ser energizada la bobina de cada uno de los relés, se originan las siguientes acciones:

- T: es seleccionado el modo timer del banco.
- CON: es seleccionado el modo continuo del banco.
- VB: permite el paso de la fase B del sistema trifásico a la entrada del banco.
- VC: permite el paso de la fase C del sistema trifásico a la entrada al banco.
- CC: permite el paso de la corriente de simulación de falla al relé en estudio.
- CV: permite el paso del voltaje requerido en la prueba al relé en estudio y da orden de inicio al cronómetro.
- R: finaliza la prueba.
- TC2: permite la conexión del dispositivo de medición al secundario del transformador de corriente.
- TC1: al ser un relé temporizado, interrumpe pasado un tiempo la conexión de seguridad que mantiene cerrado el secundario del transformador de corriente.
- AE: activa la conexión de seguridad que garantiza que el secundario del transformador de corriente esté cerrado en cualquier condición.
- B: Al ser una bobina temporizada, un tiempo después de ser desenergizada desconecta el secundario del transformador de corriente del dispositivo de medición y deja el sistema en condiciones iniciales.

Cableado

Del mismo modo como para el circuito de fuerza, se procedió a seleccionar los calibres de los conductores a utilizar para el cableado correspondiente a la circuitería de control del banco, mediante la tabla 310-17 del Código Eléctrico Nacional COVENIN 200:1999, dicha tabla se encuentra en el anexo C.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La selección de los cables involucrados en el circuito de control del banco se realizó a través del método llamado “Ampacidad” explicado anteriormente en este mismo capítulo. La corriente de selección para el circuito de control es de 10 (A).

Protección

En la etapa de protección se cuenta con un fusible ubicado a la entrada de la alimentación de la bornera de alimentación principal (bornera #4), dispuesto con portafusible de fácil acceso en la fibra de soporte de la circuitería de control. Se determinó la capacidad de interrupción de este fusible tomando en cuenta la corriente nominal de menor magnitud entre todos los relés de control involucrados en el circuito, siendo dicho valor 3 (A).

4.2.4.3 CIRCUITO DEL CRONÓMETRO

En el anexo E se encuentra el plano del circuito del cronómetro y en el anexo F se encuentra el programa concerniente al cronómetro digital.

En la elaboración del cronómetro digital se procedió a realizar el programa cumpliendo con las necesidades del banco. Se garantizó la capacidad de activar la cuenta en el momento en el cual se oprime el pulsador “Iniciar Falla”. También se obtuvo la característica de parar la cuenta y mostrarla al banco de displays siete segmentos en el momento en el cuál el relé puesto a prueba da señal de disparo o en el momento en el cual se oprime el pulsador “Detener falla”.

Para la elaboración del cronómetro digital es necesaria la incorporación de los siguientes dispositivos:

- PIC 16F876-20.
- Banco de 4 displays 7 segmentos de ánodo común.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Lámina de baquelita de 10x15 cm.
- Resistencia de 10.000 Ohm.
- Base para Microcontrolador.
- Base para banco de displays.
- Pulsador.

Se realizó la simulación en el software PROTEUS 7.2 con el objetivo de asegurar el correcto funcionamiento del programa del cronómetro.

4.2.4.4 ESTRUCTURA SOPORTE

En el anexo G se muestra la estructura soporte. Se cuenta con una estructura metálica variada, cuyas piezas principales son reseñadas:

- Lámina posterior de acero inoxidable y lámina galvanizada de 2.5 y 1 mm de grosor respectivamente.
- Base de hierro negro de 3.5 mm de grosor.
- Esqueleto con varillas de acero al carbono de 1/8 de pulgada de grosor.

Por otro lado se cuenta con láminas de MDF, recubiertas con pasta profesional y pintadas reseñadas a continuación:

- Lámina lateral izquierda.
- Lámina lateral derecha.
- Lámina superior.

Para la parte frontal del banco, por requerirse una estructura que pudiera soportar el peso y presión ejercida sobre pulsadores, selectores y demás elementos presentes por el usuario, así como también poseer un mejor acabado con flexibilidad, facilidad de corte y perforación, y además ajustarse al esqueleto metálico con mayor facilidad, se decidió fabricar una lámina de fibra de vidrio pulida y pintada con lacas sintéticas (gel coat) especiales que dieron un acabado de



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

primera y una mayor resistencia a rayones y abusos sobre la superficie. Esta decisión nos dio un recubrimiento frontal resistente, de fácil trabajo y modificación (perforaciones y cortes), moderadamente flexible, liviano, aislante térmico y eléctrico, resistente a la corrosión y con una buena presencia visual.

Los materiales fueron escogidos con la finalidad de soportar el peso de todos los elementos y de esta manera sirviéndole, como su nombre lo indica, de soporte a los todos los equipos y dispositivos internos del banco, tanto como los que se muestran en el panel frontal, como los que no. Además, al seleccionar láminas de MDF y fibra de vidrio, en aquellas zonas que poseen contactos eléctricos como pulsadores, portafusibles, etc, se garantiza el aislamiento adecuado, cumpliendo igualmente con la condición principal de servir de cerramiento confiable resistente y duradero.

4.2.4.5 MECANISMO DE ENCENDIDO DEL BANCO

Para encender el banco de prueba se cuenta con un suiche tripolar de dos posiciones (ON-OFF), el cual está conectado a la bornera ocho, esta permite la conexión con la alimentación externa procedente del cajetín instalado en el laboratorio de mediciones. A la salida del suiche el cableado correspondiente a las tres fases se dirige a su respectivo portafusible de donde posteriormente sale llegando a la bornera siete, la cual es la encargada de distribuir la alimentación a los circuitos antes mencionados o dispositivos principales del banco, ya sea de manera directa o indirecta por medio de otras borneras esquematizadas en planos anexos.



4.2.5 MATERIALES Y EQUIPOS COMPRADOS, UTILIZADOS EN LAS ETAPAS DE MEDICIÓN, ALIMENTACIÓN, PROTECCIÓN Y ESTRUCTURA SOPORTE DEL BANCO DE INYECCIÓN DE CORRIENTE

A continuación se presentará una lista de los componentes comprados y utilizados en la elaboración del banco de inyección de corriente, presentados con el nombre del componente y especificaciones asociadas.

❖ Circuito de fuerza:

- Circuito de corriente
 - ✓ Transformador de corriente CAMSCO (TC): [2.5 VA; relación de transformación 100:5 (A); 0,6:3 kV].
 - ✓ Cables.
 - THHN AWG #14 (10 metros).
 - THW AWG #2 (4 metros).
 - ✓ Barra de cobre.
 - ✓ Aisladores cilíndricos roscados (2 unidades).
- Circuito de voltaje:
 - ✓ Transformador de aislamiento MANELCA (TA): [relación de transformación 1:1 120 (V), 50 (VA)].
 - ✓ Cable.
 - TF AWG #18 (5 metros).
 - TW AWG #16 (5 metros).
 - THHN AWG #18 (5 metros).
- Protecciones:
 - ✓ Portafusible (1 unidad).
 - ✓ Fusibles de vidrio.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Capacidad de interrupción 4 (A) (2 unidades más repuestos).
- Capacidad de interrupción 5 (A) (1 unidad más repuestos).

❖ Circuito de control:

- Relé Circular once pines (1 unidad).
- Relé ocho pines circular (2 unidades).
- Base circular para relé once pines (1 unidad)
- Base rectangular para relés de 14 pines (1 unidad).
- Base para circular para relé ocho pines (1 unidad).
- Canaletas para cables (2 metros).
- Borneras (3 Unidades).

❖ Circuito del cronómetro:

- PIC 16F876-20.
- Banco de 4 displays 7 segmentos de ánodo común.
- Lámina de baquelita de 10x15 cm.
- Resistencia de 10.000 Ohm.
- Base para Microcontrolador.
- Base para banco de displays.
- Pulsador.

❖ Estructura soporte:

- Spray de color azul.
- Pinturas de aceite color azul y tiner.
- Tuercas, arandelas y tornillos.
- Lámina de acero inoxidable de 2.5 mm de grosor.
- Lámina de hierro negro de 3.5 mm de grosor.
- Láminas de MDF.
- Lámina de acero al carbono de 1/8 de pulgada de grosor.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Lámina galvanizada de 1.2 mm de grosor.
- Pasta Profesional.
- ❖ Equipos generales:
 - Ventilador DC (VDC) [12 (V)].
 - Ventilador AC TIDAR (VAC) [120 (V); 21 (A)].
 - Fuente de tensión DC (FDC) [entrada: 120 (VAC); salida: 0-12 (VDC)].
 - Cable ST 4x14 AWG (6 metros).
 - Tomacorriente trifásico industrial.
 - Identificadores de cable.
 - Organizadores de cable tipo espiral.
 - Riel soporte de borneras.
 - Perros de agarre para cables.
 - Suiche tripolar de dos posiciones.
 - Terminales variados para cables.
 - Bornes tipo banana.
 - Bornes de plomo (20-100) (A).
 - Identificadores de pulsadores y luces piloto.
 - Tirracs.
 - Pegas variadas (silicón, pega loca, dos toneladas, pega blanca).
 - Gomas varias.

El resto de los materiales, artefactos o implementos presentes en el armado y especificaciones de construcción que no fueron especificados anteriormente o en los donados por la universidad fueron conseguidos mediante donativos realizados por amistades o empresas menores.



4.2.6 CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE INYECCIÓN DE CORRIENTE MONOFÁSICO

En el anexo H se presentan los planos y las fotos del banco desde diferentes vistas, incluyendo vistas internas y cableados. Además en el anexo I se encuentran las tablas de cableado interno del banco.

Principalmente se obtuvo la base metálica tomando en cuenta el peso del conjunto de equipos a instalar. En dicha base se ajustó el transformador de aislamiento (TA), el transformador (TD), el transformador (TF), el contactor (Cc), el ventilador y los bornes de plomo de salida de corriente.

Con las varillas metálicas perforadas se realizó el esqueleto del banco, sirviendo de soporte al panel frontal, a las láminas de MDF, a los equipos de medición, a la tarjeta del cronómetro digital y a los variacs.

Los equipos que integran el banco se fijaron en la base metálica y en el esqueleto según fue el caso.

La estructura soporte del banco de inyección de corriente monofásico se formó ajustando el esqueleto, la lámina posterior de acero inoxidable, las láminas de MDF y la base metálica. En la figura 4.5 se muestra la estructura soporte desde una vista posterior, permitiendo observar tanto la estructura soporte como la mayoría de los elementos internos del banco. Las dimensiones del banco son las siguientes:

- Ancho: 86 (cm)
- Alto: 58 (cm)
- Profundo: 54 (cm)



Figura 4.5 Estructura soporte.

El peso de todos los equipos es de aproximadamente 50 (kg), además el peso de la estructura soporte es de aproximadamente 15 (kg), por lo tanto, el banco tiene un peso aproximado de 65 (kg), lo cual indica que debe ser trasladado con la participación de dos personas. La estructura soporte posee manillas en ambos lados laterales para hacer más cómodo su movilización.

La conexión externa con la alimentación trifásica se hace por medio de un cable ST 4x14 AWG hasta el tomacorriente trifásico industrial instalado en el Laboratorio de Mediciones.

El banco posee dos salidas de corriente y una de voltaje. Una de las salidas de corriente se realizó por medio de bornes tipo banana para corrientes de 0-20 (A), la otra se realizó mediante bornes de plomo con rosca para la salida de corrientes de 20-90 (A). La salida de voltaje se realizó por medio de bornes tipo banana.

4.3 ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO DEL BANCO DE INYECCIÓN DE CORRIENTE MONOFÁSICO

En el anexo J se encuentra el manual de usuario del banco de inyección de corriente monofásico.



4.4 REALIZACIÓN DE PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE INYECCIÓN DE CORRIENTE MONOFÁSICO

Para la validación del funcionamiento del banco de inyección de corriente monofásico, se procedió a verificar su desempeño mediante la comparación de mediciones entre los dispositivos propios del banco, como lo son el analizador de parámetros, el voltímetro, el amperímetro y el cronómetro digital, y las mediciones realizadas por el relé elegido para esta prueba, el relé numérico BASLER BE1-951.

Se procedió a cumplir con los pasos impuestos en la “Verificación de funcionamiento del banco” del manual de usuario, ajustando por medio de los variacs pertenecientes al banco los valores de corriente, voltaje y factor de potencia; dichos valores fueron medidos por medio del relé numérico. Luego se compararon las mediciones hechas por el relé con las mediciones realizadas por los equipos de medición del banco.

Luego de cumplir con los pasos impuestos en la VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO del manual de usuario y posterior a la realización de las pruebas mostradas en la tabla 4.3 se validó el óptimo funcionamiento del banco ya que coincidieron las mediciones realizadas por los equipos de medición del banco y por las mediciones efectuadas por el relé numérico BASLER BE1-951, dicho análisis basándose en el correcto funcionamiento del relé numérico en cuestión.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 4.3 Mediciones para verificación de funcionamiento del banco

		Mediciones		
		Primera	Segunda	Tercera
Corriente	Amperímetro	2 (A)	3 (A)	4 (A)
	Relé numérico	2,3 (A)	3,1 (A)	4 (A)
Voltaje	Voltímetro	120 (V)	160 (V)	180 (V)
	Relé numérico	123 (V)	162 (V)	180 (V)
Factor de potencia	Analizador de parámetros	0,50 en adelanto	0,50 en atraso	0
	Relé numérico	0,52 en adelanto	0,53 en atraso	0
Tiempo de disparo	Cronómetro digital	2,98 (s)	3,99 (s)	4,98 (s)
	Relé numérico	3 (s)	4 (s)	5 (s)



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El Laboratorio de Circuitos y Mediciones posee alimentación trifásica, lo que permitió realizar el diseño propuesto.
- El banco sólo podrá emular fallas monofásicas a tierra debido a que posee solo salidas monofásicas.
- Es posible realizarle pruebas al relé de distancia y de esta manera proporcionar las condiciones necesarias para la realización de ensayos que involucren a dicho relé, ya que se logró obtener en el banco la capacidad de suministrar en su salida voltajes y corrientes susceptibles a ser desfasados entre sí.
- Se logró integrar los equipos donados por la universidad junto con los equipos comprados, y de esta manera construir el diseño propuesto.
- La inclusión del cronómetro digital le proporcionó al usuario los medios para medir el tiempo de disparo del relé de distancia y de esta manera comparar con los valores óptimos de funcionamiento.
- El banco cuenta con una salida apropiada para realizar pruebas con bajos niveles de corriente ((0-20) (A)) y a su vez posee una salida con bornes de plomo capaces de transportar corrientes más elevadas ((0-90) (A)).
- Con la inclusión del Analizador de Parámetros se hizo posible la medición del ángulo de fase entre la corriente y el voltaje de salida, además de proporcionar la capacidad de realizar mediciones a diversos parámetros eléctricos.
- La facultad que tiene el usuario de seleccionar el modo de funcionamiento del banco, garantizó la factibilidad de inyectar la falla al relé, y al momento en el que este dispare se pueda observar la corriente sin necesidad que el equipo despeje la falla, esto se logra con la selección del modo CONTINUO. Por otro lado, con la elección del modo TIMER el banco brinda la oportunidad de despejar la falla tan pronto el relé cierra sus contactos.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se hizo posible el uso del Analizador de Parámetros de manera independiente del banco, ya que el mecanismo de desacoplamiento del Analizador de Parámetros respecto al banco permite su uso sin necesidad de ser retirado de la estructura soporte.
- Al realizar la prueba de funcionamiento del banco, se constató su correcto desempeño.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la inclusión del equipo en pruebas y prácticas del Laboratorio de Protecciones Eléctricas, así como también del Laboratorio Mediciones Eléctricas de la Universidad de Carabobo.
- A fin de evitar daño en el equipo se deben respetar los valores estipulados de corrientes y voltajes, para con ello asegurar condiciones seguras de trabajo para los componentes del banco.
- Se recomienda a futuro sustituir el cerramiento por materiales más duraderos, resistentes y de mejor acabado; lo cual no estuvo al alcance por razones económicas y de tiempo.
- Si se desea añadir equipos que permitan realizar otras funciones o incrementar las cualidades del banco, se recomienda realizar la nueva circuitería lo más independiente posible para de esta manera no alterar los circuitos existentes y sus componentes, en caso contrario pudiera modificar el modo de funcionamiento de los mismos.
- Para mayor facilidad en la movilidad del equipo en los laboratorios se recomienda la fabricación de una base móvil acorde a las dimensiones y peso del banco, que permita desplazar el equipo de una manera más cómoda.
- La ubicación del banco debería estar en un lugar con poca humedad, que garantice las condiciones apropiadas para su óptimo funcionamiento.
- Las reparaciones y chequeos de mantenimiento se deben realizar por una persona capacitada, con la disponibilidad de todos los planos anexos en el presente trabajo.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



ANEXO A

Diagrama trifilar



ANEXOS



ANEXO B

Manual del usuario del Analizador de Parámetros CVM-NRG96



ANEXOS



ANALIZADOR DE PARAMETROS CVM-NRG96

MANUAL DEL USUARIO



ANEXOS

Características Generales

El analizador de panel CVM-NRG 96 es un instrumento de medida programable; ofrece una serie de posibilidades de empleo, las cuales pueden seleccionarse mediante menús de configuración en el propio instrumento. Antes de poner en marcha el analizador lea detenidamente los apartados de: alimentación, conexionado y programación, y elija la forma de operación más conveniente para obtener los datos deseados. El CVM NRG 96 mide, calcula y visualiza los principales parámetros eléctricos de redes industriales trifásicas equilibradas o desequilibradas.

La medida se realiza en verdadero valor eficaz, mediante tres entradas de tensión alterna y tres entradas de corriente, para la medida de los secundarios 5 A, procedentes de los toroidales de medida exteriores. Mediante su procesador, la central de medida permite analizar simultáneamente, como muestra en la tabla 1:

Tabla B.1:

MAGNITUD	UNIDAD	L1	L2	L3	III
Tensión Simple	V	•	•	•	
Tensión Compuesta	V	•	•	•	
Corriente	A	•	•	•	••
Frecuencia	Hz	•			
Potencia Activa	kW	•	•	•	•
Potencia Reactiva L	kvarL	•	•	•	•
Potencia Reactiva C	kvarC	•	•	•	•
Potencia Aparente	kVA				•
Factor de Potencia	PF	•	•	•	
Cos	Cos				•
Máxima Demanda	Pd			•	
Corriente de Neutro	I _N			•	
THD de Tensión	% THD – V	•	•	•	
THD de Corriente,	% THD – A	•	•	•	
kWh (consumo y generación)	W·h				•
kvarh.L (consumo y generación)	W·h				•
kvarh.C (consumo y generación)	W·h				•
kVAh (consumo y generación)	W·h				•
Descomposición armónica (V y A) *	%	•	•	•	15th

- ✓ (•) Disponible por display y comunicaciones.
- ✓ (••) Disponible sólo por comunicaciones.
- ✓ (*) Descomposición armónica en modelo HAR.



ANEXOS

El CVM-NRG96 permite la visualización de todos los parámetros eléctricos mostrados con anterioridad, mediante su display LCD retro iluminado, visualizando 4 parámetros eléctricos instantáneos, máximos o mínimos en cada salto de pantalla.

Otras características:

- Instrumento de dimensiones reducidas (96x96x50).
- Medición en verdadero valor eficaz.
- Valores instantáneos, máximos y mínimos de cada parámetro.
- Función medidor de energía.
 - 1 GW·h en energía consumida.
 - 100 MW·h en energía generada.
- Display LCD retro-iluminado.
- Comunicación RS485 (Modbus RTU®) incorporado.

Los Modelos disponibles se muestran en la tabla 2:

Tabla B.2:

CVM-NRG96	CÓDIGO
CVM-NRG96	M51800
CVM-NRG96-ITF	M51900
CVM-NRG96-ITF-RS485-C	M51911
CVM-NRG96-ITF-RS485-C-HAR	M51B11
CVM-NRG96-ITF-P-RS485-C	M51A11

Instalación y puesta en marcha

El presente manual contiene información y advertencias, que el usuario debe respetar para garantizar un funcionamiento seguro del analizador, manteniéndolo en buen estado en cuanto a seguridad. El analizador no debe ser alimentado hasta su colocación definitiva dentro del cuadro eléctrico.



ANEXOS

SI SE MANIPULA EL EQUIPO DE FORMA NO ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE, LA PROTECCIÓN DEL EQUIPO PUEDE RESULTAR COMPROMETIDA

Cuando sea probable que el equipo haya perdido la protección de seguridad (al presentar daños visibles), debe ser desconectado de la alimentación auxiliar. En este caso, póngase en contacto con un representante de servicio técnico cualificado.

Instalación del equipo

Antes de la alimentación del equipo, deben comprobarse los siguientes puntos:

- a) Tensión de alimentación.
- b) Tensión máxima en el circuito de medida.
- c) Corriente máxima admisible.
- d) Características del transistor (*salida digital*).
- e) Condiciones de trabajo.
- f) Seguridad.

A. Tensión de alimentación:

- *Versión Estándar:*
 - Alimentación: 230 V c.a
 - Frecuencia: 50-60 Hz
 - Tolerancia alimentación: -15% / +10%
 - Regleta conexión: Bornes 1-2 (Power Supply)
 - Consumo del equipo: 5 V·A



ANEXOS

- *Versión Plus:*

- Alimentación: 85...265 V c.a // 95...300 V c.c.

- Frecuencia: 50-60 Hz

- Regleta conexión: Bornes 1-2 (Power Supply)

- Consumo del equipo: 5 V·A

B. Tensión máxima en el circuito de medida:

- Tensión: 300 V c.a fase-neutro

520 V c.a fase-fase

- Frecuencia: 45...65 Hz

C. Intensidad máxima admisible:

- Intensidad: Transformadores exteriores de $I_n / 5A$.

D. Características transistor (*salida*):

- Tipo NPN: Transistor Opto-aislado/Colector Abierto

- Tensión máxima de maniobra: 24 V.d.c.

- Intensidad máxima de maniobra: 50 mA

- Frecuencia máxima: 5 pulsos / segundo

- Duración pulso: 100 ms

E. Condiciones de trabajo:

- Temperatura de trabajo: -10 °C / +50°C

- Humedad relativa: 5 a 95 % HR (sin condensación)



ANEXOS

- Altitud: hasta 2.000 metros

F. Seguridad:

- Diseñado para instalaciones categoría III 300 V c.a (EN 61010).
- Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II.

Instalación

La instalación del equipo se realiza en panel (*taladro panel* $92+0.8 \times 92+0.8$ m.m., según DIN 43 700). Todas las conexiones quedan en el interior del cuadro eléctrico.

Tener en cuenta que con el equipo conectado, los bornes pueden ser peligrosos al tacto, y la apertura de cubiertas ó eliminación de elementos puede dar acceso a partes peligrosas al tacto. El equipo no debe ser utilizado hasta que haya finalizado por completo su instalación.

El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación protegido con fusibles tipo *gl*

(IEC 269) ó tipo M, comprendido entre 0.5 y 2 A. Deberá estar previsto de un interruptor magnetotérmico o dispositivo equivalente para desconectar el equipo de la red de alimentación. El circuito de alimentación y de medida de tensión se conectará con cable de sección mínima 1 mm². La línea del secundario del transformador de corriente será de sección mínima de 2,5 mm². como se muestra en la figura 1 y en la tabla 3:



ANEXOS

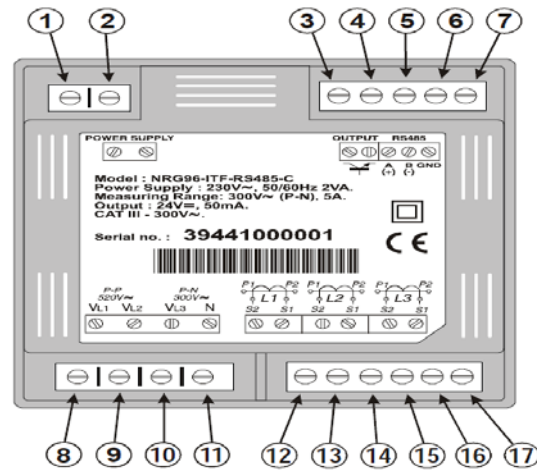


Figura B.1 Instalación del analizador

Tabla B.3:

Nº	Descripción bornes
1	Entrada tensión alimentación
2	Entrada tensión alimentación
3	Salida transistor RL1
4	Salida transistor RL2
5	RS-485 (+)
6	RS-485 (-)
7	RS-485 (GND)
8	Medida VL1
9	Medida VL2
10	Medida VL3
11	Medida Neutro
12	Entrada corriente AL1 - S2
13	Entrada corriente AL1 - S1
14	Entrada corriente AL2 - S2
15	Entrada corriente AL2 - S1
16	Entrada corriente AL3 - S2
17	Entrada corriente AL3 - S1



ANEXOS

Nota: Internamente los bornes 13, 15 y 17 están unidos con el borne 6, Neutro (en modelo no aislado). Las entradas de corriente... / 5 A están aisladas en el modelo ITF.

Esquemas de conexiónado

A. Medida de Red Trifásica con conexión a 4 hilos (Baja Tensión) y tres transformadores de intensidad externos. Como se muestra en la figura 2

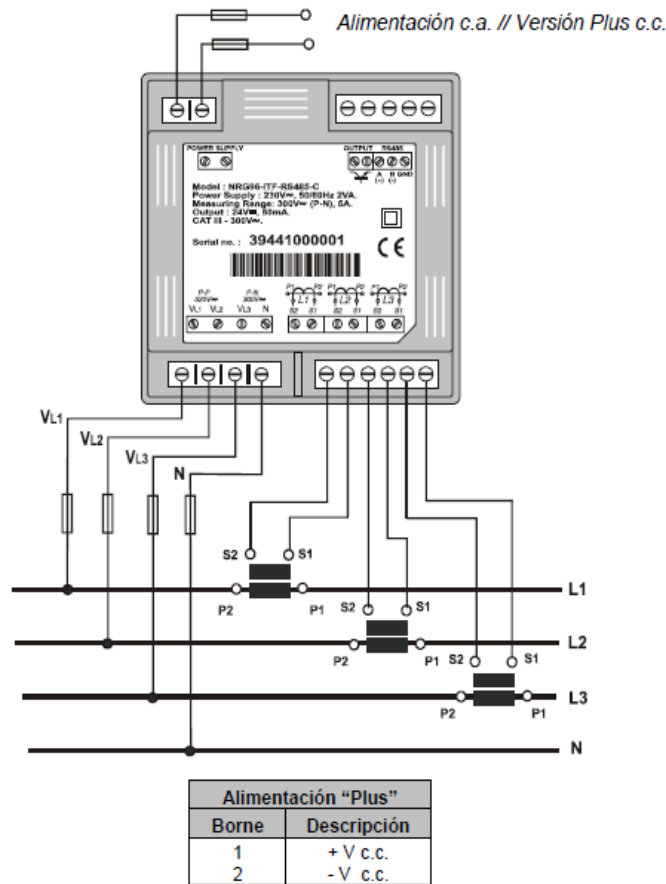


Figura B.2 Esquema de conexión 1

B. Medida de Red Trifásica con conexión a 3 hilos (Baja Tensión) y tres transformadores de intensidad externos. Como se muestra en la figura 3



ANEXOS

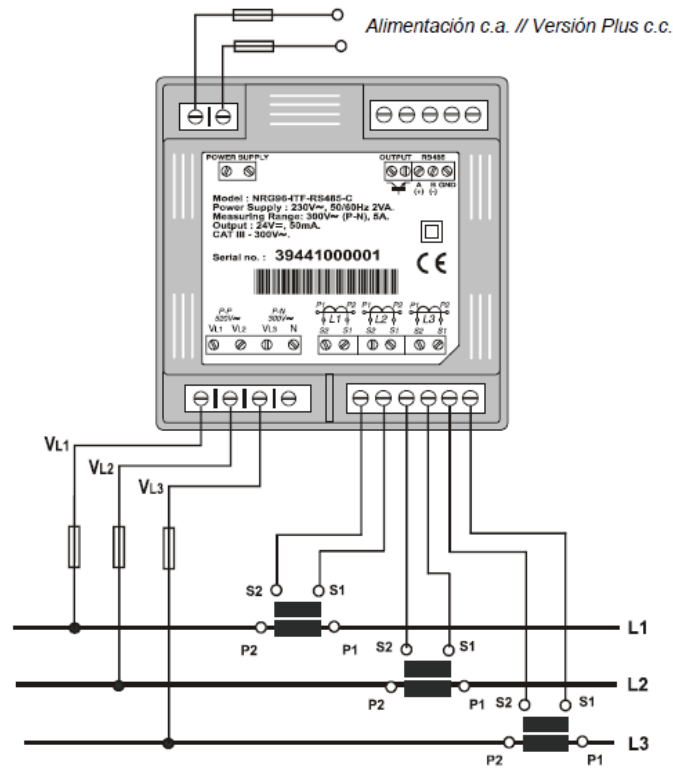


Figura B.3 Esquema de conexión 2

C. Medida de Red Trifásica con conexión a 3 hilos mediante 2 transformadores de tensión y tres transformadores de intensidad. Como se muestra en la figura 4.



ANEXOS

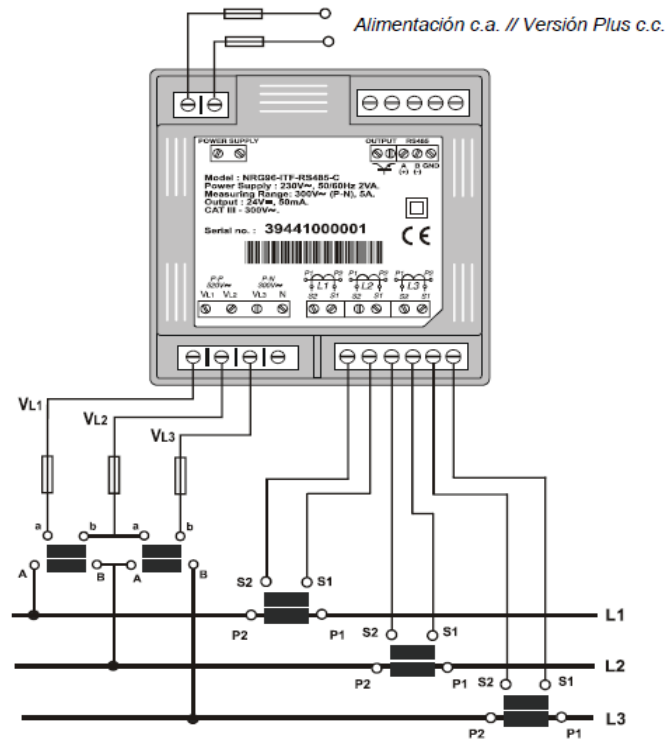


Figura B.4 Esquema de conexión 3

D. Medida de Red Trifásica con conexión a 3 hilos mediante 2 transformadores de tensión y dos transformadores de intensidad. Como se muestra en la figura 5



ANEXOS

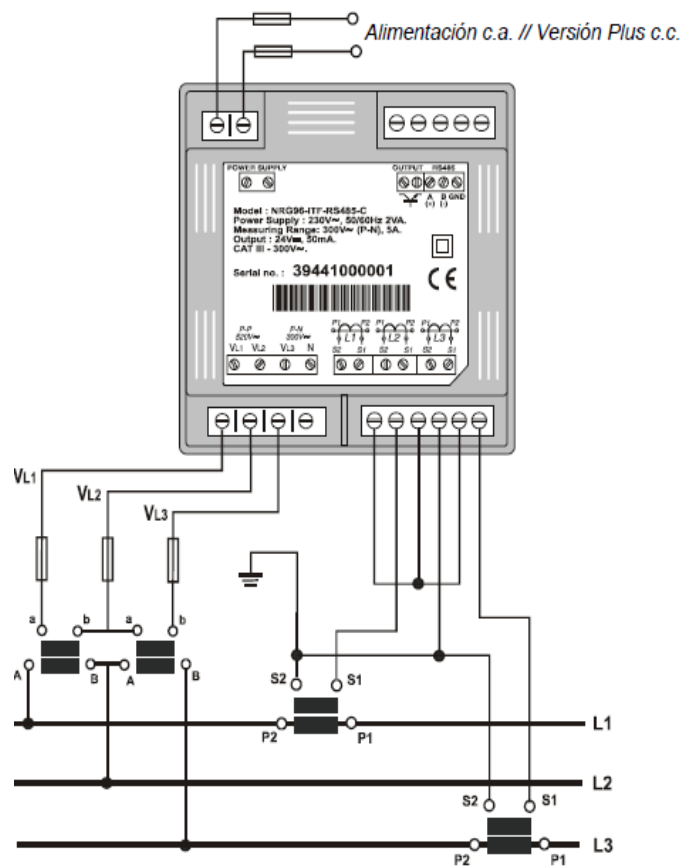


Figura B.5 Esquema de conexión 4

Funcionamiento

Funciones genérica de las teclas del frontal:

Tecla *Reset*:

- Inicialización del equipo.
- Borrado de los valores Máximos y Mínimos.
- Es equivalente a la inicialización del equipo por ausencia de tensión.

Observe la tecla que está señalada con la flecha en rojo en la figura 6:

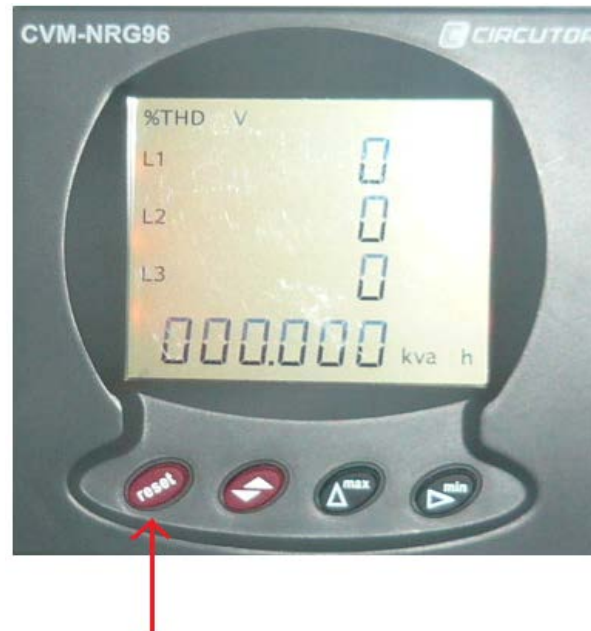


Figura B.6 Display del equipo 1

Tecla Display:

- Visualización de todas las variables por pulsaciones sucesivas.
- Tecla de función en menú set-up: pulsando la tecla *Display*, se avanza por las diferentes pantallas, tanto en el *menú de configuración* como del *menú de comunicaciones*.
- En modo runtime, mediante pulsación larga (manteniendo la tecla pulsada 2 segundos), se visualizan los contadores de energía:
 - ✓ Energía Activa Consumida
 - ✓ Energía Reactiva Inductiva Consumida
 - ✓ Energía Reactiva Capacitiva Consumida
 - ✓ Energía Aparente Consumida
 - ✓ Energía Activa Generada
 - ✓ Energía Reactiva Inductiva Generada
 - ✓ Energía Reactiva Capacitiva Generada



ANEXOS

✓ Energía Aparente Generada

Observe la tecla que está señalada con la flecha en rojo en la figura 7:

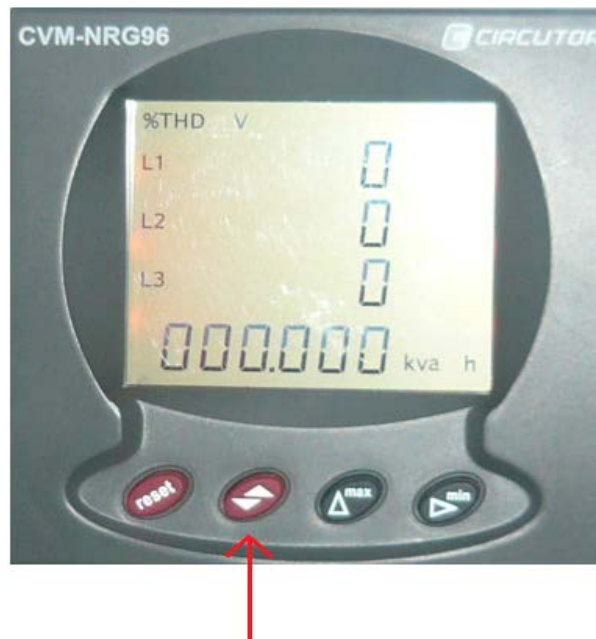


Figura B.7 Display del equipo 2

Tecla *Max* y *Min*:

- Visualización de los *máximos* o *mínimos* de cada variable visualizada; esta función solo es válida mientras se está pulsando la tecla, una vez se deja de pulsar aparece de nuevo, transcurridos cinco segundos, los valores instantáneos.
- Teclas de función en menú set-up: la tecla **MIN** tiene como función, la selección del código o parámetro a modificar, y la tecla **MAX** asigna el código y/o variable correspondiente.

Observe la tecla que está señalada con la flecha en rojo en la figura 8.

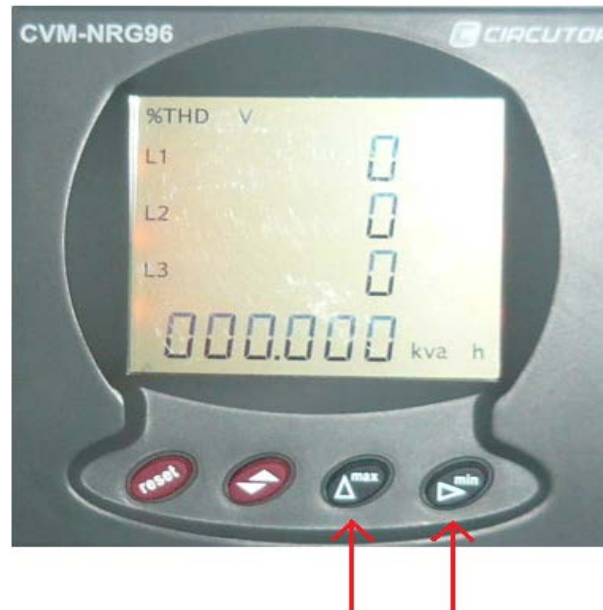


Figura B.8 Display del equipo 3

Menú de Configuración

El analizador CVM-NRG96 dispone de dos menús de configuración:

1. SETUP MEDIDA:

Desde dicho menú, el usuario configura los parámetros de medida y las diferentes opciones de visualización que posee el analizador.

- Estado de Setup Medida (bloqueado o desbloqueado)
- Tensiones simples o compuestas
- Relaciones de transformación
- Programación de Máxímetro
- Programación de página principal y energía preferente
- Backlight (Retro-iluminación del display)
- Borrado de los contadores de Energía.



- Programación THd o d.
- Salida digital de tránsito.

2. SETUP COMUNICACIONES:

Configura lo referente a parámetros de comunicación: velocidad, paridad, bits de stop, etcétera; también se accede al menú de bloqueo mediante password del SETUP medida.

- Configuración parámetros de comunicación.
- Protección de SETUP medida.

Programación *SETUP MEDIDA*

Desde dicho menú, se visualizan o modifican los parámetros del CVM-NRG96 y de todas sus funciones (según tipo); podrán inicializarse los ocho contadores de energía y podrá ponerse a cero la máxima demanda (Pd), máximos y mínimos registrados.

El analizador no graba los cambios de programación hasta finalizar la programación completa. Si se realiza un **RESET** antes de la conclusión de dicha programación, la configuración realizada no queda almacenada en memoria.

Para acceder al **SETUP MEDIDA** deben mantenerse pulsadas simultáneamente las teclas **MAX** y **MIN** hasta entrar en modo programación. Le aparecerá la figura 9:



Figura B.9 Configuración de setup medida

Al entrar en modo programación se visualiza durante unos segundos el mensaje informativo "SETUP unlo", o en su defecto "SETUP loc" indicando que nos encontramos en programación e informándonos del estado del mismo (bloqueado o desbloqueado).

- **SETUP unlo** Al entrar en modo programación es posible ver y modificar la programación.
- **SETUP loc** Al entrar en modo programación posible ver la programación, pero no es posible modificarla.

Una vez dentro del SETUP MEDIDA, mediante el teclado, se puede seleccionar las diferentes opciones y entrar en las variables:

Las funciones de teclado, para llevar a cabo la programación, serán las siguientes:

- La tecla  valida el dato y pasa al siguiente menú.
- La tecla **MAX** permite seleccionar las diferentes opciones dentro de un menú, o incrementa un dígito en caso que se introduzca una variable.
- La tecla **MIN** se utiliza para desplazar el cursor entre los dígitos.

1. Tensiones Simples o Compuestas



ANEXOS

- Tensiones Simples (tensión de fase) : aparecerá la figura 10 :



Figura B.10 Configuración de tensión simple

- Tensiones Compuestas (tensión de línea) : le aparecerá la figura 11:



Figura B.11 Configuración de tensión compuesta



ANEXOS

Para seleccionar una de las dos opciones de visualización, basta con seleccionar la tecla **MAX** y se irán alternando las dos opciones. Una vez seleccionada la opción deseada, debe pulsarse la tecla para  validar el dato y acceder al siguiente paso de programación.

Protocolo MODBUS

El analizador de redes tipo **CVM-NRG96** se comunica utilizando protocolo MODBUS ©, descrito a continuación:

Dentro del protocolo MODBUS se utiliza el modo RTU (Remote terminal Unit); cada 8-bit byte en un mensaje contiene dos 4-bits caracteres hexadecimales.

El formato por cada byte en modo RTU

- Código 8 bit binario, hexadecimal 0-9, A-F 2 caracteres hexadecimales contenidos en cada campo de 8-bit del mensaje.
- Bits por byte 8 data bits
- Campo Check-Error Tipo CRC (Cyclical Redundancy Check)

Funciones Modbus implementadas

- Función 01 Lectura del estado de los relés
- Función 03 y 04 Lectura de n Words (16 bits-2 bytes). Función utilizada para la lectura de los parámetros eléctricos que está midiendo el CVM-NRG96. Todos los parámetros eléctricos son longs de 32 bits, es por ello que para pedir cada parámetro se necesitan dos Words.(4 bytes - XX XX XX XX)
- Función 05 Escritura de un relé.

Mapa de memoria MODBUS©

A continuación se muestra en la tabla 10 el mapa MODBUS.



ANEXOS

Tabla B.10:

VARIABLES MODBUS					
Magnitud	Símbolo	Instantáneo	Máximo	Mínimo	Uds.
Tensión Fase	V_{L1}	00-01	60-61	C0-C1	V x10
Corriente	A_{L1}	02-03	62-63	C2-C3	mA
Potencia Activa	kW_{L1}	04-05	64-65	C4-C5	w
Potencia Reactiva	$Kvar_{L1}$	06-07	66-67	C6-C7	w
Factor de Potencia	PF_{L1}	08-09	68-69	C8-C9	x 100
Tensión Fase	V_{L2}	0A-0B	6A-6B	CA-CB	V x10
Corriente	A_{L2}	0C-0D	6C-6D	CC-CD	mA
Potencia Activa	kW_{L2}				w
		0E-0F	6E-6F		
Potencia Reactiva	$Kvar_{L2}$	10-11	70-71	D0-D1	w
Factor de Potencia	PF_{L2}	12-13	72-73	D2-D3	x 100
Tensión Fase	V_{L3}	14-15	74-75	D4-D5	V x10
Corriente	A_{L3}	16-17	76-77	D6-D7	mA
Potencia Activa	kW_{L3}				W
		18-19	78-79		
Potencia Reactiva	$Kvar_{L3}$	1A-1B	7A-7B	DA-DB	W
Factor de Potencia	PF_{L3}	1C-1D	7C-7D	DC-DD	x 100
Potencia Activa III	kW_{III}	1E-1F	7E-7F	DE-DF	w
Potencia Inductiva III	$Kvar_{L_{III}}$	20-21	80-81	E0-E1	w
Potencia Capacitiva III	$Kvar_{C_{III}}$	22-23	82-83	E2-E3	w
Cos ϕ III	$Cos \phi_{III}$	24-25	84-85	E4-E5	x 100
Factor de Potencia III	PF_{III}	26-27	86-87	E6-E7	x 100
Frecuencia	Hz	28-29	88-89	E8-E9	Hz x 10
Tensión Línea L1-L2	V_{12}				V x10
		2A-2B	8A-8B		
Tensión Línea L2-L3	V_{23}				V x10
		2C-2D	8C-8D		
Tensión Línea L3-L1	V_{31}				V x10
		2E-2F	8E-8F		



ANEXOS

% THD V L1	%THD VL1	30-31	90-91	F0-F1	% x 10
% THD V L2	%THD VL2	32-33	92-93	F2-F3	% x 10
% THD V L3	%THD VL3	34-35	94-95		% x 10
% THD A L1	%THD AL1	36-37	96-97	F6-F7	% x 10
% THD A L2	%THD AL2	38-39	98-98	F8-F9	% x 10
% THD A L3	%THD AL3	3A-3B	9A-9B		% x 10

Potencia Aparente III	<i>KvaIII</i>	42-43	A2-A3		w
Máxima Demanda	<i>Md (Pd)</i>	44-45	A4-A5		w/VA/mA
Corriente trifásica (media)	<i>A_AVG</i>	46-47	A6-A7	106-107	mA
Corriente de Neutro	<i>In</i>	48-49	A8-A9	108-109	mA
Máxima Demanda A2	<i>Md (Pd)</i>	52-53	B2-B3	112-113	mA
Máxima Demanda A3	<i>Md (Pd)</i>	54-55	B4-B5	114-115	mA

VARIABLES MODBUS

Magnitud	Símbolo	Instantáneo	Máximo	Mínimo	Uds.
Energía Activa	<i>kW-h III</i>	3C-3D	9C-CD		w-h
Energía Reactiva Inductiva	<i>kvarL-h III</i>	3E-3F	9E-9F		w-h
Energía React. Capacitiva	<i>kvarC-h III</i>	40-41	A0-A1	100-101	w-h
Energía Aparente	<i>kVA-h III</i>	56-57	B6-B7	116-117	w-h
Energía Activa generada	<i>kW-h III (-)</i>	58-59	B8-B9	118-119	w-h
Energía Inductiva generada	<i>kvarL-h III (-)</i>	5A-5B	BA-BB		w-h
Energía Capacit. Generada	<i>kvarC-h III (-)</i>	5C-5D	BC-BD		w-h
Energía Aparente generada	<i>kVA-h III (-)</i>	5E-5F	BE-BF	11E-11F	w-h



ANEXOS

*Registros disponibles en modelo HAR		VARIABLES MODBUS			
Magnitud	Símbolo	L1	L2	L3	Uds.
Descomposición armónica en TENSIÓN		Instantáneo			
Corriente RMS	V	2AE-2AF	2CC-2CD		Vx10
Armónico 2		2B0-2B1	2CE-2CF		%
Armónico 3		2B2-2B3	2D0-2D1	2EE-2EF	%
Armónico 4		2B4-2B5	2D2-2D3	2F0-2F1	%
Armónico 5		2B6-2B7	2D4-2D5	2F2-2F3	%
Armónico 6		2B8-2B9	2D6-2D7	2F4-2F5	%
Armónico 7		2BA-2BB	2D8-2D9		%
Armónico 8		2BC-2BD	2DA-2DB		%
Armónico 9		2BE-2BF	2DC-2DD	2FA-2FB	%
Armónico 10		2C0-2C1	2DE-2DF	2FC-2FD	%
Armónico 11		2C2-2C3	2E0-2E1	2FE-2FF	%
Armónico 12		2C4-2C5	2E2-2E3	300-301	%
Armónico 13		2C6-2C7	2E4-2E5	302-303	%
Armónico 14		2C8-2C9	2E6-2E7		%
Armónico 15		2CA-2CB	2E8-2E9		%
Descomposición armónica en CORRIENTE		Instantáneo			



ANEXOS

Corriente RMS	A	1F4-1F5	212-213		mA
Armónico 2		1F6-1F7	214-215		%
Armónico 3		1F8-1F9	216-217	234-235	%
Armónico 4		1FA-1FB	218-219	236-237	%
Armónico 5		1FC-1FD	21A-21B	238-239	%
Armónico 6		1FE-1FF	21C-21D	23A-23B	%
Armónico 7		200-201	21E-21F		%
Armónico 8		202-203	220-221		%
Armónico 9		204-205	222-223	240-241	%
Armónico 10		206-207	224-225	242-243	%
Armónico 11		208-209	226-227	244-245	%
Armónico 12		20A-20B	228-229	246-247	%
Armónico 13		20C-20D	22A-22B	248-249	%
Armónico 14		20E-20F	22C-22D		%
Armónico 15		210-211	22E-22F		%



Ejemplo de pregunta MODBUS©

PREGUNTA

0A 04 00 00 00 0A 71 76

0A Número de periférico, 10 en decimal

04 Función de lectura

00 00 Registro en el cual se desea que comience la lectura

00 0A Número de registros a leer: 10 en decimal

71 76 Carácter CRC

RESPUESTA

0A 04 14 00 00 08 4D 00 00 23 28 00 00 0F A0 00 00 00 90 00 00 00 60 CB 2E

0A Número del periférico que responde, 10 en decimal

04 Función de lectura - la que se ha utilizado en la pregunta

14 Número de bytes recibidos (20).

00 00 08 4D V1x 10 (registro 00 Hex) con valor en decimal 212,5 V

00 00 23 28 mA 1, en decimal 9000 mA

00 00 0F A0 W 1, en decimal 4000 W

00 00 00 90 varL 1, en decimal 144 varL

00 00 00 60 PF1 x 100, en decimal 96

CB 2E Carácter CRC



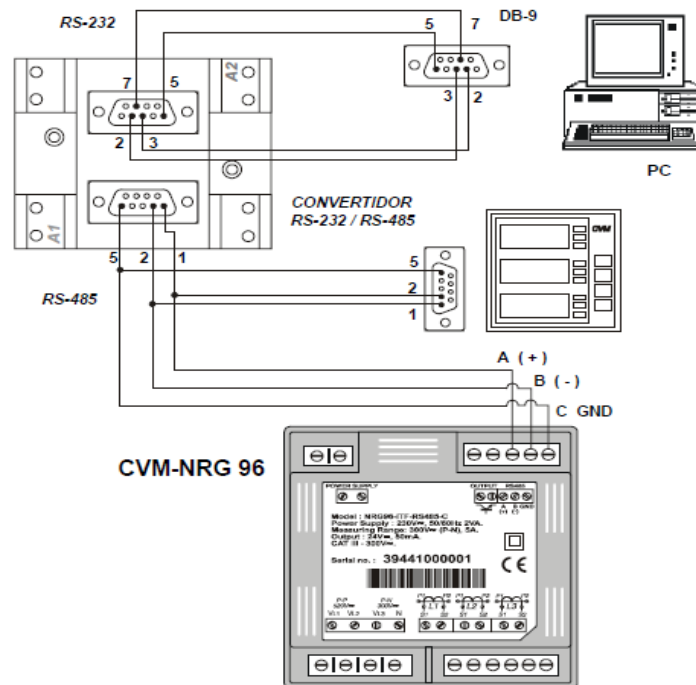
ANEXOS

***Cada trama Modbus, tiene un límite máximo de 20 variables (40 registros).**

Conexionado del BUS RS485

La composición del cableado RS485, se deberá llevar a cabo mediante cable de par trenzado con malla de apantallamiento (mínimo 3 hilos), con una distancia máxima entre el CVM-NRG96 y la unidad master de 1.200 metros de longitud.

En dicho Bus podremos conectar un máximo de 32 analizadores CVM-NRG96.como se muestra en la figura 28

**Figura B.28**

Instrucciones para la comunicación serial

Para la comunicación con la unidad master, deberá utilizarse el Conversor Inteligente de Protocolo de Red RS232 a RS485 (M54020 Conversor Inteligente). Con dicho conversor no es necesario utilizar la conexión del Pin 7, en la parte RS232



ANEXO C

Tabla de Capacidad de corriente del Código Eléctrico Nacional año 1999



ANEXOS



CALIBRE		TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-15)						SECCIÓN
AWG / Kcmil	60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C	AWG / Kcmil	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN- 2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2		
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	....	....	18	....	....	....	....	
16	....	....	24	....	....	....	....	
14	25*	30*	35*	....	....	....	....	
12	30*	35*	40*	25*	30*	35*	12	
10	40	50*	55*	35*	40*	40*	10	
8	60	70	80	45	55	60	8	
6	80	95	105	60	75	80	6	
4	105	125	140	80	100	110	4	
3	120	145	165	95	115	130	3	
2	140	170	190	110	135	150	2	
1	165	195	220	130	155	175	1	
1/0	195	230	260	150	180	205	1/0	
2/0	225	265	300	175	210	235	2/0	
3/0	260	310	350	200	240	275	3/0	
4/0	300	360	405	235	280	315	4/0	
250	340	405	455	265	315	355	250	
300	375	445	505	290	350	395	300	
350	420	505	570	330	395	445	350	
400	455	545	615	355	425	480	400	
500	515	620	700	405	485	545	500	
600	575	690	780	455	540	615	600	
700	630	755	855	500	595	675	700	
750	655	785	885	515	620	700	750	
800	680	815	920	535	645	725	800	
900	730	870	985	580	700	785	900	
1000	780	935	1055	625	750	845	1000	
1250	890	1065	1200	710	855	960	1250	
1500	980	1175	1325	795	950	1075	1500	
1750	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750	
2000	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000	

FACTORES DE CORRECCION							
TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 30° C, MULTIPLICAR LAS ANTERIORES CAPACIDADES DE CORRIENTE POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR ABAJO INDICADO						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	

* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este Código, la protección contra sobrecalentamiento de los conductores marcados con un asterisco (*), no deberá superar los 15 Ampere para el número 14; 20 Ampere para el número 12 y 30 Ampere para el número 10, todos de cobre; o 15 Ampere para el número 12 y 25 Ampere para el número 10 de aluminio y aluminio recubierto de cobre.



ANEXOS



ANEXO D

Planos del circuito de control



ANEXOS



ANEXO E

Plano del circuito del cronómetro digital

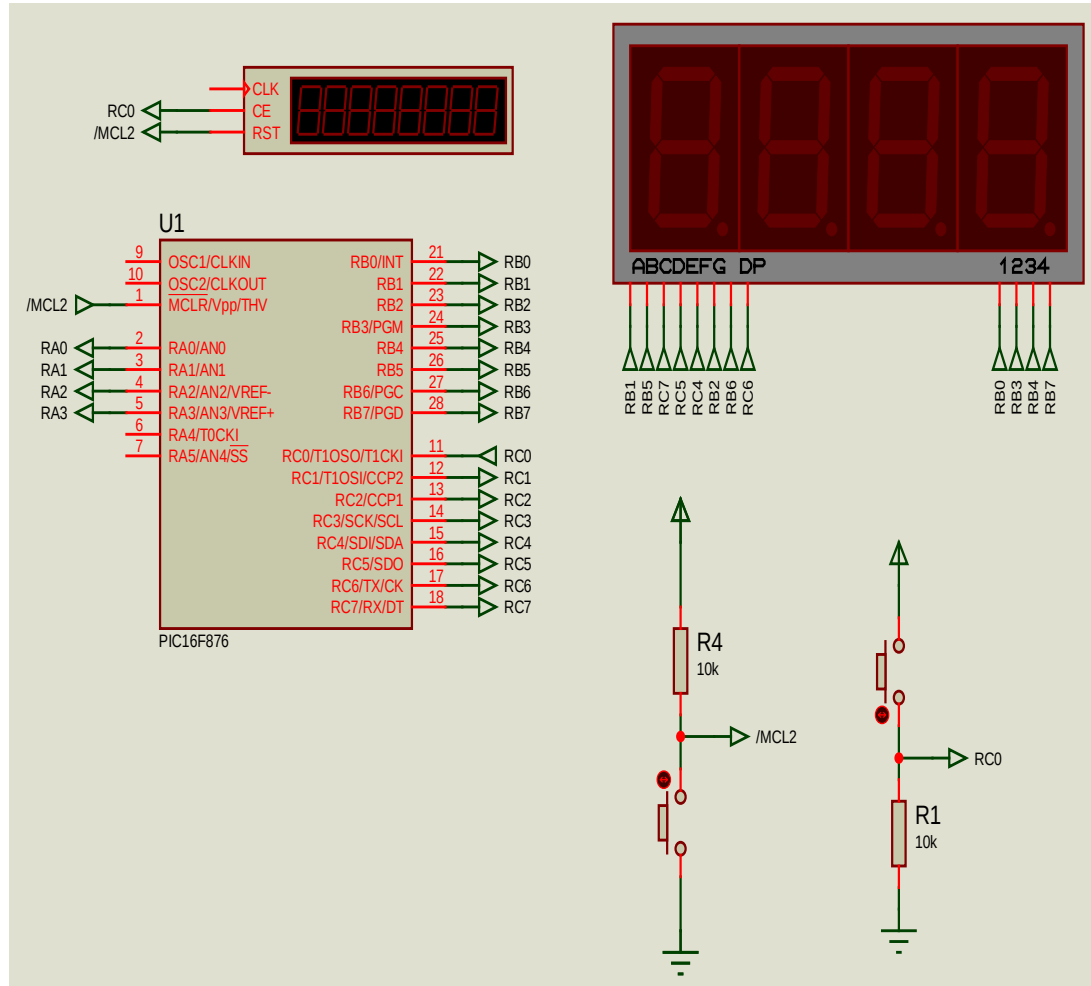


ANEXOS



ANEXOS

CRONÓMETRO DIGITAL





ANEXOS



ANEXO # F

Código del programa del circuito del cronómetro digital



ANEXOS



ANEXOS

CÓDIGO DEL PROGRAMA DEL CIRCUITO DEL CRONÓMETRO DIGITAL

```
.*****  
,  
,*          Code Produced by the          *  
,  
,*      PROTON+ LITE Compiler. Version 3.0      *  
,* Copyright Rosetta Technologies/Crownhill Associates *  
,*          Written by Les Johnson. 2004          *  
,*  
*****  
,  
NOLIST  
#include "C:\TRABAJOS\JULIOTOVAR\CRONOMETRO.PBP"  
LIST  
  
CONTADOR = 45  
CONTADORH = 46  
DIGITO = 47  
Variable DIGITO#0=47,DIGITO#1=48,DIGITO#2=49,DIGITO#3=50  
BANCO = 51  
RESPALDO = 52  
    #Define SW1 PORTC,0  
F1_SOF equ $ ; CRONOMETRO.BAS  
CONFIGURACION  
F1_000009 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] contador = 0  
    Clrf CONTADORH  
    Clrf CONTADOR  
F1_000010 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] trisb = 0  
    Bsf STATUS,5  
ram_bank = 1  
    Clrf TRISB  
F1_000011 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] portb = 0  
    Bcf STATUS,5  
ram_bank = 0  
    Clrf PORTB  
F1_000012 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] adcon0= 6  
    Movlw 6  
    Movwf ADCON0  
F1_000013 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] trisa = 0  
    Bsf STATUS,5  
ram_bank = 1
```



ANEXOS

```
Clrf TRISA
F1_000014 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] trisc = 0
Clrf TRISC
F1_000015 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] trisc.0= 1
Bsf TRISC,0
F1_000016 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] PORTB_PULLUPS = 1
Bcf OPTION_REG,7
VERIFICAR
Bcf STATUS,5
ram_bank = 0
F1_000019 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] if sw1 = 1 then
    set@page bc@LL2
    Btfss PORTC,0
    Goto bc@LL2
F1_000020 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] if respaldo =0 then
    Movf RESPALDO,W
    set@page bc@LL4
    Btfss STATUS,2
    Goto bc@LL4
F1_000021 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] contador = 0
Clrf CONTADORH
Clrf CONTADOR
F1_000022 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] end if
bc@LL4
F1_000023 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] respaldo = 1
    Movlw 1
    Movwf RESPALDO
F1_000024 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] contador = contador +1
    Incf CONTADOR,F
    Skpnz
    Incf CONTADORH,F
    F@Jump bc@LL5
bc@LL2
F1_000025 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] else
F1_000026 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] if respaldo = 1 then
    Movlw 1
    Subwf RESPALDO,W
    set@page bc@LL7
```



ANEXOS

```
Btfss STATUS,2
Goto bc@LL7
F1_000027 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] respaldo =0
    Clrf RESPALDO
F1_000028 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] end if
bc@LL7
F1_000029 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] end if
bc@LL5
MOSTRAR
F1_000031 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] gosub numtodig
    F@Call NUMTODIG
F1_000032 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] for banco=0 to 3 step 1
    Clrf BANCO
fr@lb9
    Movlw 4
    Subwf BANCO,W
    set@page nx@lb10
    Btfsc STATUS,0
    Goto nx@lb10
F1_000033 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] portb=0X66
    Movlw 102
    Movwf PORTB
F1_000034 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] portc=0XF0
    Movlw 240
    Movwf PORTC
F1_000035 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] portb = LOOKUPI
digito[banco],[0X40,0X46,0X4,0X4,0X2,0X20,0X20,0X44,0X0,0X0]
    Movf BANCO,W
    Addlw DIGITO
    Movwf FSR
    Movf INDF,W
    Movwf PP1
    Sublw 9
    set@page Le@lb1
    Btfss STATUS,0
    Goto Le@lb1
    Clrc
    Rlf PP1,W
```



ANEXOS

```
Addwf PP1,F
F@Call l@lb3
Movwf PP0
Incf PP1,F
F@Call l@lb3
Movwf PP0H
Incf PP1,F
F@Call l@lb3
F@Call l@kl
Movf PP0,W
Movwf PORTB
F@Jump Le@lb1
l@lb3
    Movlw high lk@lb2
    Movwf PCLATH
    Movf PP1,W
    if($ >> 8) != (($ + 30) >> 8)
        Goto so@lb10
    Org (($ + 255) & 65280)
so@lb10
    endif
    Addwf PCL,F
lk@lb2
    Retlw low 64
    Retlw high 64
    Retlw 0
    Retlw low 70
    Retlw high 70
    Retlw 0
    Retlw low 4
    Retlw high 4
    Retlw 0
    Retlw low 4
    Retlw high 4
    Retlw 0
    Retlw low 2
    Retlw high 2
    Retlw 0
```



ANEXOS

```
Retlw low 32
Retlw high 32
Retlw 0
Retlw low 32
Retlw high 32
Retlw 0
Retlw low 68
Retlw high 68
Retlw 0
Retlw low 0
Retlw high 0
Retlw 0
Retlw low 0
Retlw high 0
Retlw 0

Le@lb1
F1_000036 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] portC = LOOKUPI
digito[banco],[0X40,0X70,0XC0,0X50,0X70,0X50,0X40,0X70,0X40,0X50]
    Movf BANCO,W
    Addlw DIGITO
    Movwf FSR
    Movf INDF,W
    Movwf PP1
    Sublw 9
    set@page Le@lb4
    Btfss STATUS,0
    Goto Le@lb4
    Clrc
    Rlf PP1,W
    Addwf PP1,F
    F@Call l@lb6
    Movwf PP0
    Incf PP1,F
    F@Call l@lb6
    Movwf PP0H
    Incf PP1,F
    F@Call l@lb6
    F@Call l@kl
```



ANEXOS

```
Movf PP0,W
Movwf PORTC
F@Jump Le@lb4
l@lb6
    Movlw high lk@lb5
    Movwf PCLATH
    Movf PP1,W
    if($ >> 8) != (($ + 30) >> 8)
        Goto so@lb11
    Org (($ + 255) & 65280)
so@lb11
    endif
    Addwf PCL,F
lk@lb5
    Retlw low 64
    Retlw high 64
    Retlw 0
    Retlw low 112
    Retlw high 112
    Retlw 0
    Retlw low 192
    Retlw high 192
    Retlw 0
    Retlw low 80
    Retlw high 80
    Retlw 0
    Retlw low 112
    Retlw high 112
    Retlw 0
    Retlw low 80
    Retlw high 80
    Retlw 0
    Retlw low 64
    Retlw high 64
    Retlw 0
    Retlw low 112
    Retlw high 112
    Retlw 0
```




ANEXOS

```
Retlw low 64
Retlw high 64
Retlw 0
Retlw low 80
Retlw high 80
Retlw 0

Le@lb4
F1_000038 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] SELECT BANCO
F1_000039 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] CASE 0
    Movf BANCO,W
    set@page bc@LL13
    Btfss STATUS,2
    Goto bc@LL13
F1_000040 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] high PORTB.7
    Bsf PORTB,7
    Bsf STATUS,5
ram_bank = 1
    Bcf TRISB,7
    Bcf STATUS,5
ram_bank = 0
    F@Jump bc@LL12
bc@LL13
F1_000041 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] CASE 1
    Movlw 1
    Subwf BANCO,W
    set@page bc@LL16
    Btfss STATUS,2
    Goto bc@LL16
F1_000042 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] high PORTB.4
    Bsf PORTB,4
    Bsf STATUS,5
ram_bank = 1
    Bcf TRISB,4
    Bcf STATUS,5
ram_bank = 0
    F@Jump bc@LL12
bc@LL16
F1_000043 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] CASE 2
```



ANEXOS

```
Movlw 2
Subwf BANCO,W
set@page bc@LL18
Btfss STATUS,2
Goto bc@LL18
F1_000044 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] high PORTB.3
Bsf PORTB,3
Bsf STATUS,5
ram_bank = 1
Bcf TRISB,3
Bcf STATUS,5
ram_bank = 0
F@Jump bc@LL12
bc@LL18
F1_000045 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] CASE 3
Movlw 3
Subwf BANCO,W
set@page bc@LL20
Btfss STATUS,2
Goto bc@LL20
F1_000046 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] high PORTB.0
Bsf PORTB,0
Bsf STATUS,5
ram_bank = 1
Bcf TRISB,0
F1_000047 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] ENDSELECT
bc@LL20
Bcf STATUS,5
ram_bank = 0
bc@LL12
F1_000049 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] IF BANCO = 2 THEN
Movlw 2
Subwf BANCO,W
set@page bc@LL22
Btfss STATUS,2
Goto bc@LL22
F1_000050 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] low PORTC.6
Bcf PORTC,6
```



ANEXOS

```
Bsf STATUS,5
ram_bank = 1
    Bcf TRISC,6
    Bcf STATUS,5
ram_bank = 0
    F@Jump bc@LL23
bc@LL22
F1_000051 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] else
F1_000052 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] high PORTC.6
    Bsf PORTC,6
    Bsf STATUS,5
ram_bank = 1
    Bcf TRISC,6
F1_000053 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] end if
bc@LL23
    Bcf STATUS,5
ram_bank = 0
F1_000055 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] delayus 1344
    Movlw 5
    Movwf PP0H
    Movlw 64
    F@Call dlus@w
F1_000056 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] next
    Incf BANCO,F
    set@page fr@lb9
    Btfss STATUS,2
    Goto fr@lb9
nx@lb10
F1_000057 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] goto verificar
    F@Jump VERIFICAR
NUMTODIG
F1_000061 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] digito[0]= contador dig 0
    Movf CONTADORH,W
    Movwf PP0H
    Movf CONTADOR,W
    Movwf PP0
    Clrw
    F@Call dig
```



ANEXOS

```
Movwf PBP#VAR0
Movf PBP#VAR0,W
Movwf DIGITO#0
F1_000062 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] digito[1]= contador dig 1
Movf CONTADORH,W
Movwf PP0H
Movf CONTADOR,W
Movwf PP0
Movlw 1
F@Call dig
Movwf PBP#VAR0
Movf PBP#VAR0,W
Movwf DIGITO#1
F1_000063 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] digito[2]= contador dig 2
Movf CONTADORH,W
Movwf PP0H
Movf CONTADOR,W
Movwf PP0
Movlw 2
F@Call dig
Movwf PBP#VAR0
Movf PBP#VAR0,W
Movwf DIGITO#2
F1_000064 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] digito[3]= contador dig 3
Movf CONTADORH,W
Movwf PP0H
Movf CONTADOR,W
Movwf PP0
Movlw 3
F@Call dig
Movwf PBP#VAR0
Movf PBP#VAR0,W
Movwf DIGITO#3
F1_000065 equ $ ; in [CRONOMETRO.BAS] return
Return
F1_EOF equ $ ; CRONOMETRO.BAS
END
```



ANEXO # G

Estructura soporte del banco



ANEXOS



ANEXO # H

Planos de conexiones del circuito de fuerza



ANEXOS



ANEXO # I

Tablas de cableado del banco



ANEXOS



ANEXOS

Tabla I.1: Circuito de control.

Nº Cable	Inicio	Fin
21	Vb-2	B1-1
22	Vb-7	B1-3
23	CON-2	B1-1
24	CON-1	T-1
25	CON-7	B1-4
26	T-2	B1-1
27	T-1	T-8
28	T-8	B1-2
29	T-7	B1-5
210	Vc-7	B1-10
211	Vc-8	B1-6
212	Cv-6	B1-8
213	Cv-10	B1-7
214	Cv-13	B1-10
215	R-2	T-3
216	R-8	B1-9
217	R-7	B1-10
218	CON-3	B2-3
219	CON-3	T-6
220	CV-14	R-5
221	R-5	B2-2
226	B1-12	B2-1
227	R-5	B5-2
228	B-2	Ae-1
229	B-1	B2-5
230	B-8	Ae-2
231	B-7	B2-7
232	Ae-11	TC1-2
233	Ae-9	TC2-10
234	Ae-10	B2-6
235	TC1-2	TC2-2
236	TC1-1	B2-9
237	TC1-7	B2-6
238	TC2-13	B2-7



ANEXOS

239	TC1-8	TC2-5
240	TC2-9	B3-4
241	TC2-10	B1-12
242	B5-1	B3-12
243	B-3	TC2-14
244	B-6	Ae-7
245	Ae-4	Ae-6
246	Ae-4	TC1-4
247	Ae-6	B4-3
248	Ae-7	B2-8
249	TC1-6	TC2-8
250	TC2-12	B3-1
251	TC2-11	B3-3
252	TC2-7	B3-2
253	B1-5	Selector de modo-2
254	B1-12	Selector de modo-1
255	B1-4	Selector de modo-3
256	B1-3	Selector de fase-2
257	B1-12	Selector de fase-1
258	B1-6	Vc-3
259	B3-3	Pulsador CE-14
260	B3-2	Pulsador CE-13
261	B2-1	Pulsador CE-14
262	B2-5	Pulsador CE-13
263	B1-9	Pulsador PF-2
264	Pulsador IF -4	Pulsador PF-1
265	B1-8	Pulsador IF-4
266	B1-7	Pulsador IF-3
267	B1-12	Pulsador IF-3
268	B2-1	Pulsador DE-14
269	B2-8	Pulsador DE-13
270	B2-2	Luz falla-X2
271	B1-10	Luz falla-X1
272	B2-11	Luz AP conectado-X2
273	B2-9	Luz AP conectado-X1
274	B2-3	Luz contacto relé-X2
275	B4-1	Luz contacto relé-X1
276	B1-2	Contacto relé(+)



ANEXOS

277	B4-3	Contacto relé(-)
278	Salida Voltaje(+)	ATV3-3
279	Salida Voltaje(-)	ATV3-1
280	Salida Voltaje(+)	AP Voltaje(+)
281	Salida Voltaje(-)	AP Voltaje(-)
282	B3-1	AP Corriente(-)
283	B3-4	AP Corriente(+)
284	B5-2	Contactador -a
285	B5-1	Contactador -b
286	B1-12	B4-4
287	B2-6	B4-2
288	B1-11	B4-2
289	B2-7	B4-1
290	B2-11	B4-1
291	B2-12	B4-1
292	B6-2	B7-11
293	B6-1	B7-7
294	B6-1	B4-2
295	Fusible control - sal	B4-3
296	B6-2	Fusible control - ent

Tabla I.2: Circuito de fuerza.

Nº Cable	Inicio	Fin
10	ATV1-4	B7-5
11	B7-11	ATV1-1
12	B7-10	TA ent-2
13	B7-9	Vb-3
14	B7-8	Vc-4
15	B7-7	ATV2 – 4
16	B7-6	TA ent-1
17	TF sal-1	Contactador ent-1
18	ATV2-1	Vc-6
19	ATV2-1	Vb-1
110	Salida 120V-(+)	Toma aux -(+)
111	ATV1-3	TF ent-1



ANEXOS

112	ATV1-4	TF ent-3
113	ATV2-3	TD ent-4
114	ATV2-4	TD ent-1
115	TA sal-1	ATV3-4
116	TA sal-2	TD sal-1
117	Contactor sal-2	Barra
118	Contactor sal-1	Scorriente90(A)(-)
119	Barra	Scorriente90(A)(+)
120	TD sal-3	ATV3-1
121	Voltímetro-4	AP Voltaje(-)
122	Voltímetro-3	AP Voltaje(+)
123	TF sal-5	Contactor ent-2
124	Scorriente 20(A)(+)	Barra
125	Scorriente 20(A)(-)	Scorriente90(A)(-)
126	Fuente voltímetro-1	Voltímetro-1
127	Fuente voltímetro-2	Voltímetro-2
128	B6-1	Fuente voltímetro-3
129	B6-2	Fuente voltímetro-4
130	B8-4	Suiche(on-off) -1
131	B8-3	Suiche (on-off) -3
132	B8-2	Suiche (on-off) -5
133	Amperímetro(-)	TC-(+)
134	Amperímetro(+)	TC1-8
135	Suiche (on-off) -2	Fus3-ent
136	Suiche (on-off) -4	Fus1-ent
137	Suiche (on-off) -6	Fus2-ent
138	Fus1-sal	B7-10
139	Fus2-sal	B7-9
140	Fus3-sal	B7-8
141	B7-5	B8-1
142	TC1-6	TC(-)
143	B9-1	Fuente DC ent-(-)
144	B9-2	Fuente DC ent-(+)
145	Fuente DC Sal-7	Ventilador Secundario(-)
146	Fuente DC Sal-8	Ventilador Secundario(+)
147	Vent Principal(+)	B7-8
148	Vent Principal(-)	B7-6
149	B9-2	B7-11



ANEXOS

150	B9-1	B7-5
151	Fuente voltímetro-4	Salida 120V-(-)
152	Fuente voltímetro-3	Fus4-ent
153	Fus4-sal	Salida 120V-(+)
154	Salida 120V-(-)	Toma aux-(-)

Tabla I.3: Circuito del cronómetro.

Nº Cable	Inicio	Fin
30	Bcrono-2	Cv-9
31	Cv-5	Fuente DC sal-6
32	Fuente DC sal-5	Reset-1
33	Fuente DC sal-2	Bcrono-4
34	Fuente DC sal-1	Bcrono-3
35	Bcrono-1	Reset-2

Nota: para poder interpretar correctamente la tabla se debe tener en cuenta lo siguiente:

El color rojo corresponde al: **Nombre del relé – Terminal de conexión.**

Ejemplo: **Cv-9**: Esto significa que el cable esta conectado al relé Cv en su terminal de conexión número 9.

El color azul corresponde al: **Nombre de la bornera – Terminal de conexión**

Ejemplo: **B7-11**: Esto significa que el cable esta conectado a la bornera 7 en su terminal de conexión numero 11.

El color negro corresponde a todos aquellos elementos que están identificados claramente y se especifican completamente.



ANEXOS



ANEXO # J

Manual de usuario del banco de inyección de corriente monofásico



ANEXOS



MANUAL DE USUARIO DEL BANCO DE INYECCIÓN DE CORRIENTE MONOFÁSICO

El banco de inyección de corriente, como su nombre lo indica, es un inyector monofásico de corrientes y voltajes. Posee diversas posibilidades de empleo. Como característica más notable está la de suministrar en bornes de salida corrientes y voltajes alternos con la facultad de ser desfasados unos respecto a los otros. Con dicha característica se posibilita el ensayo a relés de distancia ya que de esta manera se emula el funcionamiento real de estos dispositivos en campo. Por otro lado, para la realización de pruebas de corriente vs tiempo se cuenta con un cronómetro dispuesto con un banco de displays siete segmentos para la mejor visualización por parte del usuario mostrando la variable temporal por medio de cuatro dígitos, dispuestos ordenadamente y mostrándose en múltiplos y submúltiplos de segundo como muestra la figura J.1:

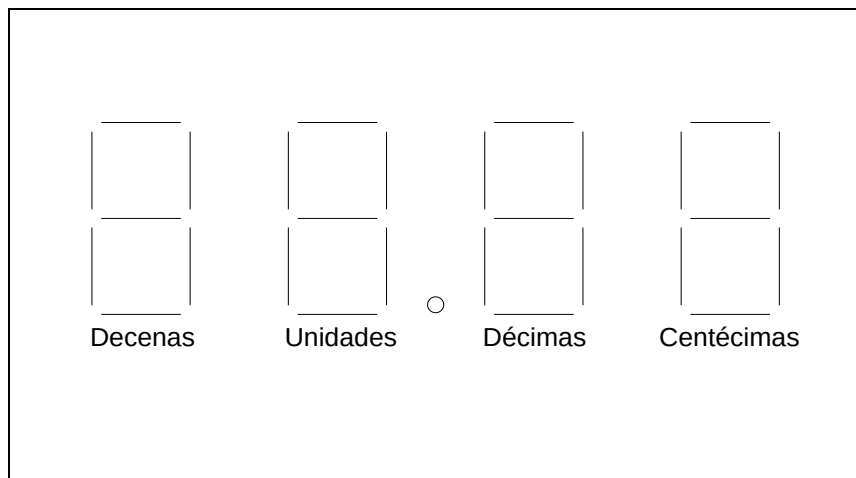


Figura J.1 Cronómetro digital.

Características:

- Entrada trifásica: 208 (V) AC.
- El banco posee 5 salidas monofásicas:



ANEXOS

- ✓ Salida de corriente de (0-20) (A) mediante bornes tipo banana.
- ✓ Salida de corriente de (0-90) (A) mediante bornes de plomo con rosca.
- ✓ Salida de voltaje mediante bornes de tipo banana.
- ✓ Salida de corriente para la conexión externa con el analizador de parámetros.
- ✓ Salida de voltaje para la conexión externa con el analizador de parámetros.

ADVERTENCIA:

SE DEBE RESPETAR LOS RANGOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE QUE SOPORTA EL ANALIZADOR DE PARÁMETROS, PARA ELLO DEBE DE REVISARSE EL MANUAL DEL ANALIZADOR DE PARÁMETROS CVM-NRG96.

La tabla J.1 muestra los rangos de tensión y corriente que maneja el banco y su régimen de carga.

Tabla J.1:

Salida de Tensión AC

Rango (V)	Potencia Máxima (VA)
240	700

Salida de Corriente AC

Rango (A)	Tiempo de carga (s)
90	Continuo
20	Continuo



ANEXOS

- Decalaje del ángulo de fase:

- ✓ Posibilidad de desfasar la salida de tensión alterna con relación a la salida de corriente fase.
- ✓ Ajuste del ángulo de fase: Mediante el variac ATV2.
- ✓ Rango del ángulo de fase: -90° a 90° .
- ✓ Resolución de ajuste: 1° (grado).

- Cronómetro

El cronómetro digital posee un arranque controlado por el pulsador Iniciar Falla.

Al iniciar la falla el cronómetro comienza la cuenta, dicha cuenta se detendrá al momento en el cual en la entrada del banco (Contacto del Relé), circule corriente o lo que es lo mismo, que el relé de distancia haya cerrado sus contactos debido a previa detección de falla. El tiempo en segundos permanece en pantalla hasta tanto se oprima el pulsador de Reset o se reinicie la falla.

- Mediciones

- ✓ Medición de corrientes en valor eficaz a través del amperímetro analógico.
- ✓ Medición de voltajes en valor eficaz por medio del voltímetro digital.
- ✓ Medición de diferentes variables eléctricas, entre ellas el factor de potencia, a través del analizador de parámetros.

- Protecciones

- ✓ Fusibles (2) con capacidad de interrupción de 4 (A) pertenecientes al circuito de voltaje.



ANEXOS

- ✓ Fusible con capacidad de interrupción de 5 (A) perteneciente al circuito de corriente.
- ✓ Fusible con capacidad de interrupción de 3 (A) perteneciente al circuito de control.

INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

El presente manual contiene información y advertencias, que el usuario debe respetar para garantizar un funcionamiento seguro por parte del banco, manteniéndolo al margen de posibles sobrecalentamientos perjudiciales para el equipo y garantizando la seguridad del usuario.

ADVERTENCIA:

SI SE MANIPULA EL EQUIPO DE FORMA NO ESPECIFICADA, LA PROTECCIÓN DEL EQUIPO PUEDE RESULTAR COMPROMETIDA.

INSTALACIÓN

A continuación se presentan los pasos necesarios para la instalación del banco.

- Es necesario asignarle el espacio suficiente dentro del laboratorio tomando en cuenta sus dimensiones: 86x58x54 cm
- Se debe elegir un mesón capaz de soportar el peso: 65 kg
- El enchufe trifásico debe ser conectado al tomacorriente trifásico industrial, siempre y cuando el suiche del banco esté apagado.

PUESTA EN MARCHA

Antes de la activación del equipo, deben realizarse los siguientes pasos:



ANEXOS

- 1) Verificar que las perillas de los variacs se encuentren ajustados en el sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, de esta manera se garantiza que al momento de encender el banco no haya tensión ni corriente a la salida.
- 2) Confirmar la magnitud de tensión máxima a suministrar, verificando que no sobrepase los valores límites del relé al momento de realizar las pruebas. (Revisar el manual del relé).
- 3) Verificar la corriente máxima admisible tanto por el relé como por el banco. (Revisar el manual del relé).
- 4) Una vez se haya cumplido con todos los pasos anteriores se puede proceder a encender el banco de inyección de corriente girando el SUICHE TRIPOLAR en la posición de ON.

ADVERTENCIA:

MANTENER CORTOCIRCUITADOS LOS TERMINALES “SALIDA DE CORRIENTE A.P.” POR MEDIO DEL CABLE DE SEGURIDAD, A MENOS QUE EL ANALIZADOR DE PARÁMETROS ESTÉ CONECTADO.

ADVERTENCIA:

NO OPRIMIR EL PULSADOR “CONECTAR A.P. SIN CUMPLIR ANTES CON LA ADVERTENCIA ANTERIOR.

CONEXIÓN Y DESCONEXIÓN DEL ANALIZADOR DE PARÁMETROS

Si se desea realizar pruebas a dispositivos con el uso del Analizador de Parámetros, se hace imperativo conectarlo a la circuitería del banco, es por ello que se debe cumplir con ciertos pasos:

- 1) Retirar el cable de seguridad que mantiene cortocircuitados los bornes SALIDA DE CORRIENTE A.P.
- 2) Conectar por medio de cables tipo banana los bornes de entrada del Analizador de Parámetros con los bornes de salida del banco (APV y APC).
- 3) Oprimir el pulsador (Conectar Analizador de Parámetros).



ANEXOS

- 4) Esperar un tiempo hasta que el indicador luminoso (Luz AP conectado) se encienda.
- 5) Tan pronto el indicador luminoso se encienda se podrá utilizar el Analizador de Parámetros.
- 6) Para desconectar el Analizador de Parámetros del banco, oprimir el pulsador (Desconectar Analizador de Parámetros).

MODO DE USO

Para el proceso de simulación de falla a relés de distancia es necesaria la obtención de voltajes y corrientes desfasados entre sí y la verificación de tiempos de disparo, para esto es necesario cumplir con los siguientes pasos:

- 1) Cumplir con los pasos de “Instalación” “Puesta en marcha” y “Conexión y desconexión del analizador de parámetros”
- 2) Elegir el régimen de trabajo que se desea (Modo Continuo o Modo Timer), por medio del selector MODO.
- 3) Elegir el tipo de desfasaje que se desea. Se pueden obtener ángulos de fase del voltaje de salida respecto a la corriente de salida entre 0° hasta -90° o entre 0° hasta 90° a través de la conmutación del selector FASE.
- 4) Variar ATV2 hasta obtener el ángulo de fase deseado. La medición se realiza por medio del Analizador de Parámetros.

ATV2

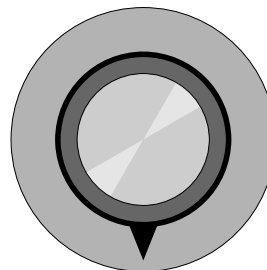


Figura I.3 Variac 2 (ATV2).



ANEXOS

- 5) Variar ATV3 hasta obtener la magnitud de voltaje deseada. La medición se realiza a través del voltímetro digital V1.

ATV3

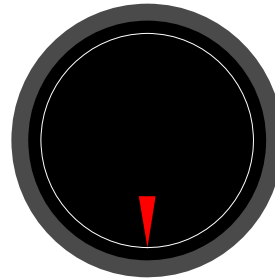


Figura J.2 Variac 3 (ATV3).

- 6) Por medio del cable apropiado dependiendo de la salida de corriente que se quiera utilizar, cortocircuitar ambos bornes de salida, tanto el positivo como el negativo, para permitir el paso de corriente y de esta manera poder establecer los niveles de corriente deseados para la prueba.

Salida de corriente (0-20 (A))



Salida de corriente (20-90 (A))



Figura I.4 Salidas de corriente del banco.

- 7) Para iniciar la inyección de corriente de falla a la salida se debe presionar el pulsador INICIAR FALLA, la luz piloto verde se encenderá.



INICIAR FALLA



Figura I.5 PULSADOR INICIAR FALLA

- 8) Variar ATV1 hasta obtener la magnitud de corriente deseada a la salida del banco. La medición se realiza por medio del amperímetro analógico A1.

ATV1

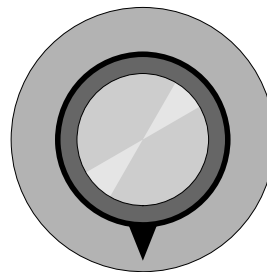


Figura I.6 Variac 1 (ATV1).

- 9) Una vez se haya obtenido el valor de corriente deseado a la salida, presionar el pulsador PARAR FALLA; esto con el objetivo de fijar el valor de corriente a la salida al momento de la próxima inyección de corriente, momento en el cuál se determinará el comportamiento de Corriente vs. Tiempo del relé a ser probado.

PARAR FALLA



Figura I.7 Pulsador PARAR FALLA

- 10) Retirar el cable de la salida de corriente.

- 11) Conectar la salida del banco a la entrada del relé y los contactos del relé a la entrada del banco CONTACTOS DEL RELÉ.
- 12) Presionar de nuevo el pulsador INICIAR FALLA y verificar en el cronómetro digital el tiempo de disparo del relé.

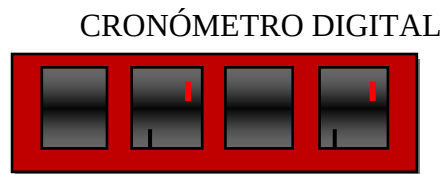


Figura I.8 Displays del CRONÓMETRO DIGITAL.

VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO

Para la verificación del desempeño del banco de inyección de corriente monofásico, es necesario comparar las mediciones entre los dispositivos propios del banco, como lo son el analizador de parámetros y el cronómetro digital, y algún relé numérico que monitoree las variables involucradas en el funcionamiento del banco.

Pasos para la verificación de funcionamiento:

- 1) Cumplir con la “Instalación” y “Puesta en marcha” reseñadas en el manual de usuario.
- 2) Conectar la salida de corriente del banco “Salida de corriente (0-20) (A)” a la entrada de corriente del relé numérico.
- 3) Conectar la salida de voltaje del banco “Salida de voltaje” a la entrada de voltaje del relé numérico.
- 4) Conectar la salida de contactos del relé numérico a la entrada “Contactos del relé”.
- 5) Conectar el analizador de parámetros, cumpliendo con los pasos establecidos en la etapa de “Conexión y desconexión del analizador de parámetros” del manual de usuario.
- 6) Elegir como régimen de trabajo al modo “Timer”, por medio del selector MODO.



ANEXOS

- 7) Elegir el tipo de desfasaje que se desea (0° hasta -90° o 0° hasta 90°) a través de la conmutación del selector FASE.
- 8) Definir en el relé numérico el tiempo de disparo deseado.
- 9) Definir la corriente mínima de operación en el relé numérico.
- 10) Oprimir el pulsador INICIAR FALLA.
- 11) Variar ATV2 hasta obtener el ángulo de fase o factor de potencia deseado. La medición se realiza por medio del relé numérico.
- 12) Variar ATV3 hasta obtener la magnitud de voltaje deseada., evitando sobrepasar el valor nominal de tensión del relé numérico. La medición se realiza por medio del relé numérico.
- 13) Variar ATV1 hasta obtener un valor de corriente superior al definido en el relé numérico.
- 14) Verificar la existencia de disparo en el relé y el tiempo en el cual actuó.
- 15) Verificar los valores de corriente, voltaje y factor de potencia mostrados en los equipos de medición del banco (analizador de parámetros, amperímetro voltímetro).
- 16) Verificar el tiempo de disparo mostrado en el CRONÓMETRO DIGITAL.

Luego de cumplir ordenadamente con los dieciséis pasos anteriores se debe proceder a comparar los valores de voltaje, corriente, factor de potencia y tiempo de disparo medidos por el relé numérico con los valores obtenidos por los equipos de medición del banco. De esta manera se comprueba, asumiendo que el relé numérico está en óptimas condiciones, que el banco de inyección de corriente se encuentra funcionando de igual manera.