

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y
COMPUTACION**

MONITOREO Y CONTROL DE REDES EN BAJA TENSION

TRABAJO DE GRADUACION

**Previo a la obtención del Título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACION: INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

*Julissa Quinde Bustos
Darwin Ronquillo Cepeda
Aquiles Vicuña Torres*

GUAYAQUIL - ECUADOR

2001

AGRADECIMIENTO

AI ING. ALBERTO MANZUR,
Director de Tópico, por su
ayuda y colaboración para
la realización de este trabajo

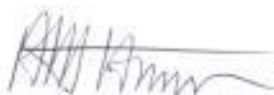
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Carlos Monsalve
Presidente del Tribunal



Ing. Alberto Manzur
Director del Tópico



Ing. Alberto Hanze
Miembro Principal



Ing. Norman Chootong
Miembro Principal

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de graduación, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".



Julíssa Quinde Bustos



Darwin Ronquillo Cepeda



Aquiles Vicuña Torres

RESUMEN

Para obtener la información necesaria para realizar un estudio completo del comportamiento de las redes eléctricas en baja tensión y poder brindar soluciones que nos permitan mejorar la eficiencia de la misma, se requiere el uso de analizadores de redes, los mismos que sirven para registrar diversos parámetros eléctricos tales como: Factores de Potencia, Potencias Activas y Reactivas, Demandas, Voltajes, etc. El estudio se realizó en las siguientes subestaciones de la ESPOL: Laboratorios de Física y Química, Biblioteca Central de Ingenierías, Facultad de Marítima, Facultad de Eléctrica (Edificio Administrativo), Facultad de Mecánica (Parqueadero) y Comedor de Ingenierías.

Luego enfocamos nuestro trabajo en las transferencias eléctricas automáticas que nos permiten mantener un sistema con energía casi sin interrupciones.

Debido a no tener algunos componentes necesarios para realizar la transferencia automática tuvimos que simularla. En el desarrollo del simulador se elaboró un programa para el Controlador Lógico Programable que efectúe las decisiones de control para la transferencia. Además, se diseñaron ventanas de visualización en el Software de Monitoreo Intouch que nos permiten ver cómo se lleva a cabo la transferencia eléctrica en tiempo real, así como también, los parámetros obtenidos por equipos de medición.

En el desarrollo del trabajo se utilizaron los medidores electrónicos CVM y PLEPM. El control de la transferencia automática está basado en un PLC General Electric Fanuc de la serie 90/30 micro y en el programa de monitoreo y simulación Intouch 7.1.

31
31
31
31
32
32.1
32.2
33
33.1

41
41.1
41.2
42
42.1
42.2

INDICE

CAPITULO 1 : INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2 : EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL	2
2.1 EQUIPOS DE MEDICIÓN	2
2.1.1 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (CT)	2
2.1.2 ANALIZADOR DE REDES CVM-MD	3
Requisitos de Conexión del CVM-MD	5
Regleta de Conexiones del CVM-MD	6
Funcionamiento del CVM-MD	7
Comunicaciones del CVM-MD	7
2.1.3 POWER LEADER ELECTRONIC POWER METER (PLEPM)	8
Requisitos de Conexión del PLEPM	9
Regleta de Conexiones del PLEPM	9
2.2 EQUIPO DE CONTROL	10
2.2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	10
CAPITULO 3 : SOFTWARES	11
3.1 SOFTWARES DE COMUNICACIÓN	11
3.1.1 GE32MODBUS	11
3.1.2 GESNP	11
3.1.3 SNP	11
3.2 SOFTWARE DE PROGAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN	11
3.2.1 LM90 MICRO	12
3.2.2 SET_MEM	12
3.3 SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN	12
3.3.1 INTOUCH 7.1	12
CAPITULO 4: COMUNICACIÓN	13
4.1 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	13
4.1.1 PROTOCOLO COMMNET	13
4.1.2 PROTOCOLO MODBUS	13
4.2 EQUIPOS DE COMUNICACIÓN	14
4.2.1 CONCENTRADOR	14
4.2.2 CONVERTIDOR 485/232	15

CAPITULO 5 : MONITOREO DE REDES EN BAJA TENSIÓN	17	
5.1	INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN	17
5.1.1	PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN	19
5.2	BANCO DE TRANSFORMADORES BIBLIOTECA CENTRAL DE INGENIERÍAS	20
5.2.1	ANÁLISIS DE VOLTAJES	20
5.2.2	ANÁLISIS DE CORRIENTES	21
5.2.3	ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA	22
5.2.4	OBSERVACIONES	22
5.3	BANCO DE TRANSFORMADORES COMEDOR DE INGENIERÍAS	22
5.3.1	ANÁLISIS DE VOLTAJES	23
5.3.2	ANÁLISIS DE CORRIENTES	23
5.3.3	ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA	24
5.3.4	OBSERVACIONES	24
5.4	BANCO DE TRANSFORMADORES FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN (EDIFICIO ADMINISTRACIÓN)	25
5.4.1	ANÁLISIS DE VOLTAJES	25
5.4.2	ANÁLISIS DE CORRIENTES	26
5.4.3	ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA	26
5.4.4	OBSERVACIONES	27
5.5	BANCO DE TRANSFORMADORES LABORATORIOS DE FÍSICA Y QUÍMICA	27
5.5.1	ANÁLISIS DE VOLTAJES	27
5.5.2	ANÁLISIS DE CORRIENTES	28
5.5.3	ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA	29
5.5.4	OBSERVACIONES	29
5.6	BANCO DE TRANSFORMADORES INGENIERÍA MARÍTIMA	29
5.6.1	ANÁLISIS DE VOLTAJES	30
5.6.2	ANÁLISIS DE CORRIENTES	30
5.6.3	ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA	31
5.6.4	OBSERVACIONES	31
5.7	BANCO DE TRANSFORMADORES INGENIERÍA MECÁNICA(Parqueadero)	32
5.7.1	ANÁLISIS DE VOLTAJES	32
5.7.2	ANÁLISIS DE CORRIENTES	33

5.7.3	ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA	33
5.7.4	OBSERVACIONES	34
CAPITULO 6 : MONITOREO Y CONTROL DE REDES EN BAJA TENSIÓN		35
6.1	SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA TRANSFERENCIA ELÉCTRICA AUTOMÁTICA	35
6.1.1	DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LOS BLOQUES QUE COMPONEN EL SISTEMA	36
6.1.1.1	SUMINISTRO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA	37
6.1.1.2	MEDIDOR 1	37
6.1.1.3	GENERADOR DE EMERGENCIA	38
6.1.1.4	MEDIDOR 2	39
6.1.1.5	TABLERO DE TRANSFERENCIA	39
	Sólo Empresa Eléctrica	40
	Sólo Generador	40
	Automático Ejercicio sin Carga	40
	Automático Ejercicio con Carga	40
6.1.1.6	COMPUTADORA	41
6.2	MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA ELÉCTRICA AUTOMÁTICA	47
6.2.1	SELECCIÓN DE MODO DE TRANSFERENCIA	47
6.2.2	SELECCIÓN MANDO LOCAL Ó REMOTO	47
6.2.3	PROCEDIMIENTO PARA SALIR DE UNA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN	48
6.2.4	FUNCION DE LAS PANTALLAS DE MONITOREO Y CONTROL	48
	Observaciones	52
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA	60

ANEXOS

A : TABLAS Y GRÁFICOS BIBLIOTECA CENTRAL DE INGENIERÍAS

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Nuestro trabajo está enfocado a investigar las causas que ocasionan que la ESPOL registre un bajo factor de potencia. Pretendemos dar soluciones y recomendaciones que permitan mejorar su factor a 0.92 en atraso, que es el mínimo exigido.

Por otro lado, hoy en día la tendencia de las industrias es modernizar su producción mediante la automatización de procesos, razón por la cual deben tener un servicio de energía eléctrico continuo que evite paralizar sus actividades. Considerando lo antes mencionado, realizaremos un sistema de transferencia eléctrico automático que tenga los siguientes modos de operación:

- Sólo Empresa Eléctrica
- Sólo Generador
- Automático Ejercicio Sin Carga
- Automático Ejercicio con Carga

Además, permitirá la selección de éstos de manera remota (desde el computador) o de forma local (desde el tablero de transferencia).

CAPÍTULO 2

EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

En este capítulo se detallan los equipos de medición que se utilizaron para realizar el monitoreo y registro de los parámetros eléctricos de las subestaciones de la ESPOL, así como también, los equipos de medición y control empleados en la transferencia eléctrica automática.

2.1 EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos de medición utilizados son los analizadores de redes CVM y los PLEPM. Cabe indicar que estos equipos miden las corrientes alternas de forma indirecta, por lo que necesitan transformadores de corrientes (CT).

2.1.1 TRANSFORMADORES DE CORRIENTES (CT)

Los transformadores de corrientes son instrumentos utilizados para medir de manera indirecta la corriente eléctrica alterna (figura 1). Hay CT's de un solo núcleo y de núcleo partido.

Los CT's utilizados son de núcleo partido, los valores nominales de éstos vienen etiquetados como relaciones $I_n / 5$. Cada CT tiene 4 terminales: Un terminal (P1) que es por donde entra el flujo de corriente a medir, un terminal (P2) que es por donde sale el flujo y dos terminales de salida S1 y S2 que son los que se conectan al analizador de redes y llevan la corriente transformada.

Los pernos pasantes son los que permiten abrir el núcleo del CT para ubicar los conductores que llevan la corriente a medir, para luego cerrar y asegurar el CT.

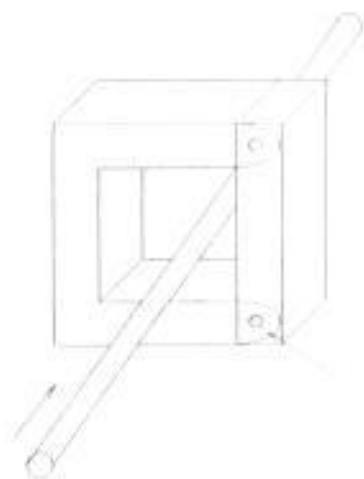


Figura 1. Transformador de Corriente

2.1.2 ANALIZADOR DE REDES CVM-MD

El analizador de redes CVM-MD (figura 2) es un instrumento de medida programable que mide, calcula y visualiza los principales parámetros eléctricos en redes industriales monofásicas y trifásicas (equilibradas o desequilibradas).

La medida se realiza en verdadero valor eficaz, mediante tres entradas de tensión a.c. y tres entradas de intensidad a.c. (a través de transformadores de corriente $I_n / 5A$), que permiten analizar simultáneamente tensión, e intensidad.

A partir de estos datos, mediante un procesador interno, realiza el cálculo de los demás parámetros eléctricos: factor de potencia, frecuencia de red, potencia activa, potencia reactiva inductiva, potencia reactiva capacitiva, y la potencia aparente trifásica.

El CVM-MD permite visualizar hasta 30 parámetros eléctricos (35 parámetros mediante módulos de expansión), mediante 3 displays numéricos. En los displays se visualiza:

- (a) La tensión simple o compuesta de las tres fases.
- (b) 3 parámetros a elegir
- (c) 3 parámetros seleccionables. (según la Tabla I).

Tabla I
Parámetros que visualiza el CVM-MD

Parámetro	L1	L2	L3	Promedio	Suma
Tensión Simple	X	X	X	X	
Tensión Compuesta	X	X	X	X	
Intensidad	X	X	X	X	
Potencia Activa	X	X	X		X
Potencia Reactiva L	X	X	X		X
Potencia Reactiva C	X	X	X		X
Factor de Potencia	X	X	X	X	
Potencia Aparente					X
Frecuencia	X				

POTENCIA Maximetro (kW ó kVA)

Y si tiene conectado el módulo de Energía + Reloj, además: Mide Tiempo (fecha y hora), Energía Activa (Kwh), Energía Reactiva Inductiva (Kvarh.L) y Energía Reactiva Capacitiva (Kvarh.C).

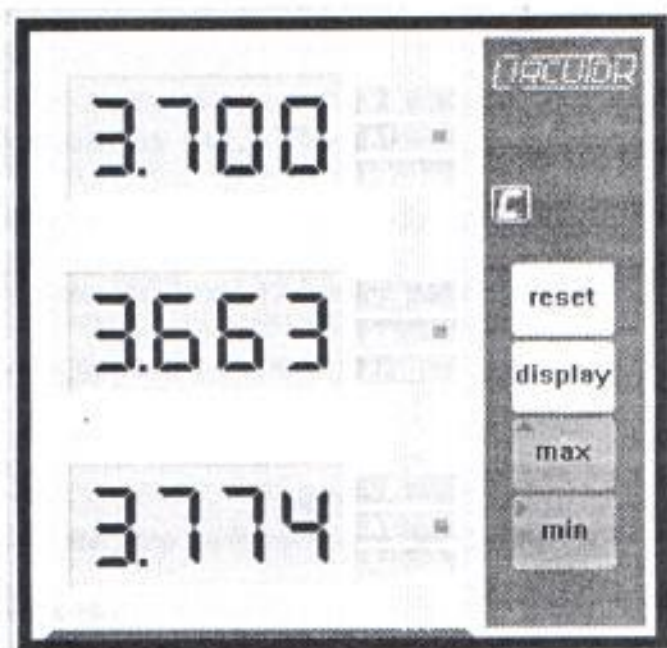


Figura 2. CVM-MD

La memoria del CVM-MD se puede configurar en modo estándar o modo especial, en modo Estándar almacena los parámetros por defecto y en el modo Especial almacena sólo los que el usuario desee (de 1 a 180 parámetros).

Requisitos de Conexión del CVM-MD

- Tensión de alimentación: 230 / 400 V c.a. + 10 % / - 15 %

- Frecuencia de alimentación: 50.60 Hz
- Tensión máxima en el circuito de medida de tensión:
500 V c.a. fase-neutro / 866 V c.a. entre fases
- Corriente máxima admisible: Transformador de In / 5A
- Posibilidad de comunicación: RS-232 ó RS-485 (incorporación de módulos de comunicación)

Regleta de conexiones del CVM-MD

El CVM-MD dispone de una regleta de conexiones en el lateral del aparato. Dicha regleta consta de 12 bornes para conectar la alimentación del equipo y las señales de medición de la red.

Tabla II
Regleta de conexiones del CVM-MD

Borna No.	Parámetro
1	0 V
2	230 V
3	400 V
4	S2 IL3
5	S1 IL3
6	S2 IL2
7	S1 IL2
8	S2 IL1
9	S1 IL1
10	VL3
11	VL2
12	VL1

Nota: Los pines 4, 6, 8 están unidos en el interior del CVM-MD

Funcionamiento del CVM-MD

El equipo está formado por 3 displays, cada uno dispone de tres leds o indicadores luminosos (rojo, verde y amarillo). Según esté iluminado uno u otro indicará el parámetro que muestra el display en este momento.

Cuando se conecta la alimentación del equipo CVM-MD, durante unos segundos, se iluminan los 9 leds del aparato y en display aparece "Circutor PDnn" (indica versión programa) y a continuación se puede leer "CARD TYPE 000x" (identificación de módulos conectados). Tras unos segundos, el aparato está preparado para su funcionamiento, mostrando una de las pantallas posibles. Se enciende al lado de cada display uno de los leds, indicando el parámetro que se está midiendo.

Comunicaciones del CVM-MD

Uno o varios aparatos CVM-MD pueden conectarse a un ordenador. Mediante este sistema puede lograrse, además del funcionamiento habitual de cada uno de ellos, la centralización de datos en un solo punto. El CVM-MD, conjuntamente con el módulo CVM/xx485, tiene una salida de comunicación serie tipo 485. Si se conectan más de un aparato a una sola línea serie, es preciso asignar a cada uno de ellos un número o dirección (de 01 a 99) a fin de que el ordenador central envíe a dichas direcciones las consultas de datos. También puede trabajar con una salida RS-232, en este caso se conectará un módulo de comunicación tipo CVM/xx232.

2.1.3 POWER LEADER ELECTRONIC POWER METER (PLEPM)

El PLEPM (figura 3), es un medidor electrónico, que monitorea continuamente y muestra los valores en dos líneas alfanuméricas de cristal líquido en el panel frontal, actualizándolos cada 3 segundos. Monitorea y almacena los valores de corriente y voltaje de las tres fases, de los cuales calcula Corriente RMS, Voltaje RMS, Potencia activa y reactiva, Energía, Factor de potencia y otros valores relacionados. Estos valores mencionados también aparecen en la pantalla del medidor, dependiendo de cómo esté configurado el medidor, ya sea en estrella o en delta. En configuración estrella el medidor puede proporcionar hasta 30 parámetros y en delta hasta 23. Además, este equipo tiene capacidad de comunicación la misma que depende de la tarjeta de comunicación que tenga instalada y puede ser PROTOCOLO COMMNET o MODBUS.

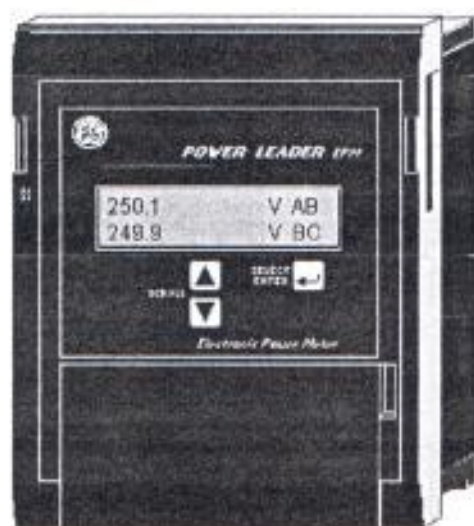


Figura 3. PLEPM

Requisitos de Conexión del PLEPM

- Tensión de alimentación: 480 V a.c. rms, + 10 % / - 15 %
- Tensión máxima en el circuito de medida de tensión: 600 V a.c. rms. Entre fases.
- Corriente máxima admisible: Transformador de In / 5A
- Posibilidad de comunicación: RS-485 ó Commnet.

Regleta de conexiones del PLEPM

El PLEPM dispone de una regleta de conexiones en la parte posterior del aparato. Dicha regleta consta de 10 bornes para conectar la alimentación del equipo y las señales de medición de la red:

Tabla III
Regleta de conexiones del PLEPM

Borna No.	Parámetro
1	VL1
2	VL2
3	S1 IL1
4	S2 IL1
5	S1 IL2
6	S2 IL2
7	S1 IL3
8	S2 IL3
9	VL3
10	0 V

2.2 EQUIPO DE CONTROL

El equipo de control que se utiliza es el Controlador Lógico Programable (PLC), el mismo que se detalla a continuación.

2.2.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

El PLC (figura 4) es un microcontrolador programable que sirve para la automatización de procesos industriales y de transferencias eléctricas. Acepta entradas digitales y analógicas según el modelo. Normalmente estas entradas provienen de switches, contactos de señalización o de disparo de disyuntores y sensores, las mismas que son evaluadas en un programa que genera salidas de control para diversos tipos de máquinas, equipos y procesos.

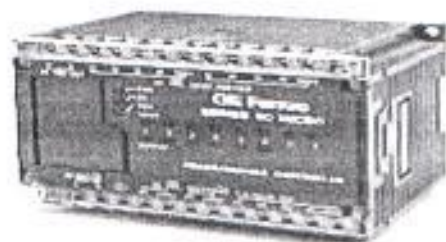


Figura 4. PLC Fanuc

CAPÍTULO 3

SOFTWARES

En este capítulo se mencionan y describen los softwares que hemos utilizado en el desarrollo de los tópicos.

3.1 SOFTWARES DE COMUNICACIÓN

Los softwares de comunicación utilizados son: el GE32MODBUS, el GESNP.

3.1.1 GE32MODBUS

Permite comunicar a través del protocolo Modbus la información que envían los PLEPM's mediante registros hacia el Intouch. Además, cabe indicar que este software permite comunicar otros medidores que tengan drivers de comunicación para el Intouch.

3.1.2 GESNP

Es el driver de comunicación entre el Intouch y el PLC. Permite el intercambio de información entre ambos.

3.2 SOFTWARES DE PROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN

Los softwares de programación y configuración utilizados son el LM90 MICRO y el SET-MEM.

3.2.1 LM90 MICRO

Este es el software que sirve para editar el programa del Controlador Lógico Programable de General Electric de la Serie 90/30 Micro. Además, permite configurar el PLC.

3.2.2 SET_MEM

Permite configurar la memoria del CVM-MD.

3.3 SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN

El software de visualización que se utilizó es el Intouch 7.1.

3.3.1 INTOUCH 7.1.

Es un programa creado por Wonderware FactorySuite, se ejecuta bajo Windows, es un generador de aplicaciones gráficas para la interface hombre máquina, sirve para supervisar y monitorear el control de procesos industriales.

CAPÍTULO 4

COMUNICACIÓN

En este capítulo se mencionan y describen los protocolos y equipos de comunicación que hemos utilizado en el desarrollo de los tópicos.

4.1 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Los protocolos de comunicación utilizados son: el COMMNET y el MODBUS (RS-485).

4.1.1 PROTOCOLO COMMNET

Este es el protocolo propietario de General Electric para comunicaciones, no tiene paridad y permite conectar equipos a distancias no mayores a 1000 pies sin repetidores.

4.1.2 PROTOCOLO MODBUS

Este es un protocolo de comunicación abierto y fue desarrollado por Modicon/AEG Schneider Automation. Además, es uno de los protocolos más utilizados hoy en día por la velocidad de la red (20 veces más rápida que commnet), la distancia de interconexión y la cantidad de equipos que pueden conectarse a un punto de red.

4.2 EQUIPOS DE COMUNICACIÓN

Los equipos de comunicación utilizados son un CONCENTRADOR y un CONVERTIDOR RS-485/RS-232.

4.2.1 CONCENTRADOR

El POWER LEADER MODBUS CONCENTRATOR ilustrado en la figura 5, es un elemento que permite conectar de 1 hasta 32 equipos que conformen una red con el protocolo COMMNET y además, tiene una entrada adicional Modbus. Este equipo transforma la información que le ingresa bajo protocolo commnet y modbus a una información en protocolo abierto Modbus RTU.

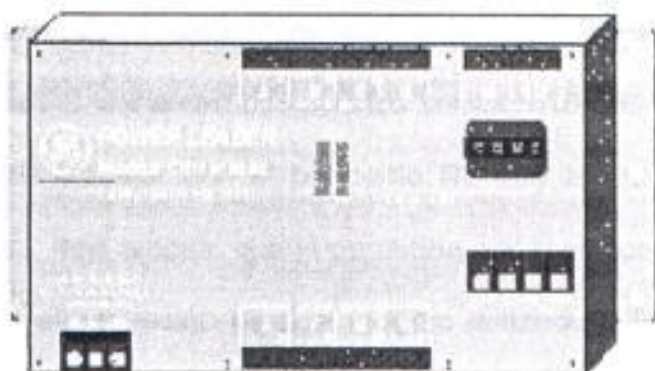


Figura 5. Concentrador Modbus

La entrada Modbus RS-485 del concentrador puede ser configurada a 1200, 2400, 9600 y 19200 baudios, sin paridad y ocho bits de datos con un bit de paro.

Todos los equipos conectados al Concentrador se les asignará la dirección del equipo programado en la tarjeta commnet menos 267, es decir que si la dirección en la tarjeta Commnet de un PLEPM es 403, la dirección del PLEPM para la Red Modbus será 135. El rango válido de las direcciones Commnet reconocidas por el concentrador es 300 a 514. Estas direcciones son mapeadas una a una para su equivalente rango de direcciones Modbus de 33 a 247.

4.2.2 CONVERTIDOR 485/232

El convertidor es un equipo que realiza la conversión del protocolo serial RS-485 al protocolo RS-232. Este dispositivo es frecuentemente utilizado para comunicar las computadoras con cualquier red Modbus, ya que normalmente las PC viene con dos puertos seriales RS-232.

La ventaja de trabajar con el protocolo RS-485 es que la distancia de comunicación es más amplia que la permitida por el protocolo RS-232.

El voltaje de alimentación para el modelo utilizado CIRCUTOR 232/485 OPTOISOLATED CONVERTER (figura 6) es de 220 V a.c. y la velocidad de transmisión de datos puede estar entre 1200 y 19200 baudios.

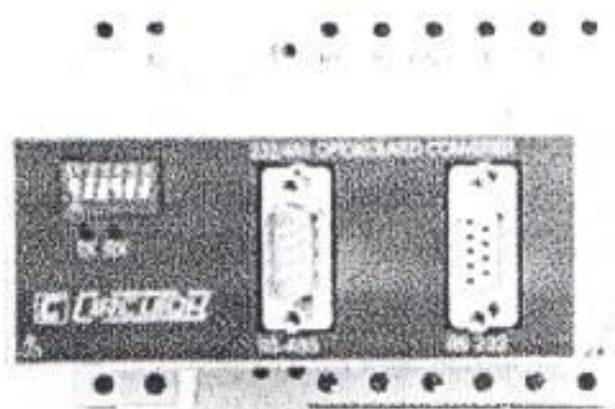


Figura 6. Convertidor Circutor 232/485

CAPÍTULO 5

MONITOREO DE REDES EN BAJA TENSIÓN

En este capítulo se realiza el análisis de las siguientes subestaciones de la ESPOL: Laboratorios de Física y Química, Biblioteca Central de Ingenierías, Facultad de Ingeniería Marítima, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (Edificio Administrativo), Facultad de Ingeniería Mecánica (Parqueadero) y Comedor de Ingenierías.

El trabajo comprende en el estudio para encontrar las causas que hacen que la ESPOL esté registrando un bajo Factor de Potencia, para lo cual se hará análisis de Niveles de Corrientes, Voltajes y Factor de potencia.

5.1 INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

En la figura 7 se muestra el diagrama de conexiones típico del analizador de redes CVM-MD, los transformadores de corrientes (CT), instalados en una subestación en el lado de baja tensión. Esta red es para que el CVM-MD registre los parámetros eléctricos que luego serán bajados a un ordenador. Como se puede apreciar en la medición constan 3 CTs y 1 CVM-MD.

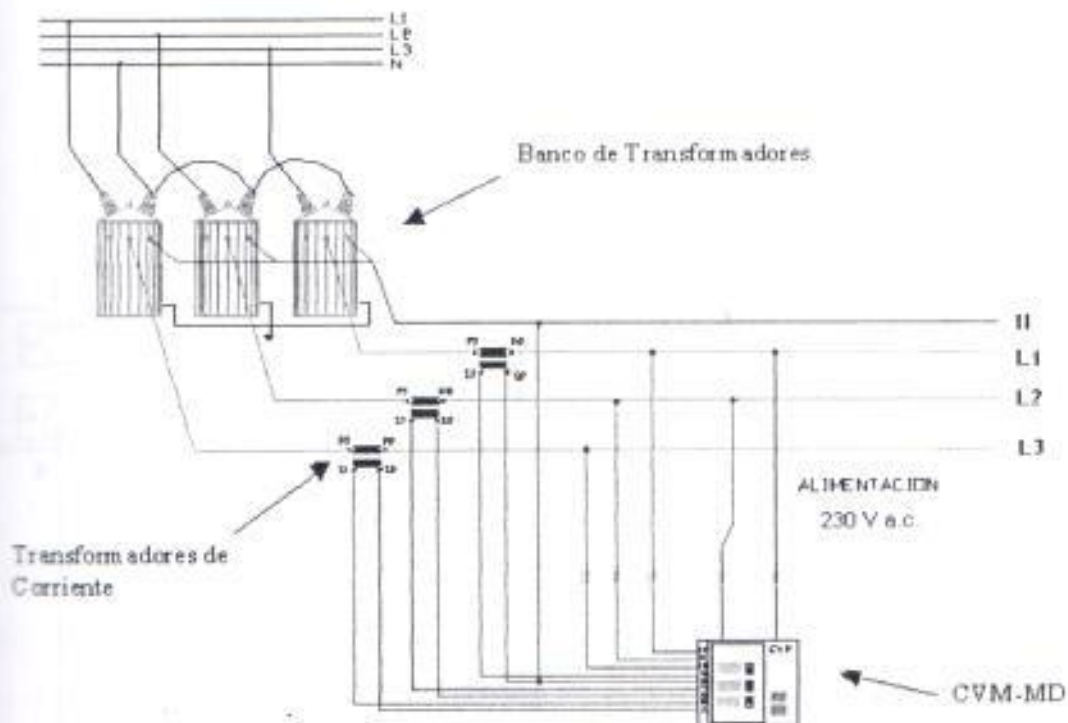


Figura 7. Instalación Equipo de Medición CVM-MD y CTs

En la figura 8 ilustrada a continuación se muestra la forma de conectar los equipos para la configuración de la memoria del CVM-MD (medición modo especial). El programa que permite la configuración de la memoria del CVM-MD es el SET-MEM. Esta misma conexión sirve para bajar los datos que están en la memoria del CVM-MD al PC. Los equipos que participan en esta conexión son: un CVM-MD, un computador y un convertidor de RS-485 a RS-232. La presencia del convertidor se justifica ya que el puerto de la computadora es un serial RS-232 y el CVM tiene puerto RS-485.

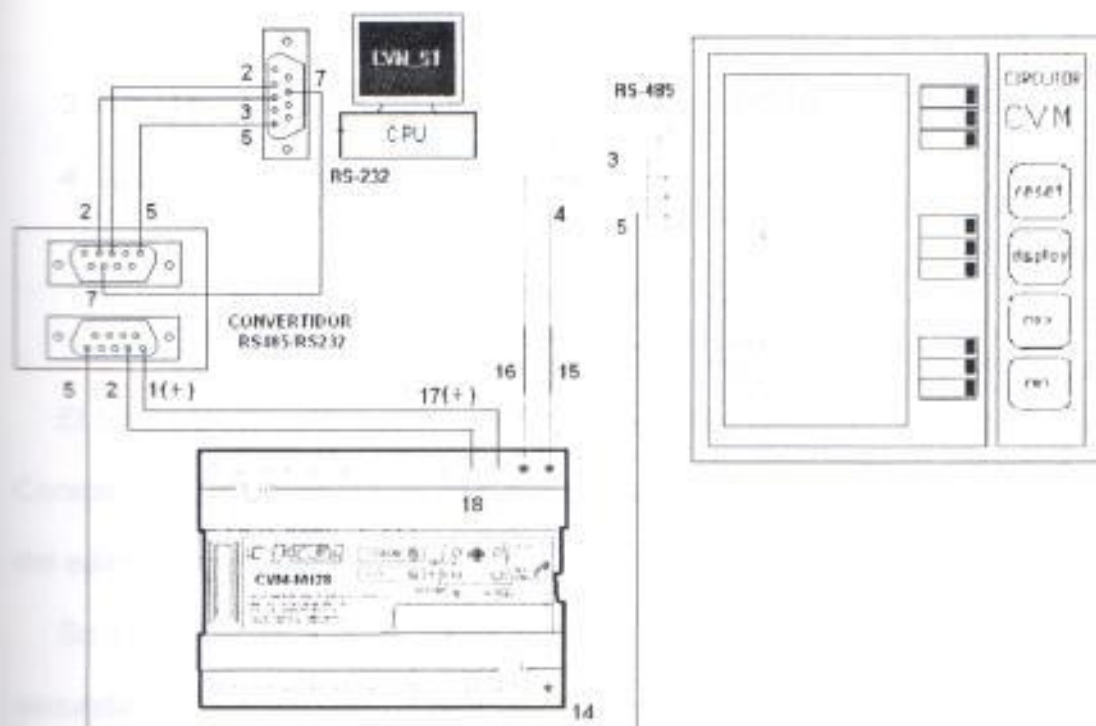


Figura 8. Configuración de la memoria del CVM-MD modo especial

5.1.1 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

Para instalar los equipos de acuerdo a la figura 7, se sigue el siguiente procedimiento:

1. Conecte los secundarios S1 y S2 de los CT al medidor CVM-MD. Asegúrese de que la polaridad sea la correcta y de la fase correspondiente.
2. Encierre los conductores que transportan la corriente de la línea 1 en la ventana del CT. Asegúrese de que la cara del CT que tiene

- marcado la etiqueta P1 esté hacia el secundario de los transformadores. Haga lo mismo para las líneas 2 y 3.
3. Conecte las líneas de medición de voltaje al CVM-MD.
4. Conecte la alimentación de voltaje de 220 al medidor.

5.2 BANCO DE TRANSFORMADORES BIBLIOTECA CENTRAL DE INGENIERÍAS

El banco de transformadores que entrega energía eléctrica a la Biblioteca Central de Ingenierías (ver anexo A) se encuentra ubicado en el cuarto 2-118 del edificio del mismo nombre, y tiene una capacidad de 3 x 167 KVA.

Su conexión es estrella en el primario (neutro a tierra) y estrella en el secundario (neutro a tierra) para dar un servicio de 120 / 208 V.

Los equipos de medición fueron instalados en la subestación a partir de las 11:00 horas del lunes 08 de mayo del 2000 y fueron retirados a las 08:30 horas del jueves 11 del mismo mes y año.

5.2.1 ANÁLISIS DE VOLTAJES

Al hacer el análisis de los datos de las corrientes medidas nos encontramos con lo siguiente:

- Los voltajes promedios por fase son 130, 130 y 127 voltios con un promedio de 129 voltios.
- Mientras que, los promedios de voltajes entre fases son 224, 222 y 221 voltios, con un promedio de voltaje compuesto de 222 voltios. En base a

esto se puede decir que el desbalance porcentual de voltaje entre fases es 0.9%, es decir prácticamente despreciable.

5.2.2 ANÁLISIS DE CORRIENTES

Al analizar los datos de las corrientes medidas nos encontramos con lo siguiente:

- A partir de las 07:00 horas los niveles de corriente aumentan considerablemente. Luego, los promedios de las corrientes por fase son 362, 360, 335 amperios para las fases 1, 2 y 3 respectivamente hasta las 15:30 horas cuando se retira la mayor parte del personal que labora en la Biblioteca.
- Después los valores de las corrientes son bajos con los siguientes promedios por fase: 34, 38 y 35 amperios para las fases 1, 2 y 3 respectivamente.
- Durante el período de medición se pudo notar que éstas se encontraban entre 0 y 202 amperios para la fase 1, entre 15 y 499 para la fase 2 y entre 12 y 462 amperios para la fase 3.
- El promedio general por fase a lo largo de toda la medición es de 141 amperios.

5.2.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA

El factor de potencia trifásico durante el día es de 0.92 y por la noche es de 0.94 en atraso. Su valor promedio en el periodo de medición es de 0.92 en atraso.

5.2.4 OBSERVACIONES

En este banco de transformadores no hay medidor de energía eléctrica. El voltaje promedio por fase de 129 voltios puede disminuir la vida útil de máquinas monofásicas que estén diseñadas para operar a 110 voltios, así como también ocasiona que estos motores tengan un menor factor de potencia.

5.3 BANCO DE TRANSFORMADORES COMEDOR DE INGENIERÍAS

El banco de transformadores que entrega energía eléctrica al Comedor de Ingenierías (ver anexo B) se encuentra ubicado en el cuarto 7-113, y tiene una capacidad de 3 x 75 KVA.

Su conexión es estrella en el primario (neutro a tierra) y estrella en el secundario (neutro a tierra) para dar un servicio de 120 / 208 V.

La instrumentación de medición fue instalada en la subestación a partir de las 10:50 horas del lunes 29 de mayo del 2000 y fue retirada a las 09:40 horas del jueves 01 de junio del mismo año.

5.3.1 ANÁLISIS DE VOLTAJES

Al hacer el análisis de los datos de los voltajes medidos nos encontramos con lo siguiente:

- Los niveles de voltajes promedios por fase se encuentran entre 110 y 130 con un promedio de 126 voltios.
- Mientras que, los promedios de voltajes entre fases son 222, 223 y 224 voltios, con un promedio de voltaje compuesto de 223 voltios. En base a esto se puede decir que el desbalance porcentual de voltaje entre fases es de 0.45%, es decir prácticamente despreciable.

5.3.2 ANÁLISIS DE CORRIENTES

Al analizar los datos de las corrientes medidas nos encontramos con lo siguiente:

- A partir de las 07:00 horas los niveles de corriente aumentan considerablemente. Luego, los promedios de las corrientes por fase son 88, 46, 77 amperios para las fases 1, 2 y 3 respectivamente hasta las 18:30, hora en la cual se retira la mayor parte del personal que labora en este edificio.
- Luego, los valores de las corrientes son bajos con los siguientes promedios por fase: 33, 6 y 27 amperios para las fases 1, 2 y 3 respectivamente.

- En el período de medición de corrientes se pudo encontrar que éstas se encontraban entre 16 y 137 amperios para la fase 1, entre 0 y 87 amperios para la fase 2 y entre 16 y 134 amperios para la fase 3.
- El promedio general por fase de las corrientes a lo largo de toda la medición es de 44 amperios.

5.3.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA

En el periodo 7:00 a 18:30 horas se encuentran los mejores valores de factores de potencia. En este lapso de tiempo los factores de potencia promedios por fase son 0.91, 0.86 y 0.95 para las fases 1, 2 y 3 respectivamente, lo que da un factor de potencia trifásico de 0.91. En el resto del periodo, los promedios por fase de los factores de potencia son 0.75, 0.33 y 0.90 para las fases 1, 2 y 3 respectivamente, de donde se obtiene un factor de potencia trifásico de 0.81. El factor de potencia trifásico durante el periodo de medición es de 0.86 en atraso.

5.3.4 OBSERVACIONES

En este banco de transformadores hay medidor de energía eléctrica.

El voltaje promedio por fase de 128 voltios puede disminuir la vida útil de máquinas monofásicas que estén diseñadas para operar a 110 voltios, así como también ocasiona que estos motores tengan un menor factor de potencia en comparación con el que tuviesen si el voltaje aplicado fuera el de placa.

5.4 BANCO DE TRANSFORMADORES FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN (Edificio Administrativo)

El banco de transformadores que entregan fluido eléctrico a las oficinas de administración de la Facultad de Ingeniería Eléctrica (ver anexo C) se encuentra ubicado en el cuarto 27A – 116, y tiene una capacidad de 3 x 37.5 KVA.

Su conexión es estrella en el primario (neutro a tierra) y estrella en el secundario (neutro a tierra) para dar un servicio de 120 / 208 V.

La instrumentación de medición fue instalada en el respectivo cuarto de transformadores a partir de las 10:50 horas del lunes 24 de abril del 2000 y fueron retirados a las 9:20 horas del jueves 27 del mismo mes y año.

5.4.1 ANÁLISIS DE VOLTAJES

Al hacer el análisis de los datos de los voltajes medidos nos encontramos con lo siguiente:

- Los niveles de voltajes promedios por fase son 125, 125 y 124 con un promedio de 124 voltios.
- Mientras que, los promedios de voltajes entre fases son 215, 216 y 217 voltios, con un promedio de voltaje compuesto de 215 voltios. En base a esto se puede decir que el desbalance porcentual de voltaje entre fases es de 0.93%, es decir prácticamente despreciable.

5.4.2 ANÁLISIS DE CORRIENTES

Al analizar los datos de las corrientes nos encontramos con lo siguiente:

- A partir de las 07:00 horas los niveles de corriente aumentan considerablemente. Luego, los promedios de las corrientes por fase son 103, 88 y 97 amperios para las fases 1, 2 y 3 respectivamente hasta las 16:30, hora en la cual se retira la mayor parte del personal que labora en este edificio.
- Después los valores de las corrientes son bajos con los siguientes promedios por fase: 28, 24 y 30 amperios para las fases 1, 2 y 3 respectivamente.
- Durante el período de medición de corrientes se pudo encontrar que éstas estaban entre 6 y 153 amperios para la fase 1, entre 0 y 136 amperios para la fase 2 y entre 7 y 149 amperios para la fase 3.
- El promedio general por fase durante la medición es de 55 amperios.

5.4.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA

En el periodo de medición los factores de potencia promedios por fase son 0.90, 0.94 y 0.94 para las fases 1, 2 y 3 respectivamente.

El factor de potencia trifásico durante el periodo de medición es de 0.94 en atraso.

5.4.4 OBSERVACIONES

El voltaje promedio por fase de 124 voltios puede disminuir la vida útil de máquinas monofásicas que estén diseñadas para operar a 110 voltios, así como también ocasiona que estos motores tengan un menor factor de potencia en comparación con el que tuviesen si el voltaje aplicado fuera el de placa.

5.5 BANCO DE TRANSFORMADORES LABORATORIOS DE FÍSICA Y QUÍMICA

El banco de transformadores que entrega energía eléctrica a los laboratorios de física y química (ver anexo D) se encuentra localizado en el cuarto 27A - 117 y tiene una capacidad de 3 x 75 KVA, con un tap en la posición 3.

Su conexión es estrella en el primario (neutro a tierra) y estrella en el secundario (neutro a tierra) para dar un servicio de 120 / 208 V.

Los equipos de medición fueron instalados en la subestación a partir de las 11:30 horas del lunes 29 de mayo del 2000 y fueron retirados a las 08:40 horas del jueves 01 de junio del mismo y año.

5.5.1 ANÁLISIS DE VOLTAJES

Al hacer el análisis de los datos de los voltajes medidos nos encontramos con lo siguiente:

- Los voltajes promedios por fase son 126, 127 y 125 voltios con un promedio de 126 voltios.
- Mientras que, los promedios de voltajes entre fases son 217, 217 y 216 voltios, con un promedio de voltaje compuesto de 217 voltios. En base a esto se puede decir que el desbalance porcentual de voltaje entre fases es 0.46 %, es decir prácticamente despreciable.

5.5.2 ANÁLISIS DE CORRIENTES

Al analizar los datos de las corrientes medidas nos encontramos con lo siguiente:

- En el periodo de 7:30 hasta las 21:30 horas aproximadamente se encuentran los niveles más altos de corrientes. Al iniciar este periodo los niveles de corriente por fase aumentan considerablemente, y de ahí en adelante manteniendo un promedio de 86 amperios para la fase 1, 67 amperios para la fase 2 y 94 amperios para la fase 3. En el periodo restante las corrientes son menores y tienen un promedio de 38, 21 y 20 amperios para la fase 1, 2 y 3 respectivamente.
- Los promedios generales de las corrientes por fase en el periodo de medición son de 65, 47 y 61 amperios para la fase 1, 2 y 3 respectivamente. Además en este periodo los niveles de corriente se encontraron entre 21 y 124 amperios para la fase 1, y entre 16 y 120 amperios para la fase 2 y entre 0 y 125 amperios para la fase 3.

5.5.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA

- Los factores de potencia promedios por fase en el horario de 7:30 a 21:30 horas son 0.97, 0.98 y 0.97 para las fases 1, 2 y 3 respectivamente, lo que da un factor de potencia trifásico de 0.97. En el resto del periodo, los promedios por fase de los factores de potencia son 0.85, 0.82 y 0.97 para las fases 1, 2 y 3 respectivamente, de donde se obtiene un factor de potencia trifásico de 0.88.
- El factor de potencia trifásico durante el periodo de medición es de 0.93 en atraso.

5.5.4 OBSERVACIONES

En este banco de transformadores hay medidor de energía eléctrica.

El voltaje promedio por fase de 128 voltios puede disminuir la vida útil de máquinas monofásicas que estén diseñadas para operar a 110 voltios, así como también ocasiona que estos motores tengan un menor factor de potencia en comparación al que tendrían si el voltaje aplicado sea el de placa.

5.6 BANCO DE TRANSFORMADORES INGENIERÍA MARÍTIMA

El banco de transformadores que entrega energía eléctrica a Maritima (ver anexo E) se encuentra ubicado en el cuarto DIECLT Edif. 60, y tiene una capacidad de 3 x 100 KVA..

Su conexión es estrella en el primario (neutro a tierra) y estrella en el secundario (neutro a tierra) para dar un servicio de 120 / 208 V.

La instrumentación de medición fue instalada en la subestación a partir de las 10:10 horas del jueves 11 de mayo del 2000 y fue retirada a las 09:10 horas del lunes 15 del mismo mes y año.

5.6.1 ANÁLISIS DE VOLTAJES

Al hacer el análisis de los datos de los voltajes medidos nos encontramos con lo siguiente:

- Los niveles de voltajes promedios por fase son 125, 127 y 126 con un promedio de 126 voltios.
- Mientras que, los promedios de voltajes entre fases son 219, 220 y 217 voltios, con un promedio de voltaje compuesto de 218 voltios. En base a esto se puede decir que el desbalance porcentual de voltaje entre fases es de 0.91%, es decir prácticamente despreciable.

5.6.2 ANÁLISIS DE CORRIENTES

Al analizar los datos de las corrientes medidas nos encontramos con lo siguiente:

- A partir de las 07:30 horas los niveles de corriente aumentan considerablemente. Luego, los promedios de las corrientes por fase son 43, 51 y 38 amperios para las fases 1, 2 y 3 respectivamente hasta las 16:30, hora en la cual se retira la mayor parte del personal que labora en este edificio.

- Después los valores de las corrientes son bajos con los siguientes promedios por fase: 12, 11 y 9 amperios para las fases 1, 2 y 3 respectivamente.
- Durante el periodo de medición de corrientes se pudo encontrar que éstas se encontraban entre 3 y 118 amperios para la fase 1, entre 0 y 128 amperios para la fase 2 y entre 0 y 115 amperios para la fase 3.
- El promedio general por fase de las corrientes a lo largo de toda la medición es de 20 amperios.

5.6.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA

En el periodo 8:30 a 16:30 horas se encuentran los mejores valores de factores de potencia. En este lapso de tiempo los factores de potencia promedios por fase son 0.97, 0.91 y 0.95 para las fases 1, 2 y 3 respectivamente, lo que da un factor de potencia trifásico de 0.93. En el resto del periodo, los promedios por fase de los factores de potencia son 0.99, 0.85 y 0.74 para las fases 1, 2 y 3 respectivamente, de donde se obtiene un factor de potencia trifásico de 0.91. El factor de potencia trifásico durante el periodo de medición es de 0.92 en atraso.

5.6.4 OBSERVACIONES

En este banco de transformadores hay medidor de energía eléctrica.

El voltaje promedio por fase de 126 voltios puede disminuir la vida útil de máquinas monofásicas que estén diseñadas para operar a 110 voltios, así

como también ocasiona que estos motores tengan un menor factor de potencia en comparación con el que tuviesen si el voltaje aplicado fuera el de placa.

5.7 BANCO DE TRANSFORMADORES INGENIERÍA MECÁNICA (Parqueadero Mecánica)

La capacidad del banco de transformadores que da servicio al Laboratorio de Mecánica (ver anexo F) adjunto al parqueadero está ubicado en un cuarto de 3m x 4m por la celda de alta tensión de Mecánica y tiene una capacidad de 3 x 75 KVA, con el tap en la posición 4.

Su conexión es estrella en el primario (neutro a tierra) y estrella en el secundario (neutro a tierra) para dar un servicio de 120 / 208 V.

La instrumentación para medición fue instalada en la subestación a partir de las 09:50 horas del martes 20 de junio del 2000 y fue retirada a las 09:30 horas del lunes 26 del mismo mes y año.

5.7.1 ANÁLISIS DE VOLTAJES

Al hacer el análisis de los datos de los voltajes medidos nos encontramos con lo siguiente:

- Los niveles de voltajes promedios por fase son 125, 127 y 127 con un promedio de 126 voltios.
- Mientras que, los promedios de voltajes entre fases son 220, 220 y 218 voltios, con un promedio de voltaje compuesto de 219 voltios. En base a

esto se puede decir que el desbalance porcentual de voltaje entre fases es de 0.45%, es decir prácticamente despreciable.

5.7.2 ANÁLISIS DE CORRIENTES

Al hacer el análisis de los datos de las corrientes medidas nos encontramos con lo siguiente:

- A partir de las 13:20 horas del día 21 de junio del 2000, la corriente de la fase 1 aumenta desde cero hasta 11 amperios y luego a las 14:00 horas cae a cero.
- La corriente en la fase 2 es siempre cero.
- A partir de las 13:20 horas del día 21 de junio la corriente en la fase 3 aumenta desde cero hasta 14 amperios y vuelve a cero a las 14:20 horas. Por otro lado, el día 23 de hasta 17 amperios y a las 12:00 horas vuelve a ser cero.

5.7.3 ANÁLISIS DE FACTORES DE POTENCIA

Se puede decir que no hay un factor de potencia promedio, aunque en realidad esto quiere decir que la subestación trabaja prácticamente en vacío, es decir sin carga.

5.7.4 OBSERVACIONES

El breaker principal de la subestación de 300 A está subdimensionado para la capacidad del banco de transformadores que corresponde a una corriente nominal de 625 A.

El banco de transformadores tiene medidor de energía eléctrica.

CAPÍTULO 6

MONITOREO Y CONTROL DE REDES EN BAJA TENSION

En este capítulo se describe el funcionamiento de la transferencia eléctrica automática mediante visualización y control, así como también el manual de usuario del sistema.

Una transferencia de energía eléctrica consiste en la selección de una fuente de alimentación en respuesta a la ausencia de otra. Existen dos tipos de transferencia de energía: Manual y Automática. La transferencia manual es la selección de una fuente de alimentación que se la realiza en el sitio donde se encuentra ubicado el tablero de transferencia y requiere de la intervención de un operador. Por otra parte, la transferencia automática es aquella selección de alimentación que no requiere de intervención humana.

De acuerdo a los requerimientos de las industrias, en donde no se puede paralizar la producción por la falta de energía eléctrica, se utilizan generadores de emergencia como fuente de alimentación propia, los mismos que permiten realizar esta transferencia.

6.1 SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA TRANSFERENCIA ELÉCTRICA AUTOMÁTICA

En la figura 9 se muestra los principales bloques que conforman el sistema de monitoreo y control de la transferencia eléctrica automática.

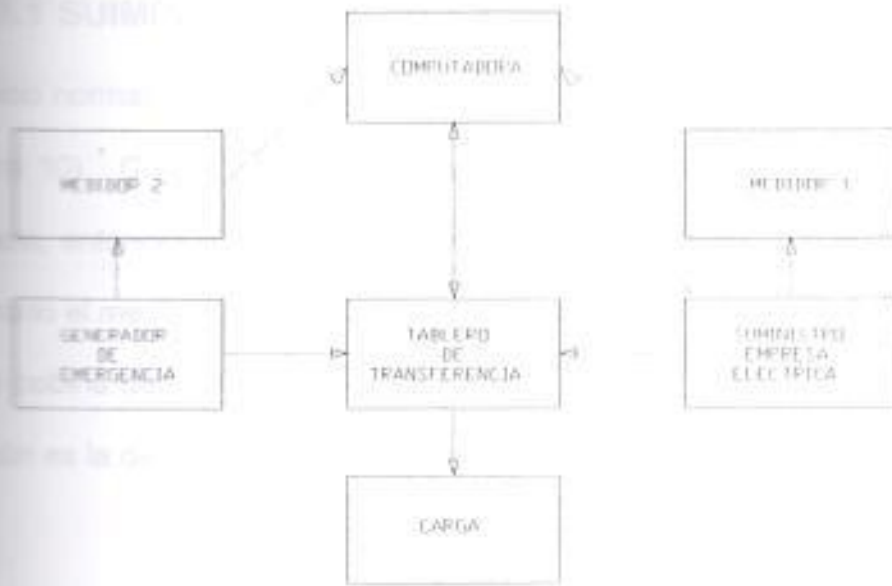


Figura 9. Diagrama de Bloques del Sistema de Monitoreo y Control

En este diagrama de bloques se aprecia claramente que la computadora y el tablero de transferencia son los que mayor participación tienen en la red.

3.1.1 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LOS BLOQUES QUE COMPONEN EL SISTEMA

A continuación se define y describe la funcionalidad de cada bloque indicado en la figura 9.

Consideraciones especiales: Todos los breakers y el funcionamiento del generador mencionados en el sistema son simulados por el Controlador Lógico Programable. Las fallas por corto circuito, bajo voltaje y sobrecarga pueden ser simuladas en el sistema.

E.1.1.1 SUMINISTRO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA: Este es el servicio normal de energía, el mismo que la E.E.E. entrega a 13800 Voltios (figura 10). Cuando este voltaje está presente y el disyuntor de alta está cerrado, entonces el PLEPM registra que está presente el suministro, caso contrario el medidor registra que está ausente. El breaker BP es motorizado, tiene bobina de mínima tensión, contactos de señalización y de disparo, su función es la de proteger el secundario del transformador.

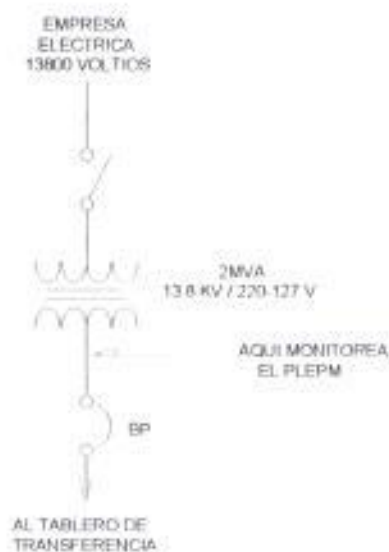


Figura 10. Suministro E.E.E.

E.1.1.2 MEDIDOR 1: Este medidor es un PLEPM, y su función es la de monitorear los parámetros del servicio suministrado por la Empresa

Eléctrica. Este medidor tiene la configuración de los CTs en delta abierta como se muestra en la figura 11.

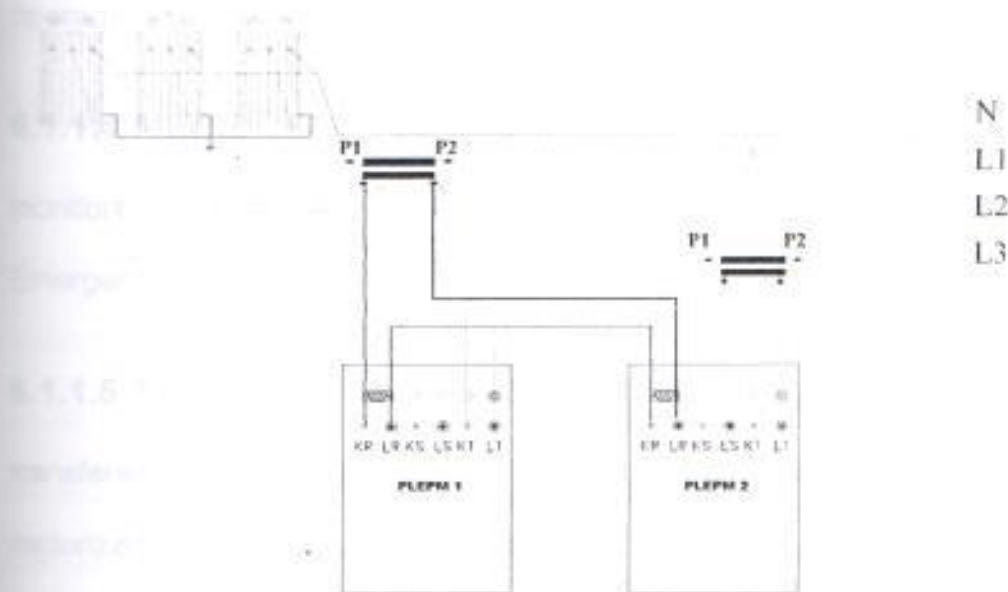


Figura 11. Conexión PLEPM's para medición

El motivo por el cual los dos medidores están conectados de tal manera que vean las mismas corrientes de los CT's y señales de voltajes es para la simulación del generador.

6.1.1.3 GENERADOR DE EMERGENCIA: Este generador es trifásico y su función es la de proveer de servicio eléctrico cuando se interrumpe el suministro de la Empresa Eléctrica. Este generador tiene dos modos de operación uno automático y otro manual. Cuando está en el modo automático espera a que se energice la bobina de relé de encendido para

entrar a funcionar, claro está que ésta es energizada normalmente por un Controlador Lógico Programable. Cuando está en modo manual es el operador el que directamente pone en marcha al generador.

§.1.1.4 MEDIDOR 2: Este medidor es un PLEPM, y su función es la de monitorear los parámetros del servicio suministrado por el Generador de Emergencia.

§.1.1.5 TABLERO DE TRANSFERENCIA: Es quien permite hacer la transferencia eléctrica y está compuesto fundamentalmente por dos breakers motorizados enclavados mecánica y eléctricamente y de un Controlador Lógico Programable. Estos disyuntores además tienen contactos de señalización y de disparo. El PLC es el cerebro del sistema de monitoreo y control.

A continuación se describe el funcionamiento de la transferencia eléctrica automática controlada por el PLC (vea en el anexo H el programa del PLC). El sistema responde tanto a mando local como a mando remoto (desde el ordenador) y tiene los siguientes modos de operación:

- Sólo Empresa Eléctrica
- Sólo Generador
- Automático Ejercicio Sin Carga
- Automático Ejercicio Con Carga

Sólo Empresa Eléctrica: En este modo de operación la carga es alimentada por la empresa proveedora de energía eléctrica, por lo tanto si esta no se encuentra presente, la industria se queda sin energía.

Sólo Generador: En este modo de operación la carga es alimentada por una fuente generadora de emergencia, propia de la industria, por lo tanto si esta fallase, la industria se queda sin energía eléctrica.

Automático Ejercicio Sin Carga: Este modo de operación es utilizado con el fin de evitar que la carga se quede permanentemente sin el servicio eléctrico; es decir, que si la Empresa Eléctrica interrumpe el suministro de energía por más de 3 segundos, la fuente generadora de emergencia entra a funcionar automáticamente tomando la carga y viceversa. Además, en este modo se lleva a cabo un encendido periódico programado del generador en un ciclo de 5 minutos de duración, y en caso de ausencia del suministro por parte de la E.E.E., 3 segundos mas tarde el generador automáticamente asume la carga.

Automático Ejercicio Con Carga: Este modo de operación es utilizado con el fin de evitar que la carga se quede permanentemente sin servicio eléctrico; es decir, que si la Empresa Eléctrica interrumpe el suministro de energía por más de 3 segundos, la fuente generadora de emergencia entra a funcionar automáticamente asumiendo la carga y viceversa. Además, en este modo se lleva a cabo un encendido periódico programado del generador tomando la carga de 15 minutos de duración (sin

importar que se encuentre presente el suministro de la E.E.E.), el mismo que al finalizar restablece la condición prioritaria de suministro de energía (siempre y cuando la empresa proveedora esté presente).

Nota: Para los modos de operación Automático Ejercicio Sin Carga y Automático Ejercicio Con Carga, la empresa proveedora tiene la prioridad, es decir, mientras esté presente tomará la carga. El encendido periódico programado del generador se la efectúa cada 8 días después de la última vez que éste fue apagado, y la hora de encendido es a las 08h00.

En la figura 12 encontrará el diagrama de entradas y salidas al PLC.

5.1.1.6 COMPUTADORA: En el ordenador se encuentran todos los softwares de programación, de comunicación y de visualización, por lo que este representa una herramienta fundamental en este sistema.

En la figura 13 encontrará el diagrama de conexión de equipos, el cual muestra la forma en que los medidores, equipos de comunicación y de control se enlazan a la computadora a través de sus puertos respectivos.

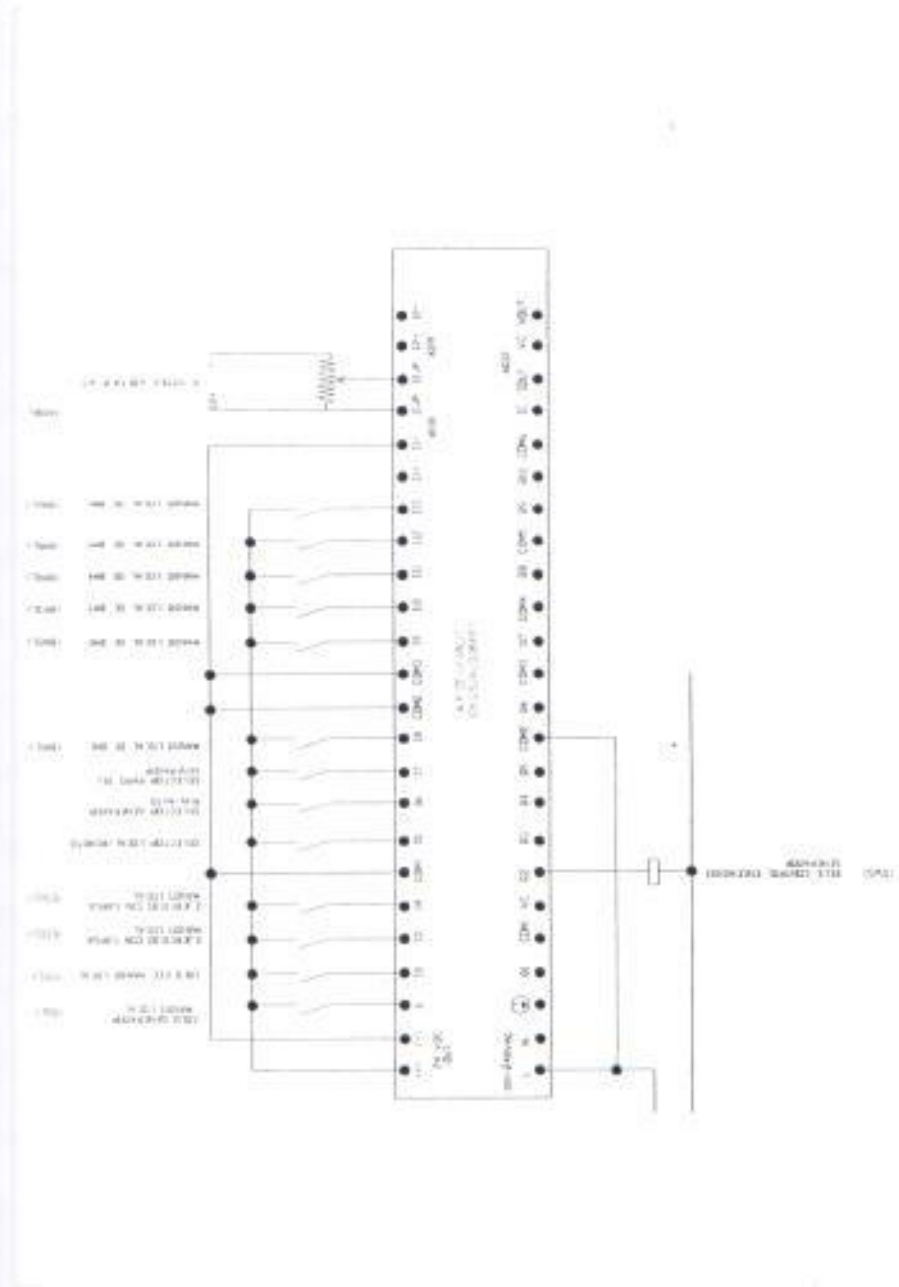


Figura 12. Diagrama de Entradas y Salidas al PLC

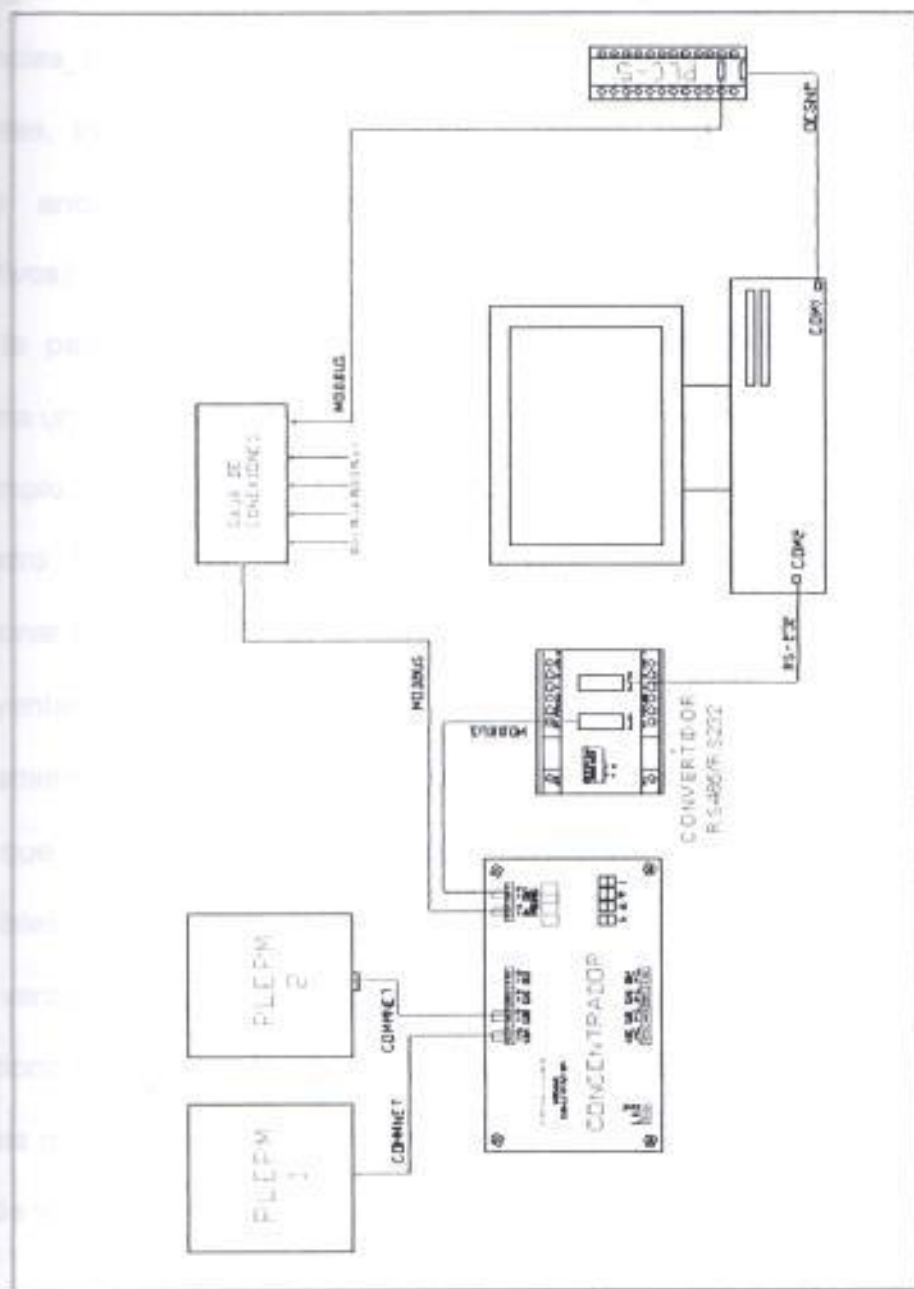


Figura 13. Diagrama de Conexión de Equipos Sistema de Monitoreo y Control

En el software de visualización se crearon 20 ventanas, y son: Generador, Control_BP1, Control_BM1, Control_BM2, Control_BM3, Control_BM4, Control_BM5, Control_BM6, PLEPM1, Tabla_PLEPM1, Tendencias_PLEPM1, PLEPM2, Tabla_PLEPM2, Tendencias_PLEPM2, Comientes, Prueba, Falla, Seleccionar, Transferencia y Diagrama Unifilar (en el anexo I se encuentran las ventanas de monitoreo y los Scripts respectivos).

En la pantalla principal Diagrama Unifilar (figura 14) encontramos el diagrama unifilar de la red. Al hacer clic en cualquier elemento de la ventana por ejemplo, en EPM1, se accesa a la ventana del PLEPM1. Al hacer clic en el cuadro seleccionar, se abre la ventana Seleccionar, esta permite seleccionar cualquiera de las 20 pantallas.

La ventana del breaker principal Control_BP1 muestra las botoneras de accionamiento del disyuntor y el estado del mismo. El mando local se ha tenido que simular desde el Intouch, por cuanto no habían entradas al PLC disponibles.

La ventana del breaker motorizado 1 Control_BM1 muestra las botoneras de accionamiento remoto del disyuntor y el estado del mismo. Las ventanas de los breakers motorizados 2 al 6 son exactamente igual desde el punto de vista de funcionamiento.

DIAGRAMA UNIFILAR

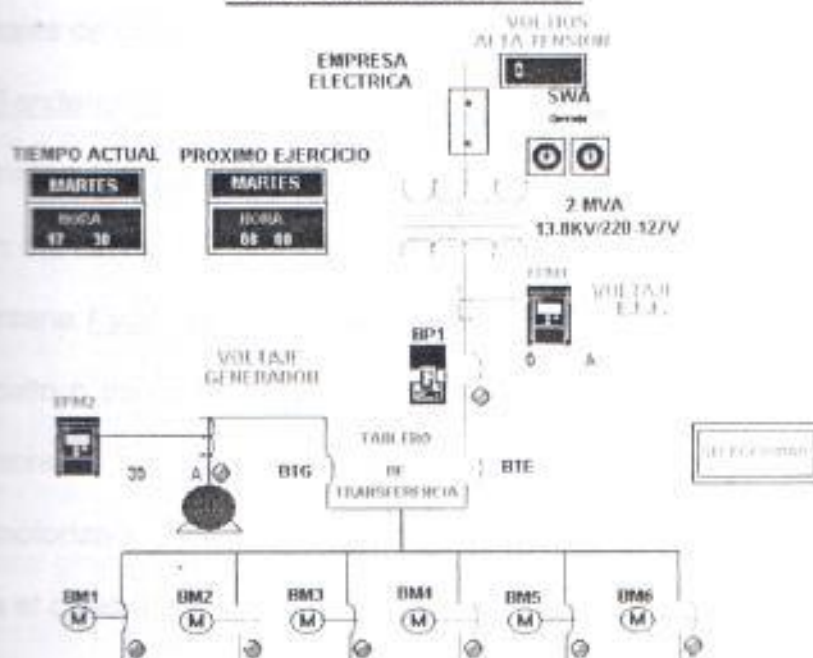




Figura 14. Diagrama Unifilar

La ventana del medidor PLEPM2 PLEPM2 muestra el medidor y en su display se pueden leer los parámetros en tiempo real, haciendo clic en las botones de  o  se pueden ver otros parámetros. Lo mismo ocurre con la ventana PLEPM1.

La ventana de la tabla del medidor PLEPM2 Tabla PLEPM2 muestra la tabla de datos que registra el medidor en tiempo real, el nombre del elemento, direcciones tanto Commnet como Modbus, entre otros. Lo mismo ocurre con la ventana Tabla PLEPM1.

La ventana de tendencias del medidor PLEPM2 Tendencias PLEPM2 muestra las tendencias del factor de potencia trifásico, potencia trifásica en KVA, voltajes de línea a línea y corrientes de línea. Lo mismo ocurre con la ventana Tendencias PLEPM1.

La ventana Generador muestra el estado del generador y el modo de operación del mismo.

La ventana Falla es una ventana que indica la falla ocurrida ya sea por corto circuito o por sobrecarga sostenida. Para despejar una falla hay que actuar sobre el cuadro del operador correspondiente, por ejemplo, si el breaker motorizado 1 se dispara, para despejar la falla hay que hacer doble clic sobre el cuadro del Operador_BM1.

La ventana Corrientes es una ventana que tiene 6 sliders que sirven para variar el valor de la carga y por ende el de la corriente.

La ventana Prueba como su nombre lo indica es una pantalla de pruebas, consta de 3 selectores de 2 posiciones y un pulsador indicador. El selector PRUEBA/CONEPM cuando el selector está en la posición CONEPM, los valores que monitorean los PLEPMs son los que corresponden al suministro de la E.E.E., y cuando está en la posición PRUEBA los valores de voltaje de suministro de la E.E.E. son simulados con la entrada analógica de voltaje al PLC. El selector SIMULAR BAJO VOLTAJE cuando está en la posición superior se hace una simulación del voltaje que está leyendo el PLEPM para causar el bajo voltaje. El pulsador indicador SIMULAR FALLA es tipo

interrupción tal que cuando se pulsa una vez causa una falla de corriente por corto circuito (siempre y cuando el selector CONEPM/PRUEBA esté en la posición CONEPM), al producirse la falla el pulsador se desactiva.

6.2 MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA ELECTRICA AUTOMATICA

6.2.1 SELECCIÓN DE MODO DE TRANSFERENCIA

Para seleccionar un modo de transferencia siga los siguientes pasos:

1. En la pantalla "Diagrama Unifilar", en la computadora haga clic en seleccionar.
2. En esta pantalla haga clic en "Transferencia" y a continuación elija la opción que desee haciendo clic en la misma.

Otra forma de hacer lo anteriormente expuesto es, haciendo clic directamente sobre el cuadro donde se aprecia la transferencia en la pantalla "Diagrama Unifilar"

6.2.2 SELECCIÓN MANDO LOCAL Ó REMOTO

Para seleccionar una de las dos opciones mando local ó mando remoto, hay que dirigirse hasta el sitio donde está el tablero y a continuación elija la opción que quiera tener.

Nota: Observe que al elegir mando local, todos los controles de mando remoto, están inoperativos, y viceversa.

3.2.3 PROCEDIMIENTO PARA SALIR DE UNA PANTALLA DE VISUALIZACIÓN

Para salir de una pantalla siga los siguientes pasos:

1. En las pantallas que aparece un icono marcado con una "x" en la esquina superior derecha, haga clic aquí para volver a la pantalla principal "Diagrama Unifilar".
2. En las pantallas en que además de aparecer el icono con una "x" en la esquina superior derecha tenemos la opción "Seleccionar", elija ésta y a continuación seleccione la pantalla que quiera tener activa en ese momento.

3.2.4 FUNCIÓN DE LAS PANTALLAS DE MONITOREO Y CONTROL

En la pantalla Generador podemos visualizar el estado del generador, es decir, sabremos si él está encendido, apagado, en automático o en manual.

En la pantalla Control BP1 encontramos un contacto de posición que indica el estado del breaker principal BP1, es decir, cerrado, abierto o disparado. Además, podemos mandar a cerrar o abrir el disyuntor. Es importante resaltar que el mando local del breaker es simulado desde esta pantalla.

En las pantallas Control BM1, Control BM2, Control BM3, Control BM4, Control BM5 y Control BM6 encontramos un contacto de posición que indica el estado del disyuntor. También, podemos mandar a cerrar o abrir el

Breaker: En caso de que esté seleccionado el mando local, las pantallas antes mencionadas solo sirven para visualizar el estado del disyuntor.

En las pantallas PLEPM1 y PLEPM2 visualizamos el equipo del PLEPM respectivo seleccionado, aquí podemos ver también los datos que está tomando el medidor electrónico en ese momento haciendo uso de los sensores que posee el equipo. Además, si hacemos clic con el ratón en el display del mismo se activa la pantalla Tabla PLEPM1 o Tabla PLEPM2, dependiendo de que medidor estaba activo.

En las pantallas Tabla PLEPM1 y Tabla PLEPM2 visualizamos los datos tomados por el medidor, aquí también podemos encerrar los valores picos y demandas registradas hasta ese momento. Además, haciendo clic en "Trend" de la tabla se activa la pantalla Tendencia PLEPM1 o Tendencia PLEPM2 dependiendo de que medidor estaba activo.

En las pantallas Tendencia PLEPM1 y Tendencia PLEPM2 se pueden graficar los datos tomados por el medidor a través del tiempo.

En la pantalla de Corrientes encontramos 6 deslizadores que nos permitan variar la corrientes de las cargas.

En la pantalla Prueba tenemos 1 selector de "conepm/prueba" que permite elegir entre un estado de prueba y otro normal, 1 selector "simular bajo voltaje" para simular bajo voltaje, 1 selector "mostrar pantalla de falla de toma automática" y finalmente 1 pulsador "simular falla" para causar falla por sobre corriente. Si en el selector "conepm/prueba" tomamos la opción

"conepm", entonces los datos que monitoreamos son directamente los que tienen los EPM's, por otro lado si escogemos "prueba", todos los datos monitoreados son simulados. Si el selector "simula bajo voltaje" está desactivado, entonces el programa trabaja sin novedad, pero de otra forma el programa elige un número aleatorio entre 0 y 0.8 que se multiplica por el voltaje del PLEPM1 y que a su vez es el voltaje de baja tensión en el breaker principal y que se mantiene en este valor mientras el selector esté activado.

Si el selector "simular falla" lo activamos, el programa selecciona aleatoriamente el lugar donde causar la falla, que puede ser en la barra de alta tensión o en las líneas de los alimentadores, a continuación realiza una multiplicación entre los amperios de la fase A del PLEPM1 o PLEPM2 según sea el caso, y el resultado es la corriente de cortocircuito. En el momento en que el programa detecta un corto circuito desactiva automáticamente "simular falla".

En la pantalla Falla se muestran los mensajes por alguna falla ocurrida por sobrecarga o por cortocircuito y para despejarla hay que hacer doble clic en el operador respectivo.

En la pantalla Seleccionar se muestran un conjunto de 16 opciones de selección de pantallas.

En la pantalla Transferencia podemos elegir el modo de transferencia y visualizar si el programa está bajo el control local o bajo el control remoto.

En la pantalla Diagrama Unifilar que es la pantalla principal tenemos el diagrama unifilar, es decir, la subestación en estudio para monitorear todo lo que sucede en tiempo real. También, en esta pantalla se puede observar los indicadores del tiempo actual y el día del próximo ejercicio. En el primero encontramos el tiempo que actualmente tiene el PLC (día y hora) y en el segundo tenemos el día y hora en que se llevará a cabo el próximo ejercicio, ya sea este con carga o no dependiendo del ejercicio seleccionado. El ejercicio sin carga tiene una duración de 5 minutos y el ejercicio con carga tiene una duración de 15 minutos, y es realizado una vez por semana a partir de la última vez en que se apagó el generador. Además, en esta pantalla se observa el estado de cada uno de los disyuntores que conforman la red analizada, así como también podemos abrir y cerrar el disyuntor de alta tensión (13200 voltios).

Notas:

- Cuando se dispara un breaker de la transferencia, la carga queda desenergizada.
- El disyuntor principal de baja tensión tiene protección contra bajo voltaje (66 – 155 V). Se considera un voltaje aceptable un $\pm 10\%$ del voltaje nominal que es 208 V. En el rango de voltajes de 156 a 186 V, el programa del PLC utiliza un temporizador de 8 segundos para disparar el breaker.

Observaciones:

- Para poder cambiar el tiempo en el PLC, hay que reiniciar la computadora bajo Windows 95, debido a que en Windows NT no se lo puede hacer porque se inhibe la máquina.
- Cuando las pantallas de monitoreo están en desarrollo, los datos leídos por los medidores no son tomados en consideración por los gráficos de tendencias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOTECA CENTRAL DE INGENIERÍAS

De los datos obtenidos en la medición se puede decir que en promedio, del banco de transformadores, se utiliza el 11% de su capacidad nominal que corresponde a 54 KVA. Además, se aprecia que en el horario de 07:00 a 15:30 horas del banco se demanda el 27% (134 KVA) de su capacidad, mientras que en el período restante el 3% (13 KVA).

Se deduce además que el factor de potencia medido es de 0.93 en atraso mientras que el calculado es de 0.92 en atraso.

Es importante resaltar que la demanda máxima es de 170 KW a un factor de potencia de 0.92 en atraso, que corresponde al 37% de la capacidad nominal del banco.

También se encuentra que el sistema está balanceado debido a sus corrientes de fase casi equilibradas.

De lo anteriormente expuesto se concluye que esta subestación opera dentro de los parámetros exigidos por la Empresa Eléctrica, aunque según su demanda promedio y máxima llevan a demostrar que el banco de transformadores está sobredimensionado.

Se recomienda instalar un banco de condensadores fijo trifásico de 25 KVAR en la subestación en el lado de baja tensión, con el fin de compensar los reactivos de la misma necesarios para producir el flujo magnetizante, ya que de no ser así cuando no haya demanda de la carga o ésta sea muy

despreciable para la capacidad del banco de transformadores instalado, los medidores de la Empresa Eléctrica detectarán en el lado de alta tensión un factor de potencia en atraso por debajo del mínimo requerido, y además esto va a repercutir en el promedio del factor de potencia mensual, es decir, va a ocasionar una penalización en la planilla de consumo eléctrico. Otra recomendación técnicamente justificada, pero la más costosa es reemplazar el banco de transformadores existente por uno de 3 x 75 KVA con un banco de condensadores fijo trifásico de 15 KVAR.

COMEDOR DE INGENIERÍAS

En base a los datos obtenidos en la medición se puede decir que en promedio, del banco de transformadores en estudio, se utiliza el 7% de su capacidad nominal que corresponde a 16 KVA. Además, se aprecia que en el horario de 07:00 a 18:30 horas del banco se demanda el 11.5% (26 KVA) de su capacidad, mientras que en el período restante ocupa sólo el 3.3% (7.5 KVA).

Se deduce también que, el factor de potencia medido es de 0.86 en atraso. En el período de 07:00 a 18:30 horas el factor de potencia promedio es de 0.91 en atraso y en el período restante es de 0.81 en atraso.

Es importante resaltar que la demanda máxima es de 40 KW a un factor de potencia de 0.95 en atraso, que corresponde al 18.7% de la capacidad del banco.

Se concluye que la red está desbalanceada, ya que la fase 2 está un 50% sobrecargada con respecto a las otras 2 fases.

También, se puede decir que esta subestación opera fuera de los parámetros exigidos por la Empresa Eléctrica y, además de los valores de demanda promedio y máxima se concluye que este banco de transformadores está sobredimensionado.

Se recomienda instalar un banco de condensadores fijo trifásico de 15 KVAR en la subestación en el lado de baja tensión. Otra recomendación técnicamente justificada, pero la más costosa es reemplazar el banco de transformadores existente por uno de 3 x 25 KVA con un banco de condensadores fijo trifásico de 3 KVAR.

También es recomendable hacer una compensación de reactivos de manera individual con el objeto de llevar a 0.94 el factor de potencia, es decir, compensar cada una de las centrales de aire acondicionado. El valor total de la potencia reactiva debe ser de 10 KVAR a 220 voltios. Claro está que para hacer esto realidad hay que conocer la capacidad de cada central de aire.

FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN (Edificio Administrativo)

De los datos obtenidos en la medición se puede decir que en promedio, del banco en estudio, se utiliza el 9 % de su capacidad nominal que corresponde a 20 KVA. Además, se aprecia que en horario de 8:30 a 18:30

del banco se demanda el 30 % (34 KVA) de su capacidad, mientras que en el periodo restante se utiliza sólo el 8 % (9 KVA).

Se deduce además que el factor de potencia promedio para el periodo de medición es de 0.94 en atraso.

Es importante resaltar que la demanda máxima es de 49 KW, es decir, el 46 % de la capacidad nominal del banco de transformadores.

Se puede decir que la red está balanceada debido a sus corrientes de fase casi equilibradas, aunque, la fase 1 está apenas sobrecargada en comparación con las demás.

Se concluye que esta subestación opera dentro de los parámetros exigidos por la Empresa Eléctrica aunque ésta se encuentra sobredimensionada.

Se recomienda instalar un condensador fijo trifásico de 7.5 KVAR en el lado de baja tensión de la subestación.

LABORATORIOS DE FÍSICA Y QUÍMICA

En base a los datos obtenidos en la medición se puede decir que en promedio, del banco de transformadores en estudio, se utiliza el 9 % de su capacidad nominal que corresponde a 20.5 KVA. Además, se aprecia que en el horario de 07:30 a 21:30 horas del banco se demanda el 13 % (29.5 KVA) de su capacidad, mientras que en el periodo restante ocupa sólo el 3.8 % (8.5 KVA).

Se deduce también que, el factor de potencia trifásico medido es de 0.93 en atraso.

La demanda máxima es de 43 KW a un factor de potencia de 1.00 en atraso, que corresponde al 19 % de la capacidad nominal del banco.

Se concluye que la red está desbalanceada, ya que la fase 2 está un 28% adelantada con respecto a las otras 2 fases.

Además, se concluye que esta subestación opera dentro de los parámetros exigidos por la Empresa Eléctrica, aunque ésta se encuentra sobredimensionada en comparación a la carga instalada.

Se recomienda instalar un banco de condensadores fijo trifásico de 15 KVAR en la subestación en el lado de baja tensión. Otra recomendación técnicamente justificada, pero la más costosa es reemplazar el banco de transformadores existente por uno de 3 x 25 KVA con un banco de condensadores fijo trifásico de 3 KVAR.

FACULTAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA

De los datos obtenidos en la medición se puede decir que en promedio, del banco de transformadores en estudio, se utiliza el 2.1% de su capacidad nominal que corresponde a 6.5 KVA. Además, se aprecia que en el horario de 08:30 a 16:30 horas del banco se demanda el 5.2% (15.6 KVA) de su capacidad, mientras que en el período restante ocupa sólo el 0.63% (1.9 KVA).

Se deduce también que, el factor de potencia medido es de 0.92 en atraso. Los voltajes compuestos se pueden considerar balanceados.

Es importante resaltar que la demanda máxima es de 41 KW a un factor de potencia de 0.95 en atraso, que corresponde al 14% de la capacidad nominal del banco.

También se encuentra que el sistema está desbalanceado, ya que la fase B está un 25 % sobrecargada en comparación a las otras 2 fases.

Se deduce que esta subestación opera dentro de los parámetros normales exigidos por la Empresa Eléctrica y, además de los valores de demanda promedio y máxima se concluye que este banco de transformadores está sobredimensionado.

Se recomienda instalar un banco de condensadores fijo trifásico de 15 KVAR en la subestación en el lado de baja tensión. Otra recomendación técnicamente justificada, pero la más costosa es reemplazar el banco de transformadores existente por uno de 3 x 25 KVA con un banco de condensadores fijo trifásico de 3 KVAR.

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA (Parqueadero)

De los datos obtenidos en la medición se puede decir que en promedio, del banco de transformadores, la demanda es despreciable ya que su valor máximo es de apenas 1 KW, es decir menos del 1 % de la capacidad instalada del banco.

Se sugiere realizar una nueva toma de datos en un periodo en el cual se encuentre en funcionamiento el Laboratorio de Fluidos con el fin de determinar la demanda real, factor de potencia de la carga y balance de fases.

Además, se recomienda instalar un banco de condensadores fijo trifásico de 15 KVAR en la subestación en el lado de baja tensión.

Se sugiere también cambiar el breaker principal existente de 300 A por uno de 630 A que es el adecuado para la capacidad de dicha subestación, chequeando previamente que los conductores que llegan al disyuntor soporten el amperaje de tal breaker, caso contrario cambiar también los conductores.

CONCLUSIONES DE LA TRANSFERENCIA ELÉCTRICA

El programa de transferencia eléctrica automática cumple con los requerimientos necesarios de una transferencia eléctrica moderna, es decir, respuesta rápida a la ausencia de energía eléctrica (3 segundos aproximadamente), control local, control remoto, flexibilidad en la elección del modo de transferencia (4 modos) y facilidad en el manejo de las pantallas de monitoreo y control. Además, gracias a la optimización del Windows Script en las pantallas (usado sólo lo indispensable), se logra que el programa trabaje eficientemente desde el punto de vista quienes diseñamos este

BIBLIOGRAFÍA

- ④ Series 90-30/20/Micro Controllers reference Manual-Septiembre 1998.
- ④ Transformadores y Autotransformadores, Manual de Conexiones-Septiembre 1999.
- ④ Selection and Installation for Generator Sets, Manual de Caterpillar.
- ④ POWER LEADER Electronic Power Meter, Manual.
- ④ POWER LEADER Modbus Concentrator, Manual.
- ④ CVMk & CVMk-4C Series, Instruction Manuals 1 y 2.
- ④ SUPPLY NETWORK ANALYZER CVM-MD, Instruction Manual.