ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Diseño y Construcción de un Tablero didáctico para el Laboratorio de Maquinarias enfocado a la enseñanza de practicas con motores, específicamente para el control del proceso de Sincronización de Generadores y utilizando la herramienta de LABVIEW para la visualización"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentado por

HECTOR MAURICIO FLORES NICOLALDE
&
DIANA ERCILIA GALLEGOS ZURITA

Guayaquil - Ecuador

2009

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por la oportunidad y la bendición que el me a dado en todo mi vida estudiantil para poder culminar mi carrera, agradezco a mis padres por haber confiado en mi y a la ves a todo su esfuerzo, amor y apoyo que me han brindado.

Agradezco a Bolívar Flores Nicolalde un hermano que ha sido como un padre, que siempre me ha dado todo su apoyo y confianza para poder dar un paso mas en mi carrera, y a toda mi familia por su inmenso apoyo brindado.

Además agradezco al Ing. JORGE CHIRIBOGA por toda su colaboración como director de tesis, también doy un gran agradecimiento al señor Rufino Asan por toda su enseñanza y apoyo en el transcurso de la tesis, agradezco de antemano a todos los amigos y las personas que de alguna manera me han sido una gran ayuda en mi carrera.

Héctor Flores Nicolalde

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque me dio la fortaleza, salud, sabiduría y los medios necesarios para poder alcanzar todo lo que me he propuesto hasta hoy.

Al Sr. Ing. Jorge Chiriboga, director de mi tesis de grado, mis agradecimientos por haber confiado en nuestra capacidad.

No puedo pasar esta oportunidad de dejar plasmado en esta página un sincero agradecimiento a todos mis familiares y amigos, en especial al Sr. Mario Montero y su esposa Maritza Rodríguez por su amable hospitalidad durante el inicio de mis estudios, sin dejar de agradecer a mi amiga Grace Huilcarema, agradezco también a mi hermana Sra. Doris Gallegos Zurita quien presto su casa para que viviera segura durante mis estudios.

Un agradecimiento a todos mis amigos que me brindaron su amistad sincera en especial al Sr. Rufino Assan por su colaboración y a todos aquellos que hicieron posible la realización de esta tesis.

Diana Gallegos Zurita

DEDICATORIA

Es un orgullo hacer esta dedicatoria a nombre mis padres y toda mi familia por todo su esfuerzo que me han podido brindar:

A Dios

A mis padres

A todos mis hermanos y sobrinos

Héctor Flores Nicolalde

DEDICATORIA

Esta es una oportunidad muy especial para dedicar algo muy especial para alguien especial mi madre Sra. Blanca Zurita quien me dio su apoyo moral y económico, cada momento con su ejemplo de superación y las ganas de salir adelante a pesar de las adversidades, que me dieron a mi, optimismo constancia para finalizar mis estudios. Es así como hoy culmino mis estudios superiores con éxito, ubicándome como Ingeniera en Electricidad especializada en Electrónica Industrial.

Diana Gallegos Zurita

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Jorge Aragundi R.
Subdecano de la FIEC
Presidente

Ing. Jorge Chiriboga V.
Director de TESIS

Ing. Gustavo Bermúdez F.
Miembro del Tribunal

Ing. Alberto Larco G.
Miembro del Tribunal

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Héctor Flores Nicolalde

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Diana Gallegos Zurita

RESUMEN

CAPITULO1 I: Maquina sincrónica y Sincronización en paralelo, aquí describe el principio de la maquina síncrona, condiciones de voltaje, frecuencia y secuencia de fase para realizar la sincronización de generadores y el funcionamiento de generador síncrono en paralelo.

CAPITULO II: Tablero de sincronización de generadores, explica el propósito de construir un tablero para la práctica de sincronización de generadores, explica también como se hizo el diseño del tablero de manera que sea didáctico para un mejor aprendizaje de las futuras generaciones. Plantea el alcance que tiene proyecto para la realización de de la practica de sincronización de generadores.

CAPITULO III: Equipos de medición conectados y su aplicación, explicar y describir los parámetros a medir, conexiones eléctricas, así como también la guía de teclado (configuración) y contraseña del MID 96. Descripción de la aplicación voltímetros, amperímetros, lámparas de fase, frecuencímetro, sincronoscopio, relé de falla de campo y explica la aplicación de una fuente DC en los primo motor-generador síncrono.

Capitulo IV: Adquisición de datos a través de la plataforma de LABVIEW, muestra los pasos de un sistema de adquisición de datos y elementos q lo componen, describe las características de la tarjeta de adquisición de datos

NI PCI-6024E, detalles del circuito acondicionador de señal, manejo de pantallas de programación y programa que muestra el proceso de Sincronización.

Capitulo V: Implementación del tablero para la sincronización, expone las diferentes características y rangos principales de cada instrumento a utilizarse en la implementación como medidores de voltaje y corriente, también se detallara las diferentes aplicaciones de las botoneras y lámparas indicadoras instaladas, describe además el arranque de motores DC, el diseño y construcción de una fuente DC, características del Relé de Falla de Campo.

Capitulo VI: Pruebas y análisis de resultado, describe las pruebas realizadas en la sincronización de generadores y el análisis de resultado.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de un tablero didáctico para el control de motores específicamente para sincronización de generadores en paralelo, estructurado con elementos de medición tanto para corriente y voltaje, protecciones, elementos de campo para que los estudiantes tengan una mejor visión de todo los parámetros eléctricos que intervienen en la realización de practicas en el Laboratorio de Maquinas Eléctricas.

El proyecto incluye un medidor de parámetros eléctricos de corriente alterna de la marca SIEMENS “MID96”, medidores de campo y armadura para motores de corriente continua, protecciones para motores y arrancador.

Posee además fuentes de voltaje variable de corriente continua o de corriente alterna para alimentación de los motores.

La visualización del proceso de sincronización es efectuada por medio del software LabVIEW utilizando la tarjeta de adquisición de datos NI PCI 6024E.

INDICE GENERAL

CAPITULO 3

CAPITULO 4

CAPITULO 5

CAPITULO 1

1. MAQUINA SINCRONA y SINCRONIZACION EN PARALELO

1.1. Maquina Síncrona.

La maquina síncrona es una maquina de gran versatilidad, puede funcionar tanto como motor o como generador, por formas constructivas de el sistema de excitación, las maquinas sincrónicas se clasifican en maquina de polos salientes y la maquina de rotor cilíndrico. La utilización de uno u otro depende fundamentalmente de las velocidades a que trabaja. Generalmente las maquinas de bajo numero de polos se caracterizan por tener alta velocidad, y estas son las maquinas de rotor cilíndrico, ocurriendo lo contrario, maquinas con elevado numero de polos y estas son de bajas velocidades y este es el caso de las maquina de polos salientes.

Al funcionar con uno de los dos diferentes tipos de rotores: el rotor Cilíndrico y el rotor de Polos Salientes. El rotor Cilíndrico se usa principalmente como generador mientras la mayor parte de motores síncronos son de tipo polos salientes.

Como principio de las maquinas rotativas, consta de una parte llamada **estator** y una parte móvil llamada **rotor**, que conforman el circuito magnético de la maquina.

En el estator esta ubicado la armadura y en ella se tiene corriente alterna (AC) trifásica (3ø) balanceado sinusoidales. El campo que es el flujo de la maquina síncrona es producido por corriente directa (DC) para la excitación, a esto se conoce como campo, este esta ubicado en el rotor.

La Fig. 1-1 muestra una maquina síncrona (M.S.) trifásica de un par de polos salientes, junto con los devanados de campo y armadura.

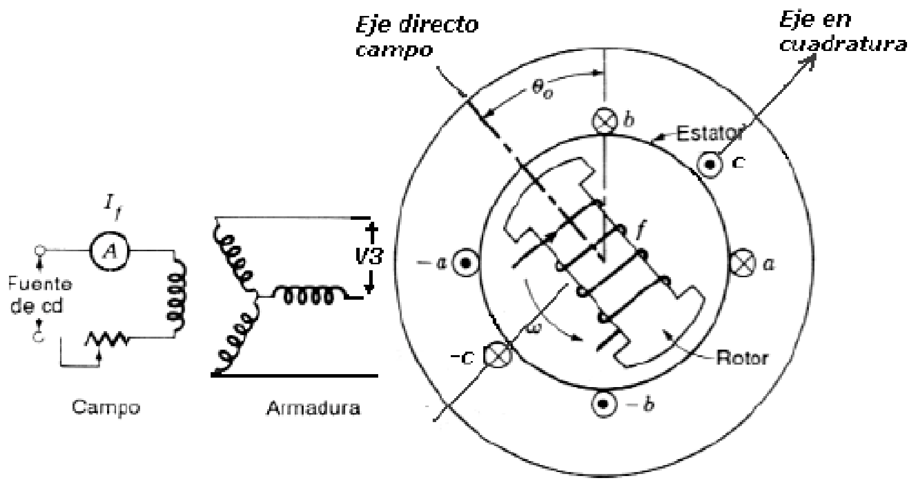


Fig.1-1 Maquina de polos salientes

Característica en vació. El estator lo mismo que el rotor están conectados a una fuente de potencia. Ya que el rotor está conectado a una fuente de potencia de DC, y solo hay una velocidad a la que existe el par motor uniforme, es decir,

$$\eta_s = \frac{120(f)}{p}$$

Ec. 1-3 Velocidad síncrona

$\eta_s =$ velocidad síncrona

$f =$ frecuencia de la línea

$p =$ número de par de polos

Esta es la velocidad síncrona de la máquina. La maquina sincrona esta limitada a su velocidad síncrona. Su característica par motor-velocidad es una vertical como se muestra en la Fig. 1-2

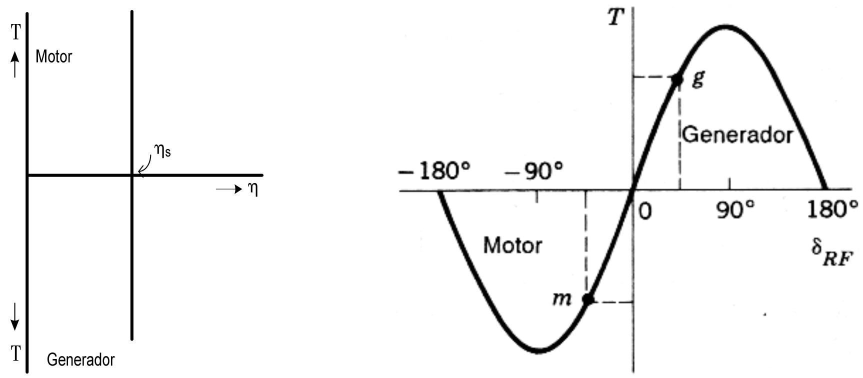


Fig. 1-2 Característica par motor-velocidad y troqué –ángulo de la maquina síncrona.

1.2. Sincronización de Generadores

La sincronización de un generador síncrono significa conectar el generador a una línea existente que tiene una tensión final *V*, de tal manera que no tenga lugar a una corriente transitoria de conexión.

Para evitar una corriente transitoria deben satisfacerse las siguientes condiciones:

1. La tensión final de la máquina entrante debe ser igual a la tensión V de la línea.

2. Ambas tensiones deben estar en fase.

3. La frecuencia de ambas tensiones debe ser a misma.

4. Igualdad de secuencia de fase. (máquina trifásica).

1.3. Condiciones para sincronizar generadores.

1.3.1. Voltaje.

La primera condición significa que la tensión de la máquina entrante debe ser exactamente igual a la tensión de la línea. Si la tensión final de la máquina entrante es mayor o menor que la tensión de la línea, resulta una onda instantánea de corriente de la conexión de la nueva máquina, que origina subsecuentemente una corriente circulante por el arrollamiento de la armadura de la máquina, las barras colectoras, y los otros generadores que alimentan la línea.

1.3.2. Tensiones en Fase.

La segunda condición, ambas tensiones en fase, significa que en el momento de la conexión la tensión final de la máquina entrante y la tensión de la línea deben actuar en oposición entre si en el circuito cerrado que consiste de la máquina entrante, las barras colectoras, y los otros generadores. Si ambas tensiones no están en fase en el momento de la conexión, la diferencia de tensión resultante produce una onda de corriente instantánea, que en el caso de grandes desplazamientos angulares, puede dañar los arrollamientos de la máquina.

La condición en fase entre la tensión de la línea y la tensión de la máquina entrante y también la tercera condición de frecuencias iguales puede determinarse por medio de lámparas. La Fig. 1-3 muestra el arreglo de las lámparas para una máquina entrante monofásica. El interruptor S de doble polo está unido por dos lámparas L.

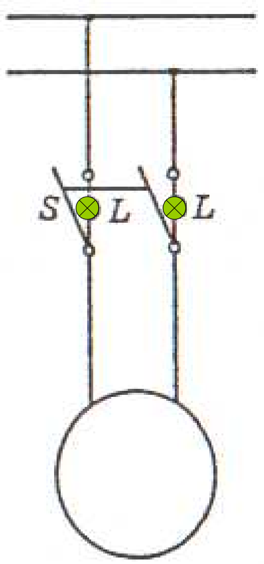


Fig. 1-3 Sincronización de un generador monofásico con la barra infinita, por medio de lámparas.

1.3.3. Frecuencia.

La tercera condición, la frecuencia de ambas tensiones deben ser las mismas, significa que en el momento de la conexión la frecuencia del generador a acoplar y las frecuencias en las barras deber ser iguales. Si las tensiones son iguales y en fase, las lámparas permanecen, apagadas. No obstante, si las tensiones son iguales pero la frecuencia de la línea y la frecuencia de la máquina entrante no son las mismas, las lámparas permanecen apagadas por un tiempo corto únicamente, se encienden después, y vuelven a apagarse de nuevo. El encendido de las lámparas ocurre en una secuencia periódica, y la frecuencia de fluctuación es una indicación de la diferencia en la frecuencia entre la máquina entrante y la línea. Debe ajustarse la frecuencia de la máquina entrante de tal manera que el encendido de las lámparas tenga lugar lentamente, y debe cerrarse el interruptor S en el momento en que las lámparas estén apagadas.

1.3.4. Igualdad de secuencia de fase (Maquina Trifásica).

La cuarta condición, significa que en el momento de la conexión la igualdad de secuencia de fase, los diagramas vectoriales deben girar en el mismo sentido. La Fig.1-4 muestra una secuencia de fases incorrecta, ante este caso las lámparas tendrán un brillo diferente cada una debido a la inversión de fases. Para corregir esto, basta con sólo intercambiar dos de las fases del generador entrante para que la secuencia sea correcta. (A-B, B-C, C-A).

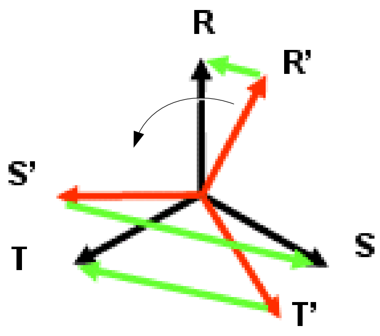


Fig. 1-4 No existe igualdad de secuencia en el orden de las fases, las lámparas no brillan simultáneamente.

Maquina Trifásica. Para una máquina trifásica, se conectan tres lámparas a un interruptor de tres polos en la misma forma que para la máquina monofásica. Se dispone de instrumentos conocidos por sincronoscopios, medidores de frecuencia y voltaje (dobles), para una indicación precisa de sincronismo.

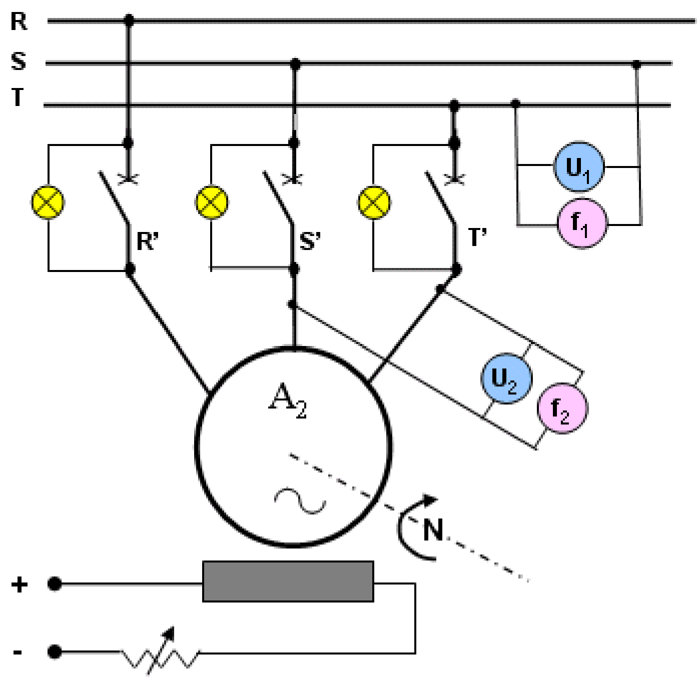


Fig. 1-5 Sincronización de dos Generadores trifásico con la barra infinita, por medio de lámparas.

1.4. Funcionamiento del Generador Síncrono en Paralelo.

Ya que los resultados cualitativos mejor que los cuantitativos son importantes en la consideración de las máquinas que funcionan en paralelo, se considerará la máquina de rotor cilíndrico corno la más simple de los dos tipos. Además, se supondrá que la saturación de la trayectoria magnética es baja y que la resistencia de la armadura es cero. Bajo estas condiciones simplificadas el diagrama vectorial de un generador con corriente atrasada se muestra en la Fig. 1- 6

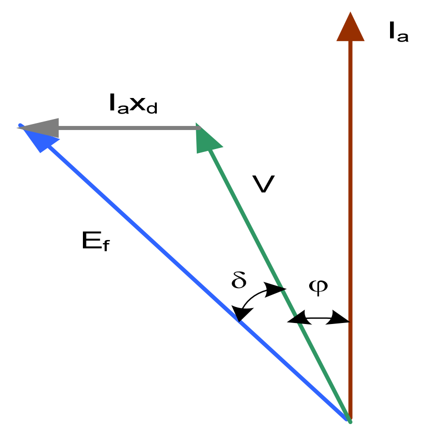


Fig. 1-6. Diagrama vectorial simplificado de un generador de rotor cilíndrico cargado con corriente atrasada.

El ángulo δ entre los vectores V y E_f es una medida de la potencia desarrollada por la máquina. Considérese un generador síncrono conectado a una línea con una tensión V constante, en vacío. Ya que δ = 0, corresponde a la condición en vació, los vectores E_f y V deben coincidir en el diagrama vectorial de la Fig. 1-6. Se asumirá que la corriente del campo se ajusta de tal manera que E_f $=V$. El diagrama vectorial que corresponde a la condición en vacío con E_f = V se muestra en la Fig. 1-7. De acuerdo también con la ley

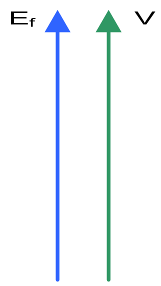


Fig. 1-7. Diagrama vectorial en condición de vació.

de mallas de Kirchhoff en la Ec.1-1, la corriente de la armadura I_a debe ser cero porque $E_f = V$. Sea influenciado ahora el regulador del primo-motor (por ejemplo, una turbina) de tal manera que el primo-motor reciba la entrada adicional (más Vapor) y procure llevar el

$$V = E_f - I_a r_a - jI_a (x_l + x_{ad})$$

Ec. 1-1. Ecuación de kirchhoff para el funcionamiento como motor.

generador a una velocidad incrementada. Ya que las rpm de la máquina síncrona están fijadas por su número de polos y la frecuencia de la línea (véase la Ec. 1-3), el incremento de la entrada resultará en un avance de la estructura polar, esto es, si se considera el diagrama vectorial de la Fig. 1-7, el vector E_f deberá desplazarse en adelante de la tensión de línea V a un nuevo ángulo δ (Fig. 1-8) que corresponde a la potencia de entrada. Ya que $E_f \neq V$, fluirá una corriente I_a en el arrollamiento de la armadura de una magnitud determinada por la Ec. 1-1, esto es, $(E_f - V) = jI_a x_d$. Se deduce de la Fig. 1-8 que el desplazamiento angular de fase entre la corriente I_a y la tensión final V es relativamente pequeño. Esto conduce al importante enunciado de que el a*vance adelantado del vector* E_f (de la estructura polar) fuerza al generador a proporcionar una corriente I_a a la línea que está cercanamente en fase con V, y la que produce por lo tanto *una potencia* activa *de salida,* (δ exagerado en la Fig.1-8.)

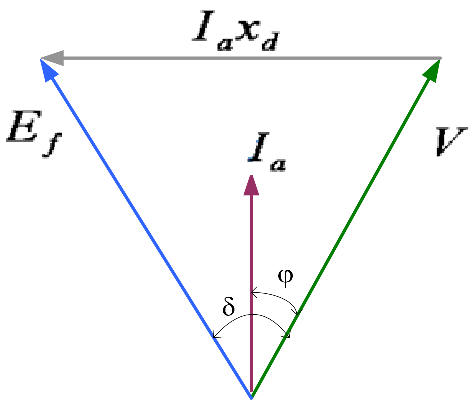


Fig. 1-8 Diagrama vectorial que muestra la posición relativa de *E_f* *y V, de la Fig. 1-5 después de que la entrada al primo-motor ha sido incrementada*.

De este modo, si se va a incrementar la salida de un generador síncrono que funciona en paralelo con otros generadores, debe acelerarse momentáneamente su primo-motor alimentándolo con más potencia (por ejemplo, más vapor) y, viceversa, si se va a reducir la salida, debe desacelerarse el primo-motor para reducir su entrada. Esto es completamente diferente de las operaciones necesarias para cambiar la carga de un generador de c.c. o un generador de inducción: es necesario un cambio de la corriente del campo para cambiar la carga de un generador de c.c, y es necesario un cambio de la velocidad (del deslizamiento) del rotor para cambiar la carga de un generador de.

Considérese nuevamente la Fig. 1-7 que representa el diagrama vectorial de un generador en vació con su corriente del campo ajustada de tal forma que E_f = V. No se hará cambio en la potencia de entrada del primo-motor así que el ángulo δ permanecerá igual a cero. No obstante, se hará un cambio en la corriente del campo, esto es, en E_f. Sea incrementada primero la corriente del campo de tal manera que $E_f > V$, como se muestra en la Fig. 1-9a. De acuerdo con la ley de mallas de Kirchhoff, la Ec. 1-1, $jI_a x_d$, debe estar entonces en fase con V, esto es, la corriente del generador I_a debe atrasarse de V en 90°. De este modo un incremento en la corriente del campo, fuerza al generador a conducir corriente reactiva atrasada. Si se disminuye la corriente del campo de tal manera que E_f venga a ser menor que V, como se muestra en la Fig. 1-9b, $jI_a x_d$ es opuesta a V y el generador está forzado a conducir corriente reactiva adelantada.

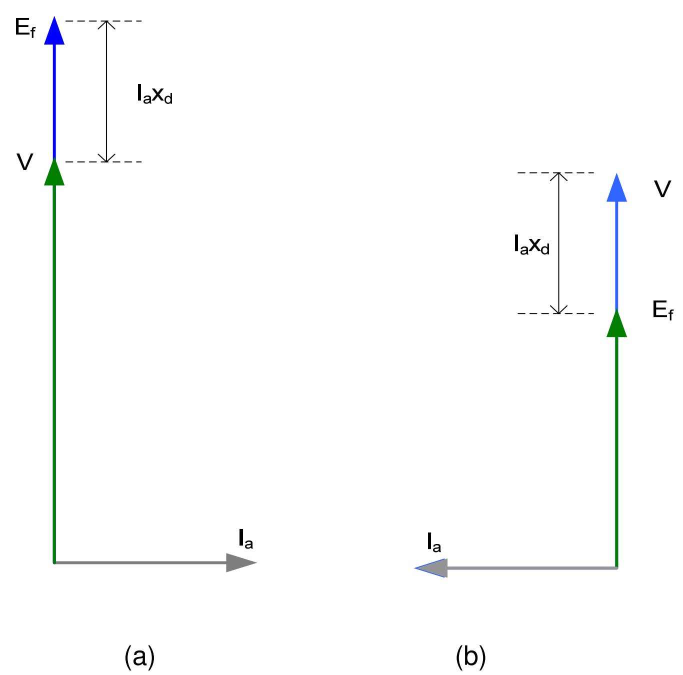


Fig. 1.9 Influencia del cambio en la corriente del campo (excitación) en le comportamiento de un generador síncrono.

El carácter de la corriente de la armadura para un incremento o disminución de la corriente del campo, obtenida de los diagramas vectoriales de las Figs. 1-9a y 1-9b, puede deducirse también de las reglas de la reacción de armadura. Si se conecta el generador o motor a una línea con una tensión V constante el flujo de la máquina y, por lo tanto, su corriente del campo están fijadas por la carga y la tensión *V.* Si se incrementa la corriente del campo en vacío (como se consideró en la Fig. 1-9) arriba de su valor fijado, un generador reaccionaría entregado una corriente atrasada a la línea, porque en un generador una corriente atrasada se opone a la fmm del campo.

Si, por otra parte, se disminuye la corriente del campo abajo de este valor fijo, un generador reaccionaría entregando una corriente adelantada a la línea, porque en un generador una corriente adelantada soporta la fmm del campo.

La misma consideración se aplica a cualquier carga. Si se incrementa la corriente del campo de un generador que funciona en paralelo con otros generadores a una tensión final fija, se incrementará la corriente reactiva del generador, y viceversa, si se disminuye la corriente del campo, disminuirá la corriente reactiva.

El generador puede estar forzado igualmente a conducir una corriente adelantada, si la reducción de la corriente del campo excede un cierto valor. Esto se explicará en lo que sigue por un ejemplo.
Se deduce de esta consideración que una variación de la corriente del campo, a un valor fijo de carga y tensión, forzará al generador a variar su corriente reactiva.

Se debe tener cuidado que los generadores que funcionan en paralelo estén cargados en proporción a sus capacidades. Esto se aplica a la corriente activa lo mismo que reactiva de cada generador, esto es, no debe fijarse y determinarse propiamente la corriente de la armadura únicamente sino también la corriente del campo.

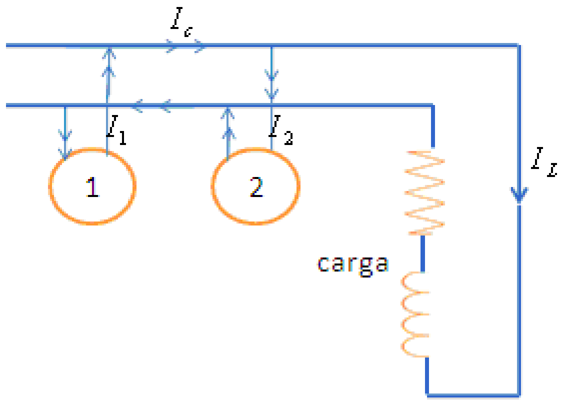


Fig. 1-10. Corriente circulante entre dos generadores en paralelo con carga inductiva.

Aquí se cita un caso: Se considerará un arreglo que consiste de dos generadores idénticos y una carga inductiva (Fig. 1-10). Si las corrientes del campo de ambas máquinas son iguales y se si se divide la carga igualmente entre éstas, entonces sus diagramas vectoriales serán idénticos: $I_1 = I_2$, $E_{f1} = E_{f2}$, $\varphi_1 = \varphi_2$ y $\delta_1 = \delta_2$, (Fig. 1-11a). Se incrementará ahora la excitación de la máquina 1 y la excitación ce la máquina 2 disminuirá de tal forma que la tensión final permanecerá sin cambio; también, la potencia total de salida va a ser la misma y esta dividida igualmente ente ambas máquinas. La medición de equilibrio de tensión exige que la máquina 1 que ahora está sobreexcitada entregue una corriente atrasada mayor, y que la máquina 2 que esta con baja excitación proporcione una corriente atrasada menor. La Fig.1-9 muestra el diagrama vectorial de ambas máquinas para esta condición de funcionamiento. La corriente de la armadura de cada una de las

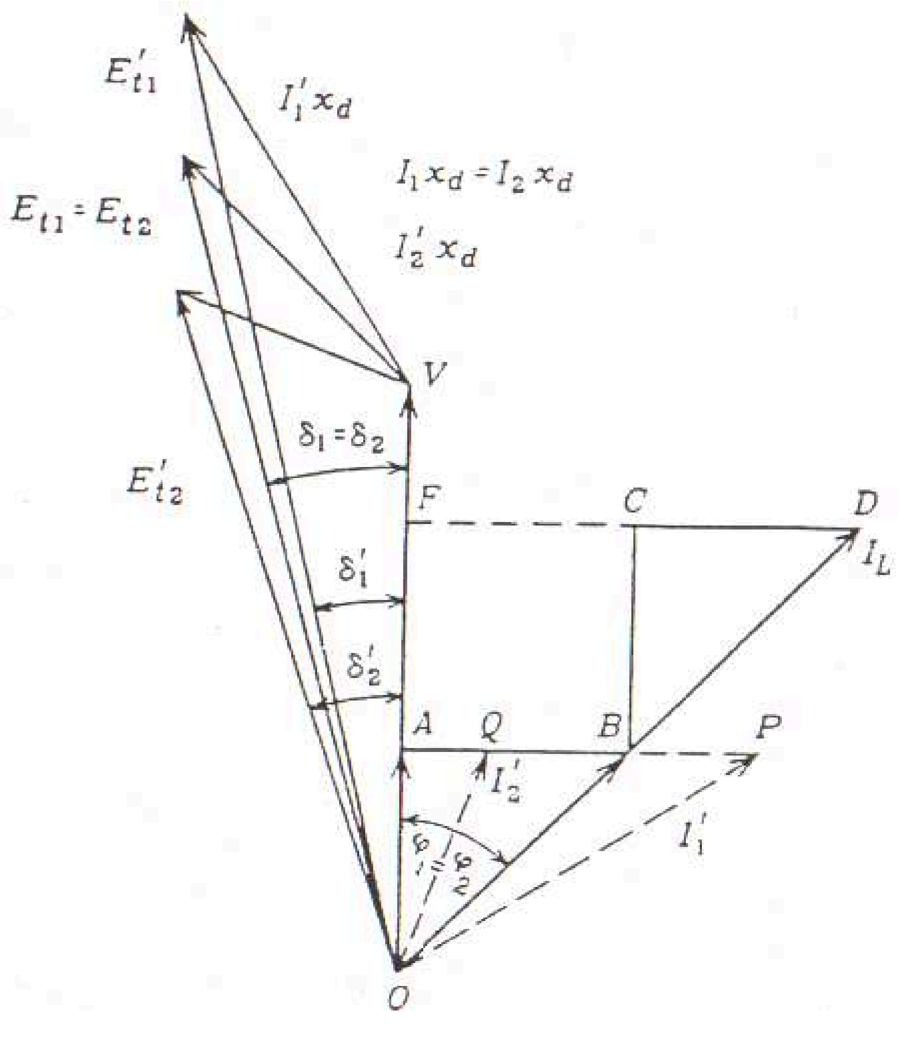


Fig. 1-11a Influencia en le cambio en la excitación en dos generadores en paralelo.

dos máquinas, antes del cambio de sus corrientes del campo, fue *OB* con la componente activa igual a O*A* y la componente reactiva igual a AB. La corriente de carga es igual, a O*D.* Las fems inducidas por las corrientes del campo fueron $E_{f1} = E_{f2}$. Después del cambio de las corrientes del campo sin cambiar la potencia (corriente activa) de cada una de las dos máquinas, la corriente de la armadura de la máquina 1 viene a ser igual a OP y la de la máquina 2 igual a OQ. Las fems inducidas por las corrientes del campo vienen a ser E'_{f1} *y* E'_{f2},. Los ángulos entre la tensión final V y *las* fems $E_{f1} = E_{f2}$, fue $\delta_1 = \delta_2$, antes del cambio de las corrientes del campo. Después del cambio éstos vienen a ser δ'_1 *y* δ'_2, esto es, el ángulo δ_1 viene a ser menor (δ'_1) para la máquina 1 y mayor (δ'_2) para la máquina 2. Esto está de acuerdo con los requisitos de que la potencia activa de cada máquina permanezca constante (véase la Ec. 1-2).

$$P_{e.gir.} = m \frac{VE_f}{x_d} sen\delta$$

Ec. 1-2. Potencia electromagnética.

Se supondrá ahora que, bajo las mismas condiciones anteriores (tensión final constante y potencia activa de cada máquina constante), se cambia la corriente del campo de la máquina 1 en una cantidad tal que su corriente de la armadura venga a ser igual a OP (Fig. 1-11b), esto es, la corriente reactiva proporcionada por la máquina 1 (*AP*) es mayor que la corriente reactiva requerida por la carga (FD). Para que la tensión final permanezca constante, la máquina 2 debe estar en baja excitación en un grado tal que ésta conduzca corriente adelantada (corriente AQ). Ya que la carga es inductiva, la corriente adelantada de la maquina 2 no aparece en el circuito externo (circuito de carga). Esta fluye como una corriente interna o circulante en los arrollamientos de la armadura de ambas maquinas y en las barras colectoras de conexión únicamente. La Fig. 1-10 muestra la dirección de la corriente circulante en ambas maquinas a un instante dado de tiempo. Esta es la misma en ambas máquinas pero dirigida en forma opuesta.

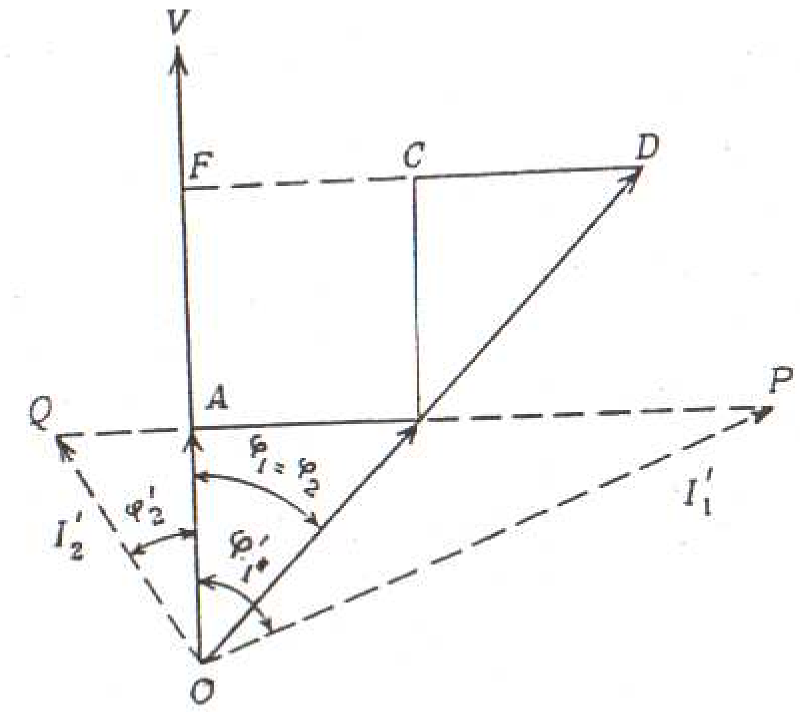


Fig. 1.11b Influencia del cambio en la excitación en dos generadores en paralelo.

CAPITULO 2

2. TABLERO DE SINCRONIZACION DE GENERADORES

2.1. Propósito del diseño.

El propósito es siempre mejorar el nivel académico e institucional la construcción del tablero para la sincronización de generadores en paralelo y su visualización con la herramienta de LabVIEW esta enfocado como un medio didáctico para el Laboratorio de Maquinaria Eléctrica en beneficio del estudiante y la institución. Los estudiantes podrán realizar y comprender las practicas con mayor interés y observación, disminuyendo la dificultad en obtención de datos, mediciones o cableado de la practica.

2.2. Diseño y Construcción.

La práctica de Sincronización de Generadores se realiza con diversos tipos de conexiones tanto de fuerza como de control, para la realizar el diseño del tablero se hace un análisis de todos los equipos que involucran esta practica, se usa un tablero con las dimensiones (174cmx117cmx22cm) que pueda abarcar la mayor parte de equipos para realizar la practica.

Los principales equipos de mediciones que se utiliza en esta practica y las demás practicas que realizan en el laboratorio de Maquinarias, son medidores de voltaje, corriente, frecuencia, sincronización, también luz pilotos y adicionalmente otros instrumentos como contactores, temporizadores, relé falla de campo, resistencias, reóstatos, breakers, botoneras de marcha-paro, botonera de emergencia, luces indicadoras, etcétera. Para instalar en el tablero se toman las dimensiones de cada uno de los instrumentos, que con anterioridad han sido probado y analizado su funcionamiento.

Se diseño además una fuente de voltaje variable la cual la podemos usar como fuente de corriente alterna variable de 0-208V-20A o como una fuente de corriente directa variable de 0-125V-4A.

Características y Dimensiones de los principales instrumentos en el diseño del tablero de sincronización.

- Tablero (Para sincronización; movible; amarillo-gris).
- Multimedidor (Digital; para medir las salidas de los generadores G1 y G2; 96*96mm).
- Voltímetro (Análogos 0-150Vdc; para medir voltaje de campo de los generadores G1 y *G2*; medir voltaje de campo de los primo motores M1 y M2; medir voltaje de armadura de M1 y M2; 96*96mm;).
- Amperímetro (Análogo 0-5Adc para medir corriente de campo de los generadores G1 y *G2 - 72*62mm*; análogo 0-5Adc para medir corriente de campo de los primo motores M1 y M2 - 72*62mm; análogo 0-50Adc para medir corriente de armadura de M1 y M2 - 96*96mm).
- Frecuencímetro (Análogo; 22*17cm; para medir la frecuencia en las salidas de los generadores G1 y G2).
- Sicronoscopio (Análogo; 22*20cm; para la sincronización de los generadores G1 y G2).
- Lámparas de Fase (luces rojas de 208v; para el sistema de la sincronización).
- Contactores

- Temporizadores; para el arranque por resistencias de un motor DC.
- Relé falla de campo (9*3cm; capacidad de 0-1A; para protección del sistema de campo del primo motor M1 y M2).
- Resistencia para hacer un arranque de un motor DC de 5 ohm.
- Reóstatos (Reóstato de 300ohm para variación del campo de los motores M1,M2 y generadores G1,G2; 23*23cm).
- Breakers.
- Botonera de marcha-paro (3*4cm para control del sistema).
- Botonera de emergencia (para desenergizar el tablero)
- Luz indicadoras (luz para indicar los equipos en funcionamiento).
- Fuente variable (voltaje variable ac y dc).

2.3. Alcance del proyecto.

El proyecto esta enfocado en abarcar no solo la practica de sincronización de generadores sino que también en demás prácticas que realizan en el laboratorio de maquinarias, pero con ciertas restricciones.

El tablero tiene distintos tipos de instrumentos de medición, elementos de protección, fuentes de voltaje, etcétera; los cuales pueden ser usados con el bebido cuidado para que estos funcionen adecuadamente, puesto que estos tienen alcances de medición que no todas las maquinas que existen en el laboratorio cumplen con las características eléctricas aceptadas por ellos.

CAPITULO 3

2. Elementos, Equipos de medición y protección para diseñar el proyecto con su aplicación.

1.2. MID 96 Power Multivariable Digital Indicator.

En este capitulo se detallara la aplicación de cada equipo instalado, aquí trataremos específicamente del Indicador Digital de Potencia Multivariable o conocido también como MID 96.

El MID 96 es un equipo para medición de variables eléctricas, puede ser conectado en forma directa a cualquier sistema de potencia con un máximo de 500V, o através de un transformador.

El MID 96 posee display por LED con indicación numérica de 3 dígitos, la cual permite visualización de parámetros de red tales como.

- Corriente de línea (I1, I2, I3)
- Voltaje de línea y fase

- Potencia Activa , Reactiva, y Aparente (total en KW, KVAR y KVA)
- Factor de potencia (total)
- Demanda de potencia activa (total en KW)/Frecuencia
- Energía activa y reactiva (total en KW-h y KVAR-h)

3.1.1.1 Datos Técnicos.

Entrada

Voltaje	Fase	Línea
	0…288V	0…500V
Corriente	1A, 5A	
Limite de Señal	U = 10…120%	
	I = 10...120%	
Consumo de	voltaje de entrada: ≤ 1mA.	
Potencia	Corriente de entrada: ≤ 0,2VA.	
Nominal	50; 60 Hz ±10%	
Frecuencia		
Sobrecarga	Permanente: 1,5xV; 2xI	
	Breve periodo de tiempo: 4xU/1s; 50xI/1s	
	máximo: 250A /1s	
Fuente de	85… 265Vac	
Poder	90… 300Vdc	
Auxiliar	Potencia de Consumo ~ 6VA	

3.1.2. Conexiones eléctricas.

Se certifica si los voltajes y corrientes que se conectaran son compatibles con el instrumento.

3.1.1.2.1. Fuente voltaje Auxiliar

La fuente de voltaje auxiliar tiene que estar conectada en los terminales 13, 14 e 12.

Terminal 12 para la tierra.

Terminales 13 y 14 para la fuente de la potencia auxiliar.

La Fig. 3-1 muestra la parte trasera del MID 96 donde se encuentran los terminales de conexión de la fuente voltaje Auxiliar.

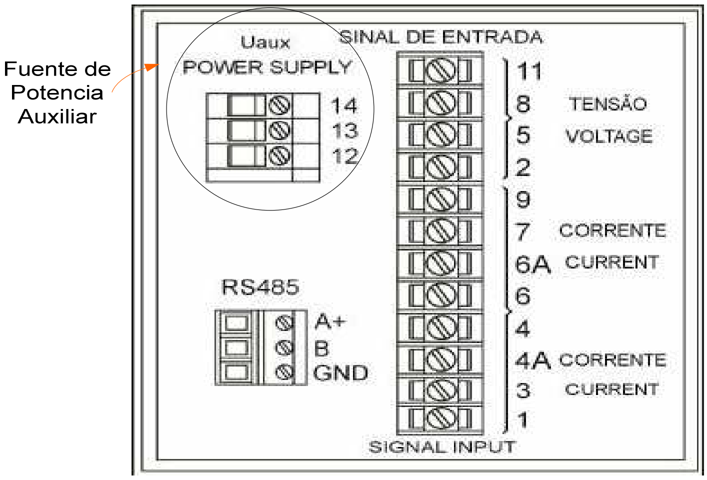


Fig. 3-1 Terminales de conexión de la fuente de voltaje Auxiliar.

3.1.2.2. Señal de Voltaje de Entrada

La entrada de señal del voltaje tiene que ser conectada con los terminales 2, 5, 8, 11. La Fig. 3-2 muestra la parte trasera del MID 96 donde se encuentran los terminales de conexión de la señal de voltaje de entrada.

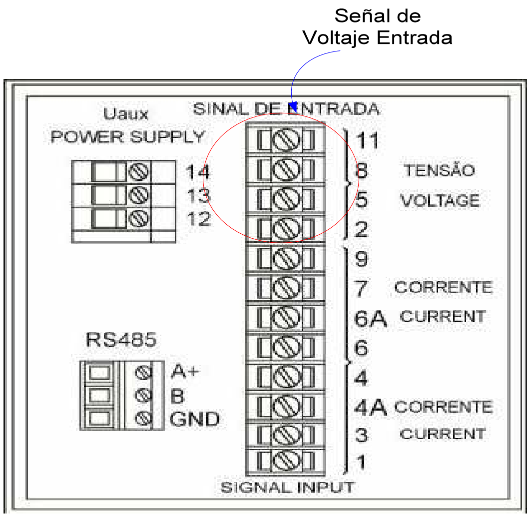


Fig. 3-2 Terminales de conexión de la señal de voltaje de entrada

La señal de entrada del voltaje se puede conectarse por medio de un transformador de potencial o directamente. La tierra del lado secundario del transformador de potencial está para la parte de la protección; el de terminal es una sugerencia y puede ser modificado. La Fig. 3-3 ilustra lo mencionado.

Terminal 2 fase L1

Terminal 5 fase L2

Terminal 8 fase L3

Terminal 11 fase del Neutro

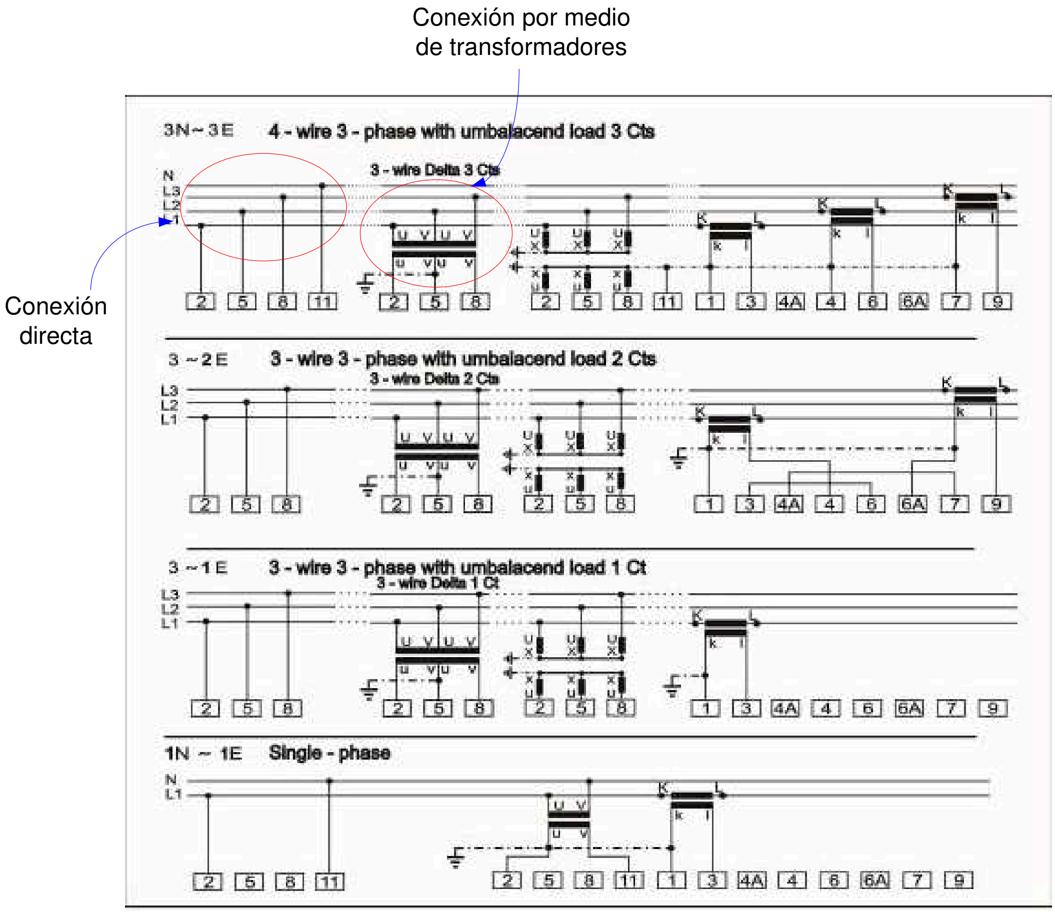


Fig. 3-3 Muestra las conexiones eléctricas de la señal de voltaje de entrada para las diferentes tipo de circuito.

3.1.2.3. Señal de Corriente de Entrada.

La señal de corriente de entrada tiene que estar conectado a la terminales 1, 3, 4, 6, 9, La Fig. 3-4 muestra la parte trasera del MID 96 donde se encuentran los terminales de conexión de la señal de corriente de entrada. La señal de corriente de entrada ser conectado por medio de un transformador de corriente o directamente. La tierra del secundario del Transformador de corriente es parte de la protección; el terminal de tierra es una sugerencia y puede ser modificado.

La Fig. 3-5 muestra los dos tipos de conexiones de la señal de corriente de entrada.

Terminales 1 y 3 corriente de fase L1

Terminales 4 y 6 corriente de fase L2

Terminales 7 y 9 corriente de fase de L3

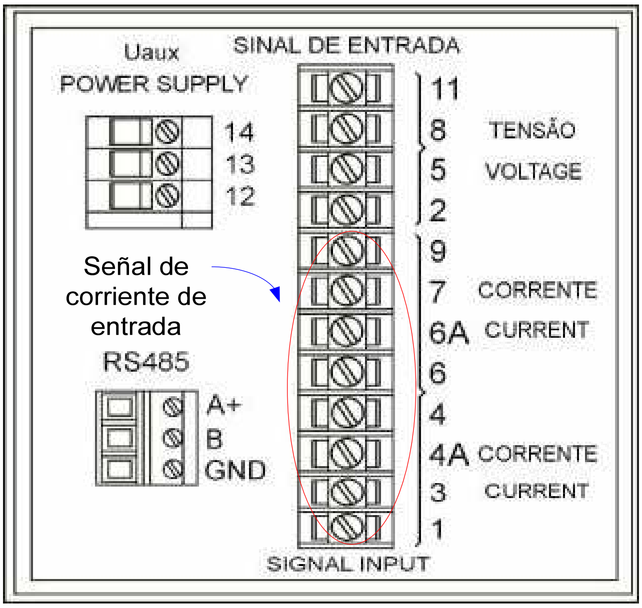


Fig. 3-4 Terminales de conexión de la señal de corriente de entrada

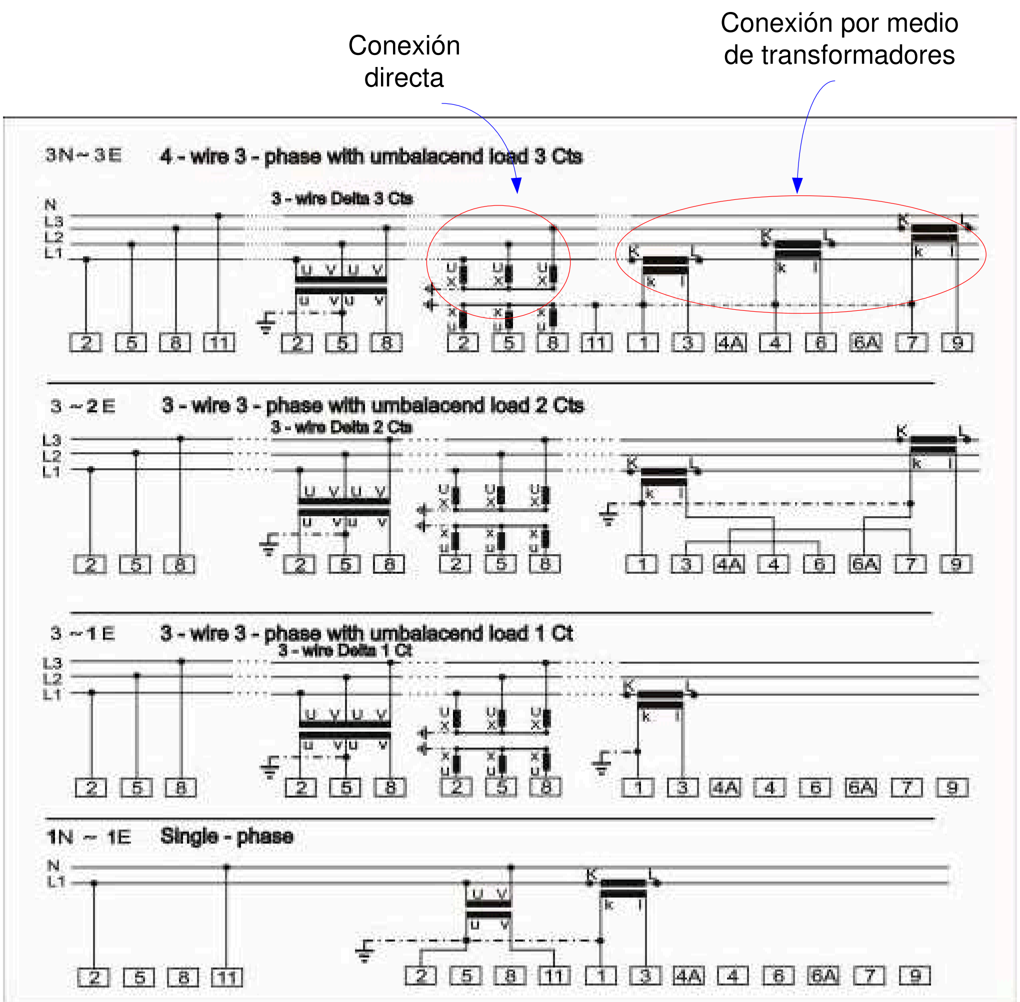


Fig. 3-5 Muestra las conexiones eléctricas de la señal de corriente de entrada para las diferentes tipos de circuito.

3.1.3. Guía de teclado.

Esta guía de teclado se encuentra en la parte inferior en el panel frontal del MID 96 y pulsando cada una de ellas permite ejecutar alguna opción en particular.

 Key ⟲ Loop

 Key Δ (Advance)

 Key ∇ (Return)

 Key ∗ (Confirm)

3.1.3.1. Menú de Opciones.

Al pulsar la tecla "Δ", permitirá el barrido de indicadores: (Corriente, Voltaje de Línea, Voltaje de Fase, Potencia activa, Potencia reactiva, Factor de potencia) de las tres fases, Pt, Qt, Fpt, St, E, Dpt, F y pulsando la tecla "∇" permite el retorno de indicadores.

La configuración local inhabilitada.

Al pulsar la tecla "⮔", por primera vez, permite la opción de configuración.

Al pulsar la tecla "Δ", avanza sucesivamente a la configuración, contraseña, salida, configuración…

Al pulsar la tecla "∇" regresa a la opción anterior.

Configuración local habilitado.

Al pulsar la tecla "⮔" por primera vez la opción de configuración se muestra en la pantalla. Al pulsar la tecla "Δ", avanza sucesivamente a la Configuración (CNF), Contraseña (SNH), Salida (SAI). Al pulsar la tecla "∇" regresa a la anterior opción.

El instrumento vuelve al menú principal en el caso de permanecer inactivo unos 10 segundos. Al pulsar la tecla "✱" se activa la seleccionada opción.

3.1.3.2. Configuración

La configuración sólo es posible cuando está habilitada. En caso de que la configuración no está habilitada, se puede mostrar, pero no modificar.

Cuando la configuración local está habilitada, pulse el cursor en CNF y tocar la tecla "✱". El rango de la corriente primaria aparecerá en la pantalla y la tecla "∆" permite cambiar el rango y la tecla “∇” permite para volver al anterior rango.

Al tocar la tecla "🔁" de la pantalla regresa al Menú principal (Principio).

Rangos que se va a configurar:

Corriente primaria

Tensión primaria

Tensión secundaria

Tipo de circuito

Rango de energía

3.1.3.2.1. Corriente Primaria.

Cuando la configuración local está habilitado, toque el tecla "✱" y ajuste la corriente con la tecla:

"Δ" de 0 a 9 +. (Punto)

"∇" de 10 a 999

Pulse la tecla "✱" y ajuste la unidad con la tecla:

"Δ" kA o A

"∇" para finalizar

3.1.3.2.2. Voltaje Primario (Voltaje de Fase).

Cuando la configuración local está habilitado, toque el tecla "✱" y ajuste el voltaje con la tecla:

"Δ" de 0 a 9 +. (Punto)

"∇" de 10 a 999

Pulse la tecla "✱" y ajuste la unidad con la tecla:

"Δ" KV o V

"∇" para finalizar

3.1.3.2.3. Voltaje Secundario (Voltaje de Fase).

Cuando la configuración local está habilitado, toque el tecla "✱" y ajuste el voltaje con la tecla:

"Δ" de 0 a 9 +. (Punto)

"∇" de 10 a 999

"✱" para finalizar

3.1.3.2.4. Tipo de Circuito.

Cuando la configuración local está habilitado, toque la tecla "✱" y seleccione el tipo de circuito:

3N ~ 3E

3 ~ 2E

3 ~ 1E

1N ~ 1E.

Con las teclas "Δ" o "∇" selecciona el tipo de circuito. Después de seleccionar el tipo de circuito toque la tecla "✱" para finalizar.

3.1.4. Contraseña

Configuración Local habilitada.

La configuración local puede ser habilitada, entrando en número **182**.

Configuración Local deshabilitada.

Para deshabilitar la configuración, entrar cualquier otro número.

Resetear la Memoria de valores máximos y mínimos.

El número **5** resetea la memoria de valores máximos y mínimos.

3.2. Voltímetros y Amperímetros.

3.2.1. Introducción.

Debido que necesitaremos medir los parámetros eléctricos de las maquinas para las diferentes practicas, pero aquí nos referiremos específicamente a la sincronización de generadores.

El tablero cuenta con medidores tanto de voltaje como de corriente necesarios para medir todas las variables eléctricas de un motor.

En la sincronización vamos a utilizar un primo-motor acoplado a un generador síncrono.

3.2.2. Aplicación.

El circuito magnético de primo-motor lo enunciamos en la Fig. 3-6 en el cual se va a medir los parámetros eléctricos tanto para la armadura como para el campo.

- Armadura: voltaje y corriente.
- Campo: voltaje y corriente.

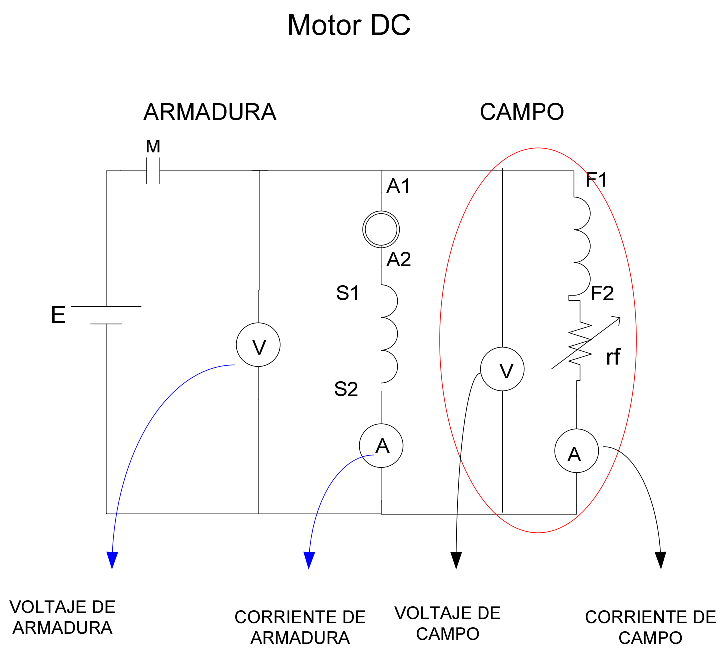


Fig. 3-6 Circuito magnético del primo-motor DC.

En la excitación de la maquina de corriente alterna se medirá tanto el voltaje como la corriente, la Fig. 3-7 muestra el circuito de excitación DC de la maquina AC.

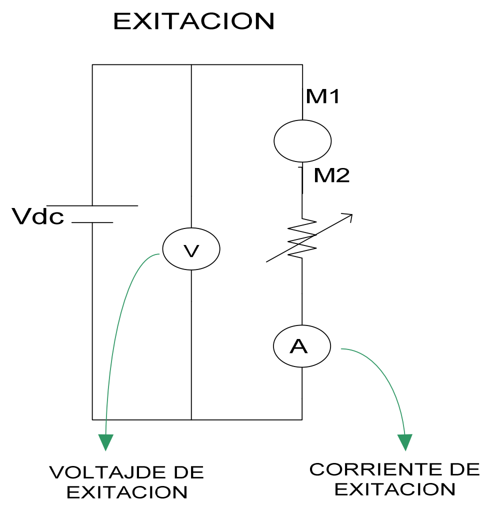


Fig. 3-7 Circuito magnético de la excitación del generador de corriente alterna.

3.3. Lámparas de Fase

Las lámparas de fase es un indicador muy importante para la sincronización, puesto que ellas dan a los estudiantes una apreciación de el comportamiento de ambas maquinas en amplitud de voltaje, fase, frecuencia y secuencia de fase. La Fig. 3-8 muestra el diagrama fasorial de los voltajes de los dos generadores, los segmentos (RR', SS', TT'), son la diferencia de potencial entre las lámparas, cuando RR', SS' o TT' sea cero se conectan los generadores en paralelo.

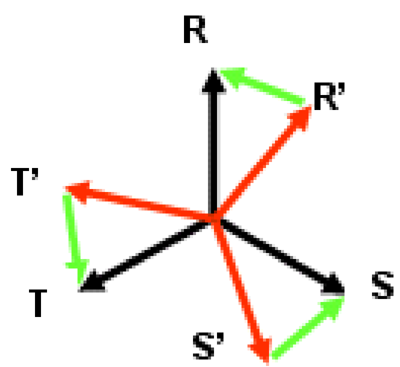


Fig. 3-8 Diagrama fasorial de los voltajes aplicados a las lámparas.

Método de sincronización por medio de Lámparas

Existen varios métodos para sincronizar generadores en paralelo, el método de sincronización por medio de lámparas no es un método moderno pero si eficaz, es por esto que se lo sigue utilizando. La Fig. 3-9 muestra la sincronización de dos generadores en paralelo por medio de lámparas.

La Tabla.1 detalla las diferentes señales de las lámparas que podrían presentarse antes de sincronizar generadores, como por ejemplo la causa que produce dichas señales, como las podemos corregir, cuando es el momento preciso de conexión, las ventajas y desventajas de utilizar este método.

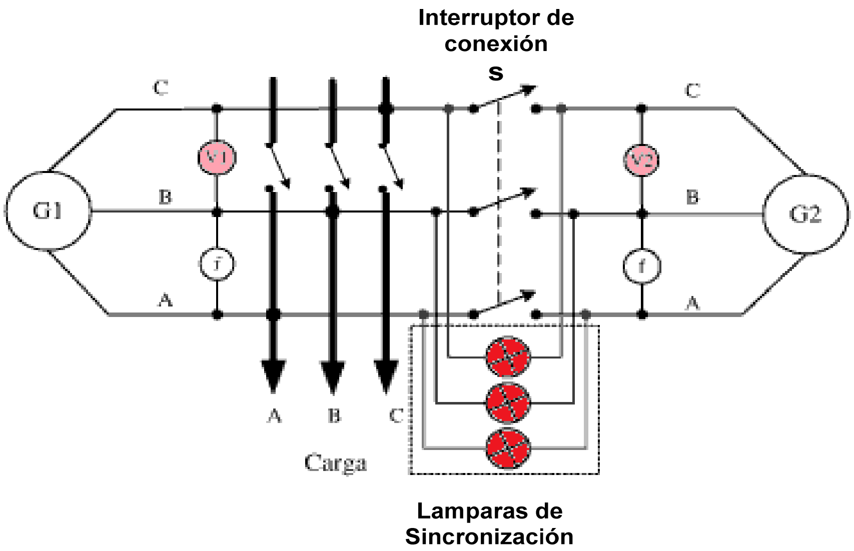


Fig. 3-9 Sincronización de dos Generadores trifásico en paralelo, por medio de lámparas.

Señal Visible	Causa	Corrección	Momento de Conexión	Ventaja/Desventaja
Luces apagada	Las tensiones de los dos generadores son iguales. La resultante es cero.	Ninguna	Puede existir una diferencia de tensión apreciable, pero insuficiente para encender las lámparas, esta en el orden del 10% de la nominal de la lámpara.	No se puede saber el momento exacto en que la diferencia de tensiones es cero.
Luces con brillo fluctuante pero igual para todas.	Diferencia de frecuencias	Subir o bajar la velocidad del generador a conectar.		
Luces con brillo fluctuante pero diferente para todas, debido a la inversión de fases.	Secuencia de fase que difieren.	Intercambiar dos de las fases del generador a conectar		Este método tiene la ventaja de detectar este problema, por lo cual es muy recomendable.
Luces con igualdad de brillo	Tensiones desiguales	Ajustar la excitación del generador a conectar.		
Luces con igualdad de brillo	Defasaje.	Verificar ligeramente la velocidad del generador a conectar.		

Tabla 1 Señales de las lámparas de sincronización.

3.4. Frecuencímetro.

El propósito de este medidor analógico de frecuencia es proporcionar a los estudiantes el acceso a la exactitud de las medidas de frecuencia durante experimentos de sincronización.

En el caso de que la frecuencia del generador sea menor a 60Hz subimos la velocidad del generador y por lo contrario si esta es mayor a 60Hz bajamos la velocidad del generador. La Fig. 3-10 muestra el panel frontal de un frecuencímetro.

Esta unidad tiene un rango de frecuencia de 55 a 65 Hertz.

Precisión del ± 3%, es decir 0,3 Hertz.

Cuenta con 4 terminales de conexión, dos para una maquina o la barra infinita y dos para otro generador.

Interruptor de conmutación para visualizar la frecuencia de una maquina a la vez.

Esta unidad contiene un transductor de estado sólido interno y es auto-protección.

Rango 120V o 240V

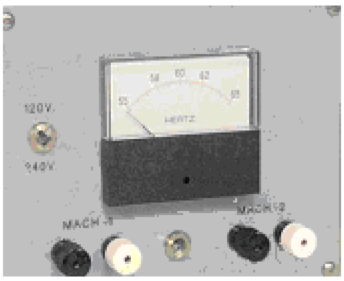


Fig. 3-10 Frecuencímetro análogo.

3.5. Sincronoscopio

En sistemas eléctricos de potencia de AC, un sincronoscopio es un dispositivo que indica el momento en que los dos sistemas de generación se sincronizan con los demás.

Para que dos sistemas eléctricos deban considerarse sincronizados, ambos sistemas deben estar operativos en la misma frecuencia, y el ángulo de fase entre los sistemas deben ser cero.

El sincronoscopio es un dispositivo que sirve para medir y mostrar la diferencia de frecuencia y ángulo de fase entre dos sistemas de energía.

Método de sincronización por medio del Sincronoscopio.

El método de sincronización por medio del sincronoscopio es utilizado para sincronizar maquinas trifásicas 3ϕ.

Con este sincronoscopio los estudiantes pueden tener otra visión de lo que sucede con respecto a la velocidad y el ángulo de fase de los generadores.

Si el generador tiene una menor frecuencia que la red, la aguja del sincronoscopio debe girar en dirección antihorario, en otras palabras si la aguja marca "lenta" o "desfase" en el dial es para indicar que el generador está funcionando más lento que la red. Si el generador gira más rápido que la red eléctrica, la aguja gira en la dirección horaria, marcando como "rápido" o "principal". A continuación, el operador de planta de ajustar la velocidad del generador hasta que se ponga a la misma velocidad (frecuencia) como la red de distribución. Cuando la frecuencia del generador se acerca a la frecuencia de la red eléctrica, la aguja del sincronoscopio se hace más lenta y cuando coincidan con las frecuencias, la aguja se detiene y permanece inmóvil.

En este punto, hay una tarea más para llevar a cabo antes de que el generador se pueda conectar a la red. A pesar de que el generador y la red están operando a la misma frecuencia, no están necesariamente en el mismo ciclo de rotación como de los demás. Si dos redes eléctricas que operan en dos ángulos de fase diferentes, se conectan entre sí, esto produce un fallo similar a un corto circuito y por consiguiente es más probable que el generador se destruya y dañe la red.

La posición (en oposición a la circulación) de la aguja en un sincronoscopio indica el ángulo de fase entre los dos sistemas. El ángulo entre los sistemas es igual a cero cuando la aguja sincronoscopio apunta directamente a la línea entre el "lento" y "rápido" marcado en el cuadrante. La Fig. 3-11 muestra un sincronoscopio en fase cero, es la posición de ángulo recto hacia arriba.

Fig. 3-11 Sincronoscopio en fase cero, es la posición de ángulo recto hacia arriba.

Modo de corrección

Si la aguja lee "rápido", entonces el generador de la planta debe ser frenado por una cantidad muy pequeña y la aguja cambiara de sentido (hacia el cero). Por otra parte, si la aguja dice "lento", entonces se debe subir ligeramente la velocidad del generador, y la aguja volverá a girar en sentido horario acercándose a la posición cero.

Cuando la aguja esté en cero y no se mueve, los dos sistemas se sincronizan.

Una vez que los dos sistemas se sincronizan, pueden conectarse de manera segura.

La Tabla. No. 2 muestra diferentes situaciones que el sincronoscopio puede presentar antes de sincronizar generadores, por ejemplo: como podemos corregir estas situaciones, ventajas y desventajas de usar este método.

Señal Visible	Causa	Corrección	Momento de Conexión	Ventaja/Desventaja
Aguja inmóvil	Las frecuencias de ambos generadores son iguales	Ninguna	Este es el momento preciso para sincronizar los generadores.	Este método no detecta secuencia de fase ni diferencia de tensión, por lo cual conviene disponer de medición de las tensiones
Aguja gira en sentido horario	La frecuencia del generador a conectar es mayor	Reducir la velocidad del generador a conectar		
Aguja gira en sentido antihorario	La frecuencia del generador a conectar es menor	incrementar la velocidad del generador a conectar		

Tabla 2 Señales del sincronoscopio

3.6. Relé de Falla de Campo

El RELÉ DE FALLA DE CAMPO, también conocido como relé de pérdida campo de un motor de C.C tipo Shunt, este protege el circuito principal del motor, en condiciones de campo abierto, o en ausencia de la fuente del campo.

La velocidad del motor DC tipo Shunt aumenta a medida que la fuente de suministro del campo se debilita. Teóricamente el motor funciona a velocidad infinita sin fuente de campo. Esta ruptura hace que abra las bobinas de la armadura y dañe totalmente el primo-motor.

El RELÉ DE FALLA DE CAMPO, cuando se utilizan en serie con el circuito de campo, se asegura de no se provea ninguna energía a la armadura a menos que el circuito de campo se haya completado.

Este relé se utiliza generalmente como una medida de seguridad para proteger al motor de daños y de todo lo que se encuentre al alrededor de este. La Fig. 3-12 muestra la parte frontal del Relé de Falla de Campo.

Fig. 3-12 Relé de Falla de Campo

3.7. Fuente DC

Como ya se explico en el Capitulo 1, la maquina síncrona necesita de un fuente DC para alimentar el devanado de campo, es por esto que se tubo que construir esta fuente DC.

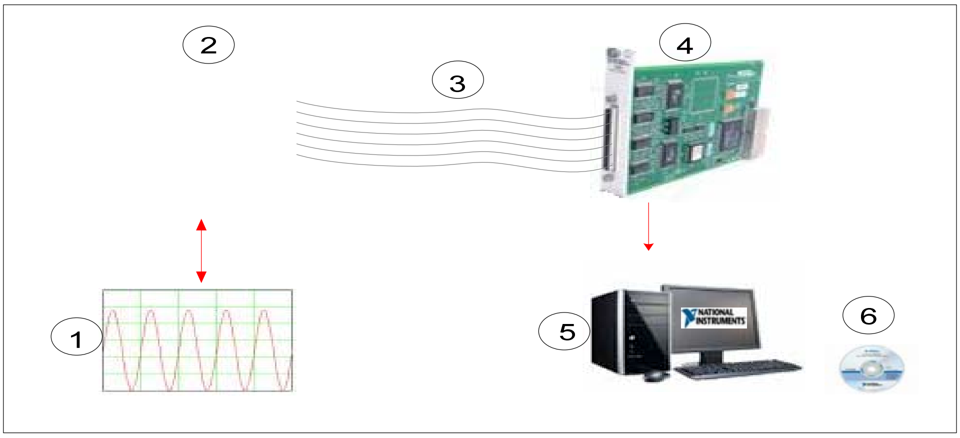
Además de alimentar el devanado de campo, la fuente puede ser útil para otras prácticas, debido a que esta es una fuente variable que tiene terminales independientes y externos de conexión. Los detalles adicionales serán expuestos en el Capitulo 5.

CAPITULO 4

4. Adquisición de datos através de la plataforma de LABVIEW.

4.1. Elementos componen un sistema de adquisición de datos.

Un sistema típico de adquisición de datos tiene tres tipos básicos de hardware: un bloque de terminales, un cable, y un dispositivo de adquisición de datos (DAQ), como se muestra en la Fig. 4-1



1 Señal	2 Bloque de Terminales	3 Cable
4 Dispositivo DAQ	5 Computadora	6 Software

Fig. 4-1 Sistema típico DAQ.

Transductores y Sensores adquieren las señales físicas y producen señales eléctricas de menor nivel tales como voltaje, corriente o resistencia. Por ejemplo, termopares, detectores de temperatura de resistencia (RTDs), termistores, medidores de tensión, corriente, presión, fuerza, flujo.

Después de haber convertido un fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionamiento de señal, es necesario adquirir la señal. Para adquirir una señal, se necesita un bloque de terminales, un cable, un dispositivo de adquisición de datos (DAQ), y una computadora. Esta combinación de hardware puede transformar un equipo de medición y un sistema de automatización.

Las señales eléctricas generadas por los transductores debe ser optimizado para el rango de entrada del dispositivo DAQ. Señal acondicionado accesorios amplificar las señales de bajo nivel y, a continuación, aislar y filtro para las mediciones más precisas. Además, algunos utilizan transductores de voltaje o corriente de excitación para generar una salida de tensión.

Accesorios de acondicionamiento de señal se puede utilizar en una variedad de aplicaciones importantes:

• **Amplificación**, El tipo más común de acondicionamiento es la amplificación. Señales de bajo nivel como las de termopares, por ejemplo, debería ampliarse para aumentar la resolución y reducir el ruido.

• **Aislamiento**, Otra aplicación de acondicionamiento de señal es el aislamiento de las señales del transductor de la computadora por motivos de seguridad.

• **Bloque de terminales**, provee un lugar para conectar señales. Este consiste de tornillos o terminales de resorte para conectar las señales.

• **Cable,** tiene como propósito comunicar el bloque terminal con el DAQ.

• **Dispositivo DAQ,** los DAQ son como sus siglas lo dicen un dispositivo de adquisición de datos que poseen cuatro elementos estándar: entrada analógica, salida analógica, E/S digital y contadores.

• **Computador & Software,** permiten la interacción, control y visualización del estado del proceso.

Características de la tarjeta de adquisición de datos NI PCI-6024E

La NI PCI-6024E tiene 68 pines, de los cuales los utiliza para entradas analógicas, salidas analógicas, entrada-salida digital y otros.

Entradas Analógicas ($AI_{0...15}$)

<u>Características de entrada</u>

Número de canales…..16 simples
8 diferenciales

Resolución…………….12 bits,

Tasa de muestreo...…..200000 muestras por segundo (200 kS/s)

Acoplamiento…………..DC

Rangos de señal de entrada (solo bipolar)

Rango	**Bipolar**
20V	±10
10V	±5
1V	±500mV
100mV	±50mV

Salidas Analógicas ($AO_{0...1}$)

Características de salida

Número de canales………2 voltaje

Resolución………………..12 bits

Tasa de actualización

DMA…………………..10 Khz.

Interrupciones………. 1 Khz.

Acoplamiento…………….. DC

Rango…………………….. ±10

Entrada y salida digitales (E/S) (($PO_{0...7}$))

Número de canales…………8 entrada/salida

Compatibilidad……………….5 V TTL

Nivel lógico

Entrada de bajo voltaje: min. 0V-máx. 0.8V

Entrada de alto voltaje: min. 2V-máx. 5V

4.2. Construcción del circuito acondicionador de señal.

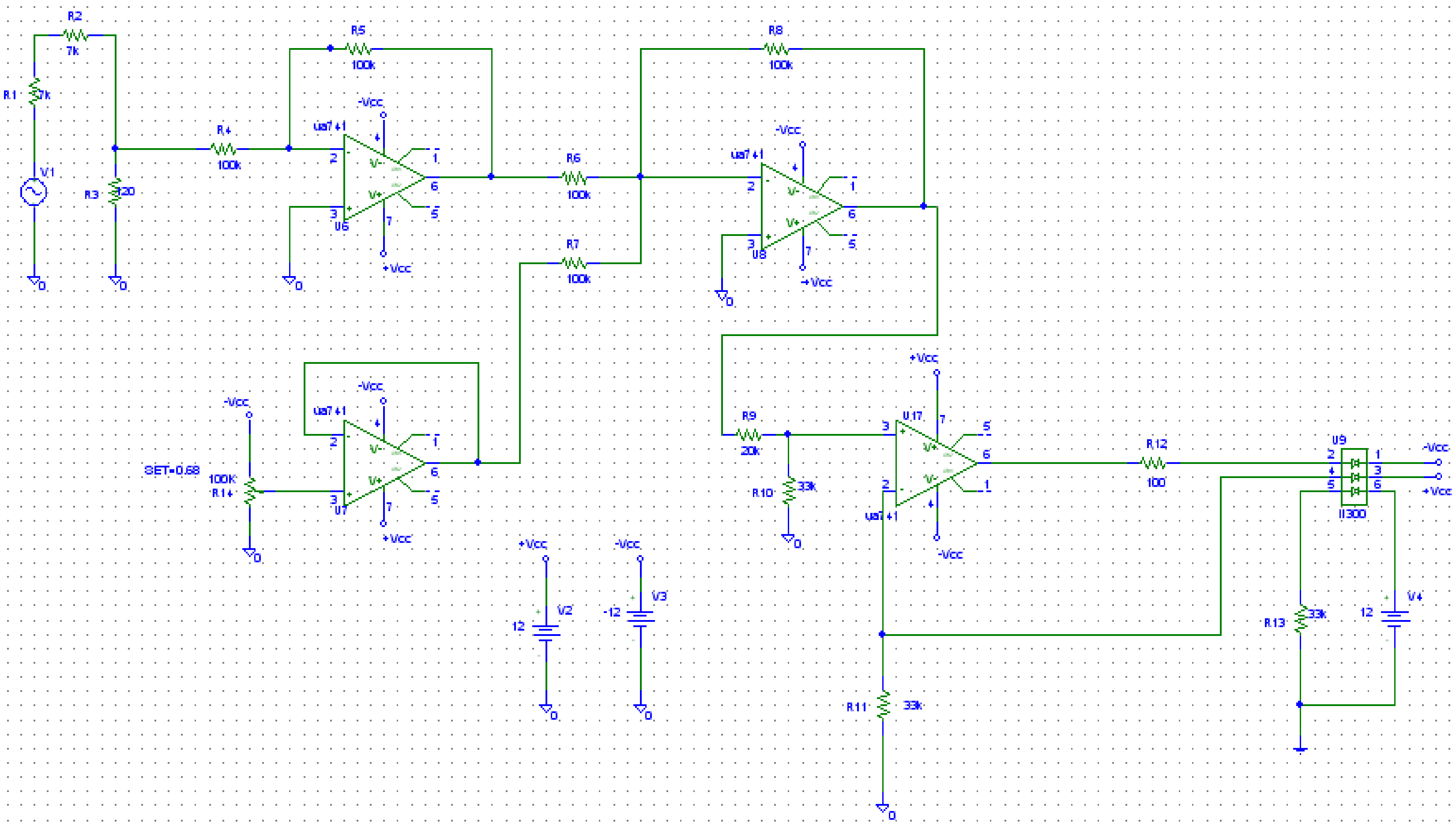
4.2.1. Señal de Voltaje.

Para conseguir visualizar lo que pasa en la sincronización tanto con los generadores, la puesta en sincronización de los generadores en paralelo y conexión de la carga; se necesito hacer un circuito acondicionador de señal. Para esto en la primera parte tenemos un divisor de voltaje entre (R1-R3), de un juego de UA741 que hacen la función de invertir, inyectar un Offset para luego estas dos señales sumarlas, para así obtener un nivel de tensión que pueda ser medido por el optoacoplador IL300 con seguridad.

El integrado IL300 un optoacoplador lineal está formado por un LED infrarrojo en la entrada, 2 fotodiodos en la salida y realimentación que garantiza una mejor linealidad de los voltajes, cuando la corriente del LED Infrarrojo está entre 5-20mA.

Para asegurar el aislamiento, el circuito debe alimentase de dos fuentes independientes.

La Fig. 4-2 muestra el circuito acondicionador de señal de voltaje.


R2
7k
R1
7k
V1
R3
120
R4
100k
R5
100k
-Vcc
ua741
U6
+Vcc
R6
100k
R7
100k
R8
100k
U8
SET=0.68
100K
R14
U7
+Vcc
-Vcc
V2
12
V3
-12
R9
20k
R10
33k
U17
R11
33k
R12
100
U9
II300
R13
33k
V4
12

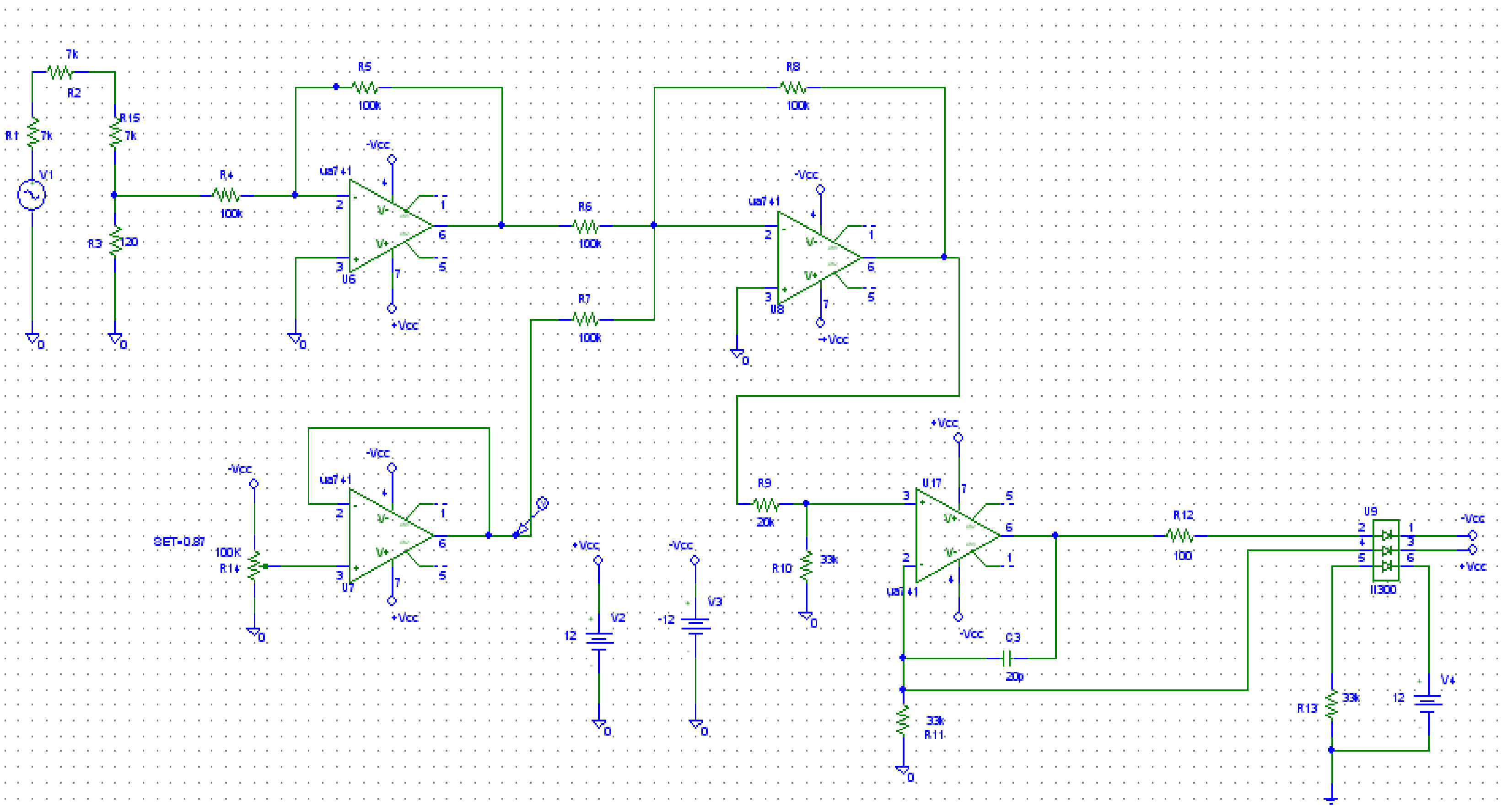


Fig. 4-21 Circuito acondicionador de señal de voltaje

4.2.2. Señal de Corriente.

También necesitamos visualizar el encendido de los primo-mores para esto se utilizo un sensor de corriente CYHCS-K200 conectado en el circuito de armadura del primo-motor DC.

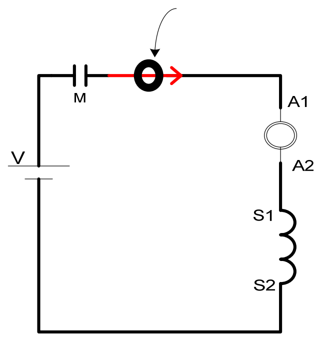


Fig.4-3 Conexión del sensor de corriente

Características eléctricas del sensor de corriente

Corriente nominal………………….30A

Rango de medida…………………..0~ 60A

Voltaje nominal de salida…………1V ± 1%

Fuente de alimentación…………… +5V±5%

Aislamiento…………………………50Hz, 1min, 2.5kV

Offset………………………………… 2.5 V

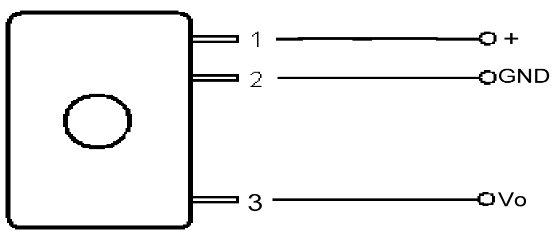


Fig. 4-4 Diagrama de Conexión del sensor de corriente

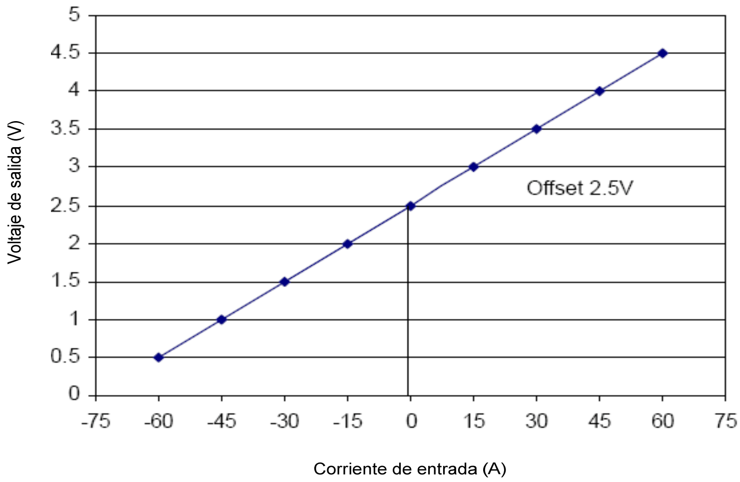


Fig. 4-5 Relación entre corriente de entrada y voltaje de salida

Como podemos observar de la grafica no necesitamos acondicionar la señal puesto que el sensor nos da directamente una señal de voltaje DC a la salida y por otro parte la corriente nominal del primo-motor DC es de 12A y vamos a limitar la corriente a 1.5In por medio de una resistencia de arranque, es quiere decir que la máxima corriente que va a medir el sensor es de 18A y esto equivale a aproximadamente 3.1V lo cual esta en el rango medible para la tarjeta NI PCI 6024E (±10V).

4.3. Manejo de las diferentes pantallas de programación en LABVIEW.

LabVIEW emplea la programación gráfica o *lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques.

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan *Instrumentos Virtuales* (*VI*), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los *VI* tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros *VI*.

Todos los *VI* tienen un *panel frontal* y un *diagrama de bloques*. Las *paletas* contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los *VI*.

Para crear un VI vamos al escritorio y damos clic Inicio-Programas-National Instruments-LabVIEW 8.2-LabVIEW y ya en la pantalla de inicio (Getting Started) de LabVIEW seleccionamos “Blank VI” y se abriran dos pantallas: el Panel Frontal (Front Panel) y el Diagrama de Bloques (Block Diagram).

Fig. 4-6 Pantalla de creación de un VI

4.3.1. Panel Frontal.

Es una interfaz gráfica del *VI* con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un *panel frontal* está formado por controles e indicadores, los controles son perillas, botones de presión, diales y otros dispositivos. Los indicadores son gráficos, LEDs, etc. Los controles simulan dispositivos de entrada de instrumentos y suministran datos para el diagrama de bloques del VI. Los indicadores simulan dispositivos de salida y despliegan datos que el diagrama de bloques adquiere o genera.

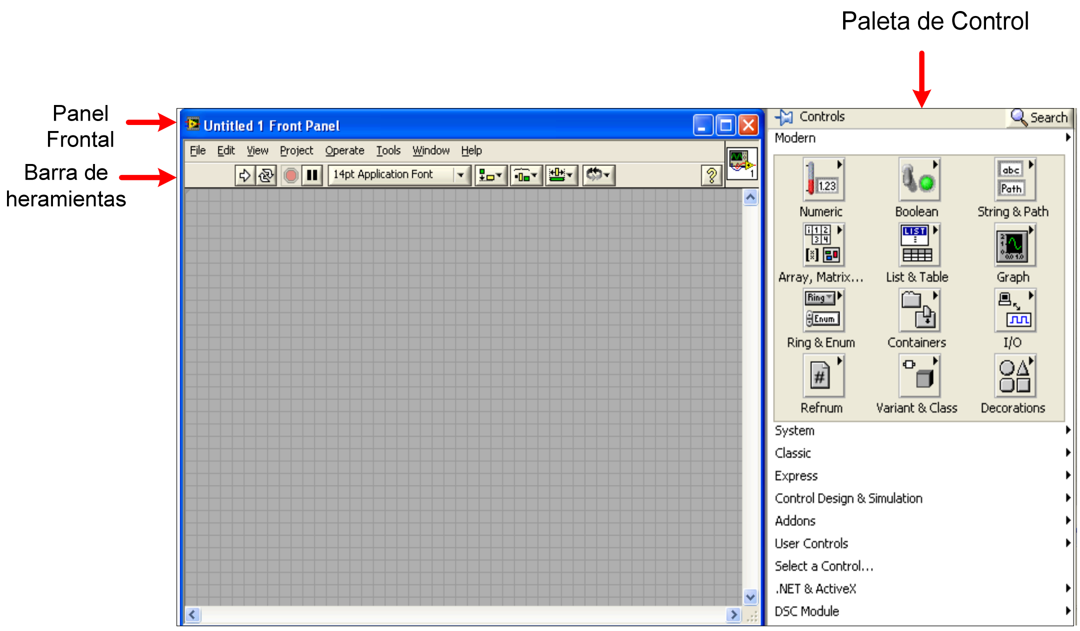


Fig. 4-7 Componentes del Panel Frontal

Paletas de Controles

La paleta de controles contiene los controles e indicadores que se usa para crear el panel de control. Acceda a la paleta de Controls desde el menú de herramientas presionando View>>Controls Palette. La paleta de Controls se divide en varias categorías usted expone las categorías según sus necesidades.

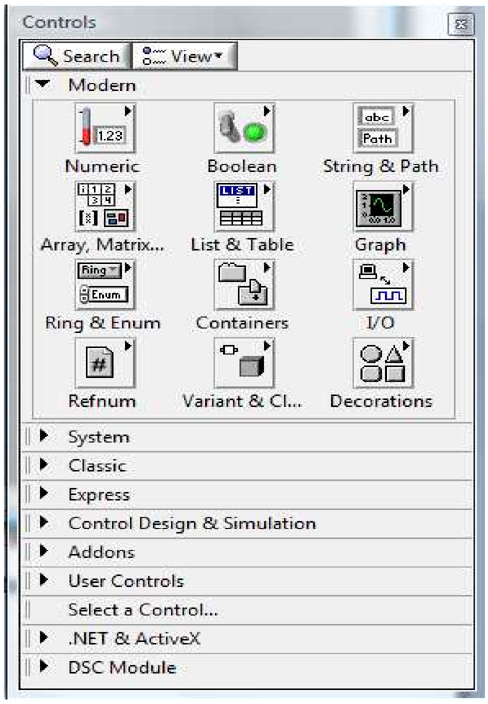


Fig. 4-8 Paleta de Controles

Menús Rápidos

Todos los objetos tienen menús rápidos. A medida que se crea un VI, se emplee los menús rápidos para cambiar la apariencia o comportamiento de los objetos del panel frontal o del diagrama de bloques. Para acceder a los menús rápido haga clic derecho en el objeto.

La Fig. 4-9 muestra un menú rápido de un LED que toma la apariencia de parpadear.

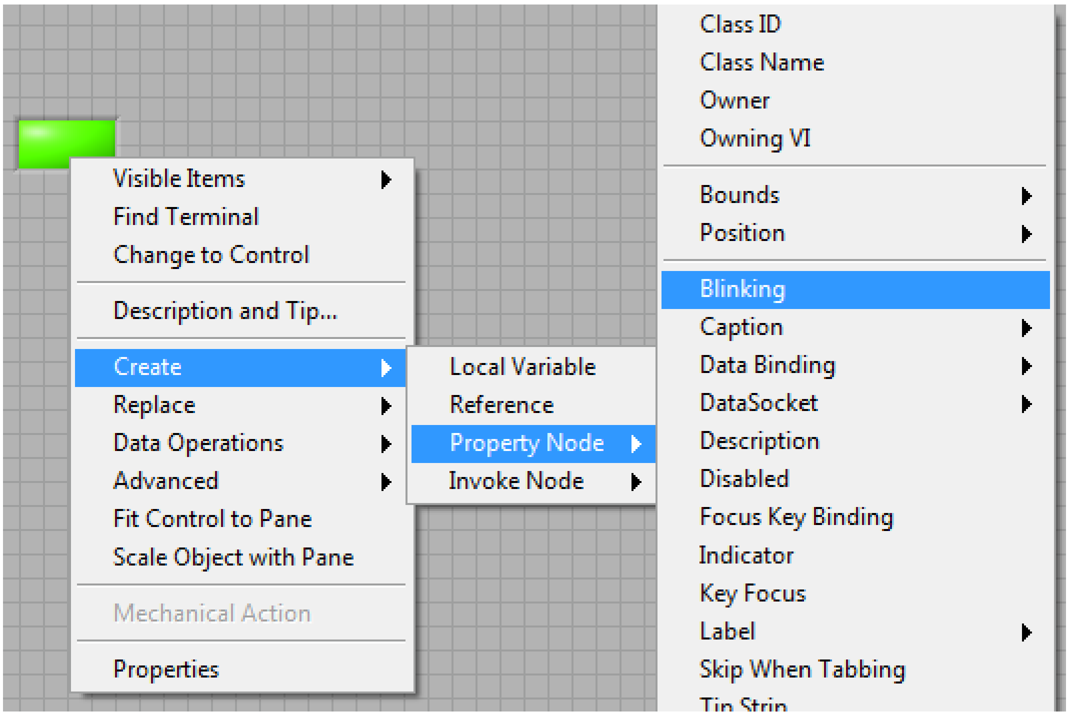


Fig. 4-9 Menú rápido de un LED

Cajas de Diálogo de Propiedad

Los objetos del panel frontal también poseen cajas de dialogo de propiedad que puede usar para cambiar su apariencia o comportamiento. Haga clic en el objeto y seleccione propiedades desde el menú rápido. La siguiente figura muestra la caja de dialogo para el LED mostrado anteriormente.

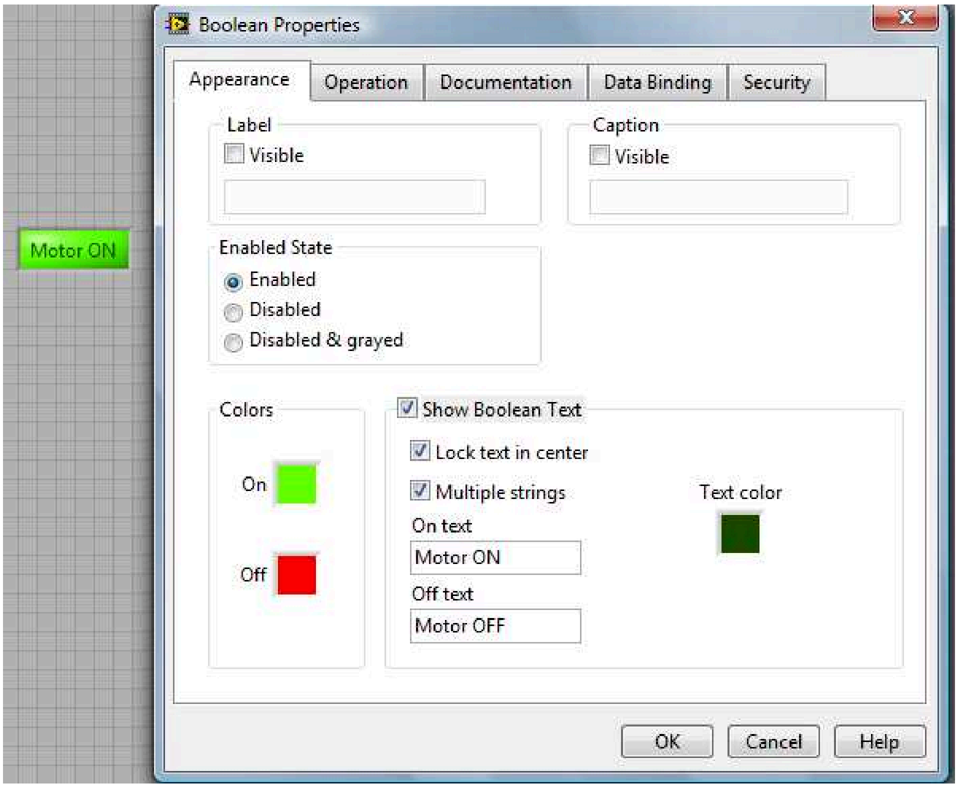


Fig. 4-10 Caja de Dialogo

Barra de Herramientas del Panel Frontal

Se usa los botones en la barra de herramientas del panel frontal para correr y editar el VI.

Haga clic en el botón **Run** para correr el VI. LabVIEW compila el VI de ser necesario. Usted puede correr el VI si el botón Run aparece con una flecha sólida, mostrada en la izquierda.

Mientras el VI corre, el botón **Run** aparecerá como esta en la izquierda.

 El botón **Run** aparecerá quebrado como se muestra en la izquierda, cuando el VI que esta creando o editando posee errores.

 Haga clic en botón **Run Continuously**, mostrado en la izquierda, para correr el VI hasta se presione pausa.

 Mientras el VI corre, el botón **Aboart Execution,** mostrado a la izquierda. Haga clic en el botón para detener el VI inmediatamente.

 Haga clic en el botón **Pause,** mostrado en la izquierda, para hacer un pausa en un VI corriendo. Cuando usted hace clic en el botón Pause, LabVIEW resalta en el diagrama de bloques la localización donde se pausó la ejecución y el botón **Pause** aparece en rojo. Haga clic en el botón **Pause** nuevamente para continuar el VI.

4.3.2. Diagrama de bloques

Los objetos del diagrama de bloques incluyen terminales, subVIs, funciones, contantes, estructuras y cables, los cuales transfieres datos a través de otros objetos del diagrama de bloques. El diagrama de bloques se compone de terminales de indicadores, cables, nodos, terminales de controles y funciones.

La Fig. 4-11 muestra un ejemplo de cómo interactúa el diagrama de bloques con el panel frontal en una aplicación en particular.

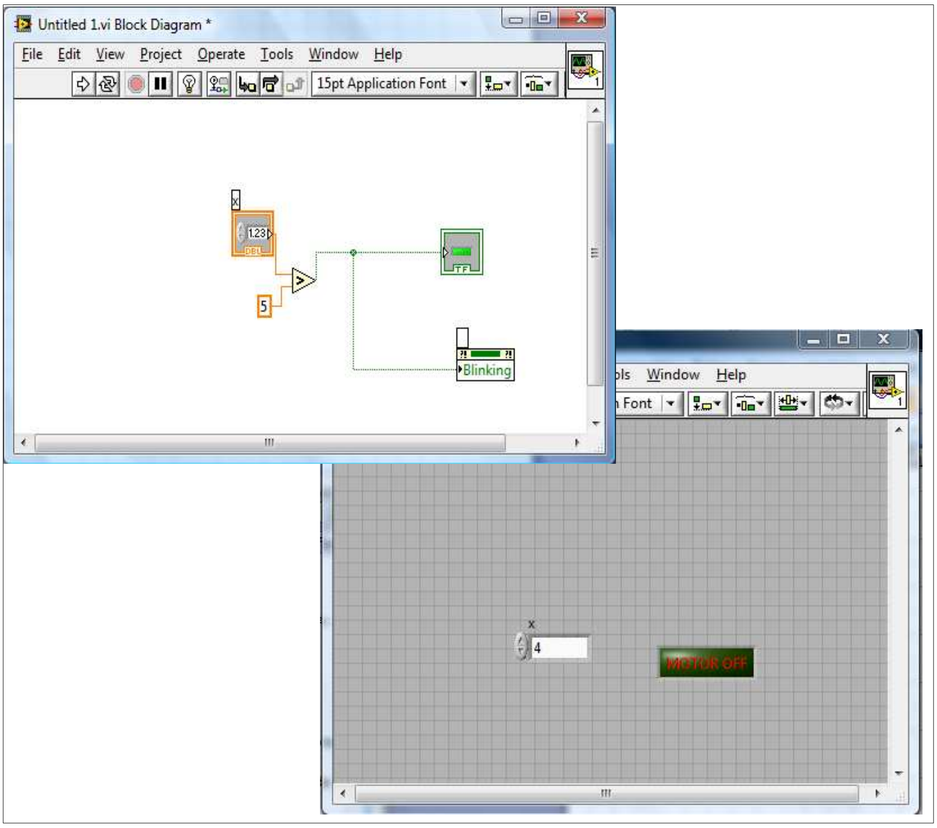


Fig. 4-11 Diagrama de Bloques con su Correspondiente Panel Frontal

Paleta de Funciones

La paleta de **Functions** contienen todos los VIs, funciones y constantes que se usa para crear el diagrama de bloques. Acceda a la paleta de Functions desde el diagrama de bloques al escoger View>>Functions Palette>>

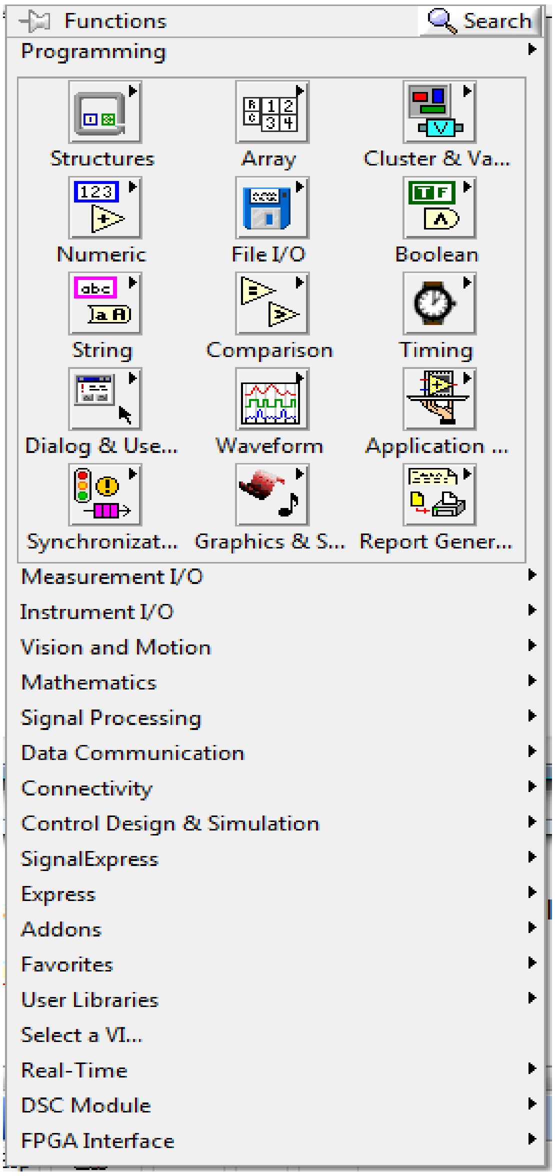


Fig. 4-12 Paleta de Funciones

Barra de Herramientas del Diagrama de Bloques

La siguiente Barra de Herramientas aparece en el diagrama de bloques.

 Haga clic en Highlight Execution, mostrado en la izquierda, para mostrar una animación de la ejecución del diagrama de bloques cuando hace clic en el botón Run. Observa el flujo de datos através del diagrama de bloques.

 Haga clic en el botón Retain Wire Values, mostrado en la izquierda, para guardar valores de los cables en cada punto de ejecución al igual cuando se coloca una punta de prueba en el cable y puede retener el valor mas reciente datos que pasa a través del cable.

4.3.3. Modulo DSC de LABVIEW

Modulo de Supervisión de Datos y Control (DSC) es la mejor manera de desarrollar interactivamente un sistema de supervisión y control.

En la paleta de funciones encontramos el **DSC Module** el cual cuenta con una gama gráficos de interacción con el usuario y estas son tuberías, bombas, etc.

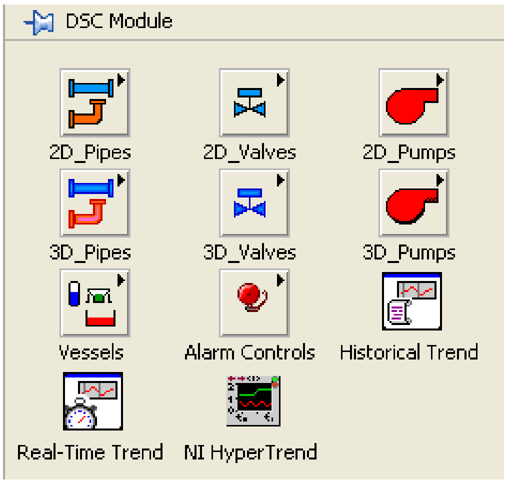


Fig. 4-13 Paleta del Modulo DSC

El Modulo DSC tiene un navegador de imágenes, que puede usarse en la construcción de un VI, para acceder a estos vamos a Tools>>DSC Module>> Image Navigator.

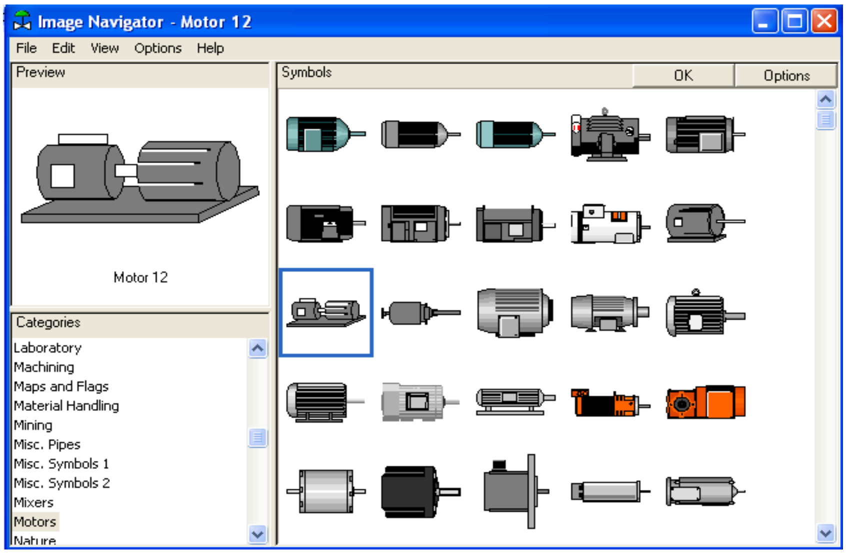


Fig. 4-14 Herramienta del Image Navigator

4.4. Programa para visualizar el proceso de Sincronización de Generadores.

Vamos a simular un encendido y apagado de las turbinas y generadores, la puesta en paralelo de los generadores y la conexión de la carga creando un VI con el nombre de **Tesis “G&F”.** Utilizando la herramienta DAQ Assistant, ubicada en el Diagrama de Bloques en la paleta de funciones Express>>Input.

Una ves insertado el DAQ Assistant, configuramos los canales, seleccionamos Analog Input>>Voltaje, luego escogemos los canales físicos de entrada del dispositivo PCI-6024E.

Fig. 4-15 DAQ Assistant

Para seleccionar varios canales de entrada presionamos la tecla ctrl o shift.

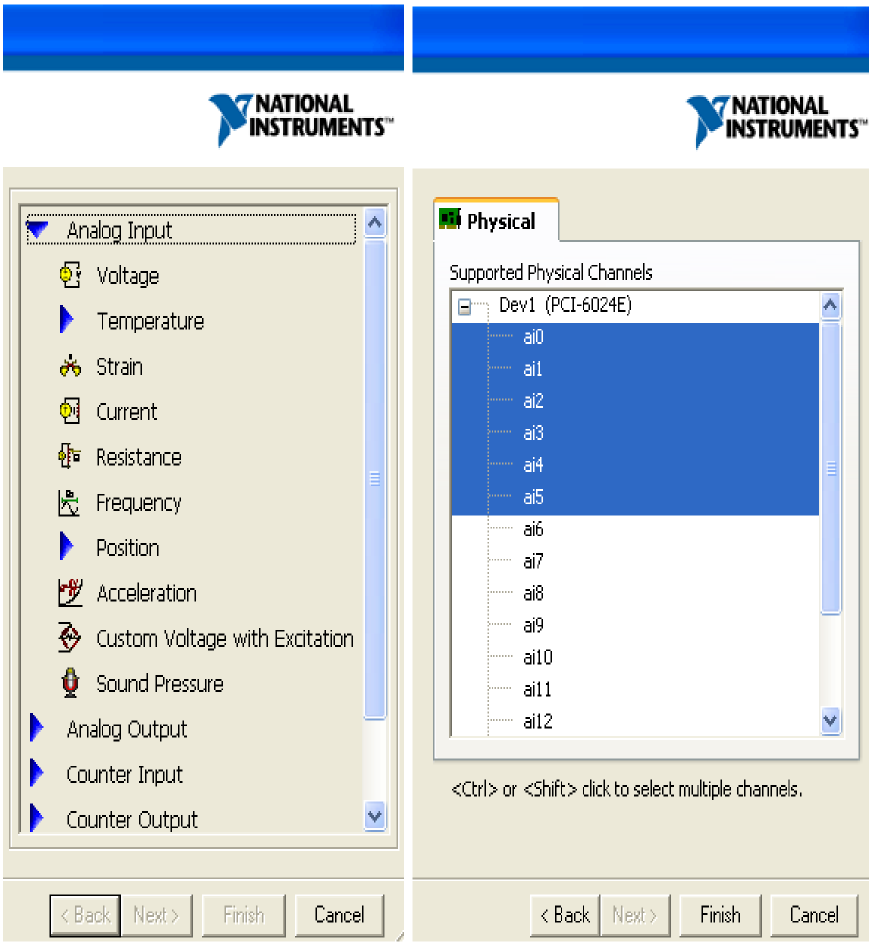


Fig. 4-16 Ventanas de configuración de entradas

Luego de escoger los canales que vamos a utilizar, presionamos **Finish** y se nos abrirá otra ventana donde configuramos el canal: el rango de la señal a medirse (signal Input Range), escogemos **Volts** y el rango de **-10 a 10V**, luego escogemos el sistema de medición **RSE** en la pestaña (Terminal Configuration) y el modo de adquisición **Continuous** en el (Task Timing). En la sección de configuración del reloj (Clock Setting), establecemos la velocidad de muestreo (Clock Settings) en **100** muestras; la frecuencia (Rate) determina la duración de cada ciclo, lo definimos en **500Hz**.

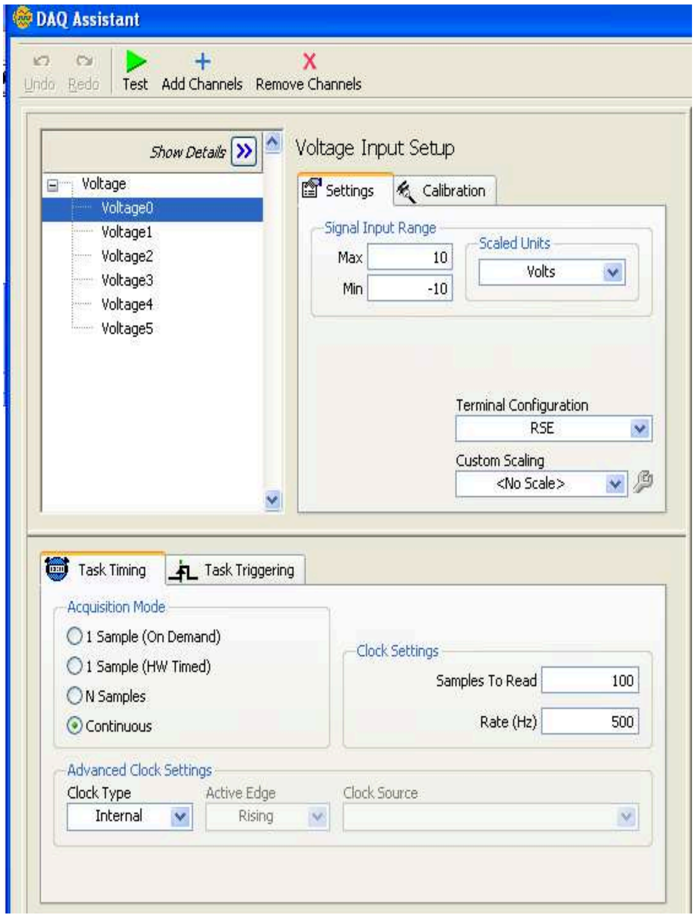


Fig. 4-17 Configuración del Voltaje de entrada

En la Fig. 4-18 observamos el DAQ Assistant dentro de un Lazo While devido a que se va a ser una medición continua, es necesario que el DAQ Assistent este dentro de una estructura repetitiva (While Loop), para detener la adquisición se usa la tecla Parar.

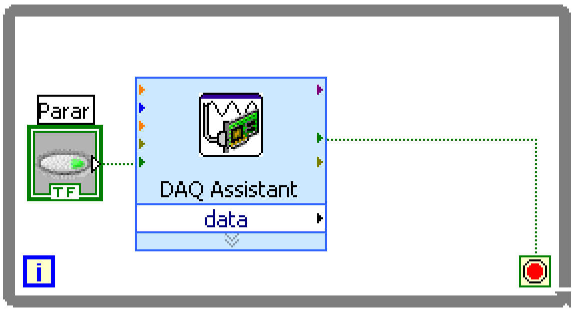
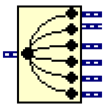


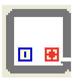
Fig. 4-18 DAQ dentro de un While Loop

Para procesar cada una de las señales usamos las siguientes funciones:



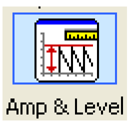
(Split Signals), para procesar cada una de las señales medidas.

Paleta de funciones Structures>> While Loop



(While Loop) Lazo Mientras, estructura que repite el procedimiento encerrado en ella mientras no se active el boton stop "", el número de iteraciones se obtiene del terminal "".

Menú Express>>Signal Analysis



(Amp & Level) Amplitud y Nivel, obtiene el valor DC, RMS, picos máximos y mínimos de la onda.

Lo usaremos para tomar los valores de voltaje de salida de los generadores, el cual nos da una indicación del generador, de que si esta excitado o no. Este analizador para este caso se configura para que mida voltaje RMS; la misma configuración se hace para saber la puesta en sincronización y la conexión de la carga.

El mismo analizador utilizaremos para el saber si el primo motor esta encendido, pero aquí se utiliza el sensor de corriente CYHCS-K200 el cual nos da un voltaje DC a la salida del sensor y dependiendo del este voltaje indicaremos si la turbina esta o no esta encendida. Para este caso el analizador se configura para medir voltaje DC.

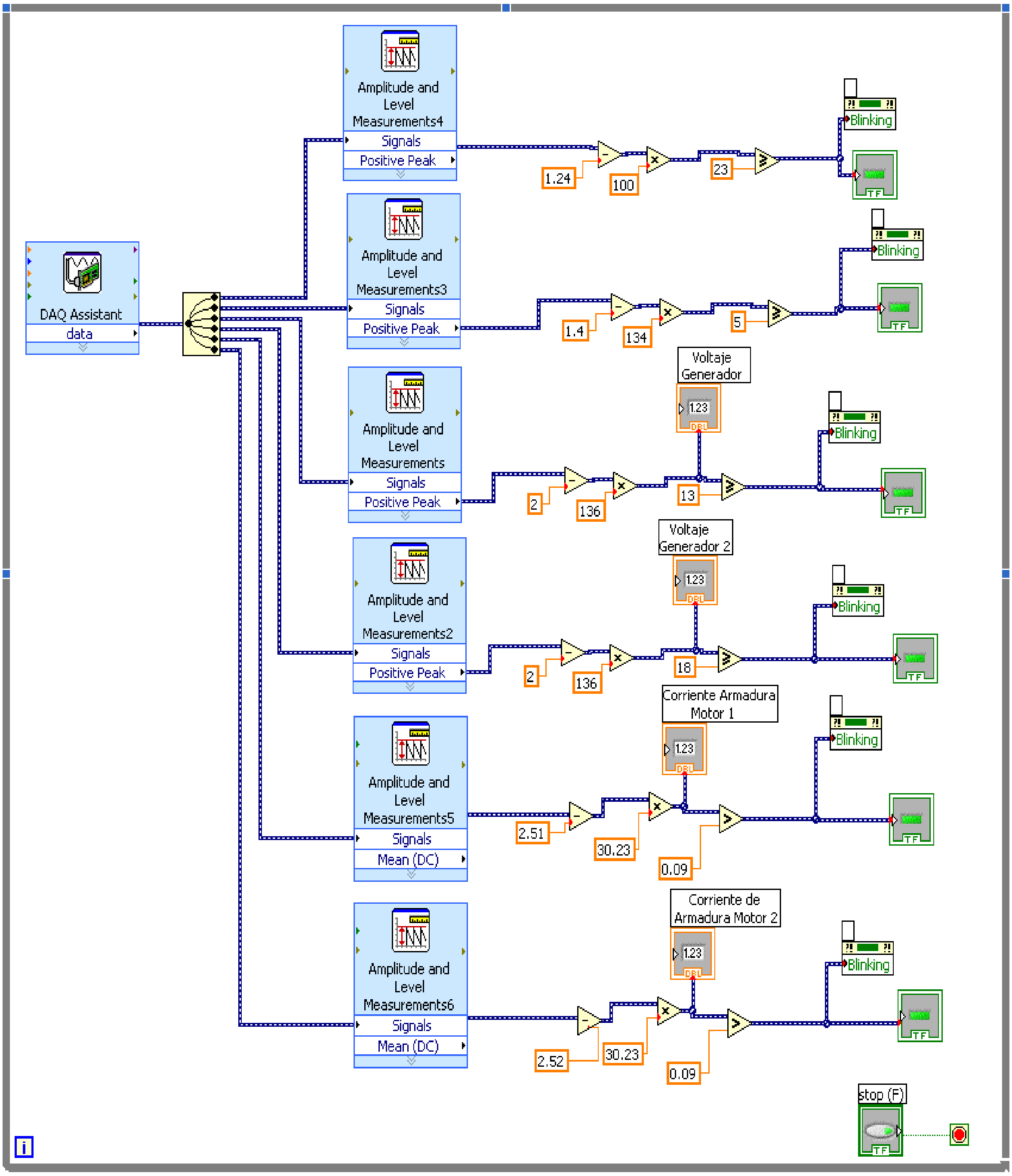


Fig. 4-19 Diagrama de Boques de Tesis G&F

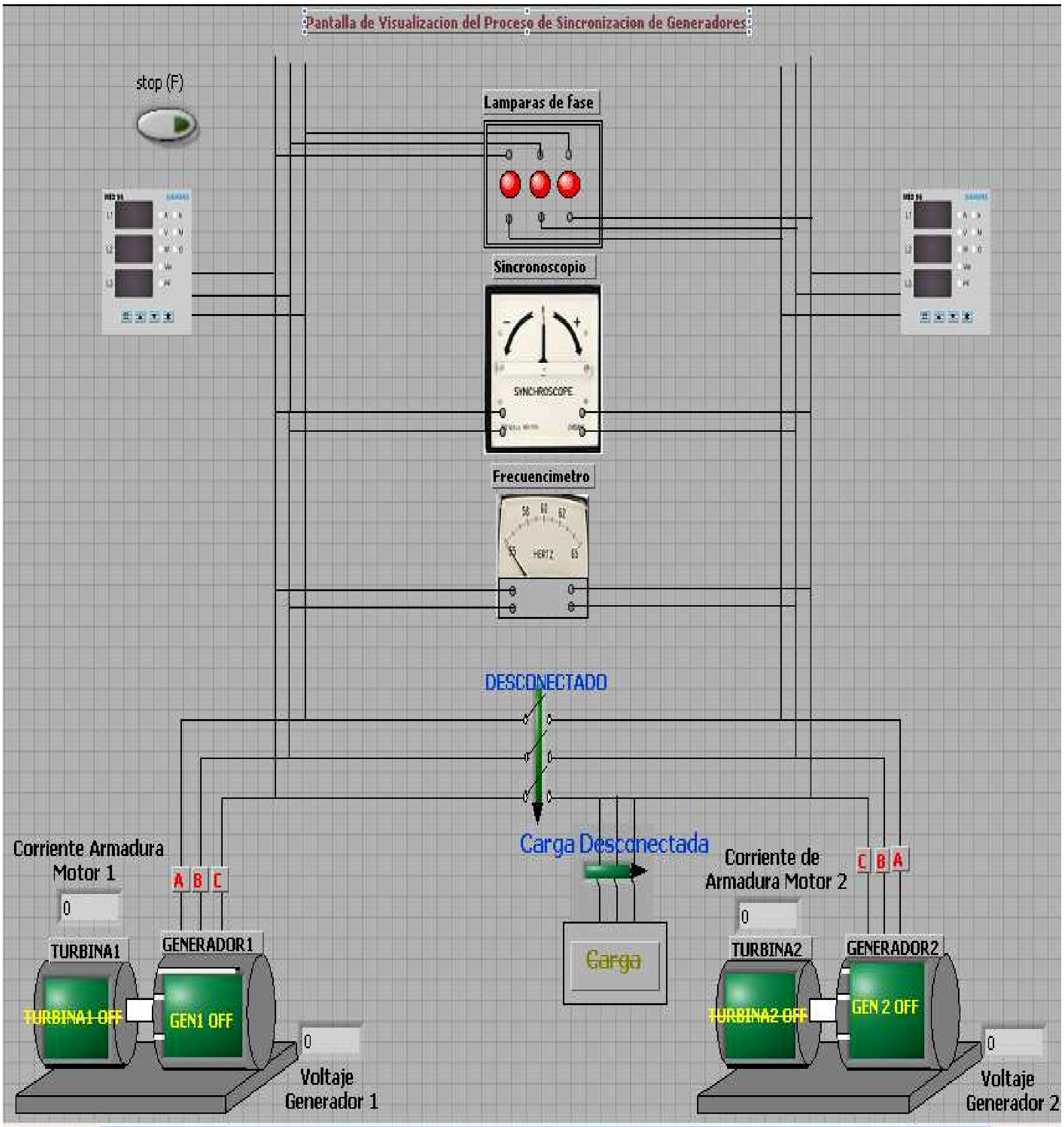


Fig. 4-20 Panel Frontal de Tesis G&F

CAPITULO 5

5. Implementación del tablero para prácticas con motores, específicamente para la sincronización de generadores.

5.1 MID 96

Este instrumento se ínstalo con la finalidad de adquirir los parámetros eléctricos del motor o generador AC; como la corriente de línea, voltaje línea -fase, Potencia Activa, Reactiva en un solo equipo.

En la sincronización lo utilizamos para medir el voltaje de generación, la potencia Activa y Reactiva de cada uno de los generadores.

El va a estar colocado en la parte superior del tablero para poder tener una mejor visualización y manipulación del mismo. El MID va a estar conectada su alimentación a los terminales de Línea a Neutro y las señales a medirse van a estar en las barras instaladas en el tablero G&F.

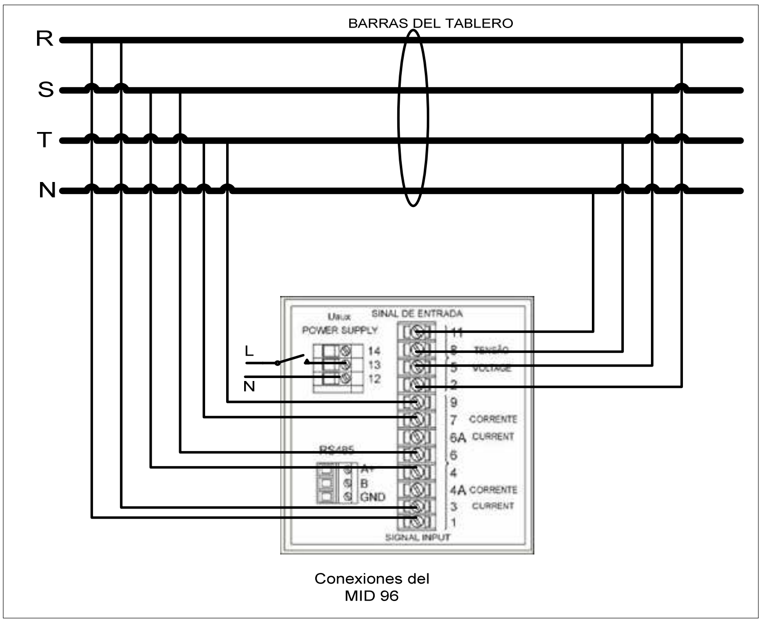


Fig. 5-1 Diagrama unifilar del MID 96

La configuración del equipo esta dado según los valores nominales del generador.

Corriente Primaria (IP)

0-9A

Voltaje Primario (UP)/ Voltaje Secundario (US)

10-999

Tipo de Circuito

3N~ 3E

5.2 Instrumentos de medición de voltaje y corriente

Con la finalidad de obtener los valores del voltaje y corriente de campo de los generador, el voltaje y corriente del los primos motores tanto para la armadura y el campo.

5.2.1 Campo de los generadores

Se instaló dos amperímetros y dos voltímetros para medir la corriente de campo y el voltaje de excitación de los dos generadores.

El amperímetro tiene una capacidad de corriente de 0-5A-DC, debido a que la corriente de campo nominal del generador de 1kW es de 1,85 y el generador de 3kW es de 2,1.

Los voltímetros tienen un rango de voltaje de 0-150V-DC, puesto que el voltaje de excitación del generador de 1kW es de 100V y 3kW es de 113V.

Por lo tanto los amperímetros y los voltímetros están en capacidad de medir dichas corrientes y voltajes sin ningún problema.

5.2.2 Campo de los primos motores.

Para el campo de los primo-motores se instalo al igual que los generadores medidores de voltaje y corriente de igual alcance, puesto que el voltaje y corriente del primo-motor 1kW y 3kW respectivamente son 70V-0,75A; 67,2V-1,3A.

5.2.3 Armadura de los primos motores.

Aquí variamos el alcance de medición de los amperímetros debido a que los corrientes de se los primo-motores de 1kW y 3kW son 8A y 24A; por tanto se instalo amperímetros de alcance de 50A, y los voltímetros de igual alcance que los anteriores puesto que la voltajes de los mismos es 125V para ambos.

5.3 Diseño y construcción de una Fuente DC.

La fuente esta diseñada para cualquier práctica que requiera tener una fuente variable de (0-208V-20A-3ϕ) o una fuente (0-125VDC-4A).

Para la práctica de sincronización la vamos a utilizar para alimentar la excitación de los generadores.

5.3.1 Requerimientos

Los elementos que se requirió para diseñar esta fuente son los siguientes:

Un autotransformador 3ϕ de 20A, dos transformadores 1ϕ, dos puentes rectificadores, Brecker, fusibles y borneras.

5.3.2 Diseño

Conexión del Transformador Variable (VARIAC)

Se conecta las tres líneas de tensión a los Brecker de 20 A para protección del transformador variable.

El transformador variable, lo conectamos en Y como reductor de tensión, para obtener en la salida un voltaje 3ϕ variable de 0-208Vac de línea-línea y de 0-120Vac de línea-neutro. La Fig. 5-2 muestra el diagrama de conexión del autotransformador.

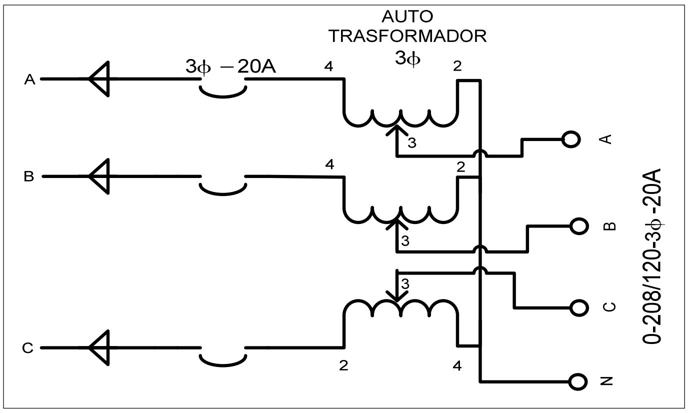


Fig. 5-2 Diagrama de conexión del Autotransformador

Conexión de los Transformadores

Como tenemos dos transformadores monofásicos lo que hizo es conectar el primario de cada transformador conectar de línea-neutro con un fusible en la línea para protección del transformador, en el secundario un brecker bifásico de 4A para proteger el puente de cuatro diodos. La Fig. 5-3 muestra el modo de conexión de los transformadores monobásicos.

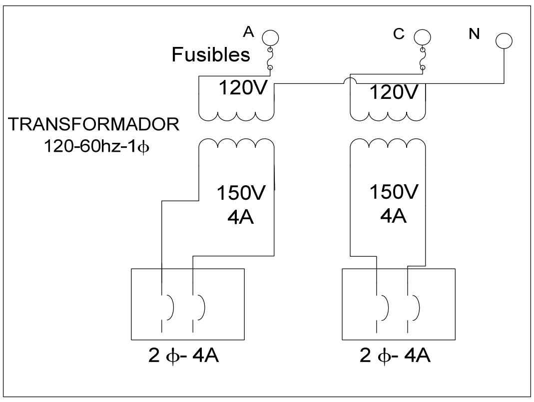


Fig. 5-3 Conexión del transformador monofásico

Rectificador

El transformador convierte la tensión alterna de entrada en otra tensión alterna del valor deseado, esta tensión es rectificada durante el primer semiciclo por el diodo D1 y D2 durante el segundo semiciclo por el diodo D3 Y D4, de forma que a la salida llega una tensión continua pulsante muy impura ya que no está filtrada ni estabilizada, como esta señal se la va a utilizar para alimentar la excitación de los generadores no necesitamos que la señal sea tan pura. Como necesitamos tener salidas independientes, a cada transformador le conectamos un puente rectificador y así obtenemos dos salidas. La Fig. 5-4 muestra la entrada de tensión al transformador y salida de tensión rectificada.

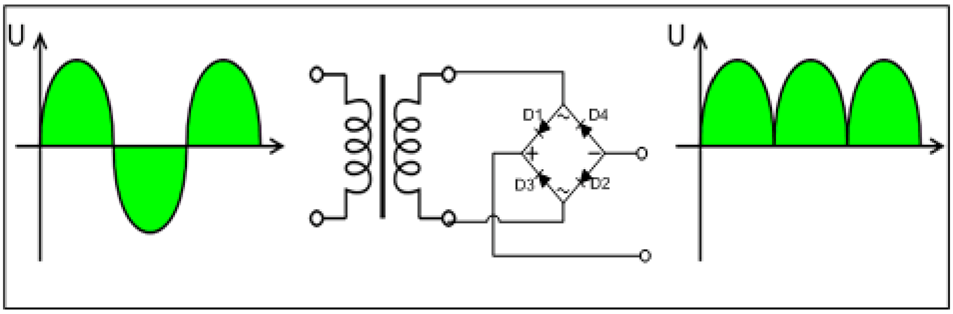


Fig. 5-4 Voltajes de entrada y salida

5.3.3 Características y restricciones para el uso

La característica de esta fuente es que los estudiantes tienen pueden tener una fuente variable AC trifásica si así lo requieren, o si conectamos los terminales del VARIAC con los terminales del trasformador monofásico podemos tener fuente DC.

La fuente AC variable, varía de 0-208V y soporta 20A.

Lafuente DC, es variable de 0-125V y soporta 4A.

La Fig.5-5 muestra el diagrama unifilar de la fuente junto con los terminales de salida.

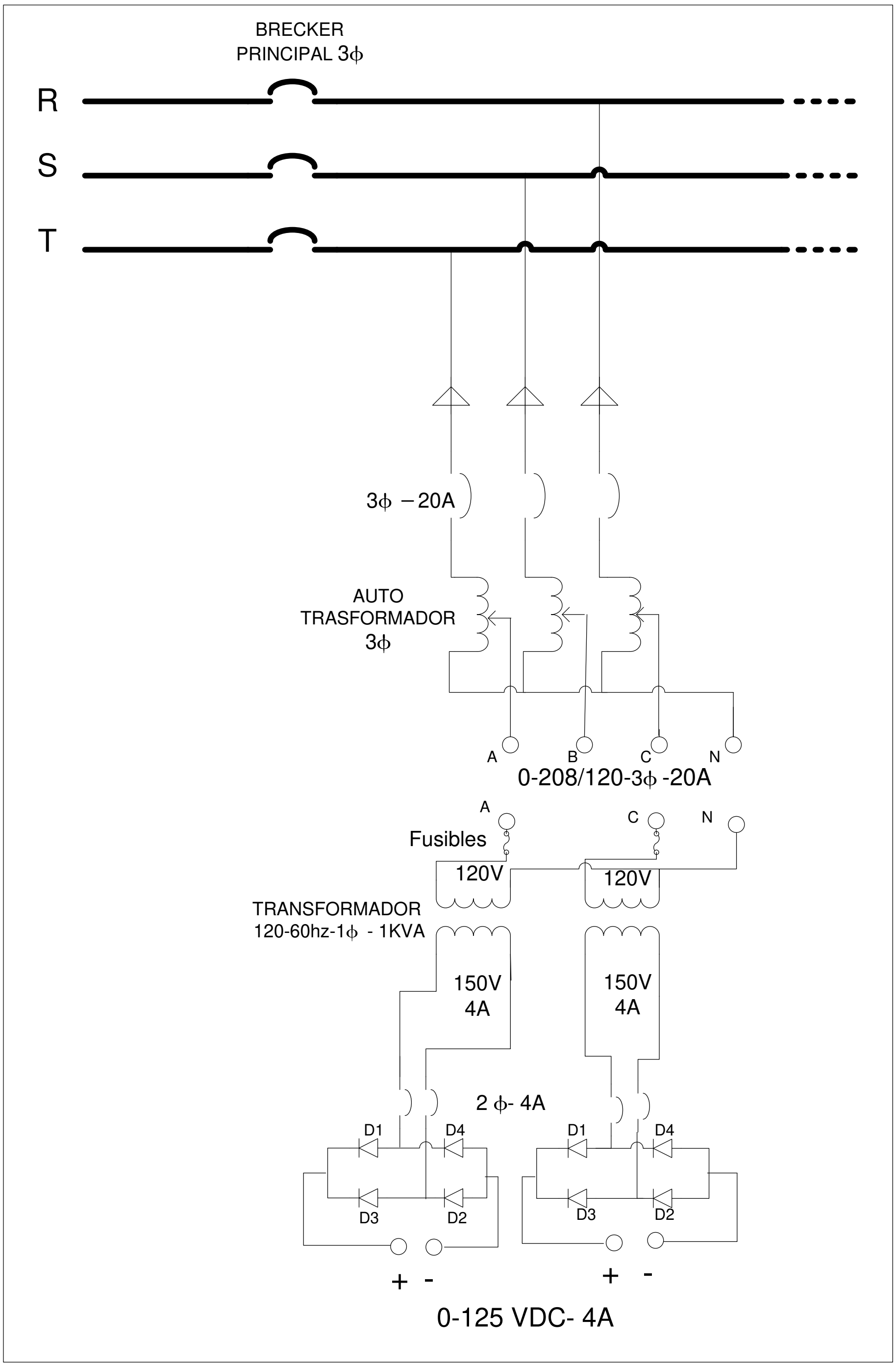


Fig.5-5 Diagrama unifilar de la fuente

5.4 Sistema de arranque de los Motores DC

Para que un motor funcione adecuadamente debe estar protegido contra daños físicos durante el periodo de arranque.

Arranque por Relés temporizadores Eléctrico

El arranque por medio de temporizadores eléctricos se hace con la finalidad de limitar la corriente durante el arranque.

El criterio para colocar la resistencia que va en serie con el devanado del inducido depende de la corriente a la cual se vaya a limitar. La Fig.5-7 muestra el diagrama de fuerza del motor dc junto con la resistencia de arranque.

La corriente nominal del motor DC es 12A, se va a limitar la corriente de arranque a 1.5In, el voltaje nominal es 125Vdc, la resistencia de armadura es 1.52Ω y la resistencia del campo serie es 1.32Ω con estos datos vamos a calcular la resistencia R que se va a colocar para limitar la corriente de arranque.

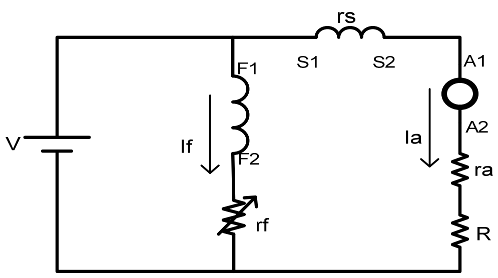


Fig. 5-6 Circuito equivalente del motor shunt

V=Ea+Ia(ra+rs)

Iarrq = (V-Ea)/(ra+rs)

En el arranque Ea=0

Iarrq=125/(1.52+1.32)

Iarrq=44A

Queremos limitar Iarrq=1.5In

$$1.5In = \frac{(V - Ea)}{(ra + rs + R)}$$

$$R = \frac{V}{1.5In} - (ra + rs)$$

$$R = \frac{125}{1.5(12)} - 2.84\Omega$$

R=4.1Ω

Ya hemos calculado la resistencia de arranque y la colocamos en serie co el inducido.

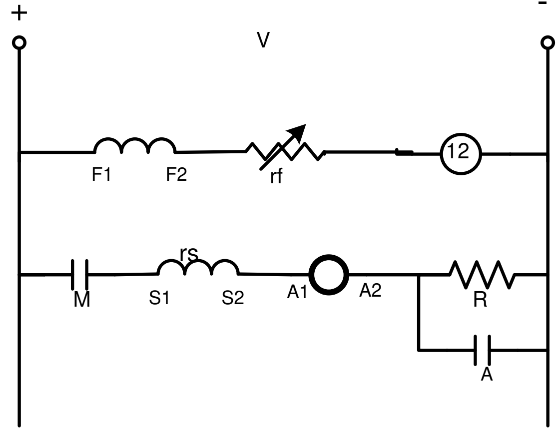


Fig. 5-7 Diagrama de fuerza del Motor dc

Analizando el circuito de fuerza vemos que existe una bobina número 12 que la bobina del relé de falla de campo, esta detecta la presencia de corriente de campo. Asumiendo de que através del campo circule la corriente nominal, se cerraría el contacto asociado del circuito de control. Permitiendo que se pueda presionar “Marcha” en el circuito.

Presionamos “Marcha”, se energiza M y TR y el contacto abierto de M enclava la marcha, después de un tiempo TR se acciona y energiza A, esta ultima acciona un contacto en paralelo con la resistencia cortocircuitando la misma. La botonera de “Paro”, detendrá en proceso de arranque.

La Fig. 5-8 ilustra el diagrama de control a usarse para hacer un arranque por medio de relé temporizadores eléctricos.

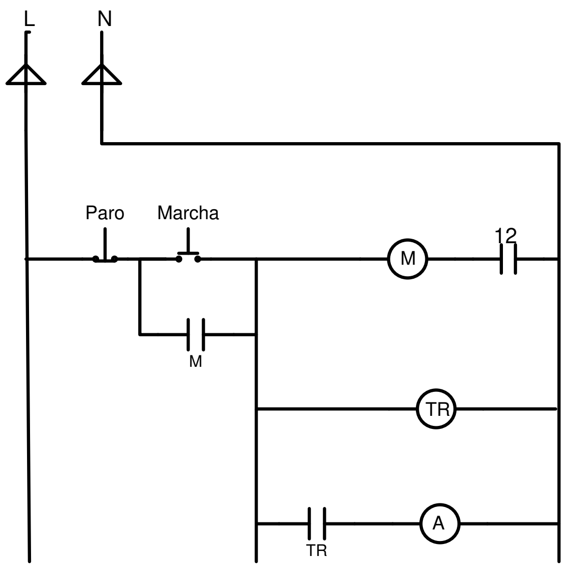


Fig. 5-8 Circuito de control de arranque del motor dc

5.5 Relé de Falla Campo (Relé 12)

El Relé de Falla de Campo tiene dos componentes, una bobina y un contacto normalmente abierto.

La bobina detecta la corriente que circula por el circuito de campo del motor y el contacto se acciona cuando la bobina detecta un corriente mayor a la corriente de operación. La Fig. 5-9 muestra los terminales de conexión de la bobina y del contacto normalmente abierto (N/O).

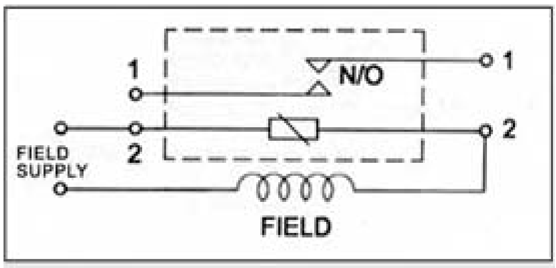


Fig. 5-9 Diagrama del Relé de Falla de Campo

5.5.1. Características

RELÉ DE FALLA CAMPO, es un dispositivo que funciona verdaderamente con corriente. Dado que no existe ningún núcleo de hierro, no hay almacenamiento magnético y el tiempo de accionamiento es menos de 1,2 milisegundos.

5.5.2. Campo de Uso y Restricciones

El tiene una corriente de operación de 0.6A con el 5% de incertidumbre, una corriente de mantenimiento de 0.35A y un rango de operación de 0.7 a 1 A.

Esto quiere decir que nosotros podemos usar este relé cuando la corriente sea menor 1A, porque de hacer pasar una corriente mayor por dicho elemento causaríamos daño.

En el motor que podemos utilizar es la maquina kato de 1kW, porque esta tiene una corriente de campo de 0.75A, pero maquina Kato de 3kW no podemos utilizar porque su corriente de campo es de 1.3A.

Corrientes	Rango (A)	Mínima de Operación +/- 5%	Mantenimiento (menos que)
	0.7-1	0.6A	0.35A

Tabla 5 Corriente del Relé de Falla de Campo

5.6 Botoneras y Lámparas Indicadoras

Los botoneras y lámparas hacen de un proceso sea mas amigable al usuario, pulsado cualquiera de las botoneras hace según se haya diseñado el sistema de control operar o sacar de operación a una maquina o equipo, en cambio las lámparas nos dan una indicación de lo que este operando o no.

5.6.1 Botonera y Luz de Paro De Emergencia

Todo tablero debe tener una luz indicadora y botonera de emergencia. La luz para saber que el tablero tiene energía y la botonera de emergencia para que durante el proceso se presente algún inconveniente podamos desde allí desenergizar el tablero y evitar accidentes.

5.6.2 Botonera y Luz piloto para motores

Con las botoneras podemos encender o apagar un motor por medio de la bobina (M) y con lámparas en paralelo con la bobina (M) podemos tener una visión de esto.

5.6.3 Botonera y Luz piloto para sincronización

La botonera para la sincronización pone en paralelo dos generadores por medio de una bobina (S) cuando estos cumplan con sus condiciones y la luz conectada en paralelo con la bobina permite ver que los generadores están conectados en paralelo.

5.6.4 Botonera y Luz Indicadora para la carga

Con la botonera de marcha de carga por medio de la bobina (I) ingresamos la caga y con la botonera de paro sacamos la carga a los generadores sincronizados, las luz conectada en paralelo con la bobina (I) simula lo que sucede.

5.6.5 Lámparas de fase

Se colocaron 3 lámparas de 240V color rojo con 6 terminales para las tres líneas de salida trifásicas de cada generador.

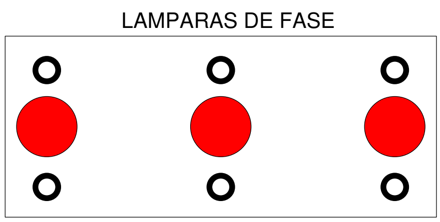


Fig.5-10 Lámparas de fase

CAPITULO 6

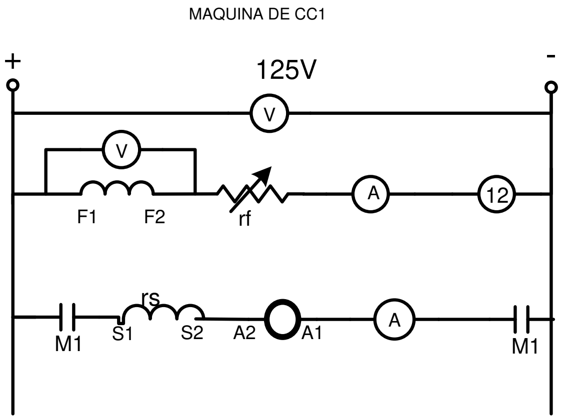
6. Pruebas y Análisis de Resultados

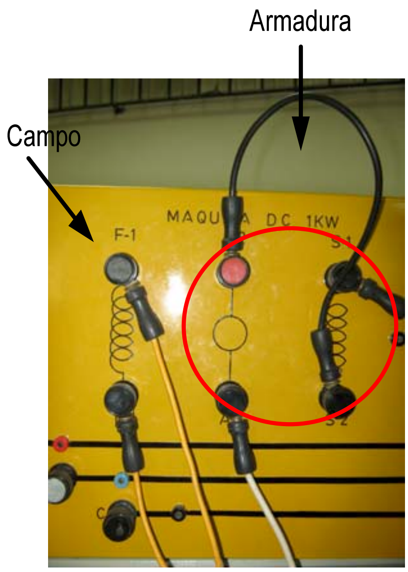
6.1 Descripción de las pruebas

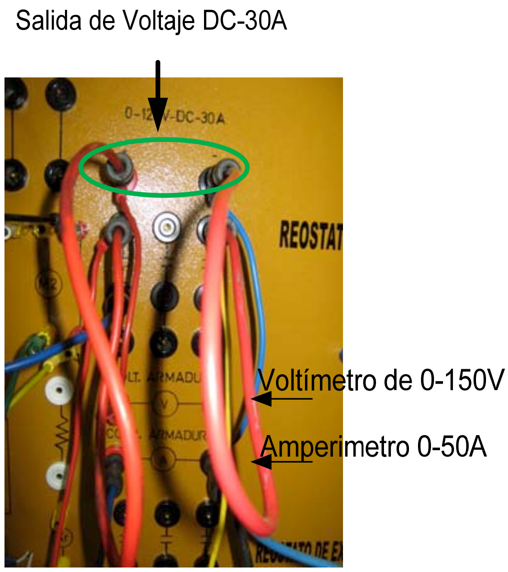
Sincronización de dos generadores en Paralelo

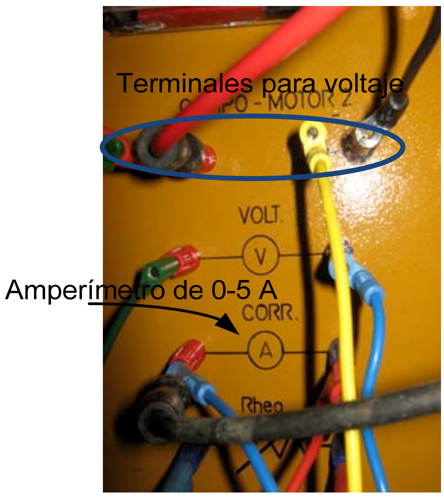
1. Conexión del Primo motor 1; Maquina Kato de 1 Kw.

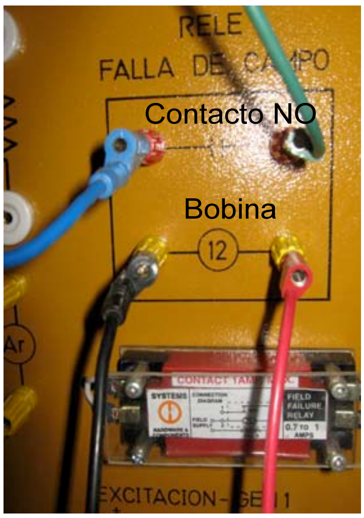
   1.1. Conectamos el primo motor como motor compuesto, con sus respectivos medidores de corriente y voltaje ubicados en el panel, alimentamos con 125 V y lo arrancamos en vacío.



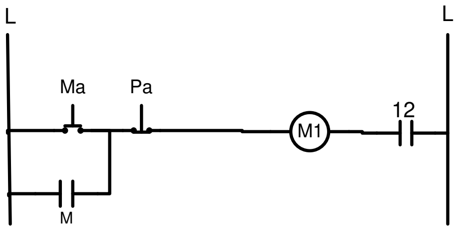

Armadura
Campo

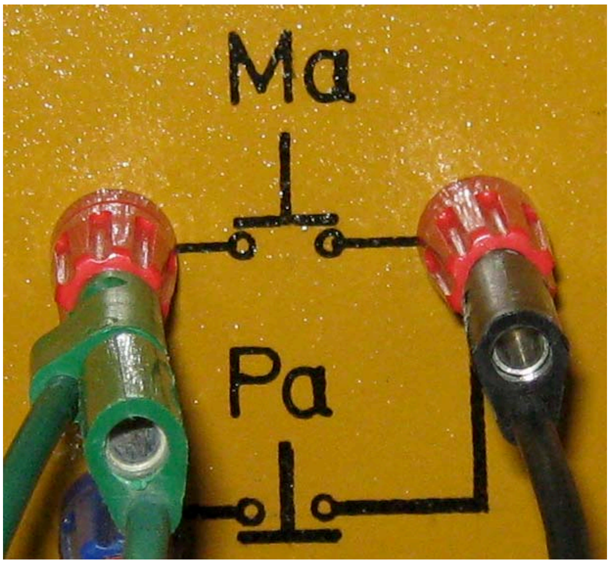

Salida de Voltaje DC-30A
Voltímetro de 0-150V
Amperimetro 0-50A


Terminales para voltaje
Amperímetro de 0-5 A


Contacto NO
Bobina

1.2. Conectamos también el diagrama de control para el contactor.

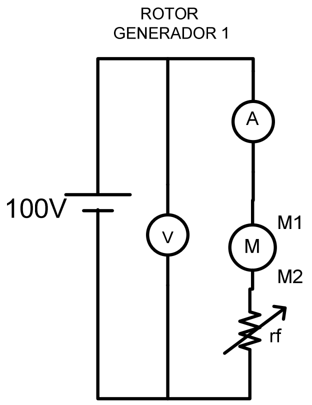


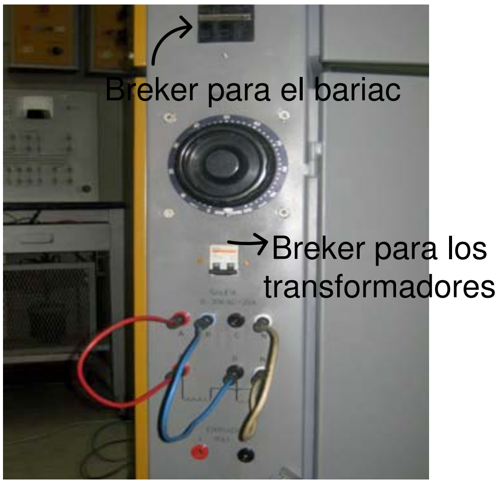


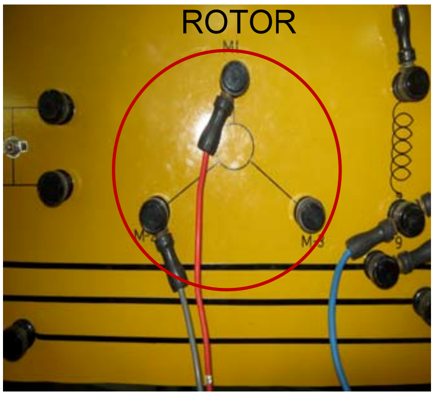
2. Ajustar la velocidad a 1800 rpm, por medio del reóstato de campo (rf) que esta conectado en serie con el campo.

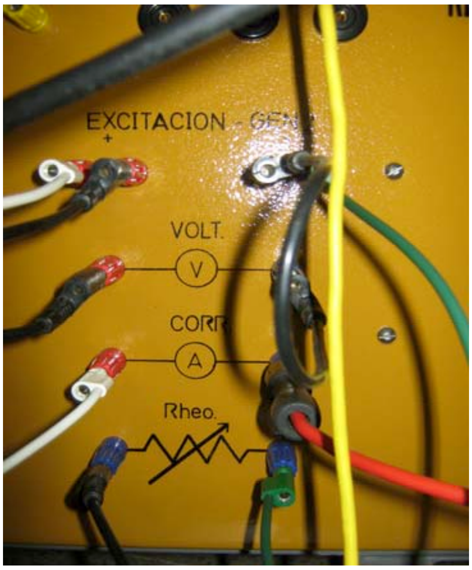
3. Hacer las conexiones del rotor y estator del generador 1,

3.1. Alimentamos al rotor con 100V, que es ajustado por un medio de un VARIAC instalado en el panel. La corriente se controla a través de la resistencia de campo.

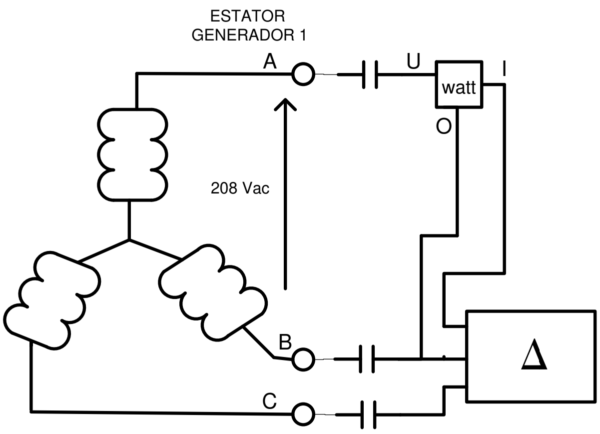


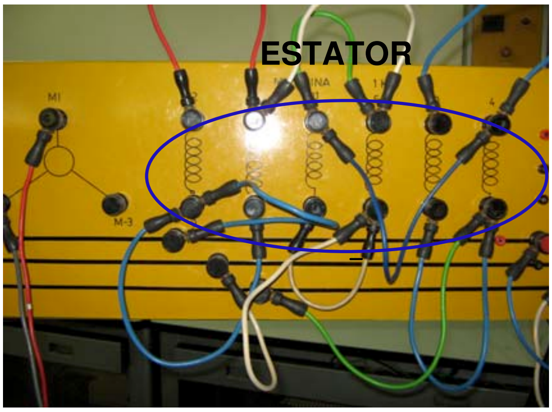






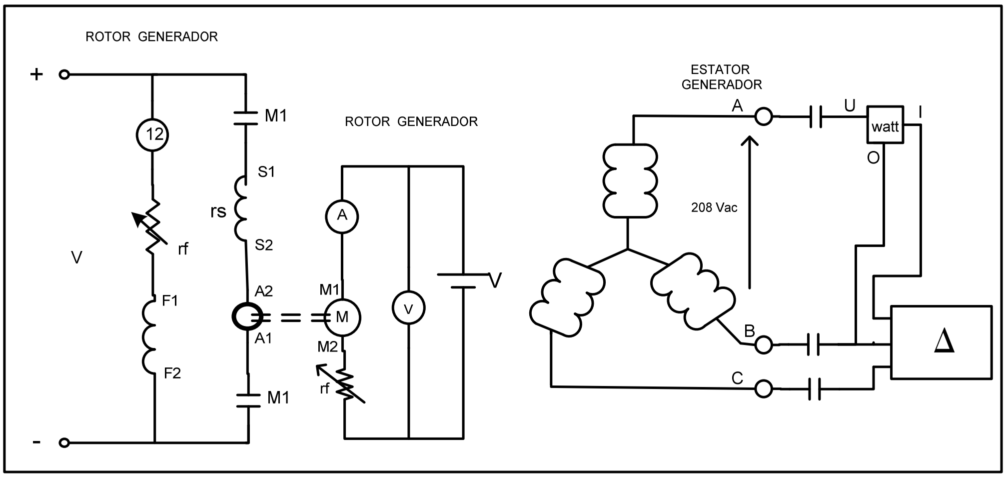
3.2. El estator conectamos sus bobinas en estrella paralelo para obtener un voltaje de 208 voltios igual al voltaje de la barra infinita, luego conectamos los terminales A, B, C a la barra que se encuentra en el tablero para después conectar un vatímetro para medir la potencia de la carga conectada en delta.





4. Hacer funcionar el conjunto Primo Motor- Generador, para que por medio del reóstato de excitación del generador comience a generar voltaje en el estator. Ajustar la velocidad.

Diagrama de conexión para funcionamiento como generador síncrono.



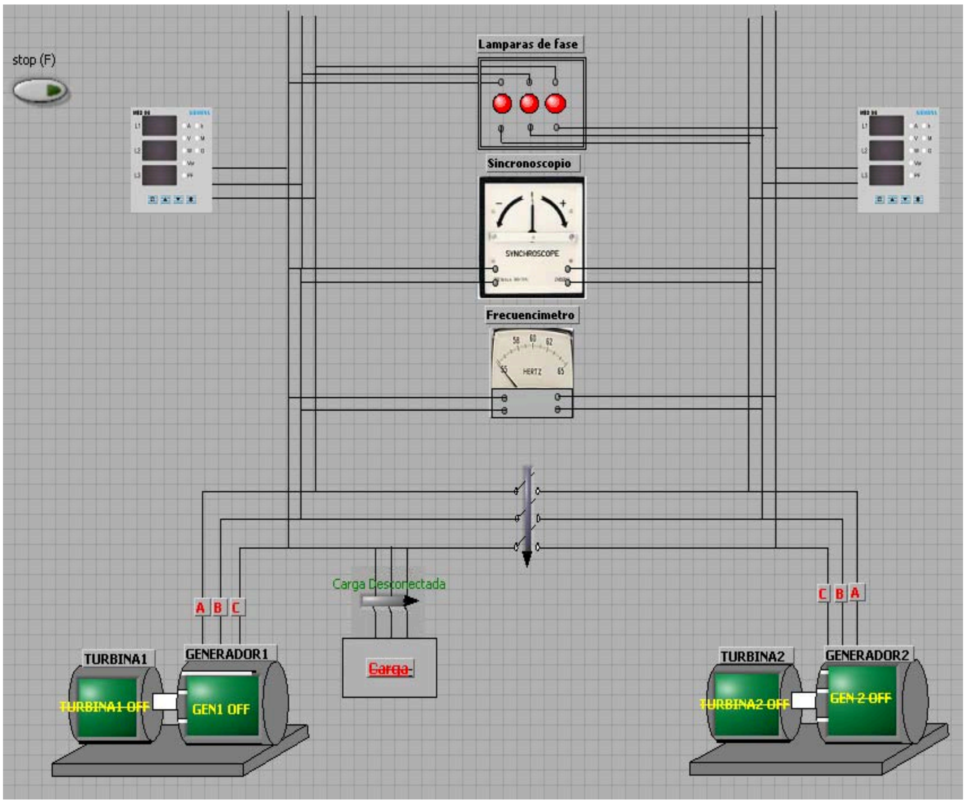
5. Ahora conectamos la carga por medio de una botonera y un contactor instalado para el efecto.

Ajustar el voltaje generado y la frecuencia a medida que se aumenta la carga.

6. Conexión de la segunda maquina KATO de la misma forma que se hizo en el punto 1- 4, haciendo una excepción del punto 3.2 en la parte que indica la conexión de carga, puesto que este generador entrara a sincronizar con el primero para hacer la repartición de su carga.

7. Realizamos la conexión de los equipos de sincronización como: lámparas de sincronización, frecuencímetro y por ultimo el sincronoscopio.

Diagrama esquemático de sincronización de dos generadores en paralelo.



8. Ayudados de los equipos de sincronización realizamos los ajustes pertinentes para que cumplan las condiciones para que dos o más generadores puedan conectarse en paralelo. Luego de verificar dichas condiciones presionamos la botonera

dispuesta para la sincronización que por medio de esta y un contactor, conectamos en paralelo dos generadores.

9. Realizamos el reparto de la carga entre los generadores y mantenemos constante el voltaje y la frecuencia.

6.2 Resultados

La tabla 6.1 muestra de los valores obtenidos al realizar el punto 1.1 de la práctica de sincronización de generadores en paralelo.

PRIMO MOTOR DC			
	Campo	Armadura	RPM
Voltaje(Vdc)	70	125	
Corriente(Adc)	0.7	1	
Velocidad			1800

Tabla 6.1. Datos del Motor Dc en el arranque en vacío

Las tablas 6.2 indican los valores obtenidos cuando conectamos la excitación del generador que siguiendo con el procedimiento seria el punto 4

PRIMO MOTOR DC			
	Campo	Armadura	RPM
Voltaje(Vdc)	70	125	
Corriente(Adc)	0.6	1.8	
Velocidad			1800

Tabla 6.2a Datos del primo motor cuando se conecta la excitación del generador

GENERADOR		
	Campo	Generación
Voltaje	100Vdc	70Vac
Corriente	1.1Adc	0
Potencia	-	-

Tabla 6.2b Datos del generador cuando se conecta la excitación del generador

Al realizar el punto 5 para diferentes valores de carga, se realizo las siguientes tablas.

50 Watt POR FASE		Antes	Después
Motor DC	Ia(A)	2.8	3
	f(Hz)	58.5	60
	Vf(V)	68	64
	If(A)	0.6	0.58
Generador	Vgen(V)	197	208
	Igen(A)	0.3	0.31
	Pgen(W)	34.5	37
	Qgen(VAR)	3	1
Carga	P(W)	60	65
	Q(VAR)	48	50

Tabla 6.3 Datos cuando conectamos 50 Watt en cada fase

100 Watt POR FASE		Antes	Después
Motor DC	Ia(A)	4	4
	f(Hz)	58	60
	Vf(V)	64	56
	If(A)	0.58	0.5
Generador	Vgen(V)	200	208
	Igen(A)	0.59	0.6
	Pgen(W)	68	74
	Qgen(VAR)	4.00	3.6
Carga	P(W)	120	130
	Q(VAR)	85	95

Tabla 6.4 Datos cuando conectamos 100 Watt en cada fase

150 Watt POR FASE		Antes	Después
Motor DC	Ia(A)	5	5.5
	f(Hz)	58.1	60
	Vf(V)	56	50
	If(A)	0.5	0.42
Generador	Vgen(V)	200	208
	Igen(A)	0.88	1
	Pgen(W)	100	109
	Qgen(VAR)	4	3.2
Carga	P(W)	185	200
	Q(VAR)	125	140

Tabla 6.5 Datos cuando conectamos 150 Watt en cada fase

200 watt por fase		Antes	Despues
Motor DC	Ia(A)	6.5	7
	f(hz)	58	60
	Vf(V)	49	43
	If(A)	0.42	0.4
Generador	Vgen(V)	198	208
	Igen(A)	1.19	1.2
	Pgen(W)	185	146
	Qgen(VAR)	7.5	8
Carga	P(W)	245	265
	Q(VAR)	165	195

Tabla 6.6 Datos cuando conectamos 200 Watt en cada fase

250 watt por fase		Antes	Despues
Motor DC	Ia(A)	8	8.5
	f(hz)	58.6	60
	Vf(V)	43	38
	If(A)	0.4	0.38
Generador	Vgen(V)	200	208
	Igen(A)	1.47	1.53
	Pgen(W)	165	180
	Qgen(VAR)	5	4
Carga	P(W)	310	335
	Q(VAR)	215	240

Tabla 6.7 Datos cuando conectamos 250 Watt en cada fase

300 Watt POR FASE		Antes	Después
Motor DC	Ia(A)	9.5	10
	f(Hz)	58.1	60
	Vf(V)	38	31
	If(A)	0.38	0.3
Generador	Vgen(V)	200	208
	Igen(A)	1.76	1.82
	Pgen(W)	200	216
	Qgen(VAR)	6	7
Carga	P(W)	375	400
	Q(VAR)	248	275

Tabla 6.8 Datos cuando conectamos 300 Watt en cada fase

Las tablas 6.9 y 6.10 nos dan una muestra del comportamiento de la frecuencia el voltaje de generación a medida que se reparte la carga entre ambos generadores.

Generador 1		
Motor DC	Ia(A)	3,3
	f(hz)	60
	Vf(V)	63
	If(A)	0,58
Generador	If(A)	1.1
	Vgen(V)	208
	Igen(A)	0,55
	Pgen(W)	50
	Qgen(VAR)	38
	fp	0,8

Tabla 6.9. Datos del Generador 1 cuando tiene este 50Watt de 150Watt repartido entre dos generadores

Generador 2		
Motor DC	Ia(A)	3.5
	f(Hz)	60
	Vf(V)	65
	If(A)	0.6
Generador	If(A)	1.2
	Vgen(V)	208
	Igen(A)	0.62
	Pgen(W)	70
	Qgen(VAR)	32
	fp	0.9

Tabla 6.10 Datos del Generador 1 cuando tiene este 70Watt de 150Watt repartido entre dos generadores

Carga	P(W)	198
	Q(VA)	90

Tabla 6.11 Mediciones del Vatímetro de Carga

6.3 Análisis de resultados

Se puede observar en las tablas de resultado los valores obtenidos en la tabla 6.1 cuando arrancamos el primo motor DC son los esperados para su comportamiento en vacío.

Analizando los resultados de la tabla 6.2a cuando se conecta la excitación del generador los datos no divergen mucho de la tabla anterior puesto que aun estamos en vacío y se genera un voltaje.

La tabla 6.2b sus valores del campo son los nominales y el voltaje de generación es de 70 Vac a pesar de que tenemos máxima resistencia en la excitación, lo ideal seria tener un voltaje igual a cero pero para esto tendríamos que tener un reóstato de mayor resistencia en la excitación.

El comportamiento de Primo Motor –Generador al poner la carga se observa en las tablas 6.3-6.8, aquí se puede apreciar que la corriente de armadura y la corriente de generación aumentan su valor hasta alcanzar sus valores nominales en cambio el voltaje y corriente de campo del Primo Motor disminuye. Estos resultados son posibles debido a que el Primo Motor–Generador y equipos de medición se encuentran en buen estado.

Para poder repartir la carga se tuvo que disminuir el voltaje de excitación del generador 2 y se aumento el voltaje de excitación del generador 1 para tener un voltaje en las líneas de 208Vac, además se controlo la frecuencia de la misma forma como se hizo con el voltaje, bajando la velocidad de uno de los generadores y aumentando la velocidad del otro generador. Los valores de potencia activa y reactiva están dados en función del factor de potencia puesto que cuando se realizo la experiencia no se hizo que el factor de potencia este muy próximo a uno como se puede observar en la tabla 6.9 y 6.10.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para que el Motor DC y la Maquina Síncrona giren el mismo sentido, se tiene que tener en cuenta la dirección de la corriente del Motor DC.
2. La construcción del tablero es de gran utilidad, para tener un monitoreo constante de los parámetros eléctricos que este esta constituido, el cual permite tomar las respectivas acciones para llevar a cabo una practica.
3. La visualización a través del Software de Labview permite tener otra perspectiva de lo que ocurre cuando encendemos los motores, generadores, entrada de carga y la puesta en sincronización.
4. El tablero tiene una gran versatilidad puesto con el se puede hacer diferentes practicas con motores.
5. Para construir el tablero se debe tomar en cuenta los parámetros de seguridad para proteger tanto a las personas como a los equipos instalados, para esto se debe hacer un diseño eléctrico adecuado.
6. El Relé de Falla de Campo nos permite tener una seguridad de que la maquina no se embale, puesto este nos asegura que así se quiera presionar marcha para encender el motor sin la corriente necesaria para energizar este Relé, el motor no se encenderá.
7. Cuando se hace la repartición de carga entre los dos generadores es importante que el factor de potencia sea aproximadamente uno para

poder cumplir que con una carga netamente resistiva no se tiene reactivo.

8. Es importante tener en el tablero luces indicadoras para la alimentación, motores, sincronización y la entrada de la carga para visualizar la presencia de energía, así como también botonera de paro de emergencia por si alguna circunstancia ocurra.
9. Para obtener las señales que le llegan a la tarjeta de Labview se debe diseñar un circuito acondicionador de señales que pueda aislar la entrada de señal física con la señal que va a la tarjeta de adquisición de datos, por lo tanto estos circuitos deben ser alimentados su mayoría con fuentes independientes, para su protección.
10. Es importante recalcar el manejo de los elementos para la variación de voltajes, corriente, frecuencia y potencia, se lo debe hacer con el debido cuidado ya que los equipos son muy sensibles y a la vez poder cumplir con los requerimientos de la práctica, en especial en el momento de repartir la carga entre los dos generadores.

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS

GLOSARIO

CORRIENTE CONTINUA

Es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial.

CORRIENTE ALTERNA

Se denomina corriente alterna a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal.

EMBALAMIENTO

Cuando la velocidad del motor sobrepasa la velocidad nominal rápidamente hasta alcanzar que este se destruye.

CAMPO MAGNETICO

Es una región del espacio en la cual una carga eléctrica puntual de valor q que se desplaza a una velocidad $\mathbf{v}$, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como al campo, llamada inducción magnética o densidad de flujo magnético.

MOTOR SHUNT

El **motor shunt** o **motor de excitación paralelo** es un motor de corriente continua cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar.

INDUCTOR

Un **inductor** o **bobina** es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

FRECUENCIA

Es una medida para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo.

TENSION

Es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito.

FASE

Situación instantánea de un ciclo periódico.

MAQUINA

Es el mecanismo que transforma la energía para la realización del trabajo requerido.

Conviene señalar que los **motores también son máquinas**, en este caso destinadas a transformar la energía original (eléctrica, química, potencial, cinética) en energía mecánica en forma de rotación de un eje o movimiento alternativo de un pistón. Aquellas máquinas que realizan la transformación inversa, cuando es posible, se denominan máquinas generadoras o generadores.

LED

Diodo emisor de luz, es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz incoherente de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN del mismo y circula por él una corriente eléctrica.

TERMINAL

En electrónica, se refiere a una patilla o pin de un componente.

ENERGIZAR

Activar un dispositivo (electroimán, bobina, etc.) suministrándole energía eléctrica.

DESENERGIZAR

Liberar de cualquier conexión eléctrica y/o carga eléctrica.

CORRIENTE DE OPERACIÓN

La corriente mínima que debe pasar por la bobina para que esta funcione.

CORRIENTE DE MANTENIMIENTO

Es la corriente más pequeña que pasa por el relé para que este se mantenga accionado.

ACONDICIONAMIENTO

Procedimiento mediante el cual una señal es adecuada a niveles de voltaje compatibles con la tarjeta de adquisición de datos utilizada, mediante funciones como amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico entre otros.

ADQUISICIÓN DE DATOS

Consiste en tomar un conjunto de variables físicas, convertirlas en señales eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora.

CORRIENTE

Flujo de cargas que circulan a través de un conductor.

BORNES O BORNERAS

Terminales con tornillo para conexión de cables.

DISPLAY

Dispositivo o pantalla que permite mostrar información, números o letras, al usuario.

PROGRAMACIÓN

Elaboración de una secuencia de instrucciones definida, ordenada y finita que realizan una tarea.

SOFTWARE

Conjunto de programas y procedimientos necesarios para realizar una tarea específica. Existen de tres tipos: de sistema, programación y aplicación.

TORQUE o PAR MOTOR

Es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro, se mide en Newtons por metro (fuerza por brazo)

BARRA INFINITA

El bus infinito es una idealización de un sistema de potencia, el cual es tan grande que en él no varían ni el voltaje ni la frecuencia, siendo inmaterial la magnitud de las potencias activas o reactivas que se toman o suministran a él.

ABREVIATURAS

A. Amperios, medida de intensidad de corriente.

AC. Alternate Current, corriente alterna.

DAQ. Data Acquisition, adquisición de datos.

DC. Direct Current, corriente directa.

PC. Personal Computer, computador personal.

V. Voltios, unidad de voltaje.

VI. Virtual Instrument, instrumento virtual.

c.a. corriente alterna.

c.c corriente continúa.

M.S. Motor Sincronico.

T. Torque

L. Lámparas, inicial para representar una lámpara en un circuito eléctrico.

Ec. Ecuación, abreviatura utilizada para representas una ecuación.

Fmm. Fuerza magnetomotriz.

Fem. Fuerza electromagnética.

kW, kilo Watios.

kVA. Kilo Voltio Amperio.

3N ~ 3E, un circuito trifásico con neutro incluido.

I load, carga.

S, Sincronización, para representar la bobina del contactor de sincronización.

M, Motor, para representar la bobina del contactor del motor.

ABREVIATURAS

A. Amperios, medida de intensidad de corriente.

AC. Alternate Current, corriente alterna.

DAQ. Data Acquisition, adquisición de datos.

DC. Direct Current, corriente directa.

PC. Personal Computer, computador personal.

V. Voltios, unidad de voltaje.

VI. Virtual Instrument, instrumento virtual.

c.a. corriente alterna.

c.c corriente continúa.

M.S. Motor Sincronico.

T. Torque

L. Lámparas, inicial para representar una lámpara en un circuito eléctrico.

Ec. Ecuación, abreviatura utilizada para representas una ecuación.

Fmm. Fuerza magnetomotriz.

Fem. Fuerza electromagnética.

kW, kilo Watios.

kVA. Kilo Voltio Amperio.

3N ~ 3E, un circuito trifásico con neutro incluido.

I load, carga.

S, Sincronización, para representar la bobina del contactor de sincronización.

M, Motor, para representar la bobina del contactor del motor.

BIBLIOGRAFIA

[1] LIWSCHITZ –GARICK; WHIPPLE, E. E, Maquinas de Corriente Alterna, Editorial Continental, 1972

[2] NATIONALS INSTRUMENTS, LabVIEW™ Basic I, Software 8.0, National Instruments, October 2005.

[3] CASALS y BOSCH, Maquinas Eléctricas, Aula Politécnica Náutica, Ediciones UPC, 2005

[4] SIEMENS, MID 96 Manual.

[5] ACD MACHINE CONTROL, Field Failure Relay.

[6] NATIONALS INSTRUMENTES, Data Acquisition Fundamentals, April 2002

[7] NATIONALS INSTRUMENTES, NI 6024E Family Especifications.

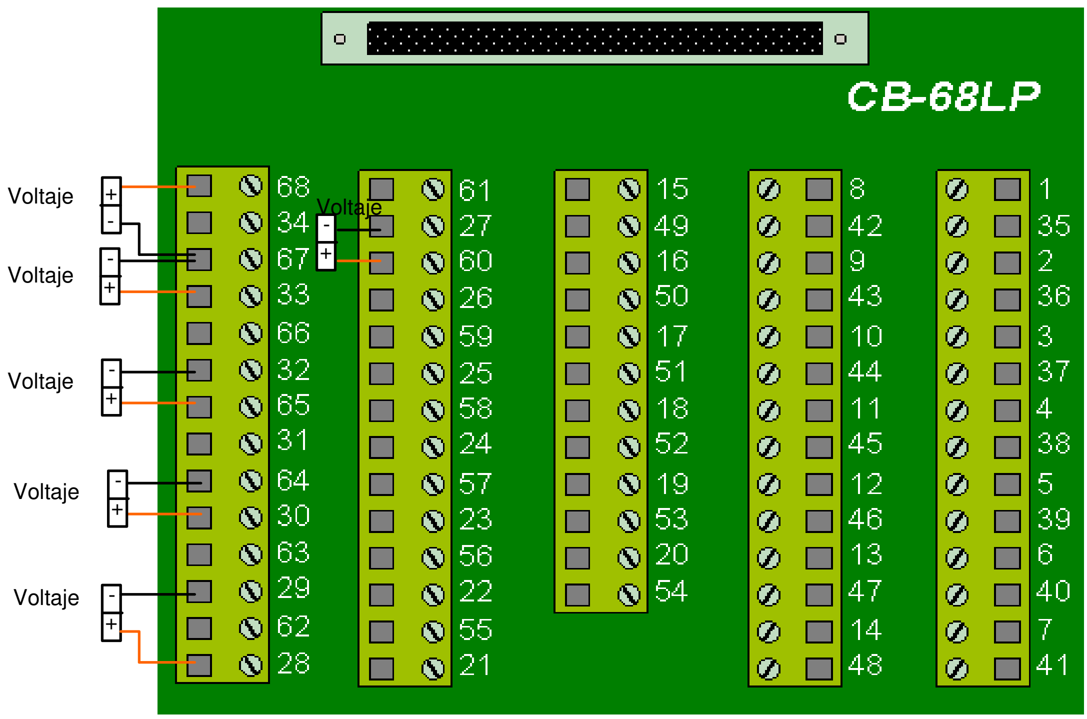
[8] NATIONALS INSTRUMENTES, DAQ 6024E User Manual, January 1999 edition.

ANEXOS

A. DIAGRAMA DE CONEXIÓN ELECRICA

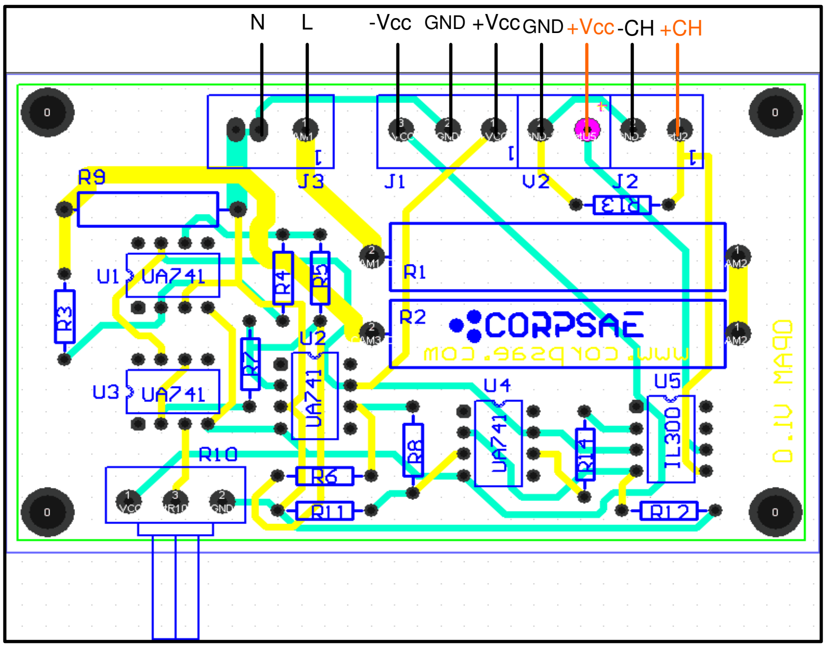
A.1. Cableado de las tarjetas de medición de señal

A.1.1. Conexión del bloque conector CB-68LP de la tarjeta NI PCI 6024E

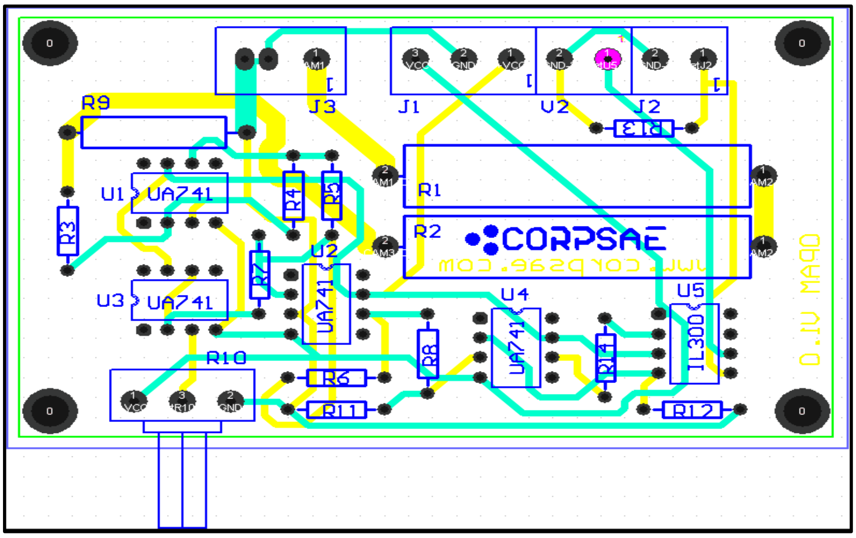


A.1.2. Conexión de la tarjeta de acondicionamiento de señal

- **Voltaje pista inferior**

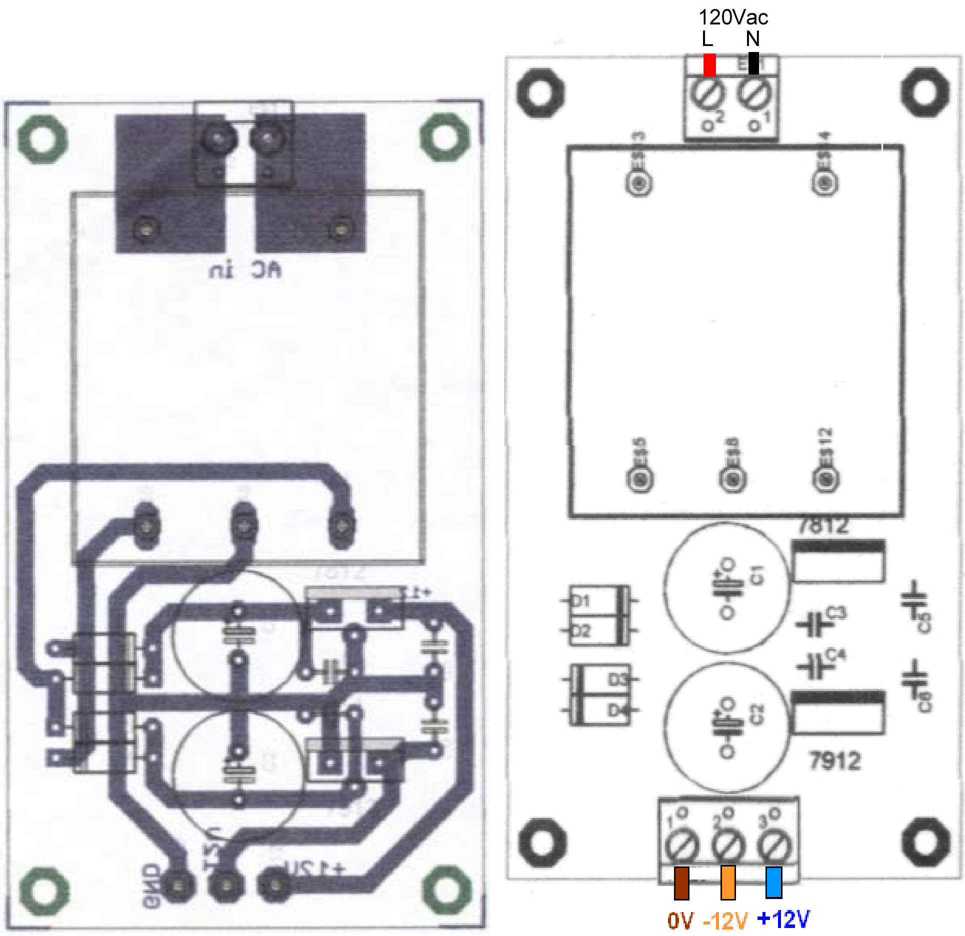


- **Voltaje pista superior**



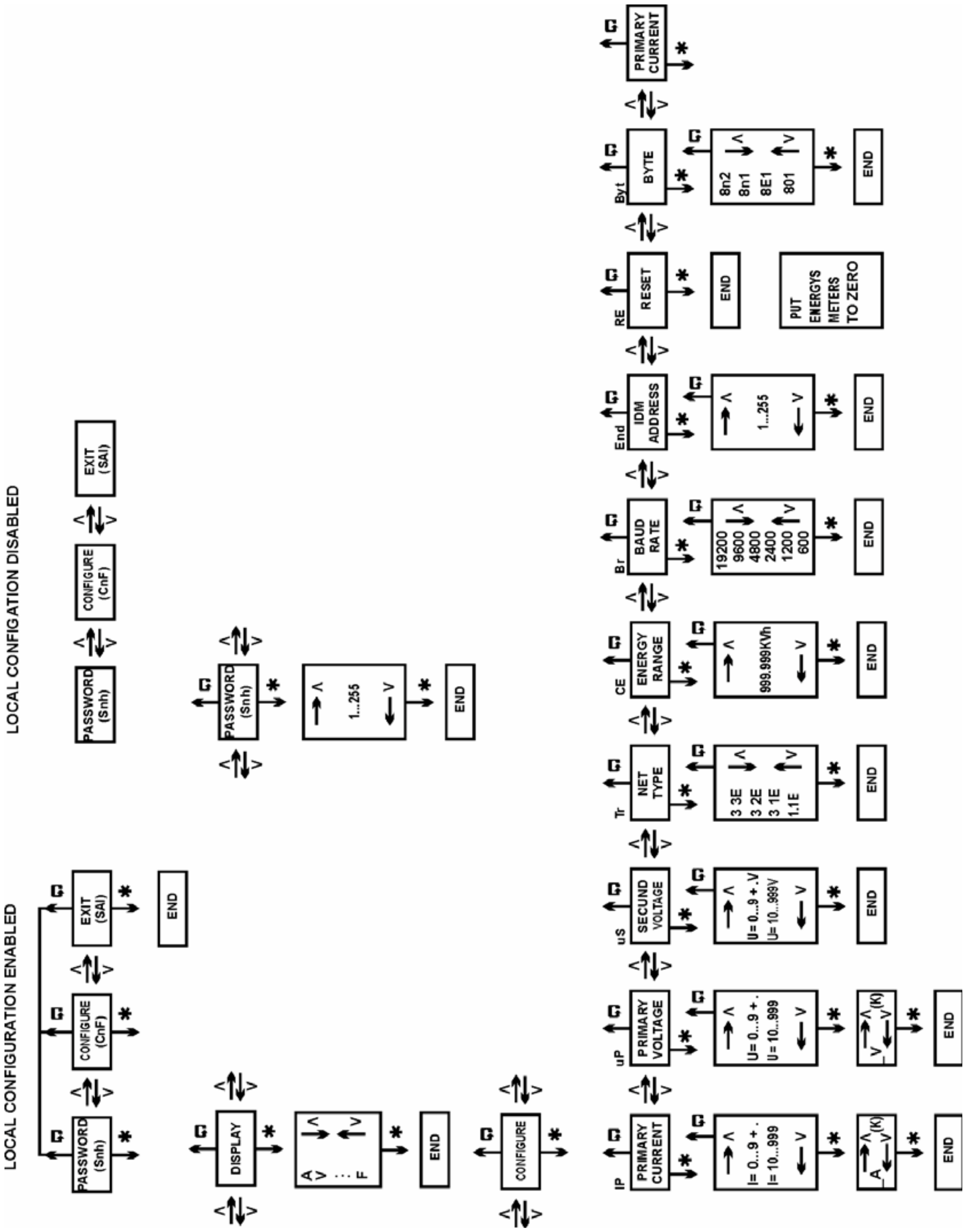
- **Fuente de alimentación de 5 voltios**

- **Fuente de alimentación dual de +/- 12 V**

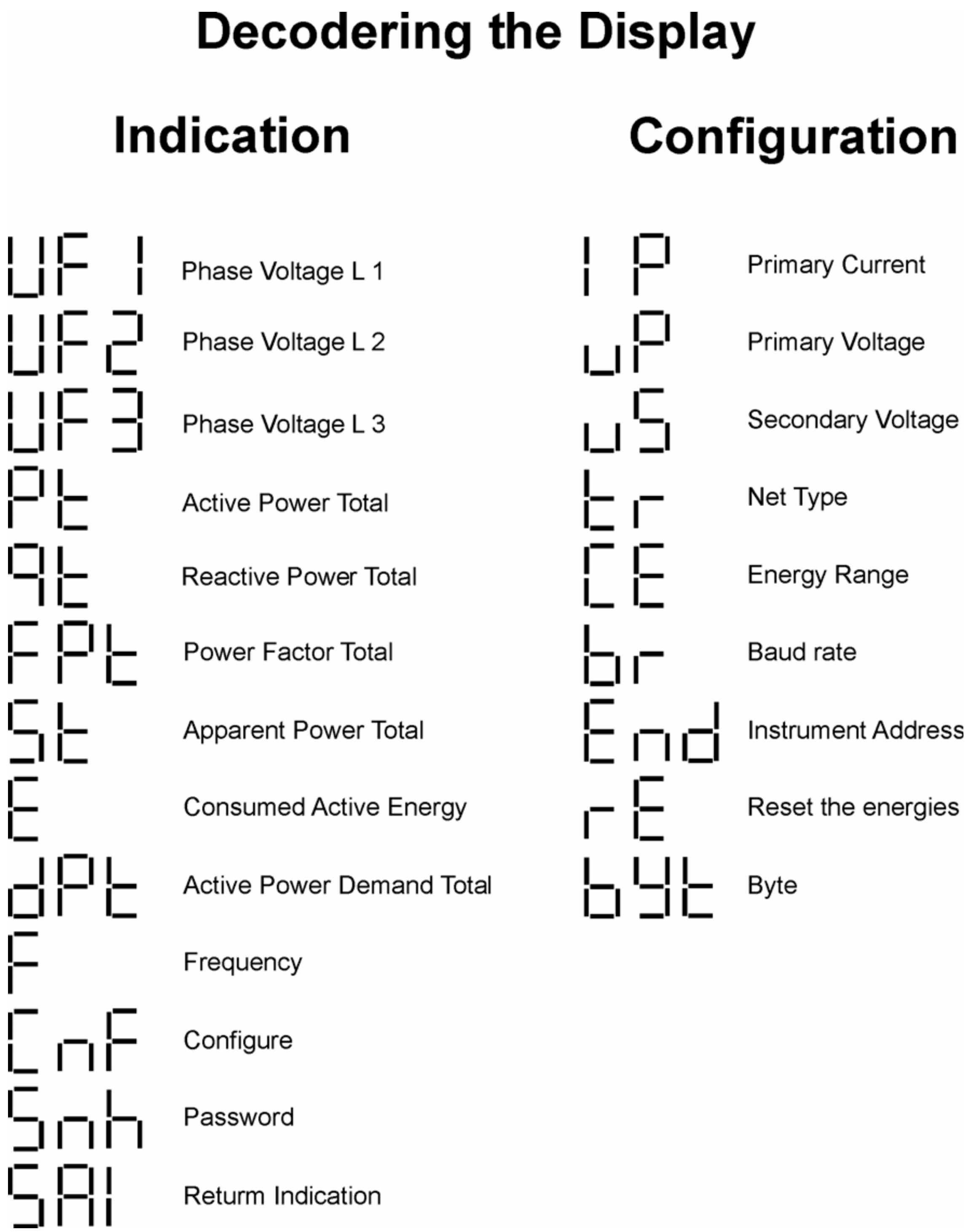


B. Guía del MID96

B.1. Guía de pasos para configurar



B.2. Decodificación de la pantalla



C. Tabla de equivalencia de corriente de entrada en voltaje de salida del sensor de corriente CYHCS-K200-30A

Corriente	Voltaje
0	2,50
1	2,53
2	2,57
3	2,60
4	2,63
5	2,67
6	2,70
7	2,73
8	2,77
9	2,80
10	2,83
11	2,87
12	2,90
13	2,93
14	2,97
15	3,00
16	3,03
17	3,07
18	3,10
19	3,13
20	3,17
21	3,20
22	3,23
23	3,27
24	3,30
25	3,33
26	3,37
27	3,40
28	3,43
29	3,47
30	3,50
31	3,53
32	3,57
33	3,60
34	3,63
35	3,67
36	3,70
37	3,73
38	3,77
39	3,80
40	3,83
41	3,87
42	3,90
43	3,93
44	3,97

D. Datos de placa de la Maquina Kato de 1kW

D.1. Primo Motor de 1.5 HP

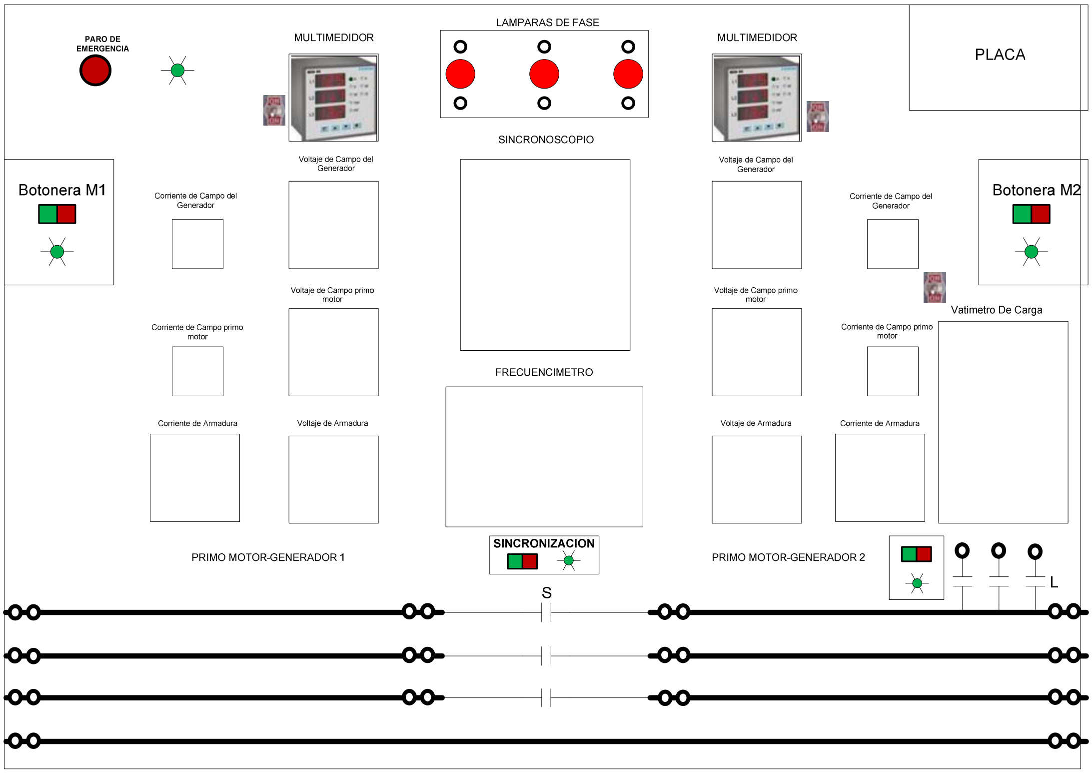
RPIMO MOTOR DC			
	Campo	Armadura	RPM
Voltaje(Vdc)	70	125	
Corriente(Adc)	0.32	12	
Velocidad			1800

D.2. Generador de 1kW

GENERADOR		
	Campo	Generación
Voltaje	100Vdc	208Vac
Corriente	1.85Adc	2.8Aac
Potencia		1Kw

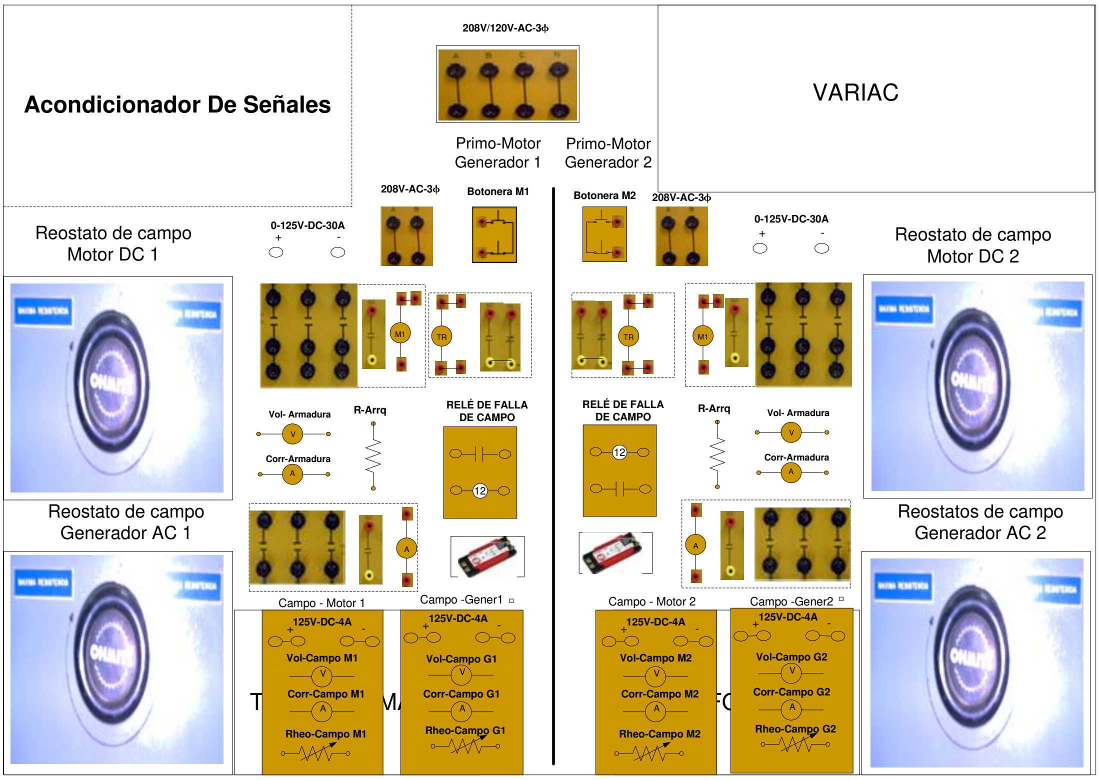
E. Diagrama de distribución de equipos para el la Tesis G&F

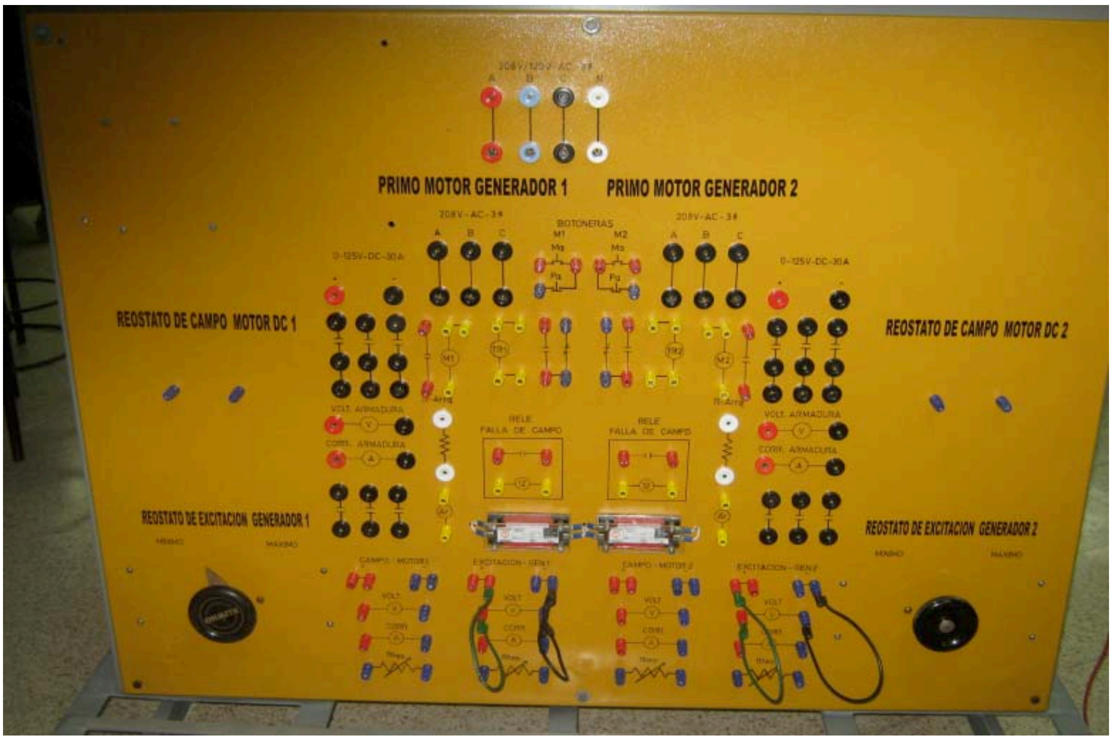
E.1. Parte Superior



- **Sistema de Emergencia –**Botonera (roja) y luz indicadora.
- **2 MID96 –** Multimedidor (96*96cm), con su respectivo interruptor.
- **Lámparas de Fase –** Luz indicadora (rojas), terminales para sus respectivas conexiones**.**
- **Sicronoscopio.**
- **Frecuencímetro.**
- **6 Medidores de voltaje –** (análogos; 0-150Vdc; 96*96mm) para Voltaje de campo, armadura y excitación.
- **2 Medidores de corriente –** (análogos; 1-150Adc; 96*96mm) para corriente de armadura.
- **4 Medidores de corriente –** (análogos; 0-5Adc; 60*70mm) para campo y excitación.
- **2 Botoneras y Luz indicadoras –** (Luz verde) Para sistema de arranque de motores.
- **1 Botonera y luz indicadora –** (Luz verde) Para señal de la Carga.
- **1 Botonera y luz indicadora –** (Luz verde) Para señal de la Sincronización.
- **2 Temporizadores –** Para arranque por resistencia.
- **3 Contactos –** Para ingresar la carga.
- **3 Contactos –** Para la sincronización.
- **Barras de cobre –** Para sistema de sincronización con sus respectivos terminales.

E.2. Parte Inferior

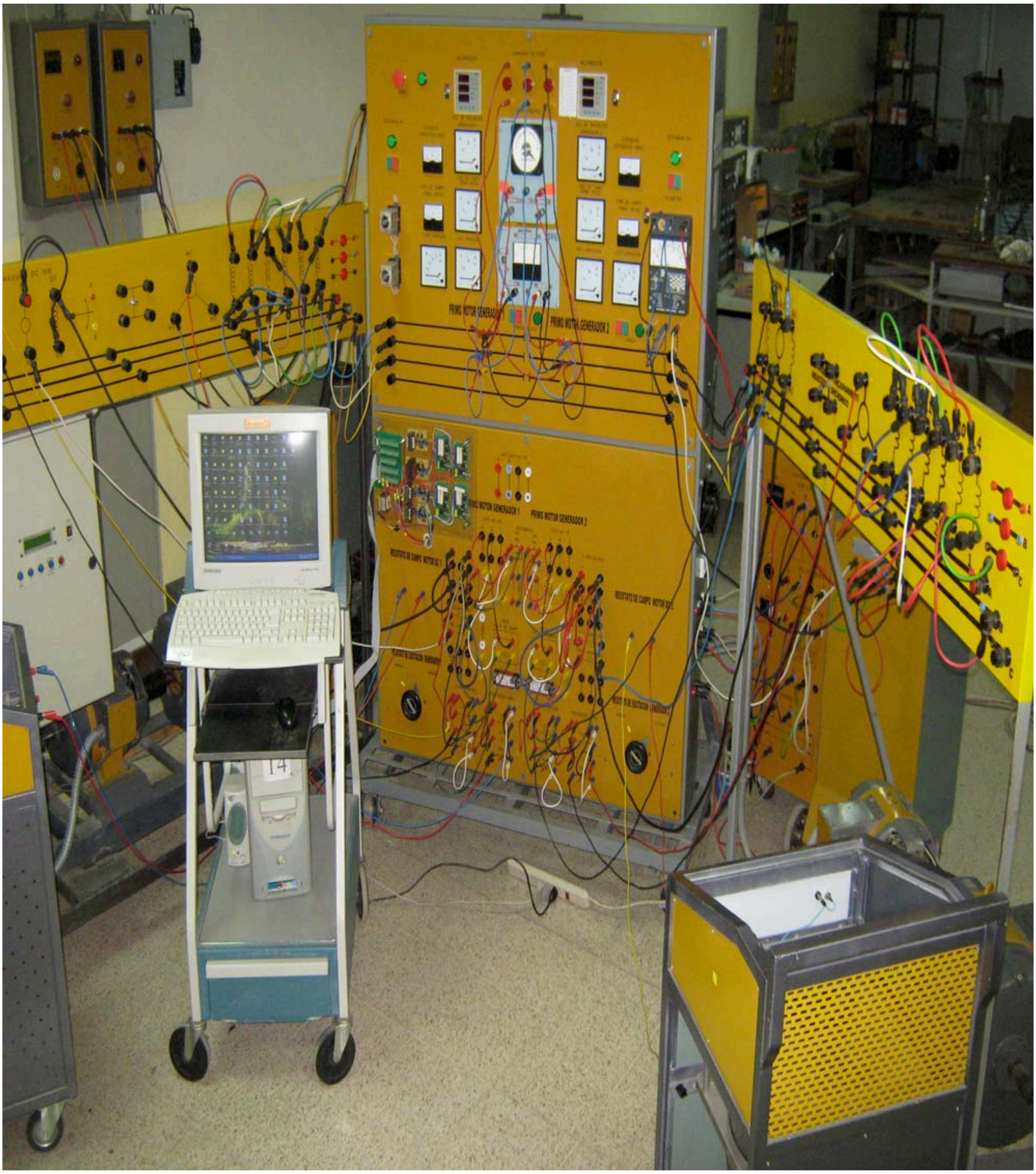




- **Acondicionador de señales.**
- **Fuente Variable.**
- **4 Terminales de salidas –** (208V/120V/AC-ABCN) Conexión fija.
- **2 Salidas de voltaje –** (208V/AC-ABC) Conexión fija.
- **4 Reóstatos-** Para campo y excitación.
- **Contactos de Fuerza –** 2 Grupos para arranques de motores AC y DC (con sus respectivas bobinas).
- **2 Grupos de terminales –** Para arranque de motores.
- **2 Grupos de terminales –** Para conexión de voltaje, corriente de armadura.
- **2 Grupos de terminales de contactos –** (TR1 y TR2) Para conexiones de control.
- **2 Relé de falla de campo –** Para protección de motores, con sus respectivos contactos y bobinas.
- **4 Grupos de terminales –** En la parte inferior para conexiones de campo y de excitación.

.

F. Grafico del tablero de Tesis G&F terminado



G. Índice de tablas.