

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
ESPE - LATACUNGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE EJECUCIÓN
EN ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADO

EDISON TULMO

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

IMPORTANCIA

CAPITULO I TEORIA DE FUNCIONAMIENTO	Pag
1.1 FUNDAMENTOS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	
1.1.1 Generalidades.....	1
1.1.2 Partes Principales.....	2
1.1.3 Funcionamiento.....	9
1.2 FUNDAMENTOS DE ELECTROMAGNETISMO	
1.2.1 F.E.M.....	13
1.2.2 La ley de Lenz.....	18
1.2.3 Regla de Fleming.....	21
1.2.4 Ley de Faraday.....	21
1.3 FUNDAMENTOS GENERADORES TRIFÁSICOS	
1.3.1 Generalidades.....	22
1.3.2 Partes Constitutivas.....	24
1.3.3 Funcionamiento.....	26
1.4 FUNDAMENTOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS	
1.4.1 Generalidades.....	30

1.4.2 Partes Constitutivas.....	31
1.4.3 Funcionamiento.....	33

1.5 ACOPLAMIENTO PARA GRUPOS ELECTRÓGENOS

1.5.1 Generalidades.....	34
1.5.2 Coupling.....	35
1.5.3 Plano (Diagrama).....	35

CAPITULO II PROTECCIONES GRUPOS ELECTRÓGENOS

2.1 PROTECCIONES AL MOTOR..... 36

2.1.1 Sobrevelocidad.....	37
2.1.1.1 Rele de sobrevelocidad (OSM).....	37
2.1.1.2 El Magnetic pick-up.....	41
2.1.1.3 Calibración por tablas.....	43
2.1.2 Temperatura Agua.....	44
2.1.3 Presión Aceite.....	44

2.2 PROTECCIONES AL GENERADOR (VOLTAJE GENERADO)

2.2.1 Sobrevoltaje (OVR).....	46
2.2.2 Frecuencia (UFR).....	46
2.2.3 Reguladores de Voltaje.....	47
2.2.3.1 Reguladores de Voltaje Basler.....	48
2.2.3.2 Reguladores de Voltaje Caterpillar.....	51

2.3 DIAGRAMA DE PROTECCIONES E INDICADORES

2.3.1 Diagrama DC (Motor).....	55
2.3.2 Diagrama AC (Generador).....	58

2.4 ANALISIS Y TEORIA DE LOS ELEMENTOS DE LOS DIAGRAMAS

2.4.1 Diagrama DC.....	59
------------------------	----

2.4.1.1 Governor (Motor).....	59
2.4.1.2 Magnet Switch.....	59
2.4.1.3 Stop Selenoide.....	60
2.4.1.4 Motor de Arranque.....	60
2.4.1.5 Alternador.....	60
2.4.2 Diagrama AC.....	61
2.4.2.1 Indicadores de Voltaje Generado.....	61
2.4.2.1.1 TC's.....	61
2.4.2.1.2 Amperímetro.....	62
2.4.2.1.3 Voltímetro.....	62
2.4.2.1.4 Frecuencímetro.....	62
2.4.2.2 Indicadores Motor de combustión Interna.....	63
2.4.2.2.1 Tacómetro.....	63
2.4.2.2.2 Temperatura de Agua.....	63
2.4.2.2.3 Presión de Aceite.....	63

CAPITULO III REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO DE PRUEBAS

3.1 REDISEÑO MECANICO

3.2 REDISEÑO CONTROL ELECTRICO

3.2.1 Coversor de Frecuencia a Voltaje.....	66
3.2.2 Diagrama Ladder PLC.....	70

3.3 FUNCIONAMIENTO

3.4 CONSTRUCCION

CAPITULO IV PRUEBAS A LOS GENERADORES

4.1 MANEJO MÓDULO PARA PALICAR CARGO AVTRON

4.1.1 Pasos.....	80
4.1.2 Registro de datos.....	86
4.1.3 Normas de Seguridad para Grupos Electr6genos.....	88

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.2 RECOMENDACIONES

5.3 ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

LISTADO DE FIGURAS

CAPITULO 1

TEORIA DE FUNCIONAMIENTO

Figura 1.1.- Cilindro Inyector.....	1
Figura 1.2.- Volante de un Motor.....	4
Figura 1.3.- Precombustión.....	7
Figura 1.4.- Inyección Directa.....	8
Figura 1.5.- Inyector Bomba.....	8
Figura 1.6.- Carrera de Admisión.....	10
Figura 1.7.- Carrera de Compresión.....	11
Figura 1.8.- Carrera de Combustión.....	12
Figura 1.9.- Carrera de Escape.....	12
Figura 1.10.- Generación de una Fem.....	13
Figura 1.11- Sentido de una Fem.....	15
Figura 1.12.- Polo Magnético.....	18

Figura 1.13.- Polo Magnético contrario.....	19
Figura 1.14.- Dirección de la Fem.....	21
Figura 1.15.- Fem Inducida.....	22
Figura 1.16.- Estator.....	24
Figura 1.17.- Principio de Funcionamiento.....	27
Figura 1.18.- Corriente Alterna Trifásica.....	28
Figura 1.19.- Grupo Electrónico.....	33
Figura 1.20.- Coupling.....	35

LISTADO DE FIGURAS

CAPITULO 2

PROTECCIONES GRUPOS ELECTRÓGENOS

Figura 2.1.- Relé de Sobrevelocidad.....	38
Figura 2.2.- Vista Frontal del OSM.....	39
Figura 2.3.- Diagrama de Conexiones.....	41
Figura 2.4.- Magnetic pick up.....	41
Figura 2.5.- Señal generada por el pick-up.....	42
Figura 2.6.- Bobina.....	51

LISTADO DE TABLAS

CAPITULO 2

PROTECCIONES GRUPOS ELECTRÓGENOS

Tabla 2.1.- Tabla de Frecuencias.....	40
---------------------------------------	----

Tabla 2.2.- Tabla Baja Presión Aceite.....	45
--	----

LISTADO DE TABLAS

CAPITULO 4

PRUEBAS A LOS GENERADORES

Tabla 4.1.- Registro de datos.....	87
------------------------------------	----

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A

Características del Zelio SR1B201BD

ANEXO B

Modo de Programación del Zelio SR1B201BD

INTRODUCCIÓN

La corriente eléctrica viene siendo una de las fuentes de energía más importantes en la actualidad, el comercio, la industria, y la gran mayoría del mercado laboral requiere de corriente eléctrica para poder desempeñar sus actividades.

En tales circunstancias imaginemos una pérdida de energía eléctrica en nuestra industria, lo mismo significaría una pérdida de productividad en la misma, es por eso que se hace imprescindible mantener el flujo de corriente eléctrica en nuestra empresa.

Actualmente las mayores proveedoras de energía eléctrica son las centrales hidroeléctricas, pero en épocas de estiaje, o simplemente en lugares donde no existen ríos caudalosos para impulsar a las turbinas hidráulicas, es necesario encontrar otra alternativa de generación, y es precisamente ahí donde aparecen diversas alternativas de generación, entre las cuales apuntaremos a los Grupos Electrógenos, los mismos que en la actualidad se manejan bastante, por lo ya expuesto.

Un Grupo Electrónico requiere un gran cuidado, puesto que su inversión inicial es significativa, en tales circunstancias se realiza una serie de protecciones al grupo electrónico, y además se debe realizar un mantenimiento, tanto al motor como al generador, luego de eso, las correspondientes pruebas, y es ahí en las pruebas donde nace el objeto de nuestro estudio, con el objeto de agilizar las mismas, y brindar todas

las garantías, tanto técnicas como de seguridad al Grupo Electrónico y al Operador.

ANTECEDENTES

PETROPRODUCCION es una empresa estatal dedicada a la Exploración y explotación de los recursos hidrocarburíferos que posee el Ecuador , dentro de la cual se encuentra el Departamento de Mantenimiento Producción Lago-Agrio, y dentro del cual se encuentra La sección de Instrumentación y Electrónica, la misma que está encargada de realizar el cableado de protecciones y seguridades en general a los grupos Electrónicos, así como también, realizar las diferentes pruebas a los generadores que forman parte de dichos grupos, para lo cual se utiliza un Módulo de Pruebas, el mismo que carece de ciertas protecciones de seguridad indispensables para poder utilizarlo, así como también debido a su estructura y diseño, tanto mecánico como eléctrico y de control retrasa las pruebas a realizarse en dicha sección. Por lo consiguiente se pone en Consideración el presente proyecto, para optimizar las seguridades a los grupos electrónicos a probarse, para Manejar en forma eficaz, rápida y sencilla el proceso de pruebas a los Generadores y para reemplazar por completo al actual módulo existente en dicha área.

OBJETIVO GENERAL

Optimizar el proceso de Pruebas a los grupos electrónicos, que se realiza en la sección de Instrumentación y Electrónica, mediante un rediseño mecánico y de control y con la inclusión de un PLC, y con ciertas innovaciones tecnológicas aplicadas al Módulo de pruebas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Incluir las protecciones básicas a grupos electrógenos en el Módulo.
- Simplificar la parte de control eléctrico con el PLC.
- Manejar una señal análoga de voltaje con el PLC.
- Tabular las diferentes mediciones de pruebas a los generadores.
- Implementar normas de seguridad en el manejo de grupos electrógenos en la Sección Instrumentación y Electrónica de PETROPRODUCCION Lago-Agrio
- Poner en práctica todos los conocimientos, técnicos y científicos adquiridos por el estudiante durante toda la carrera estudiantil, así como también dejar en alto el nombre de la ESPE-L, y en especial de la facultad y abrir campo laboral para los profesionales electromecánicos dentro de esta área

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- Es importante ya que al mencionado modulo se van a incluir las protecciones básicas para los grupos electrógenos, las mismas que evitaran desgracias materiales y humanas
- Es importante por el mejoramiento y disminución de tiempo al proceso de pruebas a los generadores
- Es importante por la serie de innovaciones tecnológicas que dicho modulo va a percibir, las mismas que van a facilitar el manejo a los operadores y técnicos de turno.

- Es de gran importancia para PETROPRODUCCION, ya que los grupos electrógenos partirán en menos tiempo a los diferentes campos petroleros a realizar su función y por ende se evitarían tiempos muertos en la producción.

CAPITULO I TEORIA DE FUNCIONAMIENTO

1.1 FUNDAMENTOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

1.1.1 Generalidades

Rudolf Diesel desarrolló la idea del motor diesel y obtuvo la patente alemana en 1892. Su logro era crear un motor con alta eficiencia. Los motores a gasolina fueron inventados en 1876 y, específicamente en esa época, no eran muy eficientes.

Las diferencias principales entre el motor a gasolina y el Diesel son:

Un motor a gasolina succiona una mezcla de gas y aire, los comprime y enciende la mezcla con una chispa, un motor diesel sólo succiona aire, lo comprime y entonces le inyecta combustible al aire comprimido, el calor del aire comprimido enciende el combustible espontáneamente.

Un motor diesel utiliza mucha más compresión que un motor a gasolina.

Un motor a gasolina comprime a un porcentaje de 8:1 a 12:1, mientras un motor diesel comprime a un porcentaje de 14:1 hasta 25:1, la alta compresión se traduce en mejor eficiencia.

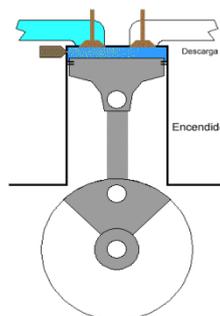


Figura 1.1.- Cilindro e Inyector

En la figura 1.1, el aparato pegado al lado izquierdo del cilindro es un inyector de combustible, una gran diferencia entre un motor diesel y un motor a gasolina está en el proceso de inyección, la mayoría de los motores de autos utilizan inyección de puerto o un carburador en lugar de inyección directa, en el motor de un auto, por consiguiente, todo el combustible es guardado en el cilindro durante el choque de succión, y se quema todo instantáneamente cuando la bujía dispara. Un motor diesel siempre inyecta su combustible directamente al cilindro, y es inyectado mediante una parte del choque de poder, esta técnica mejora la eficiencia del motor diesel.

1.1.2 Partes Principales

Los principales partes del motor Diesel son las siguientes:

1) Bloque.- Es la estructura básica del motor, en el mismo van alojados los cilindros, cigüeñal, árbol de levas, etc.- Todas las demás partes del motor se montan en el.

Generalmente son de fundición de hierro o aluminio. Pueden llevar los cilindros en línea o en forma de V.- Lleva una serie de aberturas o alojamientos donde se insertan los cilindros, varillas de empuje del mecanismo de válvulas, conductos del refrigerante, los ejes de levas, apoyos de los cojinetes de bancada y en la parte superior lleva unos taladros donde se sujeta el conjunto de culata.

2) Cigüeñal.- Es el componente mecánico que cambia el movimiento alternativo en movimiento rotativo.- Esta montado en el bloque en los cojinetes principales los cuales están lubricados.

El cigüeñal se puede considerar como una serie de pequeñas manivelas, una por cada pistón. El radio del cigüeñal determina la distancia que la biela y el pistón puede moverse. Dos veces este radio es la carrera del pistón.

3) Culata.- Es el elemento del motor que cierra los cilindros por la parte superior. Pueden ser de fundición de hierro o aluminio. Sirve de soporte para otros elementos del motor como son: Válvulas, balancines, inyectoros, etc.

4) Pistones.- Es un émbolo cilíndrico que sube y baja deslizándose por el interior de un cilindro del motor, son generalmente de aluminio, cada uno tiene por lo general de dos a cuatro segmentos, el segmento superior es el de compresión, diseñado para evitar fugas de gases, el segmento inferior es el de engrase y está diseñado para limpiar las paredes del cilindro de aceite cuando el pistón realiza su carrera descendente, cualquier otro segmento puede ser de compresión o de engrase, dependiendo del diseño del fabricante. Llevan en su centro un bulón que sirve de unión entre el pistón y la biela.

5) Bielas.- Las bielas son las que conectan el pistón y el cigüeñal, transmitiendo la fuerza de uno al otro. Tienen dos casquillos para poder girar libremente alrededor del cigüeñal y del bulón que las conecta al pistón. La biela debe absorber las fuerzas dinámicas necesarias para poner el pistón en movimiento y pararlo al principio y final de cada carrera. Asimismo la biela transmite la fuerza generada en la carrera de explosión al cigüeñal.

6) Válvulas y Árbol de levas.- El árbol de levas acciona el mecanismo de válvulas para abrir y cerrar las válvulas en la culata de cilindros, esto permite la entrada de aire al cilindro por la válvula de admisión y la salida de los gases de combustión por la válvula de escape.

En algunos motores del tipo de dos tiempos se emplean lumbreras u orificios en lugar de las válvulas de admisión, las lumbreras se ubican en la pared del cilindro y quedan descubiertas cuando el pistón se mueve hacia la parte inferior, esto permite la entrada de aire al cilindro, cuando el pistón se mueve hacia arriba, cierra las lumbreras

7) Tapa de balancines.- Es la tapa que cubre el mecanismo de las válvulas, se instala en la parte superior de la culata de cilindros, al interior se encuentra el eje de balancines, los impulsores o levantadores,

las varillas de empuje y los balancines, para cada cilindro el árbol de levas mueve al impulsor, este a su vez empuja la varilla hacia arriba para que mueva el balancín y abra la válvula en la culata de cilindros

8) Engranajes de distribución.- Conduce los accesorios y mantienen la rotación del cigüeñal, árbol de levas, eje de leva de la bomba de inyección ejes compensadores en la relación correcta de desmultiplicación, el engranaje del cigüeñal es el engranaje motriz para todos los demás que componen el tren de distribución, por lo que deben de estar sincronizados entre si, de forma que coincidan las marcas que llevan cada uno de ellos.

9) Volante del motor.- Es una rueda maciza y pesada, montada en la parte trasera del cigüeñal, su función es la de reducir las vibraciones al suavizar los impulsos de potencia de los pistones, la rueda absorbe energía durante la carrera de potencia y cede esta energía durante las otras carreras del pistón para que el motor siga girando con suavidad, en el volante se instala una cremallera que acopla con el piñón del impulsor del motor de arranque para poner en marcha el motor diesel, en la figura 1.2 se puede apreciar un volante.



figura 1.2.- Volante de un Motor

10) Juntas y sellos.- En las superficies de las partes del motor que están unidas con pernos se utilizan diversos tipos y formas de juntas y sellos para impedir las fugas de aceite, combustible, agua, etc, también se utilizan sellos o retenedores en los ejes giratorios.

11) Deposito de Aceite.- Es el recipiente que contiene el aceite lubricante y el lugar donde se deposita durante el funcionamiento del motor, se atornilla a la parte mas baja del bloque de cilindros y cigüeñal

12) Sistema de Enfriamiento.- El sistema de enfriamiento elimina el exceso de calor que se produce en la maquina producto de la combustión, se han desarrollado varios sistemas de enfriamiento para los motores diesel, los mas usados son los de enfriamiento por agua y por aire

En el enfriamiento por agua, el bloque y la culata de cilindros se funde con camisas o conductos, los cuales son espacios que rodean los cilindros y las cámaras de combustión y que se llenan de agua, el calor de dichos elementos se transfiere con el agua que circula por dichos conductos, el agua caliente se envía al radiador donde se vuelve a enfriar por el ventilador del mismo, baja por el panel del radiador hasta la parte inferior y retorna a la bomba y las camisas para agua

En los motores refrigerados por aire se emplea un ventilador para aspirar aire y hacerlo pasar por conductos que lo llevan a las aletas de los cilindros y de las culatas, el aire absorbe el calor de las aletas y luego lo disipa en la atmósfera

13) Sistema de lubricación.- En todos los motores diesel existe un sistema imprescindible para su funcionamiento: El sistema de lubricación. Para la lubricación de un motor se deben tener en cuenta dos factores importantes:

- Temperatura del motor.
- Distribución adecuada del aceite.

Temperatura.- La temperatura tan alta que se alcanza en ciertos órganos del motor, pese al sistema de refrigeración, exige que el aceite no pierda sus propiedades lubricantes hasta una temperatura aproximada de 200°C y que el punto de inflamación sea superior a 250°C

Lo que hace fluir el aceite es la bomba, la cual es de engranajes. Se pueden distinguir varias partes:

Bomba de aceite.- Está localizada en el fondo del motor en el cárter del aceite. Su misión es bombear aceite para lubricar cojinetes y partes móviles del motor.

La bomba es mandada por un engranaje, desde el eje de levas hace circular el aceite a través de pequeños conductos en el bloque.

14) Sistema de inyección.- En un motor diesel el sistema de inyección es el encargado de dosificar y dar presión al combustible para que llegue a los cilindros en la mejor situación para ser pulverizado dentro del cilindro.

Hay tres sistemas de inyección en los motores diesel:

- Precombustión
- Inyección directa
- Inyector-bomba.

Precombustión.- El sistema de cámara de precombustión se encuentra principalmente en motores más antiguos, se utiliza una bomba de inyección clásica que contiene realmente unos pistones que impulsan el combustible de cada cilindro por separado, este sale por tuberías separadas para cada uno de los cilindros, donde entra en unas toberas con un agujero en la punta donde sale el combustible pulverizado a una precámara montada en la culata, donde se inicia la combustión que luego sale al cilindro impulsada por su propio calor, hay bujías incandescentes o calentadores montadas en las precámaras que sirven para calentar el aire y favorecer el arranque del motor, en la figura 1.3 se puede apreciar un precombustión.

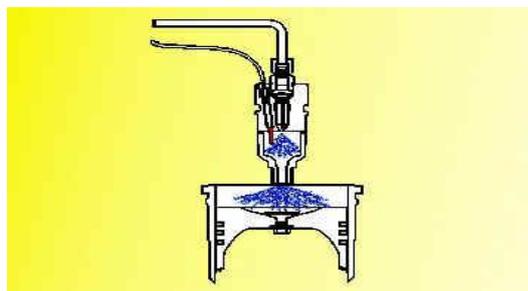


figura 1.3.- Precombustión

Inyección directa.- Funciona de la misma manera que el anterior con la única diferencia que no existen las precámaras, es decir el

inyector pulveriza el combustible directamente en el cilindro que tiene un rebaje especial en su cabeza que favorece la mezcla del aire-combustible, la ventaja de este sistema sobre el anterior es que consume un poco menos de combustible, no necesita bujías de precalentamiento, puesto que arranca fácilmente, desde el punto de vista de fabricación tiene también la ventaja de que es más fácil de construir el motor, en la figura 1.4 se puede apreciar una inyección directa.

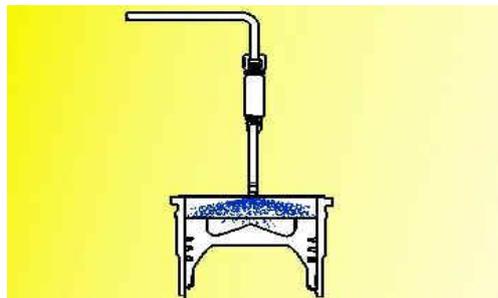


figura 1.4.- Inyección Directa

Inyector-Bomba.- Este sistema es el más moderno que se utiliza en la actualidad, sobre cada cilindro tiene un inyector que lleva incorporada una bomba de inyección de alta presión, no necesita llevar tuberías de alta presión a los inyectores, con lo que se consigue que las presiones de inyección se puedan aumentar drásticamente, esto redundará en una mejor pulverización del combustible y un mayor rendimiento del mismo, se usa una leva adicional en la culata para presionar el cilindro del inyector-bomba, en la figura 1.5 se puede apreciar el sistema inyector-bomba

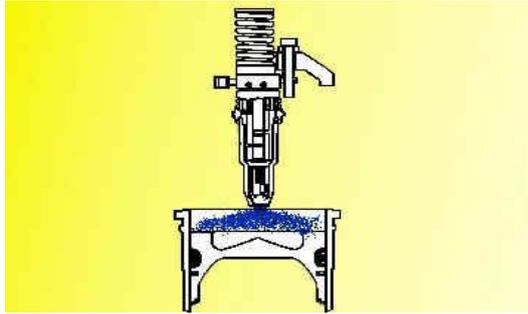


figura 1.5.- Inyector-Bomba

Common-Rail.- Este sistema está de moda hoy en día consiste en una bomba de inyección que suministra combustible a una tubería común para todos los inyectores, cada uno de ellos tiene en todo momento presión de combustible, pero solo lo dejan pasar al cilindro cuando una señal eléctrica pasa a través de una electroválvula integrada en el inyector, la bomba de inyección no tiene internamente varias bombas individuales, sino una sola.

15) Sistema de combustible.- El sistema de combustible de un motor diesel tiene como misión el entregar la cantidad correcta de combustible limpio a su debido tiempo en la cámara de combustión del motor.

- **Líneas de combustible.** Son las tuberías por donde circula el combustible en todo el circuito.
- **Filtro primario:** Generalmente a la salida del depósito de combustible, suele ser de rejilla y solamente filtra impurezas gruesas.

- **Bomba de inyección:** Es la que impulsa el combustible a cada cilindro con la presión adecuada para su pulverización en el cilindro. Hay muchos modelos y marcas de bombas de inyección.
- **Inyectores:** Son los elementos que pulverizan el combustible en la precámara o cámara de combustión.

1.1.3 Funcionamiento

Ciclos

Todos los motores de combustión interna se basan en el principio de obtener trabajo de la expansión de gases causada por la combustión de una mezcla aire combustible en el interior de una cámara de combustión.

Los motores diesel pueden tener uno o varios cilindros o cámaras de combustión y según su posición pueden estar dispuestos en línea o en uve (es decir cilindros dispuestos en forma de V con un ángulo entre una línea y otra de cilindros, pero todos con el mismo cigüeñal).

Salvo excepciones en estos artículos hablaremos de motores de cuatro tiempos y cuatro cilindros en línea. Cada uno de los cilindros, durante su funcionamiento, efectúa un ciclo completo de trabajo durante el cual se producen cuatro carreras que son: Admisión, compresión, combustión y escape.

Carrera de admisión

Puede ser considerada el primer movimiento del ciclo que se efectúa de la siguiente forma:

1. Movimiento del pistón hacia abajo.
2. Válvula de admisión abierta.
3. El aire entra en el cilindro al mismo tiempo que el pistón se mueve hacia abajo.

4. La presión atmosférica fuerza al aire a entrar en el cilindro para ocupar el vacío que se produce en el mismo.
5. La válvula de admisión permanece abierta hasta pocos grados después del punto muerto inferior para aprovechar la inercia del aire entrando en el cilindro.

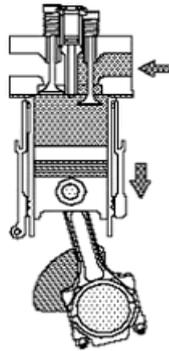


Figura 1.6.- Carrera de Admisión

Carrera de compresión

1. Movimiento del pistón hacia arriba.
2. Ambas válvulas cerradas.
3. Disminuye el volumen del aire en el cilindro, aumenta la presión y se incrementa la temperatura debido a la compresión.

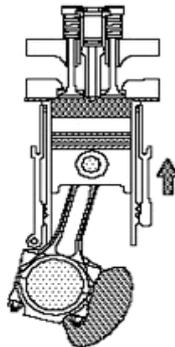


Figura 1.7.- Carrera de Compresión

Carrera de combustión

1. El combustible es inyectado en ese reducido volumen en el que se encuentra el aire a alta presión y temperatura, justo un momento antes del punto muerto superior.
2. El combustible comienza a quemarse debido al calor producido por la compresión.
3. Los gases comprimidos se expansionan rápidamente debido a la explosión o combustión instantánea.
4. El pistón es forzado hacia abajo por la expansión de los gases, proporcionando potencia al cigüeñal.

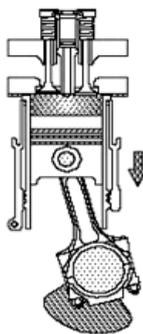


Figura 1.8.- Carrera de Combustión

Carrera de escape

1. El pistón se mueve hacia arriba.
2. La válvula de escape se abre un poco antes de que el pistón llegue al punto muerto inferior de la carrera de combustión.
3. El movimiento del pistón hacia arriba fuerza a los gases quemados al exterior de la válvula de escape.
4. Generalmente la válvula de escape estará cerrada ligeramente antes del punto muerto superior.

Algunos motores, tienen válvulas solapadas o en cruce. La válvula de admisión abre antes del punto muerto superior y la válvula de escape cierra después del punto muerto superior.

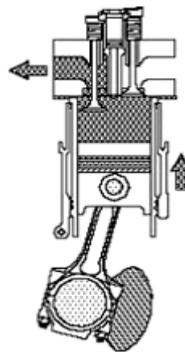


Figura 1.9.- Carrera de escape

1.2 FUNDAMENTOS DE ELECTROMAGNETISMO

1.2.1 F.E.M

Si por un conductor se hace circular una corriente eléctrica, en torno al mismo se crea un conjunto de líneas de fuerza cuyo sentido de rotación dependía de la dirección con que fluía dicha corriente, estudiaremos

aquí cómo es posible generar una fuerza electromotriz (que en adelante llamaremos f.e.m.) valiéndonos de las propiedades del magnetismo.

Es un hecho demostrado que colocando un conductor bajo la influencia de un campo magnético (bajo la influencia de un imán, por ejemplo) y moviendo dicho conductor de modo tal que "corte" las líneas de fuerza existentes en torno a la pieza magnética es decir moviendo el conductor transversalmente a la dirección de las líneas de fuerza, en dicho conductor se generará una f.e.m. denominada de inducción.

Para comprender mejor este fenómeno observemos la figura 1.10, en la cual hemos dispuesto un alambre conductor cuyos dos extremos han sido conectados a un galvanómetro, instrumento de elevada sensibilidad que se utiliza para la medición de pequeños pasajes de corriente eléctrica, en la misma figura representamos un imán del tipo "de barra", uno de cuyos polos se encuentra próximo al conductor, y que para mayor comprensión de este tema, vamos a suponer que el mismo es movido hacia arriba y hacia abajo, según la trayectoria A-B.

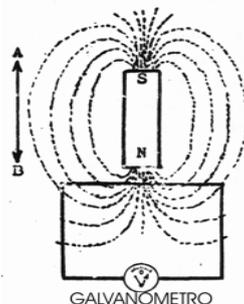


Figura 1.10.- Generación de una f.e.m. en un conductor aproximado a un campo magnético variable .

Moviendo el polo del imán del punto A al punto B, de modo que pase muy próximo al conductor, los electrones de los átomos del alambre se verán influenciados por la vecindad del campo magnético y, según sea el polo enfrentado, dichos electrones serán atraídos o repelidos por el campo magnético, dando lugar así a un desequilibrio en la estabilidad natural de los electrones del alambre conductor, este desequilibrio no será otra cosa que un movimiento de electrones, o lo que es lo mismo, una corriente eléctrica, de cuya existencia nos dará pruebas la aguja del

instrumento, que en el instante de producirse el paso del polo del imán por la proximidad del conductor, en la dirección A-B, se habrá desviado en un sentido, según sea la dirección de dicha corriente.

Un hecho importante de destacar es que la aguja del galvanómetro nos dará la indicación máxima cuando el polo del imán sea movido de modo tal que sus líneas de fuerza sean cortadas en forma transversal por el conductor, o sea, cuando el conductor sea movido hacia arriba, y hacia abajo, el sentido de circulación de la f.e.m. inducida en el conductor dependerá del sentido en que se desplace el imán, pues moviendo el mismo en la dirección A-B la dirección de la corriente inducida tendrá un sentido, y moviendo el imán en la dirección B-A, el sentido de circulación de la corriente será inverso.

La f.e.m. será inducida en el conductor únicamente cuando exista una variación en las líneas de fuerza del campo magnético, o esa cuando el campo magnético no se encuentre fijo, esta f.e.m. será más intensa cuanto más intenso sea el valor de dicho campo y cuantas más líneas de fuerza sean las que corten al conductor.

También contribuirá a aumentar la intensidad de la corriente el número de veces que sea movido el imán en una y otra dirección, en la unidad de tiempo, esto es el segundo.

Si en lugar de mover el imán es el conductor el que se desplaza en forma transversal a las líneas magnéticas, se podrá obtener igualmente una circulación de corriente eléctrica por el conductor, pues lo esencial es que dicho conductor sea sometido a la acción de un campo magnético variable.

La f.e.m. inducida será más intensa cuanto mayor sea la porción de conductor (longitud del mismo) expuesta a la acción del campo magnético variable.

Si en lugar de tomar un conductor recto nos valemos de un solenoide, podremos obtener un considerable aumento de corriente.

En la figura Figura 1.11 representamos dicho solenoide, en cuyo exterior se encuentra conectado un galvanómetro y al costado de aquel vamos a

suponer que se encuentra un imán moviéndose hacia el interior y hacia el exterior del bobinado. Igual que en la explicación anterior, en el momento de penetrar dicho imán en el interior del solenoide, se inducirá en el mismo una f.e.m. cuyo sentido de circulación dependerá del polo que se aproxime a la bobina, retirando el imán del solenoide, el sentido de circulación de la corriente será contrario a la dirección anterior.

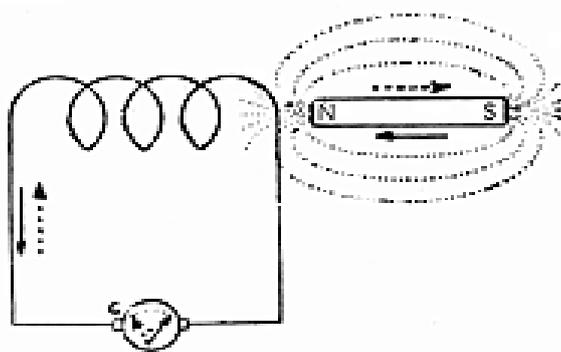


Figura 1.11 El sentido de una f.e.m. inducida depende de la dirección de las líneas de fuerza magnéticas

Si el imán es introducido y retirado lentamente del interior del bobinado, la aguja del instrumento nos acusará el pasaje de una corriente débil. Pero si por el contrario, acercamos y alejamos rápidamente el imán, notaremos que la aguja del galvanómetro se desviará más bruscamente, acorde con los movimientos, y el valor de la corriente inducida será mucho más elevada, también se elevará el valor de la corriente si aumentamos el número de espiras del solenoide y la intensidad del campo magnético circundante.

De todas las consideraciones expuestas es posible deducir la siguiente fórmula para calcular la f.e.m. inducida en un solenoide:

$$f.e.m...inducida = - \frac{\Phi * n * f}{10^6 * t} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Donde Φ es la intensidad del flujo magnético en maxwells o sea la cantidad de líneas de fuerza. n es el número de espiras del solenoide, f el número de movimientos completos hacia adentro y hacia afuera o frecuencia con que es movido el imán, t el tiempo en segundos y 10^8 es un valor constante, que representa el número 10 a la octava potencia, o sea 100.000.000, dicho valor sería la cantidad de líneas de fuerza que un conductor necesitaría cortar en un segundo para que en el mismo se genere una f.e.m. de un voltio.

En un conductor se induce una fuerza electromotriz (fem) cada vez que hay un cambio en el flujo magnético que pasa por el mismo, la magnitud de la fem es proporcional a la relación de tiempos en que varía el flujo magnético, alternativamente, una fem puede pensarse como inducida en un conductor que corta líneas de fuerza de un campo magnético, la magnitud de la fem es proporcional a la velocidad con la cual se cortan la líneas de fuerza. Si el flujo varía (o el flujo es cortado) a una velocidad de 100.000.000 o 10^8 líneas por segundo, se induce en el conductor una fem de 1 volt. Entonces, fem inducida en un conductor (volts) ,

$$E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \times 10^{-8} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

donde $\Delta\Phi$ es la variación de flujo (en líneas o maxwells) en un intervalo de tiempo Δt

Dado que 10^8 líneas de fuerza constituyen 1 weber de flujo en el sistema mks, se puede expresar también la fem inducida en un conductor

$$(\text{volts})E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

El signo menos (-) de esta expresión indica que la fem inducida se opone a la acción que la produce (ley de Lenz), para una bobina de varias espiras (N) encadenadas por la misma variación de flujo, se inducen iguales fem en cada una de las espiras y el total de la fem inducida es la suma de éstas. Por lo tanto, la fem inducida en una bobina,

$$(\text{volts})E = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} (\text{lineas/seg}) \times 10^{-8}$$

$$(\text{volts})E = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} (\text{webers/seg}) \quad \text{Ecuación 1.4}$$

La fem inducida también puede expresarse en términos de la velocidad del movimiento, cuando un conductor de longitud l (cm) se mueve en ángulo recto en un campo magnético de densidad de flujo B (gauss), con una velocidad de v (cm/seg), la fem inducida en el conductor es:

$$(\text{volts})E = -B * l * v \times 10^{-8} \quad \text{Ecuación 1.5}$$

donde v es la componente de velocidad normal (perpendicular) relativa, con que es cortado el flujo. (A un ángulo θ relativo al flujo, la componente normal de la velocidad es $v \sin \theta$.)

1.2.2 La Ley de Lenz

Habiendo analizado cómo se produce una f.e.m. inducida en un conductor cuando se lo somete a la acción de un campo magnético variable, corresponde ahora observar la dirección que toma esta corriente bajo la influencia del campo citado.

Dijimos al referirnos a la figura 1.11 que el sentido de circulación de la corriente dependía del polo del imán que enfrentaba al solenoide y de la dirección del movimiento del imán.

Recurramos ahora a la figura 1.12 donde observamos el mismo esquema anterior, pero en este caso vamos a considerar que el imán se desplaza hacia el interior del bobinado, siendo el polo Norte del imán el que avanza hacia el extremo derecho del solenoide en este extremo de la bobina se inducirá también un polo Norte, de esta forma, siendo de un mismo sentido los dos campos magnéticos del imán y del solenoide, se rechazarán.

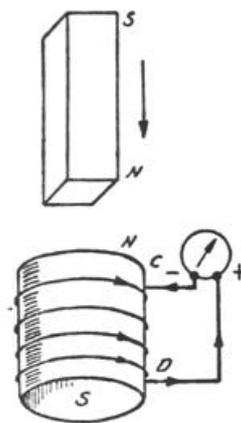


Figura 1.12.- Al introducir el imán en el solenoide, en ese extremo se origina un polo magnético de igual sentido que el del imán

La dirección de la corriente inducida en la bobina es la indicada por las flechas y el galvanómetro intercalado se desplazará en el sentido indicado, si invertimos ahora el movimiento del imán, es decir, si ahora lo retiramos por el mismo extremo que fue introducido, tal como se aprecia en la Figura 1.13, dicho extremo del solenoide dejará de ser polo.

Norte y se convertirá en polo Sur, pero ocurre que el extremo introducido del imán permanecerá, como es natural, con su polaridad Norte. Entonces se registrará una fuerza de atracción entre el polo del solenoide y el del imán, como ha variado la polaridad de la bobina, variará también el sentido de la corriente inducida, que será ahora en

sentido contrario tal como indican las flechas, el galvanómetro, por su parte, se desplazará en sentido inverso.

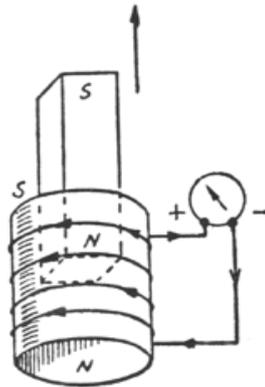


Figura 1.13.- Al retirar el imán del solenoide, en éste se induce un polo magnético contrario al del imán

De estas consideraciones deducimos un hecho fundamental: Introduciendo el imán en el solenoide se induce en este último un polo de igual sentido que el del extremo del imán, produciéndose por lo tanto un efecto de rechazo entre ambos polos magnéticos. Retirando el imán del solenoide, cambia la polaridad del solenoide y entonces el mismo extremo del bobinado que antes rechazaba al imán ahora produce sobre este un efecto de atracción. En otras palabras: introduciendo el imán en el solenoide se produce una fuerza de repulsión que tiende a evitar esta aproximación, y retirando el imán se origina entonces otra fuerza opuesta que pugna por evitar que el imán sea retirado.

Estos fenómenos tan interesantes están fijados según la **Ley de Lenz** que establece que: "La corriente inducida en un circuito cerrado posee un sentido tal que genera a través de su propio circuito un campo magnético que se opone a toda variación del campo magnético principal que la origina".

Este enunciado nos expresa en forma categórica la características propias de toda corriente inducida: la de ofrecer oposición a la causa que la genera.

Esto se explica del siguiente modo: cuando se aproxima el imán, las líneas de fuerza del mismo cortan mayor número de espiras del solenoide, es decir, que la cantidad de espiras cortadas por las líneas magnéticas va en aumento y se induce en el solenoide un polo magnético del mismo sentido que el imán, que por ser del mismo sentido, se opone a que siga aumentando la cantidad de espiras cortadas por las líneas de fuerza del campo inductor.

Cuando se retira el imán del solenoide, las líneas de fuerza del primero van cortando menos espiras de la bobina, o sea, que la cantidad de espiras cortadas por el campo del imán van en disminución, y en este caso cambia el sentido del polo magnético inducido y el polo opuesto ahora generado en la bobina, tiende a evitar que continúe disminuyendo el número de espiras cortadas por las líneas de fuerza del imán.

Mientras el campo magnético inductor no sea variable no se generará ninguna f.e.m. inducida. Corresponde aclarar pues que: "las corrientes inducidas principian y finalizan con las causas que las originan".

La dirección de una fem inducida puede deducirse de la ley de Lenz, que establece que una corriente producida (en un circuito cerrado) por una fem inducida, circula en dirección tal que su propio campo magnético se opone a la acción que la produce, por ejemplo, si un incremento de flujo en una bobina induce una corriente, su dirección será tal que las líneas de su propio campo magnético se oponen a las líneas del campo original que producen esta corriente.

De acuerdo con la ley de Lenz la corriente inducida en un anillo cerrado o en una bobina que se mueve cortando las líneas de flujo magnético, circula en dirección tal que su campo magnético se opone al movimiento.

1.2.3 Regla de Fleming

Esta regla nos permite determinar el sentido de la tensión inducida, también llamada la regla de la mano derecha (generador) nos permite determinar la dirección de una fem inducida o corriente (convencional) :

Extendiendo el dedo pulgar, el índice y el medio, de la mano derecha, en ángulos rectos uno a otro, y haciendo índice = flujo y pulgar = movimiento del conductor, entonces, el dedo central = dirección de la fem o corriente (ver Fig. 1.14).

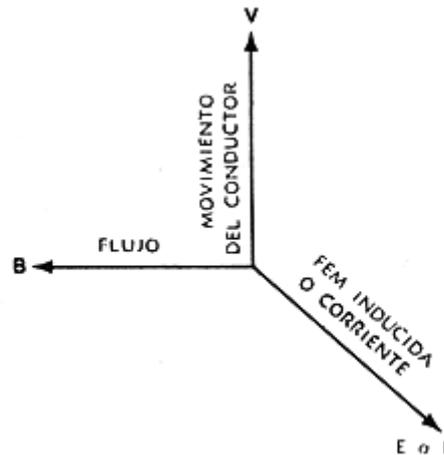


Fig. 1.14.-Dirección de la fem inducida (Regla de la mano derecha).

1.2.4 Ley de Faraday

La ley de Faraday prácticamente es un resumen de lo visto anteriormente con respecto a la tensión inducida, debido a que establece un campo magnético fijo, el mismo que involucra líneas de fuerza, así como también un hilo conductor, y el movimiento del mismo en dicho campo, como se puede apreciar en la Figura 1.15

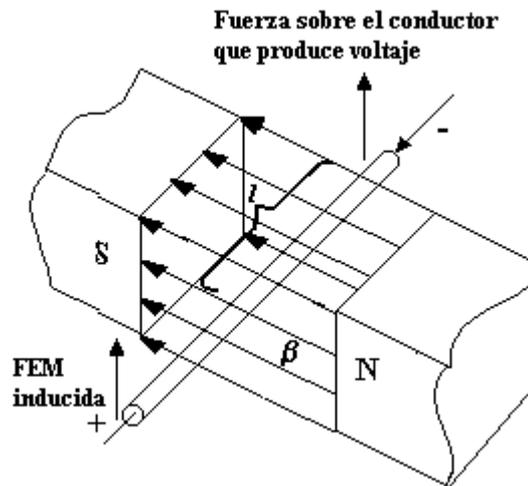


Figura 1.15

En tal virtud Faraday establece que el valor de la tensión inducida en una sola espira de hilo es proporcional a la velocidad de variación de las líneas de fuerza que la atraviesan (o concatenan con ella).

1.3 FUNDAMENTOS DE GENERADORES TRIFÁSICOS

1.3.1 Generalidades

Un generador simple sin conmutador producirá una corriente eléctrica que cambia de dirección a medida que gira la armadura, este tipo de corriente alterna es ventajosa para la transmisión de potencia eléctrica, por lo que la mayoría de los generadores eléctricos son de este tipo, en su forma más simple, un generador de corriente alterna se diferencia de uno de corriente continua en sólo dos aspectos: los extremos de la bobina de su armadura están sacados a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí. los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican con hasta 100 polos, para mejorar su eficiencia y para lograr con más facilidad la frecuencia deseada. Los alternadores accionados por turbinas de alta velocidad, sin embargo, son

a menudo máquinas de dos polos, la frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos y el número de revoluciones por segundo de la armadura, Nikola Tesla, un inventor Serbio-Americano fue quien descubrió el principio del campo magnético rotatorio en 1882, el cual es la base de la maquinaria de corriente alterna.

El inventó el sistema de motores y generadores de corriente alterna polifásica que da energía al planeta, sin sus inventos el día de hoy no sería posible la electrificación que impulsa al crecimiento de la industria y al desarrollo de las comunidades.

El descubrimiento de el campo magnético rotatorio producido por las interacciones de corrientes de dos y tres fases en un motor fue uno de sus más grandes logros y fue la base para la creación de su motor de inducción y el sistema polifásico de generación y distribución de electricidad.

Gracias a esto, grandes cantidades de energía eléctrica pueden ser generadas y distribuidas eficientemente a lo largo de grandes distancias, desde las plantas generadoras hasta las poblaciones que alimentan. Aún en estos días se continúa utilizando la forma trifásica de el sistema polifásico de Tesla para la transmisión de la electricidad, además la conversión de electricidad en energía mecánica es posible debido a versiones mejoradas de los motores trifásicos de Tesla.

En Mayo de 1885, George Westinghouse, cabeza de la compañía de electricidad Westinghouse compró las patentes del sistema polifásico de generadores, transformadores y motores de corriente alterna de Tesla

En octubre de 1893 la comisión de las cataratas del Niágara otorgo a Westinghouse un contrato para construir la planta generadora en las cataratas, la cual sería alimentada por los primeros dos de diez generadores que Tesla diseñó, dichos dinamos de 5000 caballos de fuerza fueron los más grandes construidos hasta el momento. General Electric registró algunas de las patentes de Tesla y recibió un contrato para construir 22 millas de líneas de transmisión hasta Búfalo, para este proyecto se utilizó el sistema polifásico de Tesla. Los primeros tres

generadores de corriente alterna en el niagara fueron puestos en marcha el 16 de Noviembre de 1896.

Los alternadores denominados trifásicos, en los que la corriente inducida sale del alternador por seis cables o hilos que, al tratarse de corriente alterna, se hacen innecesarias las seis salidas, reduciéndose éstas a tres fases, ya que en este tipo de maquinas las polaridades se alternan al haber mayor numero de polos y tratarse de este tipo de energía.

1.3.2 Partes Constitutivas

Una máquina eléctrica rotativa esta compuesta de las siguientes partes:

1.3.2.1 Un circuito Magnético

1.3.2.1.a Estator.- Parte fija, se alojan tres bobinas, desfasadas entre si 120° , cada una de las bobinas se conecta a una de las fases de un sistema trifásico y dan lugar a un campo magnético giratorio:



Figura 1.16.- Estator

1.3.2.1.b Rotor.- Es la parte móvil giratoria que se localiza en el interior del estator, está hecho a base de placas apiladas y montado sobre el eje del generador, dispone de unas ranuras donde van colocados los conductores que forman la bobina de inducido que están cerrados sobre sí mismos constituyendo un circuito cerrado, al ser afectados los conductores por un campo magnético variable se generan en ellos f.e.m. que dan lugar a corrientes eléctricas, al circular las corrientes eléctricas por unos conductores dentro de un campo magnético, aparecen fuerzas que obligan

al rotor a moverse siguiendo al campo magnético, desde el punto de vista constructivo se pueden distinguir dos formas típicas de rotor:

Rotor de jaula de ardilla. Está constituido por barras de cobre o de aluminio y unidas en sus extremos a dos anillos del mismo material.

Rotor bobinado o de anillos rozantes. El rotor está constituido por tres devanados de hilo de cobre conectados en un punto común, los extremos pueden estar conectados a tres anillos de cobre que giran solidariamente con el eje (anillos rozantes), haciendo contacto con estos tres anillos se encuentran unas escobillas que permiten conectar a estos devanados unas resistencias que permiten regular la velocidad de giro del motor, son más caros y necesitan un mayor mantenimiento.

1.3.2.1.c Entrehierro. Espacio de aire que separa el estator del rotor y que permite que pueda existir movimiento, debe ser lo más reducido posible.

1.3.2.2 Dos circuitos eléctricos, uno en el rotor y otro en el estator

1.3.2.2.a Arrollamiento o devanado de excitación o inductor.- Uno de los devanados, al ser recorrido por una corriente eléctrica produce una fuerza magnetomotriz que crea un flujo magnético.

1.3.2.2.b Inducido.- El otro devanado, en el que se induce una f.e.m. que da lugar a un par motor (si se trata de un motor) o en el que se induce una f.c.e.m. que da lugar a un par resistente (si se trata de un generador).

1.3.3 Funcionamiento

Partimos de la base de que si un conductor eléctrico corta las líneas de fuerza de un campo magnético, se origina en dicho conductor una corriente eléctrica, la generación de corriente trifásica tiene lugar en los alternadores, en relación con un movimiento giratorio, según este principio, existen tres arrollamientos iguales independientes entre sí, dispuestos de modo que se encuentran desplazados entre sí 120° . Según el principio, de la inducción, al dar vueltas el motor (imanes polares con devanado de excitación en la parte giratoria) se generan en los arrollamientos tensiones alternas senoidales y respectivamente corrientes alternas, desfasadas también 120° entre sí, por lo cual quedan desfasadas igualmente en cuanto a tiempo. De esa forma tiene lugar un ciclo que se repite constantemente, produciendo la corriente alterna trifásica.

Todos los generadores trifásicos utilizan un campo magnético giratorio, en la figura 1.17 hemos instalado tres electroimanes alrededor de un círculo, cada uno de los tres imanes está conectado a su propia fase en la red eléctrica trifásica, como puede ver, cada electroimán produce alternativamente un polo norte y un polo sur hacia el centro.

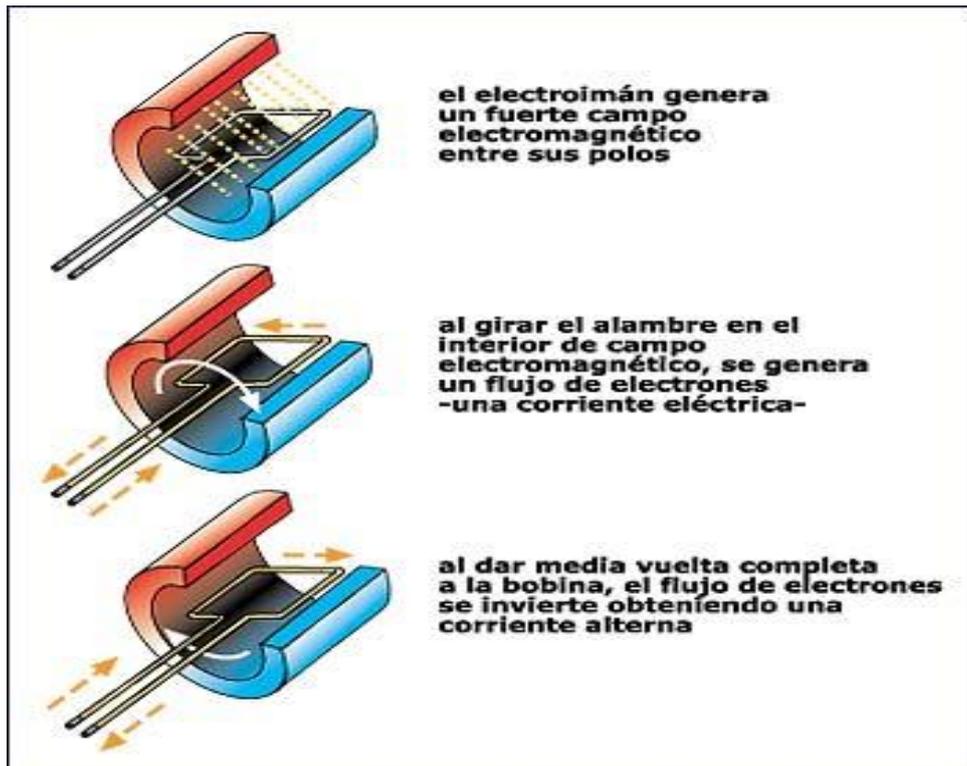


Figura 1.17.- Principio de Funcionamiento

La fluctuación en el magnetismo corresponde exactamente a la fluctuación en la tensión de cada fase, cuando una de las fases alcanza su máximo, la corriente en las otras dos está circulando en sentido opuesto y a la mitad de tensión, dado que la duración de la corriente en cada imán es un tercio de la de un ciclo aislado, el campo magnético dará una vuelta completa por ciclo.

La corriente que se genera mediante los generadores mencionados, aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces por segundo, dependiendo de la frecuencia para la que esté diseñada la máquina. Este tipo de corriente se conoce como corriente alterna monofásica, sin embargo, si la armadura la componen dos bobinas, montadas a 90° una de otra, y con conexiones externas separadas, se producirán dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra sea

ceros, este tipo de corriente se denomina corriente alterna bifásica, si se agrupan tres bobinas de armadura en ángulos de 120° , se producirá corriente en forma de onda triple, conocida como corriente alterna trifásica, se puede obtener un número mayor de fases incrementando el número de bobinas en la armadura, pero en la práctica de la ingeniería eléctrica moderna se usa sobre todo la corriente alterna trifásica, con el alternador trifásico, que es la máquina dinamoeléctrica que se emplea normalmente para generar potencia eléctrica.

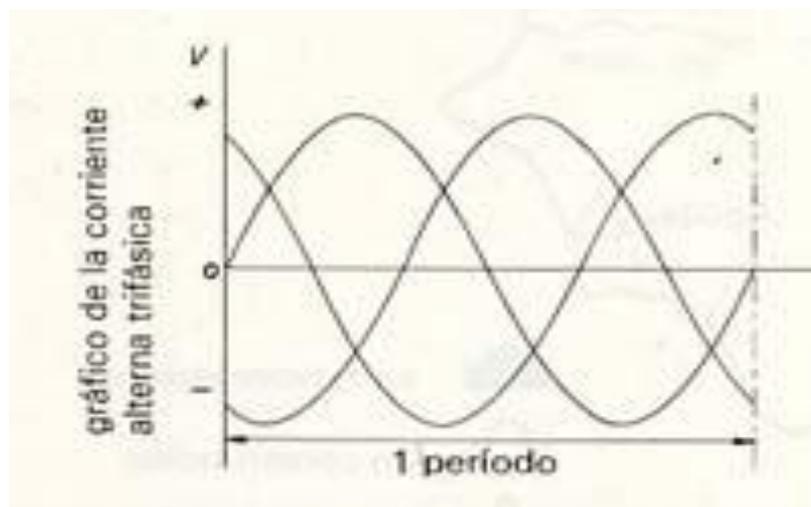


Figura 1.18.- Corriente Alterna Trifásica

El generador recibe el nombre de máquina sincrónica ya que en condiciones estacionarias la velocidad a la cual gira es impuesta y definida por la frecuencia del sistema eléctrico sobre el que opera, el término "velocidad del generador sincrónico" se refiere a la velocidad del generador cuando está girando de forma sincrónica con la frecuencia de red, esto es aplicable a todo tipo de generadores, sin embargo: en el caso de generadores asíncronos (o de inducción) equivale a la velocidad en vacío del generador.

Un componente clave del generador asíncrono es el rotor de jaula, (rotor jaula de ardilla), este es el rotor que hace que el generador asíncrono sea diferente del generador sincrónico, el rotor consta de un cierto número de barras de cobre o de aluminio, conectadas eléctricamente por anillos de aluminio finales.

Sin embargo la generación de energía eléctrica en todos los países es suministrada casi en su totalidad por generadores sincrónicos.

Cada bobinado, por ser abierto tiene un principio y un final; en los bobinados trifásicos los principios se designan con las letras **U, V, W** y los finales con **X, Y, Z**, en los monofásicos el principio es **U** y el final es **X**. Existen dos tipos fundamentales de conexión de un alternador:

1) Conexión en estrella.- Para conectar el bobinado en estrella se unen los finales **XYZ** de las tres fases formando un punto común que es el neutro, dejando libre los tres principios **UVW**.

2) Conexión en triángulo.- En la conexión en triángulo se une el final de cada fase con el principio de la siguiente **X con V, Y con W y Z con U**.

Existen generadores con 12 cables de salida para permitir diferentes valores de tensión, los generadores deben ser siempre conectados a tierra con un conducto de sección adecuada (normalmente de la mitad de sección de los cables principales de alimentación), utilizando uno de los dos bornes (interno / externo) previstos para la misma, la potencia suministrada por un alternador trifásico ya esté conectado en estrella o triángulo:

$$P = \sqrt{3} * V * I$$

De forma general y para potencias más o menos elevadas se utilizan alternadores autoexcitados sin escobillas que eliminan el mantenimiento relacionado con las escobillas y los anillos colectores.

1.4 FUNDAMENTOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS

1.4.1 Generalidades

Cada vez que encendemos una bombilla, un televisor o cualquier otro aparato de funcionamiento eléctrico, estamos haciendo uso de una de las fuentes de energía más apreciadas e importantes que el ser humano haya podido concebir, y es que sin la energía eléctrica la civilización ya no sería lo que es en la actualidad; progreso y calidad de vida, hoy en día son las centrales eléctricas las que generan electricidad para el uso del hogar, de infraestructuras e industrias, la energía eléctrica, tal y como la conocemos hoy, la producen grandes alternadores de corriente alterna instalados en centrales eléctricas, y estas, a su vez, necesitan otro tipo de energía (mecánica) que contribuya al movimiento del alternador. en muchas ocasiones la demanda es tan grande que, en determinadas circunstancias, se hace uso de máquinas que suplen este déficit o, por otra parte, cuando hay un corte en el suministro eléctrico; a estas máquinas se las conoce como grupos electrógenos o de emergencia, son máquinas que mueven un generador a través de un motor de combustión interna.

¿Que utilidad tiene un Grupo Electrónico?

Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico, generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas, otro caso sería en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, etc., que a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía para abastecerse.

1.4.2 Partes Constitutivas

Un grupo electrónico consta de las siguientes partes detalladas a continuación:

1.4.2.1 Motor Diesel.- El motor Diesel que acciona el Grupo Electrónico ha sido seleccionado por su fiabilidad y por el hecho de que se ha diseñado específicamente para accionar Grupos Eléctricos, la potencia útil que se quiera suministrar nos la proporcionará el motor, así que, para una determinada potencia, habrá un determinado motor que cumpla las condiciones requeridas.

El motor representa nuestra fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad, existe dos tipos de motores: Motores de gasolina y de gasoil (diesel), generalmente los motores Diesel son los más utilizados en los Grupos Eléctricos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.

1.4.2.2 Regulación del motor. El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga, la velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

1.4.2.3 Sistema eléctrico del motor. El sistema eléctrico del motor es de 12 Vcc, excepto aquellos motores los cuales son alimentados a 24 Vcc, negativo a masa, el sistema influye un motor de arranque eléctrico, unas baterías libres de mantenimiento (acumuladores de plomo), sin embargo, se puede instalar otros tipos de baterías si así se especifica, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un monocontacto de presión de aceite, un termocontacto de temperatura y de un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.

1.4.2.4 Sistema de refrigeración. El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire, el sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo, el sistema de refrigeración por

agua /aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.

1.4.2.5 Alternador. El generador se conoce también como ALTERNADOR puesto que la salida suministra potencia de corriente alterna, el generador de un grupo electrógeno es la maquina que convierte la energía mecánica rotativa del motor diesel en energía eléctrica, mediante fenómenos de inducción electromagnética.

La energía eléctrica de salida se produce por medio de una alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.

Como ya se trato en el capítulo anterior, la generación de energía eléctrica en todos los países es suministrada casi en su totalidad por generadores sincrónicos, y en este caso, en los grupos electrógenos, de igual manera se utilizan generadores sincrónicos.

1.4.2.6 Depósito de combustible y bancada. El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia, la bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.

1.4.2.7 Silenciador y sistema de escape. El silenciador de escape va instalado en el Grupo Electrógeno, el silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor.

1.4.2.8 Sistema de control. Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control, para controlar el funcionamiento

y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento, el sistema de control consta de un regulador automático del voltaje, circuitos de protección y los instrumentos necesarios para poder controlar la salida del Grupo Electrónico.

1.4.3 Funcionamiento



Figura 1.19.- Grupo Electrónico

La energía eléctrica producida por el grupo electrónico proviene de un sistema de bucle cerrado que consiste principalmente en el rotor inductor, el campo de inducción giratorio y el regulador automático, el proceso comienza cuando el motor

empieza a girar los componentes internos del alternador, el magnetismo remanente en el rotor principal produce un pequeño voltaje alternante en el estator principal, el regulador automático de voltaje (AVR [RAV]) rectifica este voltaje y lo aplica al estator de excitación, esta corriente continua en el estator de excitación crea un campo magnético que, a su vez, induce un voltaje en corriente alterna en el rotor de excitación. Este voltaje en C.A. (corriente alterna) se convierte otra vez en C.C. (corriente continua) por medio de los diodos giratorios (conjunto rectificador), cuando este voltaje de C.C. aparece en el rotor principal, se crea un campo magnético más fuerte que el campo remanente original lo que induce un voltaje mayor en el estator principal, este mayor voltaje circula a través del sistema induciendo aún mayor voltaje c.c. de vuelta al rotor principal, este ciclo se repite para acumular un voltaje próximo al nivel de salida adecuado del grupo electrógeno, en este punto el regulador automático de voltaje comienza a limitar el voltaje que pasa al estator de excitación que, a su vez, limita la potencia total de salida del alternador.

1.5 ACOPLAMIENTO PARA GRUPOS ELECTROGENOS

1.5.1 Generalidades

Cuando está listo nuestro motor de combustión interna, y nuestro generador, entonces hay que acoplarlos entre si para formar nuestro grupo electrógeno, de tal manera tanto el generador como el motor se ubican sobre una base llamada Skit, luego de eso hay que alinearlos, es decir, tanto el eje del generador como el de el motor deben quedar perfectamente alineados, para lograr que se queden fijos los dos ejes utilizamos un elemento mecánico llamado coupling, que en español significa acoplamiento.

1.5.2 Coupling

El coupling es un elemento mecánico el cual nos permite unir y mantener fijo el eje del generador con el de el motor, en los casos que el motor de combustión interna tiene eje, pero por lo general el acople suele ser entre el volante del motor y el eje del generador

1.5.3 Plano (Diagrama)

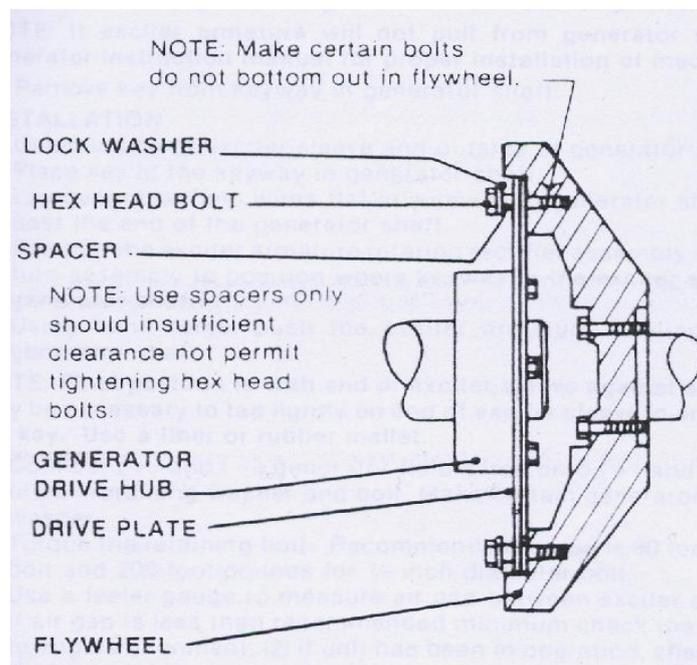


Figura 1.20.- Coupling

En donde, en la Figura 1.20 El Flywheel es el volante del Motor, el Genarator Drive Hub el eje del Generador y el Drive Plate el Coupling

CAPITULO II PROTECCIONES GRUPOS ELECTRÓGENOS

2.1 PROTECCIONES AL MOTOR

Si consideramos que el motor diesel es una máquina de gran calado, también debemos considerar su costo económico, dicho costo no solo involucra una gran inversión inicial, si no también una responsabilidad por parte de quien o quienes lo adquieren, en tal virtud se deben tomar ciertas consideraciones y ciertos aspectos para garantizar su buen funcionamiento, evitar daños materiales en el mismo, y salvaguardar a la máquina como tal, evitando de una u otra forma un daño irreparable en la misma, o lo que es peor, una pérdida total de la máquina.

La protección mínima para un grupo electrógeno debe incluir la parada del motor por:

- Sobrevelocidad
- Alta temperatura del refrigerante (Agua)
- Baja presión de aceite lubricante

Si el arranque es automático, debe existir protección contra el arranque o arrastre excesivo denominado en ingles OVERCRANK

El Sistema de protección y alarmas del motor debe realizar dos acciones básicas:

- Parar el motor y, en casos especiales, abrir el interruptor automático del generador
- Producir una señal de alarma que anuncie y especifique la falla

2.1.1 Sobrevelocidad

Uno de los parámetros importantes a controlar en el motor es la velocidad, la misma que no debe variar, tanto en vacío como con carga.- Por un instante imaginemos una sobrevelocidad de un motor diesel de 810 HP, o lo que es peor aún, un envalamiento de dicho motor, suponiendo que la velocidad nominal de dicho motor es de 1800 R.P.M, imaginar el hecho que progresivamente esas 1800 R.P.M van aumentando hacia el infinito, es indiscutible que dicha anomalía producirá daños irreparables en el motor.

En tales circunstancias es imprescindible que exista una protección contra sobrevelocidad en el motor Diesel, que indirectamente es al Grupo Electrónico en si.

En esta ocasión nos referiremos al sistema de protección contra sobrevelocidad que maneja PETROPRODUCCION

- **Envalamiento.-** Subida progresiva de velocidad sin control hacia el infinito

2.1.1.1 Relé de Sobrevelocidad (OSM).- Es un módulo de estado sólido que detecta indirectamente las RPM del motor en conjunto con un dispositivo magnético (sensor o pick -up) Si la velocidad del motor

aumenta más del 18% del promedio de 1800 RPM el contacto se cierra y el motor es parado.

En algunos motores también será activado un grupo de cierre de aire.



Figura 2.1.- Relé de Sobrevelocidad (OSM)

El módulo de Sobrevelocidad es de DYNALCO controls, el modelo es SW-200B y a continuación las especificaciones técnicas más importantes a considerarse

- **Alimentación:** 9 – 40 Vdc 300 mA máx
- **Entrada:** Sensa la señal de frecuencia proveniente del pick-up
- **Mínima señal de entrada:** 50 mVrms para frecuencias anteriores a 1KHz, 0.4 Vrms para frecuencias hasta 11 KHz

- **Máxima señal de entrada:** 70 Vrms

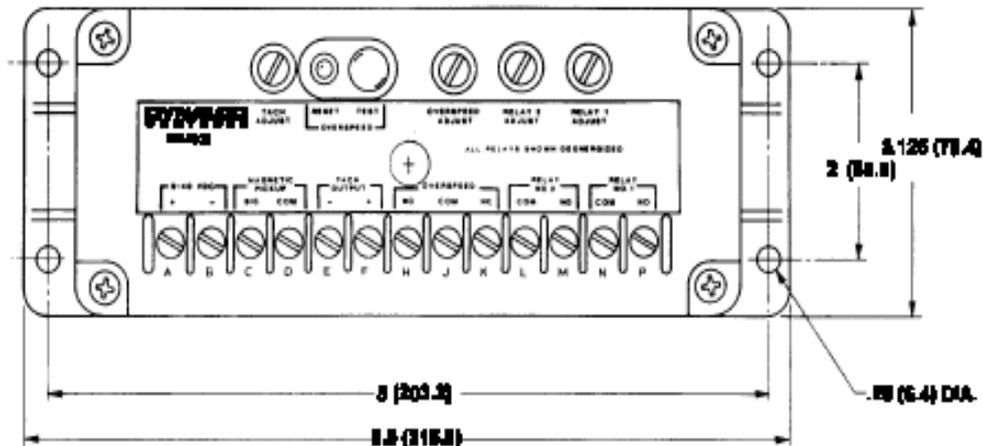


Figura 2.2.- Vista Frontal del OSM

La frecuencia de entrada para el módulo de sobrevelocidad puede ser calculada aplicando la fórmula:

$$\text{Frecuencia del Pick-up} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Dientes Volante del Motor} \times 118\% \text{ Velocidad Nominal}}{60} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Si trabajamos con una velocidad nominal de 1800 r.p.m., el 118% de la misma es 2124 R.P.M. y si vemos en la fórmula 60 es constante, entonces la variable es el número de dientes del volante del motor, dicho número depende del modelo del motor, para lo cual existe una tabla específica que proporciona Caterpillar, en la cual nos da el número de

dientes del volante del motor de acuerdo al modelo, e inclusive la frecuencia del pick-up o de sobrevelocidad mencionada arriba.

Ejemplo:

Si se tiene un Motor CATERPILLAR cuya velocidad nominal será de 1800 r.p.m. y cuyo Modelo es 3406.- ¿Cuál será el valor de frecuencia al cual deberá ser calibrado el OSM (SW-200B)

Solución:

Datos

Modelo = 3406 (ver tabla 2.1)

Con el modelo acudimos a la [tabla 2.1](#) y encontramos el número de dientes del volante.

Número de dientes = 113 dientes

Velocidad Nominal = 1800 r.p.m.

Entonces aplicamos la fórmula:

$$\text{Frecuencia del Pick-up} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Dientes Volante del Motor} \times 118\% \text{ Velocidad Nominal}}{60}$$

$$\text{Frecuencia del Pick-up} = \frac{113 \times (1.18 \times 1800)}{60}$$

De donde:

Frecuencia del Pick-up = 4000 Hz

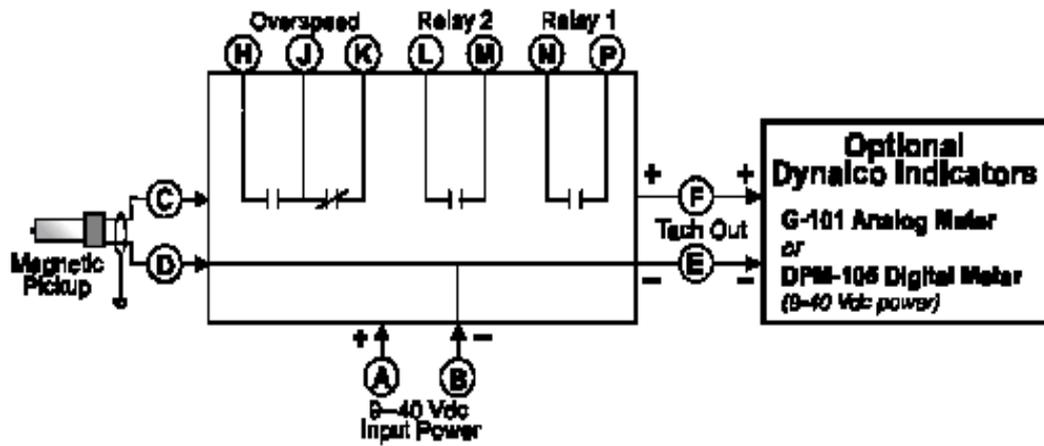


Figura 2.3.- Diagrama de Conexiones OSM

2.1.1.2 El Magnetic pick-up.- Es un dispositivo magnético que se instala justo en el engranaje situado en el motor (volante), y éste, a su vez, está acoplado al engranaje del motor de arranque, el pick-up detecta indirectamente la velocidad del motor, produce una salida de voltaje debido al movimiento del engranaje que se mueve a través del campo magnético de la punta del pick-up, por lo tanto, debe haber una correcta distancia entre la punta del pick-up y el engranaje del motor

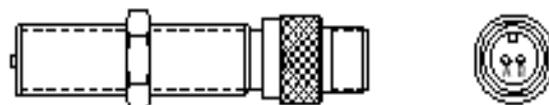


Figura 2.4 Magnetic pick-up

Se dice que el pick-up detecta indirectamente la velocidad del motor, por que en realidad lo que genera es una señal senoidal de voltaje a una cierta frecuencia y una cierta amplitud, dicha señal a cierta frecuencia refleja las R.P.M del motor.

En el relé de sobrevelocidad también se dice que indirectamente detecta las R.P.M del motor , ya que el mismo recibe la señal del pick-up.

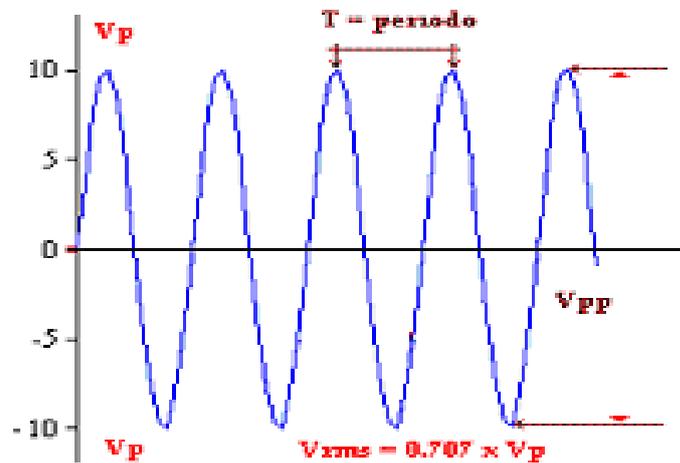


Figura 2.5 Señal generada por el pick-up

Partiendo del hecho que $T = 1/f$

En donde:

T = Período

f = frecuencia

Si observamos la figura 2.5, y asumimos un período en dicha señal de $T = 0.25$ mS (milisegundos), entonces bastaría aplicar la fórmula anteriormente descrita para obtener la frecuencia de dicha señal

$$T = 0.25 \text{ mS} = 0.25 \text{ E } -3 = 0.00025$$

Entonces bastaría sacar el inverso de dicho valor para obtener la frecuencia.

$$f = 1/ T$$

$$f = 1/ 0.00025$$

$$f = 4000 \text{ Hz}$$

Entonces esta señal a dicha frecuencia es la que internamente sensa el OSM (relé de sobrevelocidad), y para la cual hay que calibrar a dicho módulo.

2.1.1.3 Calibración por Tablas

También podemos establecer la frecuencia al cual deberá ser calibrado el OSM solo por medio de la [tabla 2.1](#)

Ejemplo:

Si se tiene un Motor CATERPILLAR cuya velocidad nominal será de 1800 r.p.m. y cuyo Modelo es 3408.- ¿Cuál será el valor de frecuencia al cual deberá ser calibrado el OSM (relé de sobrevelocidad)

Entonces:

Con el modelo, que es 3408, con la velocidad nominal, que es 1800 r.p.m. nos dirigimos hacia la tabla 2.1 y encontramos no solo el numero

de dientes del volante, sino que también la frecuencia al cual deberá ser calibrado el OSM en la columna (MAG. PICK UP FREQUENCY)

Frecuencia Pick up = 4815 Hz

2.1.2 Temperatura de Agua

La temperatura normal para el trabajo del motor debe estar entre los 160 °F a 185 °F, entonces de alguna forma debemos asegurarnos que esos rangos se mantengan, y de esa manera evitar daños al motor.

Para lo cual se ha implementado un Switch de temperatura de agua, el mismo que tiene un contacto común, y otros dos, uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado, dichos contactos cambiarán de estado al llegar al valor para el cual están diseñados, en nuestro caso el Switch de alta temperatura de agua, acciona a los 209°F en subida, es decir cuando la temperatura de agua del motor se incrementa hasta los 209°F actúa el Switch de alta temperatura de agua y manda a parar el motor

2.1.3 Presión de Aceite

La Presión de aceite es el parámetro más importante que afecta al circuito de lubricación, en motores de lubricación forzada, en nuestro

caso nos referiremos a la baja presión de aceite, la cual es a la que vamos a proteger, ya que una baja presión de aceite indirectamente involucraría una mala lubricación a nuestro motor, para lo cual pueden existir un sin número de causas, causas y consecuencias que podemos apreciar en las tablas 2.2

Causas de baja presión de aceite	Consecuencias	Acción a tomar
Bomba desgastada	Reduce la vida del motor	Reparar / reemplazar la bomba
Válvula de "by pass" trabada en posición "Abierta"	Reduce la vida del motor	La válvula se traba con depósitos, por uso de aceite de baja calidad por períodos excesivos. Mejorar nivel API
Resorte de la Válvula de "by-pass" flojo o roto.	Reduce la vida del motor	Reparación mecánica
Cojinetes desgastados El aceite fluye a través de huelgos más amplios.	Problemas en el motor. Se acelera el desgaste	Si la presión está por debajo del límite que especifica el fabricante del motor: Reemplazar cojinetes
Contaminación con combustible.	Consumo elevado de aceite	Evitar excesivo ralentí.
Reducción de la viscosidad del aceite	Desgaste del motor	Chequear inyección de combustible.
Cárter sobrecalentado. (baja la viscosidad del aceite)	Problemas en el motor (desgaste, depósitos)	Revisar medidor de temperatura Controlar la temperatura del motor.

--	--	--

Referencia: Catálogos ESSO (Presión de Aceite Lubricante en Motores)

Tabla 2.2

Para evitar todas estos daños a nuestro motor se ha implementado un Switch de baja presión de aceite, el mismo que tiene un contacto común, y tres más, uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado, dichos contactos cambiarán de estado al llegar al valor para el cual están diseñados.- En nuestro caso el Switch de baja presión de aceite, acciona a los 20 PSI en bajada, es decir cuando la presión de aceite del motor disminuya hasta 20 PSI actúa el Switch de baja presión de aceite y manda a parar el motor.

2.1 PROTECCIONES AL GENERADOR (VOLTAJE GENERADO)

2.2.1 Sobrevoltaje (OVR rele de sobrevoltaje)

El OVR es un relé de estado sólido para proteger de sobrevoltaje al generador y la carga conectada, cuando el voltaje se incrementa más del 10% del voltaje normal, el contacto de salida se cierra y activa un relé auxiliar el mismo que actúa cortando la energía del regulador de voltaje.

2.2.2 Frecuencia (UFR rele de baja frecuencia)

El UFR es un relé de estado sólido para proveer protección contra baja frecuencia al generador y la carga conectada, cuando la frecuencia rebaja y permanece debajo de 55 Hz por mas de 60 segundos, el interruptor principal se abre quitando la alimentación al regulador de voltaje, luego del disparo, el interruptor principal de salida necesita ser manualmente reestablecido.

2.2.3 Reguladores de Voltaje

Para comprender el funcionamiento de los Reguladores Automáticos de Voltaje, empezaremos con analizar el ciclo en el cual intervienen, el proceso comienza cuando el motor empieza a girar los componentes internos del alternador, el magnetismo remanente en el rotor principal produce un pequeño voltaje alternante en el estator principal, el regulador automático de voltaje rectifica este voltaje y lo aplica al estator de excitación (Excitatriz), esta corriente continua en el estator de excitación crea un campo magnético que, a su vez, induce un voltaje en corriente alterna en el rotor de excitación, este voltaje en C.A. (corriente alterna) se convierte otra vez en C.C. (corriente continua) por medio de los diodos giratorios (conjunto rectificador), cuando este voltaje de C.C. aparece en el rotor principal, se crea un campo magnético más fuerte que el campo remanente original lo que induce un voltaje mayor en el estator principal, este mayor voltaje circula a través del sistema induciendo aún mayor voltaje C.C. de vuelta al rotor principal, este ciclo se repite para acumular un voltaje próximo al nivel de salida adecuado del grupo electrógeno, en este punto el regulador automático de voltaje

comienza a limitar el voltaje que pasa al estator de excitación que, a su vez, limita la potencia total de salida del alternador.

Este es el principio de funcionamiento de los Reguladores de Voltaje, a partir de ahí se derivan algunas clases de Reguladores dependiendo del fabricante y del tipo de generador que se utilice.

2.2.3.1 Reguladores de Voltaje “BASLER”

Los [reguladores de Voltaje Basler](#) cumplen la función descrita anteriormente, pero con ciertas características técnicas y ciertas conexiones que lo diferencian de el regulador de voltaje Caterpillar.

El “Sensing”, que es la etapa de sensado, es decir el voltaje que va a comparar el regulador se alimenta con 480 Voltios trifásico Línea a Línea aunque dicho regulador de voltaje posee unos taps de conmutación en la parte inferior, los cuales me permiten variar esta alimentación al sensing a 240 Voltios trifásico, e inclusive 120 Voltios, más se utiliza el sensing a 480 Voltios trifásico Línea a Línea, ya que los reguladores de voltaje Basler se utilizan con los generadores KATO, y estos generadores KATO me generan 480 Voltios trifásico Línea a Línea, en dichos generadores KATO es imposible conseguir 240 Voltios trifásico Línea a Línea.

Por lo expuesto anteriormente el Regulador de Voltaje Basler se utilizara con los generadores KATO.

El regulador de Voltaje Basler también tiene una entrada de poder (Alimentación) de 120 VAC, la cual hace posible que funcione el regulador, es decir no es autoalimentado, por consiguiente si se le corta la alimentación de 120 VAC, o no le llega los 120 VAC, el regulador de Voltaje simplemente no funciona.

También tiene 2 terminales para conectar la Excitatriz (Campo) del generador, a la cual va el voltaje rectificado por el regulador, dicha excitatriz debe tener como mínimo, resistencia 9Ω , esta característica de resistencia esta en función a la magnitud de la corriente de DC que envía el regulador de Voltaje a la Excitatriz.

También posee dos terminales en los cuales va la RV (Resistencia Variable) o Potenciómetro, el cual varía el Voltaje rectificado por el regulador, por consecuencia varia el voltaje generado trifásico VAC por el generador.

Como se puede apreciar en el diagrama del Regulador de Voltaje Basler SR-4, que se puede apreciar al final de este capítulo, las conexiones al Sensing son 480 VAC Línea a Línea, 2 Cables hacia Excitatriz, ya que es una bobina, de igual manera 2 cables al potenciómetro.

En cambio para la Alimentación 120 VAC, utilizamos un transformador 480/120, de tal manera que utilizamos 2 líneas T3 Y T2, en las cuales tenemos 480 Voltios y conectamos al lado de alta del transformador, y del lado de baja del transformador, por la relación de transformación obtendremos los 120 VAC que nos servirán para alimentar al regulador de Voltaje, nótese que los contactos normalmente cerrados del PR (que es accionado por el OVR) y del UFR están conectados en serie con la alimentación al regulador de Voltaje, es decir cuando estos actúen se

cortará la alimentación al regulador de Voltaje, entonces el Regulador de Voltaje dejará de funcionar y por ende el generador dejará de generar.

En algunos generadores existe un segundo conjunto (Estator y Rotor auxiliar) aparte del estator y rotor de excitación, pero con la diferencia de que no existe un puente de diodos giratorios, es decir se genera 120 VAC, el mismo que nos servirá para alimentar al regulador de Voltaje, en tales circunstancias, se sustituirá la conexión del transformador, por la del nuevo conjunto.

Los Reguladores de Voltaje Basler pueden ser reemplazados por los reguladores de Voltaje KATO, ya que la única diferencia entre estos dos esta en el Sensing.

Mientras el Sensing en el Basler es 480 Voltios trifásico Línea a Línea, el Sensing en el KATO es 480 Voltios bifásico Línea a Línea, es decir basta con solo 2 líneas para que el regulador de Voltaje KATO haga el mismo proceso que el Regulador Basler, el resto de conexiones son las mismas.

2.2.3.2 Reguladores de Voltaje “CATERPILLAR”

Los [reguladores de Voltaje Caterpillar](#) cumplen la función descrita anteriormente, pero con ciertas características técnicas y ciertas conexiones que lo diferencian de el regulador de voltaje Basler, que a continuación se describen.

El Sensing, se alimenta con 240 Voltios trifásico Línea a Línea, por esta característica los reguladores de voltaje Caterpillar se utilizan con los generadores Caterpillar, ya que estos generadores a más de generar

480 Voltios trifásico Línea a Línea, permiten conseguir 240 Voltios trifásico Línea a Línea por la configuración interna de dicho generador.

Para comprender la configuración interna de las bobinas de dicho generador realizaremos un breve análisis de voltajes con bobinas.

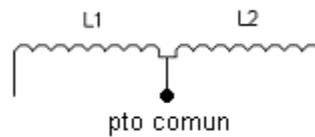
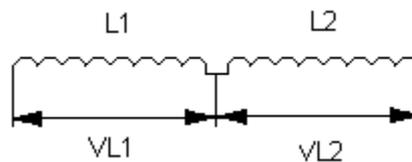


Figura 2.6.- Bobina

Suponemos dos bobinas con igual número de espiras conectadas en serie y que permitan sacar el punto común de la mitad como se aprecia en la figura 2.6

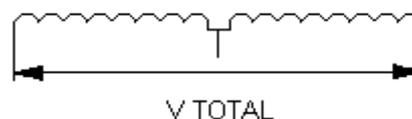
$$N^{\circ} \text{ Espiras } L1 = N^{\circ} \text{ Espiras } L2$$

Entonces:



$$VL1 = VL2$$

Entonces:



V TOTAL será igual a la suma de VL1 Y VL2

$$V \text{ TOTAL} = VL1 + VL2$$

Si V TOTAL = 480 Voltios y reemplazando queda

$$480 = VL1 + VL2$$

Como VL1 = VL2 Entonces:

$$480 = 2VL1$$

Despejando de esta ecuación VL1 tenemos que:

$$VL1 = 240 \text{ Voltios}$$

Ésta es la configuración interna que permite obtener en forma trifásica los generadores Caterpillar, al punto común entre las dos bobinas que están conectadas en serie como se aprecia en la figura 2.6 se le denomina media fase.

Y es precisamente de ésta media fase que en forma trifásica serían medias fases, de donde obtenemos los 240 Voltios trifásicos línea a línea, para el Sensing del regulador de Voltaje Caterpillar, podemos apreciar de mejor manera dicha configuración en el diagrama de conexiones de dicho Regulador de Voltaje.

El regulador de Voltaje Caterpillar no tiene una entrada de poder (Alimentación) de 120 VAC, como la tiene el regulador de Voltaje Basler, es decir es autoalimentado, por consiguiente si se le corta la alimentación a una de las medias fases que llegan al Sensing, el regulador de Voltaje simplemente no funciona.

También tiene 2 terminales para conectar la Excitatriz (Campo) del generador, a la cual va el voltaje rectificado por el regulador, dicha excitatriz debe tener como mínimo, resistencia 4.77Ω , esta característica de resistencia esta en función a la magnitud de la corriente de DC que envía el regulador de Voltaje a la Excitatriz.

También posee dos terminales en los cuales va la RV (Resistencia Variable) o Potenciómetro, el cual varía el Voltaje rectificado por el regulador, por consecuencia varia el voltaje generado trifásico VAC por el generador.

Como se puede apreciar en el diagrama del Regulador de Voltaje Caterpillar que está en la pagina anterior, las conexiones al Sensing son 240 VAC Línea a Línea, 2 Cables hacia Excitatriz, ya que es una bobina, de igual manera 2 cables al potenciómetro.

Nótese que los contactos normalmente cerrados del PR (que es accionado por el OVR) y del UFR están conectados en serie con una de las medias fases que alimentan al Sensing del regulador de Voltaje, es decir cuando estos actúen se cortará la alimentación al Sensing del regulador de Voltaje, entonces el Regulador de Voltaje dejará de funcionar y por ende el generador dejará de generar.

2.3 DIAGRAMA DE PROTECCIONES E INDICADORES

2.3.1 Diagrama DC (Motor)

[El diagrama de DC](#) que podemos apreciar al final de este capítulo, es el circuito de control eléctrico que básicamente opera y protege al motor de Combustión Interna, Empezaremos analizando el arranque del motor, el cual se produce moviendo la palanca del switch "OP" y manteniéndola en la posición 3, START-BY PASS, nótese que en dicha posición se produce un bypass desde el común del switch de baja presión de aceite "5" hasta el común "J" del contacto normalmente abierto del rele de sobrevelocidad "OSM".- esto involucra que en el rato del arranque en tales condiciones siempre va a llegar 24 VCC al "RR" relé de funcionamiento ya que el "OSM" también queda energizado y en tales circunstancias el contacto normalmente abierto se cierra, y esta listo para actuar de manera que la cadena se cierra desde "5" hasta la bobina del "RR", como el "RR" esta energizado, todos sus contactos cambian de estado.- Observemos el contacto normalmente cerrado del "RR" que esta en serie con la bobina de la selenoide de Paro "SS", el mismo ya se abriría quedando inactiva la selenoide, y quedando listo para el arranque el motor.

Entonces bastaría con presionar el pulsante de arranque "START" para que se energice la bobina del Magnet Switch "MS" entonces el contacto normalmente abierto del "MS" que está en serie con el motor de arranque se cierra, activando el motor de arranque, el mismo que empieza a girar, para que el Bendix de dicho motor engrane con el volante del Motor de Combustión Interna y pueda vencer la inercia y así arranque por completo y adquiera su velocidad nominal, cuando el Motor

de Combustión Interna arranca por completo soltamos la palanca del "OP" y la misma quedaría en la posición ON (en servicio), tomar en cuenta que para tales circunstancias del motor el switch de baja presión de aceite cambio de estado, ya que paso de baja presión de aceite a la presión normal de funcionamiento, entonces se cierra el contacto y de igual manera, sin el bypass ahora en cambio el "RR" queda energizado a través de la cadena de los switch's de baja presión de aceite y alta temperatura de agua, y los contactos del "RR" y del "OSM".

Ahora analicemos el paro o apagado del motor, el mismo que se produce al cortar la cadena cerrada al "RR", ya que si cortamos la energía al "RR" entonces sus contactos vuelven a su posición original, obsérvese la posición original del contacto que está en serie con la bobina de la selenoide de paro "SS" es normalmente cerrado, entonces cuando se corte la energía al "RR", ese contacto se vuelve a cerrar, activando la bobina de la selenoide de paro "SS", entonces la selenoide propiamente dicha corta el paso de combustible al motor, nótese que está en paralelo con la bobina de la selenoide de paro "SS" un temporizador "T/ D" "On Delay", es decir que cuando se energiza la bobina de la "SS", también se energiza el " T/D" , y empieza a contar un tiempo T, este tiempo T debe ser suficiente para que al cortarse el paso de combustible al motor, el mismo se apague por completo, alrededor de 15 (s).- Luego del tiempo T, el motor ya estará apagado por completo, entonces el contacto normalmente cerrado del "T/ D" que está en serie con la bobina de la "SS", se abre, desenergizando a la bobina de "SS" y regresando todo el sistema a condiciones originales de funcionamiento.

Ahora el paro o apagado del motor puede producirse, manualmente cuando el operador mueve la palanca del "OP" a la posición STOP, en esa circunstancia se corta la cadena de energía al "RR" y se produce todo el ciclo ya analizado, o por falla, cuando actúa uno de los switch's, el de baja presión de aceite o el de alta temperatura de agua, también se corta la cadena, cuando actúa el "OSM" por sobrevelocidad y se abre el contacto (J-H), entonces se vuelve a repetir el ciclo de paro del motor,

pero adicionalmente por falla se activa un rele por cada falla, y dicho rele activa una lámpara indicadora, que me ubica por que tipo de falla fue apagado el motor.

En el caso de baja presión de aceite nótese que cuando el motor se apaga por esta falla, el contacto que estaba cerrado se abre, cortando la cadena, y el abierto se cierra activando la bobina del rele "LOP", y a su vez un contacto normalmente abierto de este relé activa una lámpara, entonces el motor se apaga por falla y el operador puede visualizar la falla, de igual manera pasa con el switch de alta temperatura de agua.

En cambio por sobrevelocidad se toma el contacto normalmente abierto del "OSM", (ya energizado) y este contacto que es independiente al contacto normalmente cerrado (ya energizado) que esta en serie con el "RR", actúa por sobrevelocidad, cerrándose y activando la bobina del relé "OSR" activa una lámpara, y al mismo tiempo actúa el contacto normalmente cerrado cortando la cadena al "RR" y parando el motor.

2.3.2 Diagrama AC (Generador)

[El diagrama Ac](#) se encuentra al final de este capítulo, ya con el motor de Combustión Interna trabajando en condiciones normales y a su velocidad nominal, entonces suponemos que el generador esta trabajando también en condiciones normales de funcionamiento y estaría generando 480 V Línea a Línea a 60 Hz, nótese que en cada fase del generador se encuentran colocados los TC's (Transformadores de corriente), los mismos que pasando a través del selector de fases Voltímetro-Amperímetro llegan al amperímetro y me dan la lectura de la corriente que consume la carga en cada fase, de igual manera las 3 fases pasan primero por fusibles, y luego por el selector de fases Voltímetro-Amperímetro para llegar al voltímetro y entonces me darán lectura de los voltajes de línea (VL1-L2, VL2-L3, VL1-L3)

Nota 1: Nótese que entre X1 y X2 aproximadamente debe llegar un voltaje de 120 Vac, en los generadores Kato este voltaje se toma del secundario de un transformador de 480 / 120 V, o en otros casos el generador Kato viene con otro rotor y estator auxiliar que me genera 120 Vac, entonces subimos 120 Vac a X1 y X2.- En los generadores Caterpillar utilizamos la media fase y subimos a X1 y el neutro a X2, entonces tendríamos aproximadamente 120 Vac.

Nótese el puente entre el común de los TC's, el neutro y X2, ahora el frecuencímetro toma la señal de X1 y el común, (que serían 120 Vac) el mismo que me da la lectura de la frecuencia del voltaje generado.- Los módulos UFR y OVR también se alimentan con 120 Vac, voltaje que también se toma de X1 y X2, ahora nótese el puente entre X1 y PT1, que sería nuestra fase (tomando de los 120 Vac), pasa por los contactos normalmente cerrado del UFR y del PR, y llega a P2 y del P2 se dirige al regulador de Voltaje.

Nota 2: En los Reguladores de Voltaje Basler y Kato P2 llega al "power" y en los Caterpillar al "Sensing"

2.4 ANALISIS Y TEORIA DE LOS ELEMENTOS DE LOS DIAGRAMAS

2.4.1 Diagrama DC

2.4.1.1 Governor (Motor)

El motor de governor funciona con 24 Vcc, nótese en el diagrama de DC que a los terminales 14 y 15 (governor) llegan 24 Vcc, a través de un conmutador, el mismo que permite invertir la polaridad de alimentación al motor de governor, entonces si se tiene presionado el conmutador el motor estará funcionando, el movimiento del motor produce que el governor internamente regule el paso de combustible al motor, si el motor se mueve en un sentido (antihorario), entonces ingresa mas combustible al motor, entonces sube las r.p.m del motor y por ende sube la frecuencia del voltaje generado, en cambiamos si movemos en el otro sentido (presionando el conmutador en sentido contrario), entonces se reduce el paso de combustible al motor, entonces baja las r.p.m del motor y por ende baja la frecuencia del voltaje generado.

En governor es un dispositivo que mantiene constante la velocidad de una maquina bajo varias condiciones de carga, debe tener medios de ajuste de velocidad, que controla la frecuencia del generador y caída de velocidad de no carga a carga total.

2.4.1.2 Magnet Switch

El Magnet Switch "MS" es un elemento que tiene una bobina y un contacto normalmente abierto, este contacto tiene la capacidad de manejar una gran cantidad de corriente, nótese en el diagrama de DC que a través de este contacto circula la corriente que consume el motor de arranque.

La bobina del "MS" funciona a 24 Vcc, es decir cuando se alimenta con 24 Vcc el contacto normalmente abierto se cierra.

2.4.1.3 Stop Selenoide

La selenoide de paro "SS" es un elemento que tiene una bobina, dicha bobina al ser energizada con 24 Vcc produce un campo magnético fijo, el mismo que atrae un eje, este eje al recogerse corta el paso de combustible al motor, produciendo el paro del mismo, la bobina de la "SS" funciona alrededor de 15 (s) tiempo durante el cual el motor es apagado completamente, para luego del cual ser deshabilitada la bobina

2.4.1.4 Motor de Arranque

Es un motor eléctrico de DC (Serie), que posee un mecanismo impulsor (Bendix), el cual engrana con el volante del Motor de Combustión Interna, lo que me permite vencer la inercia del motor y el arranque del mismo, es un motor Serie, ya que este tipo de motores están diseñados para arrancar con carga y poseen un alto torque.

2.4.1.5 Alternador

Elemento encargado de transformar energía mecánica procedente del cigüeñal del motor en energía eléctrica para cargar la batería y abastecer los circuitos eléctricos del vehículo. Su funcionamiento se basa en la generación de corriente en un conductor cuando se le somete a un campo magnético variable, la corriente generada es alterna y tiene que ser rectificadas a continua y posteriormente regulada para evitar tensiones excesivas que destruyen los componentes eléctricos y electrónicos, la energía la recoge del cigüeñal a través de una correa y dos poleas.

2.4.2 Diagrama AC

2.4.2.1 Indicadores de Voltaje Generado

2.4.2.1.1 TC's

Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.

Los valores nominales de los transformadores de corriente se definen como relaciones de corriente primaria a corriente secundaria, unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser 600 / 5, 800 / 5, 1000 / 5, los valores nominales de los transformadores de corriente son de 5 A y 1 A.

El primario de estos transformadores se conecta en serie con la carga, y la carga de este transformador esta constituida solamente por la impedancia del circuito que se conecta a él.

El devanado secundario siempre debe estar cortocircuitado antes de desconectar la carga. Si se abre el circuito secundario con circulación de corriente por el primario, todos los ampervueltas primarios son ampervueltas magnetizantes y normalmente producirán una tensión secundaria excesivamente elevada en bornes del circuito abierto.

Todos los circuitos secundarios de los transformadores de medida deben estar puestos a tierra; cuando los secundarios del transformador de medida están interconectados; solo debe ponerse a tierra un punto, si el circuito secundario no esta puesto a tierra, el secundario, se convierte, de hecho, en la placa de media de un condensador, actuando el devanado de alta tensión y tierra como las otras dos placas.

2.4.2.1.2 Amperímetro

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la [intensidad de corriente](#) que está circulando por un [circuito](#) eléctrico, los amperímetros (Analógicos), en esencia, están constituidos por un [galvanómetro](#) cuya escala ha sido graduada en [amperios](#), nótese en el diagrama de AC que la corriente que circula por el amperímetro proviene de los TC's, pasa por el selector de fases Voltímetro-Amperímetro, el mismo que me permite seleccionar la fase por la cual circula la corriente que consume la carga y así poder visualizar la corriente que circula en cada fase de nuestro sistema trifásico.

Para efectuar la medida de la intensidad de la corriente circulante el amperímetro ha de colocarse [en serie](#), para que sea atravesado por dicha corriente.

2.4.2.1.3 Voltímetro

Aparato utilizado para medir, directa o indirectamente, diferencias de potencial eléctrico, esencialmente, un voltímetro está constituido por un galvanómetro sensible que se conecta en serie con una resistencia adicional de valor elevado, el selector de fases Voltímetro-Amperímetro permite la medición de los voltajes entre las tres fases.

2.4.2.1.4 Frecuencímetro

Es un instrumento utilizado para determinar la frecuencia o el número de Hz de una corriente alterna, Los Hz están directamente relacionados con las r.p.m del motor

2.4.2.2 Indicadores Motor de Combustión Interna

2.4.2.2.1 Tacómetro

Aparato que mide el número de revoluciones a la cual esta girando el Motor, es decir, el mecanismo que indica las revoluciones (giro completo) por minuto del cigüeñal de un motor, este aparato solo toma una señal de alimentación, la cual proviene del pick-up.

2.4.2.2.2 Temperatura de Agua

Es un indicador que nos muestra la temperatura de agua del sistema de enfriamiento del motor, la temperatura normal para el trabajo debe estar entre los 160°F y 185°F, este aparato debe estar alimentado con 24 Vcc para su funcionamiento y debe tomar la señal del sensor de temperatura que se encuentra en el motor de combustión interna.

2.4.2.2.3 Presión de Aceite

Es un indicador que nos muestra la presión de aceite del sistema de lubricación del motor, la presión normal de trabajo debe estar entre los 70 a 80 PSI, este aparato debe estar alimentado con 24 Vcc para su funcionamiento y debe tomar la señal del sensor de presión de aceite que se encuentra en el motor de combustión interna.

CAPITULO III REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO DE PRUEBAS

3.1 REDISEÑO MECÁNICO

El Rediseño mecánico del Módulo de pruebas empieza por variar la forma del módulo anterior tanto en material como en dimensiones para de tal manera lograr un mejor ambiente ergonómico entre el operador y el módulo.

La madera del módulo anterior será sustituida por tol galvanizado de 1/32 de pulgada en su totalidad, el recubrimiento externo de tol de 1/32 de pulgada es reforzado con una estructura interna de tubo galvanizado de 7/8 de pulgada.

El presente módulo lleva 4 ruedas de caucho de un diámetro tal que evita atascamientos en las zanjas en el lugar de pruebas para los grupos electrógenos, lo cual si se producía con el anterior módulo, adicionalmente toda la estructura metálica a sido pintada con un anticorrosivo especial el cual soporta la humedad del Oriente.

En la parte superior, donde van ubicados los reguladores de voltaje se colocó un aislamiento de caucho de 5mm de espesor así como en la parte inferior donde van las baterías

3.2 REDISEÑO CONTROL ELECTRICO

Este rediseño de control eléctrico empieza por sustituir ciertos elementos utilizados en los grupos electrógenos para efectuar control eléctrico y protecciones en general, aquí ya utilizamos un PLC (Zelio SR1B201BD) lo cual implica una programación en el software del PLC y un diagrama ladder, siguiendo una cierta lógica, secuencia y manejando señales de entradas y salidas digitales y analógicas.

Uno de los elementos a sustituir es el OSM (Rele de Sobrevelocidad) el mismo que será reemplazado por una tarjeta electrónica de menor tamaño y menor costo.

Antes necesitábamos:

- 1.- OSM para el motor 3406 calibrado a 4 KHz
- 2.- OSM para el motor 3408 calibrado a 4,815 KHz
- 3.- OSM para el motor 3508 calibrado a 6,47 KHz

En total suman 3 OSM, con este sistema se elimina eso y utilizamos únicamente un convertor de frecuencia a voltaje el mismo que me maneja los 3 niveles de frecuencia en una sola tarjeta electrónica que será analizada mas adelante.

3.2.1 Convertor de Frecuencia a Voltaje

[El convertor de frecuencia a voltaje](#) que podemos apreciar al final de este capítulo, es un circuito electrónico que transforma una señal de voltaje alterno a una cierta frecuencia en voltaje de corriente continua, el corazón de este circuito es el integrado LM2907N, que básicamente es el que realiza la función mencionada, el resto de elementos que constan en el circuito conforman el circuito de control.

La señal de frecuencia proveniente del pick-up llega al pin 1 y GND, como se puede apreciar en el diagrama de la tarjeta, esta señal es comparada por el LM2907N y transformada en Vcc, entonces entre el pin 5 (IB) y GND tenemos la salida de Vcc que nos interesa para manejar y enviar a nuestro PLC, a la entrada analógica de voltaje.

El voltaje de alimentación para que funcione el circuito de control es 12 Vcc, donde al pin 9 llega el positivo (+) de los 12 Vcc y el (-) a GND, nótese que el otro terminal del pick-up, GND y el (-) de la fuente de 12 Vcc, forman un punto común y estos están a tierra.

Algo que se debe tomar en cuenta es que si variamos el voltaje de alimentación, también va a variar nuestro voltaje de salida, el mismo que va al PLC, y podríamos tener errores, para lo cual se ha implementado un regulador de voltaje a 12 Vcc, que es el LM7812, el cual nos mantendrá constante el voltaje de alimentación al circuito de control, así el voltaje principal (que es proporcionado por las baterías) suba o baje, dentro de ciertos rangos.

Los rangos de tensión del LM7812 son de 15 a 35 Vcc, es decir si mi fuente principal de alimentación sube el voltaje a 35 Vcc el LM7812 los estabiliza a 12 Vcc, y contrario si cae hasta 15 Vcc de igual manera lo estabiliza a 12 Vcc.

Se instaló este sistema de regulación de voltaje ya que nuestro voltaje de alimentación para el banco de pruebas proviene de baterías y las mismas se descargan, con dicho sistema, la parte de conversión de frecuencia a voltaje no sufrirá cambios ni efectos en todo momento.

Como ya se estudio en el capítulo anterior las frecuencias de protección de acuerdo al número de dientes del volante eran:

- 3406 (113 dientes).....4KHz
- 3408 (136 dientes).....4,815KHz
- 3508 (183 dientes).....6.47KHz

Aplicaremos estas mismas frecuencias a nuestro circuito electrónico y observemos el voltaje de salida que nos produce

Si voltaje de alimentación: 28 Vcc

- 4KHz.....5.99 Vcc
- 4.815KHz.....7 Vcc
- 6.47KHz.....8.92 Vcc

Si voltaje de alimentación: 26 Vcc

- 4KHz.....5.98 Vcc
- 4.815KHz.....7.01 Vcc
- 6.47KHz.....8.91 Vcc

Si voltaje de alimentación: 24 Vcc

4KHz.....5.99 Vcc

4.815KHz.....7.02 Vcc

6.47KHz.....8.90 Vcc

Si voltaje de alimentación: 22 Vcc

4KHz..... 6 Vcc

4.815KHz.....7.02 Vcc

6.47KHz.....8.89 Vcc

Si voltaje de alimentación: 20 Vcc

4KHz..... 6 Vcc

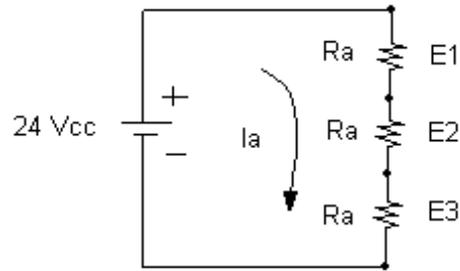
4.815KHz.....7.02 Vcc

6.47KHz.....8.89 Vcc

Estos datos fueron tomados en el laboratorio de Instrumentación y Electrónica de Petroproduccion DA, así que son datos reales de la forma en la cual se comporta nuestro conversor de frecuencia a voltaje.

Nótese también existe un divisor de voltaje en nuestro circuito electrónico el mismo que nos sirve para sensar que el voltaje de alimentación al banco de pruebas esta bajo.

El divisor de voltaje consta de 3 resistencias del mismo valor Ra



$$24 \text{ Vcc} = (IaRa) + (IaRa) + (IaRa)$$

$$24 \text{ Vcc} = 3IaRa$$

$$IaRa = E1$$

$$24 = 3E1$$

$$E1 = 24/3$$

$$E1 = 8 \text{ Vcc}$$

Entonces en condiciones optimas de voltaje de alimentación por parte de la batería, en una de las resistencias Ra El voltaje será 8 Vcc, ahora se necesita que la bateria no baje menos de 20 Vcc, Entonces:

$$20 = 3E1$$

$$E1 = 20/3$$

$$E1 = 6.6\text{Vcc}$$

Realizamos un divisor de voltaje ya que nuestro PLC (Zelio) maneja señales de voltaje de 0 a 10 Vcc, entonces necesitamos reflejar únicamente los 20 Vcc para disparar una alarma por batería baja y no enviar 20 Vcc al PLC, los 20 Vcc que suponen batería baja se ven reflejados en el divisor de voltaje por 6.6 Vcc, nótese en el circuito electrónico que de una Ra parte nuestra IC al PLC.

3.2.2 Diagrama Ladder PLC

Para empezar analizando el funcionamiento del diagrama ladder, primeramente empecemos identificando las entradas y salidas

Entradas utilizadas

I1 = Viene del selector de 3 posiciones

I2 = Viene del selector de 3 posiciones

I3 = Viene del selector de 3 posiciones

I4 = Sin usar

I5 = Viene del pulsante verde (Arranque Motor)

I6 = Viene del pulsante negro (Reset)

I7 = Viene del Switch de baja presión de Aceite (Normalmente Abierto)

I8 = Viene del Switch de Alta Temperatura de Agua (Normalmente Abierto)

I9 = Viene del pulsante rojo (Apagado Normal)

Ib = Viene del conversor de frecuencia a voltaje

Ic = Viene del divisor de voltaje

Ib e Ic son entradas analógicas de voltaje de 0 a 10 Vcc

Salidas utilizadas

Q1 = Activa a R1, R1 activa a la Selenoide

Q2 = Activa a R2, R2 activa a la Selenoide

Q3 = Sin usar

Q4 = Activa a R4, R4 activa a la lámpara por apagado normal

Q5 = Activa a R5, R5 activa a la lámpara por sobrevelocidad

Q6 = Activa a R6, R6 activa al Magnet Switch

Q7 = Activa a R7, R7 activa a la lámpara por baja presión de aceite

Q8 = Activa a R8, R8 activa a la lámpara por alta temperatura de agua

Selección Protección Sobrevelocidad y Apagado por Sobrevelocidad:

Tanto I1, I2 e I3 vienen de un selector de 3 posiciones es decir nunca pueden estar pulsadas las 3 a la vez.

Si selecciono I1 nótese en el diagrama ladder que se activa la bobina M1, entonces cambian de estado sus contactos, se cierra el de la fila 2, el de la fila 16 y 51, el contacto M1 (fila 51) activa una salida a texto, la cual permite visualizar en el display del Zelio "3406 113 dientes", nótese que la bobina M4 esta esperando que únicamente se cierre A1 para activarse, A1 es la entrada analógica de voltaje IB, que esta calibrada a 6 Vcc, recordemos que los 6 Vcc vienen del conversor de frecuencia a voltaje, ya que 4KHz se convierten en 6 Vcc, y la protección por sobrevelocidad del motor 3406 es calibrada a una frecuencia de 4 KHz.

Entonces si la frecuencia generada por el pick-up es 54 KHz se producen 6 Vcc, entonces se activa A1, y por ende se activa M4, M4 (fila 10) activa a la bobina MA, MA enclavada y esperando un tiempo T1 para ser desconectada, MA (fila 47) activa a Q1, Q1 activa a R1 y este R1 activa a la selenoide, al mismo tiempo MA (fila 16) activa la bobina Q5, que activa a R5 y activa la lámpara que me indica que el motor fue apagado por sobrevelocidad, MA (fila 14) activó la bobina de un temporizador T1, el mismo que al cabo del tiempo $T1 = 15$ (s) desconecta a la bobina de MA y por ende desconecta a la selenoide de

paro, nótese que en la mayoría de filas del programa ladder se encuentra I6, que viene del pulsante reset, el contacto en el ladder es normalmente cerrado y nos sirve para que después de un apagado por falla o normal se produzca un barrido general o reset y todas las bobinas tanto de salidas, memorias como temporizadores vuelvan a condiciones originales de funcionamiento.

Si seleccionamos I2, en cambio seleccionamos la protección por sobrevelocidad para un motor 3408 (136 dientes), es decir ahora en cambio cuando la frecuencia llegue a 4.815 KHz se producirá el proceso antes mencionado, apagado del motor por sobrevelocidad.

Si seleccionamos I3, en cambio estamos seleccionando la protección para un motor 3508 (183 dientes) es decir ahora en cambio cuando la frecuencia llegue a 6.47 KHz se produce el proceso ya estudiado.

Arranque del Motor y Apagado por Baja Presión de Aceite:

Nótese en la fila 20 que para que se active la bobina Q6 es necesario que se cierre I5 solamente, puesto que los contactos M1, M2 y M3, uno de los 3 siempre va a estar cerrado, ya que estos competen a la selección por sobrevelocidad, de tal manera que al pulsar I5, que viene del pulsante verde se activa Q6, Q6 a su vez activa a R6, Y R6 activa a la bobina del Magnet Switch provocando el arranque del motor, Q6 también activa la bobina M7, M7 (fila 34) activa la bobina de T4, este tiempo T4 lo que hace es que después del arranque del motor pase un tiempo, después del cual y ya con el motor encendido no se pueda volver arrancar, para de esta manera evitar que se dañe el bendix del motor de arranque, nótese que T4 (fila 20) se abre y por mas que pulsemos I5 no se va a volver activar la bobina Q6, cave resaltar que todos los temporizadores utilizados en el ladder son "On Delay".

Nótese que después del arranque del motor al pulsar I5 se activa también Q6 (fila 23) , el mismo que actúa M7 (bobina), M7 (fila 25) activa T2 (bobina), donde T2 es el tiempo que el motor demora en subir de baja presión de aceite hasta la presión normal, T2 (fila 26) está esperando

dicho tiempo para accionarse.- Nótese que al principio I7 (fila 26) (Switch baja presión aceite), está activado ya que el motor está apagado, pero no logra activar a M8 (bobina) ya que está condicionado por el tiempo T2, pero ya cuando pase el tiempo T2 el motor ya debe haber alcanzado su presión normal de funcionamiento y se vuelve a abrir, en tales circunstancias I7 esta abierto, T2 (fila 26) cerrado, I6 (cerrado), M8 (bobina) está esperando que I7 se active por baja presión de aceite, entonces M8 (fila 28) activa MB (bobina), MB (fila 48) activa Q1, que a su vez activa R1 y a la selenoide produciéndose el apagado del motor por baja presión de aceite, al mismo tiempo MB (fila 32) activa a Q7, que a su vez activa a R7 y activa una lámpara que indica apagado del motor por baja presión de aceite, MB (fila 30) también activo la bobina de T3, T3 es el que da el tiempo de funcionamiento de la selenoide, es decir hasta el momento $T1 = T3 = \text{tiempo selenoide}$, después del apagado por falla es necesario resetear el sistema.

Apagado por Alta Temperatura de agua:

I8 (fila 36) es el Switch de Alta temperatura de agua, y es el normalmente abierto, en caso de subir la temperatura del agua se cierra I8, activándose la bobina MD, MD (fila 38) activa la bobina MC, MC (fila 49) activa a Q1 (bobina) Q1 activa a R1 y R1 activa a la selenoide, adicionalmente I8 (fila 42) activa a Q8, que activa a R8, y R8 activa una lámpara que me indica apagado por alta temperatura de agua, también MC (fila 40) activa a la bobina (T5), T5 es el tiempo que funciona la selenoide, entonces hasta el momento $T1 = T3 = T5 = \text{Tiempo Selenoide}$, después del apagado resetear el sistema.

Apagado Normal:

I9 (fila 44) es el pulsante de color rojo el cual activa a la bobina ME, ME (fila 50) activa a Q1, Q1 activa a R1, el mismo que activa a la selenoide, ME (fila 54) activa la bobina MF, MF (fila 56) activa Q4, Q4 activa R4, que a su vez activa la lámpara que indica apagado normal, al mismo

tiempo ME (fila 46) activo T6, que es el tiempo que funciona la selenoide.

$T1 = T3 = T5 = T6 =$ Tiempo que actúa la selenoide

Batería Baja:

A4 tiene que estar cerrada, esa es la única condición que requiere la bobina Q2 para activar a R2 y a su vez activar la lámpara que me indica batería baja.

A4 es la entrada analógica de voltaje IC y proviene del divisor de voltaje de la tarjeta electrónica, A4 esta calibrada a 6.6 Vcc (que como ya se analizó eran 20 Vcc en realidad), es decir cuando el voltaje en las baterías caiga a 20 Vcc, en el divisor de voltaje habrá 6.6 Vcc, entonces ese voltaje cerrara A4 activando la lámpara.

Tiempos del Programa Ladder

T1 = 15 (s)

T2 = 10 (s)

T3 = 15 (s)

T4 = 10 (s)

T5 = 15 (s)

T6 = 15 (s)

3.3 FUNCIONAMIENTO

A continuación procedemos a analizar el funcionamiento general del Sistema Eléctrico tanto de DC como de AC del Modulo de Pruebas para Grupos Electrógenos.

Circuitos DC (Al final de este capítulo)

Empezamos analizando el [diagrama DC 1/3](#), el mismo que esta al final de este capítulo en el cual podemos apreciar a nuestro PLC Zelio SR1B201BD, el mismo que es alimentado con 24 VDC que provienen de las baterías del Módulo, y protegido por un fusible F1 de 1 Amperio ultrarrápido.

Para que nuestro PLC realice las acciones lógicas en el programa ladder ya analizado es necesario que las entradas digitales que van desde I1 hasta IA reciban pulsos de 24 VDC, nótese en el diagrama que tanto los pulsantes, switch's y selector de 3 posiciones , todos manejan contactos normalmente abiertos, y estos están pasando a través del positivo de la batería de 24 VDC.- Es decir se espera que dichos contactos se cierren, entonces en ese instante, recibe un pulso de 24 VDC la entrada correspondiente y en tales circunstancias el ladder empieza a correr y realizar toda la secuencia ya mencionada.

Las salidas van desde Q1 hasta Q8, pasan por relés , esto con el objeto de precautelar de daños a nuestro PLC, nótese que:

Q1 activa R1

Q2 activa R2

Q4 activa R4

Q5 activa R5

Q6 activa R6

Q7 activa R7

Q8 activa R8

Nótese también que:

R1 activa a la Selenoide

R2 activa a la lámpara que indica batería baja

R4 activa a la lámpara que indica apagado normal

R5 activa a la lámpara que indica falla por sobrevelocidad

R6 activa al Magnet Switch

R7 activa a la lámpara que indica falla por baja presión de aceite

R8 activa a la lámpara que indica falla por alta temperatura de agua

De igual manera este conjunto de relés a 24 VDC están protegidos por un fusible F4 a 2.5 Amperios.

Las entradas analógicas de Voltaje IB e IC reciben la señal de la tarjeta electrónica (Convertor de Frecuencia a Voltaje).- En cambio estas entradas están seteadas a un cierto nivel de voltaje que va desde 0 a 10 VCC para realizar la acción lógica en el ladder de nuestro PLC- Dicho proceso ya se lo analizó en el capítulo Convertor de Frecuencia a Voltaje.

En lo que respecta al selector de 2 posiciones , nótese que cuando esta en la posición 1, únicamente funciona un grupo de 3 relés.- Cuando en el selector de 2 posiciones seleccionamos BASLER, esto es cerrando entre 1 y 2 del selector, entonces se activan los 3 relés RB1, RB2 y RB3 únicamente, en tales circunstancias estamos habilitando todas las conexiones necesarias para el regulador de Voltaje BASLER.- Ver diagrama AC 1/2.

Cuando esta en la posición 2, entonces seleccionamos CATERPILLAR, esto es cerrando en el selector entre 3 y 4, se activan RC1, RC2 y RC3 únicamente.- En tales circunstancias estamos habilitando todas las conexiones necesarias

para el regulador de Voltaje CATERPILLAR.- Ver diagrama AC 1/2, que está al final de este capítulo.

Los indicadores de Presión y Temperatura están alimentados con 24 VCC, así como también el conmutador de posiciones que sirve para invertir la polaridad de alimentación al motor de governor.

En lo que respecta a la señal del pick-up, la misma llega al conversor de Frecuencia a Voltaje a 1 y GND para empezar a hacer todo el proceso ya analizado en el capítulo correspondiente.

Entonces de nuestro Módulo de Pruebas salen cables, los cuales van a los sensores, switch's y demás elementos en el siguiente orden de conexión.

Color Cable	N° Etiqueta	Elemento Final
Amarillo / Negro	13	Sensor Presion
Azul / Negro	14	Governor (Motor)
Rojo / Negro	15	Governor (Motor)
Naranja / Negro	12	Sensor Temperatura
Cafe / Negro	GND	Pick up
Negro 1	1	Pick up
Naranja	18	Switch Temp. Agua
Azul	17	Switch Baj. Pres. Aceite
Amarillo	6	Switch Baj. Pres. Aceite
Cafe	C	Bobina Magnet Switch
Rojo	B	Bobina Selenoide
Negro 2	A	Positivo Bateria del Motor Diesel

Continuando con el Análisis, veamos el [diagrama DC 2/3](#), que está al final de esta capítulo, el mismo que corresponde al circuito de fuerza, que es independiente ya que este se alimenta con las Baterías del Motor Diesel, aquí se realizan las conexiones de la Selenoide y el Magnet Switch , nótese el punto común entre el 1 extremo del Magnet Switch, el extremo de la Selenoide y el

negativo de las baterías, los otros extremos corresponden a los cables que vienen del Módulo de Pruebas, el A al positivo de las Baterías, el B al otro extremo de la Selenoide y el C al otro extremo del Magnet Switch.

Ahora analicemos el [diagrama DC 3/3](#), que está al final de este capítulo el cual corresponde a la sección lámparas, este circuito se alimenta con las baterías del Módulo de Pruebas, nótese el punto común entre los 1 de todas las lámparas y el negativo de la fuente de 24 VDC que provee el Módulo, el otro punto común compete entre los 3 de todas las lámparas y el positivo de la fuente, de tal manera que entre 1 y 3 hay 24 VDC, pero ese voltaje en realidad no activa la lámpara, si no que sirve para comprobar en modo manual si la lámpara sirve o no, el extremo 2 de cada lámpara es el que activa a las mismas, nótese que ese extremo ya pasa por las salidas a relé que vienen comandadas desde el Zelio, el extremo 2 de cada lámpara espera la conexión a 24 VDC a través de los contactos normalmente abiertos de los relés para energizar las lámparas.

Circuitos AC (Al final de este capítulo)

Empezaremos analizando el [diagrama AC 1/2](#), el mismo compete a la habilitación de las conexiones BASLER / CATERPILLAR, como ya se vio en el diagrama DC 1/3 con el selector de 2 posiciones energizamos a las bobinas RB1, RB2 y RB3 en una posición o las bobinas RC1, RC2 y RC3 en la otra posición.

En este diagrama apreciamos que los contactos normalmente abiertos de estos relés están distribuidos a las salidas Basler y Caterpillar respectivamente, dependiendo de la conexión de cada regulador (Conexiones estudiadas en el capítulo de Reguladores de Voltaje) de Voltaje.

Una consideración muy importante a tomarse en cuenta es que el neutro siempre debe conectarse, tanto en Basler como en Caterpillar, se hace mención a esto por que en el regulador Caterpillar no se conecta el neutro, en esta ocasión el neutro nos sirve como tierra de nuestro Módulo de Pruebas.

Continuando con el análisis 1,2 y 3 son el Sensing para los reguladores de Voltaje, de tal manera que si conectamos un Regulador de Voltaje Basler 1,2 y 3 son L1, L2 y L3 480 V, si conectamos un Caterpillar 1,2 y 3 son las Medias Fases 240 V.

Color Cable	N° Etiqueta	Elemento Final
Azul	L1	Linea 1
Amarillo	L2	Linea 2
Rojo / Negro	L3	Linea 3
Rojo	F1	Exitatriz
Negro 2	F2	Exitatriz
Amarillo / Negro	MF	Media Fase
Naranja / Negro	1	Sensing
Naranja	2	Sensing
Negro 1	3	Sensing
Cafe / Negro	N	Neutro

Nota: Conectar siempre el Neutro para efectos de aterrizaje

En el [Diagrama AC 2/2](#), que esta al final de está capítulo se puede apreciar las conexiones del Voltímetro y Frecuencímetro, que se toman de L1, L2 y L3 y pasan a través del selector de fases Voltímetro-Amperímetro, selector analizado en el capítulo anterior, los de los fusibles F1, F2 Y F3 son de 2 Amperios respectivamente

3.4 CONSTRUCCIÓN

La construcción del Módulo se la realizó en el Taller de Producción y el Laboratorio de Electrónica e Instrumentación del área de Mantenimiento de Petroproduccion Distrito Amazónico, campo Lago Agrio, en el lapso de 6

meses, tiempo en el cual Petroproduccion prestó todas las facilidades para la realización de la misma.

CAPITULO IV PRUEBAS A LOS GENERADORES

4.1 MANEJO MÓDULO PARA APLICAR CARGA (AVTRON)

En este capítulo se prueba bajo carga a los generadores que son objetos de nuestro estudio, esto se logra con el módulo que posee Petroproduccion, dicho módulo es un panel digital (AVTRON), el mismo que a la secuencia de ciertos pasos somete tanto con potencia activa (W), como con potencia reactiva (VAR) al generador.

Para empezar el proceso de aplicar carga al generador se debe seleccionar el interruptor principal a utilizar en el mismo, dicha selección se la hace en un panel que se encuentra en la parte izquierda del panel digital AVTRON.

4.1.1 Pasos

1.- Encendemos el módulo: Power ON

2.- Pulsar:



Inmediatamente después de pulsar dicha tecla aparece en el panel digital la leyenda:

PRESS F3 TO CONTINUE

3.- Pulsar:

F3

Inmediatamente después de pulsar dicha tecla aparece en el panel digital la leyenda:

PRESS BLOWER ON TO
START BLOWER MOTORS

4.- Pulsar:

Blower
Motor
ON

Inmediatamente después de pulsar dicha tecla aparece en el panel digital el Menú Principal:

1.- LOAD CONTROL
2.- METERING
3.- LOAD CONTROL SETUP

5.- Pulsar:

Toggle
1

Inmediatamente después de pulsar dicha tecla aparece en el panel digital la leyenda:

BLOWER MTRS: RUNNING
KW / KVAR LOAD: REMOVED

6.- Pulsar:

Page
Down

Inmediatamente después de pulsar dicha tecla aparece en el panel digital la leyenda:

LOAD CONTROL
KW LOAD : 50
KVAR LOAD: 37.50

7.- Pulsar:



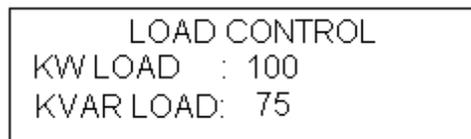
Entonces, en el instante en que pulsamos esta tecla el generador recibe 50 KW, y 37.50 KVAR, o lo que es igual 62.5 KVA.- En tales circunstancias, y bajo carga, existe un consumo de corriente por parte de la misma, tomando en cuenta que la carga aplicada al generador es un sistema balanceado, entonces las corrientes serán también balanceadas en el sistema trifásico.

Para seguir incrementando la carga aplicada al generador:

8.- Pulsar:



Inmediatamente después de pulsar dicha tecla aparece en el panel digital la leyenda:



Entonces, en el instante en que pulsamos esta tecla el generador recibe 100KW, y 75 KVAR, o lo que es igual 125 KVA.- En tales circunstancias

el flujo de corriente se ve incrementado, pero siempre tomando en cuenta que estamos trabajando con un sistema balanceado.

Entonces conforme necesitemos seguir aumentando carga al generador, seguiremos pulsando la tecla:



La potencia activa en el generador se seguirá incrementando de 50 en 50 KW, paso a paso, es decir de 50 luego de pulsar la tecla en mención subirá a 100KW, luego de pulsar otra vez subirá a 150 KW, y a si sucesivamente hasta el valor máximo de 1000 KW, que seria 1 MW.

Entonces estaríamos hablando de que la máxima carga que puede suministrar el banco de pruebas es de 1MW.

Un aspecto muy importante a tomarse en cuenta es la capacidad del generador a ser probado, por ejemplo, si el generador es de 500 KW, debemos llegar hasta ese valor de carga, para lo cual antes de empezar las pruebas debemos chequear la placa de características técnicas del generador.

Para continuar con los pasos de manejo del modulo para aplicar carga (AVTRON), supongamos un generador de 500KW.

Entonces:

9.- Pulsar:

INC
LOAD

Seguimos pulsando dicha tecla hasta que en la leyenda aparezca la potencia equivalente a la capacidad nominal del generador, en nuestro caso 500 KW

LOAD CONTROL
KW LOAD : 500
KVAR LOAD: 187.50

En tales circunstancias nuestro generador esta trabajando al 100% de carga.- Luego para empezar a retirar la carga al generador:

10.- Pulsar:

DEC
LOAD

Al igual que en el incremento de carga, la reducción se produce de 50 en 50 KW hasta llegar al valor inicial de 50 KW.

LOAD CONTROL
KW LOAD : 50
KVAR LOAD: 37.50

11.- Pulsar:

REMOVE
LOAD

Inmediatamente después de pulsar dicha tecla el generador queda sin carga alguna, es decir en vacío a la vez que aparece en el panel digital la leyenda:

LOAD REMOVED
PRESS F3 TO CONTINUE

12.- Pulsar:

F3

Inmediatamente después de pulsar dicha tecla aparece en el panel digital el Menú Principal:

1.- LOAD CONTROL
2.- METERING
3.- LOAD CONTROL SETUP

13.- Pulsar:

Blower
Motor
OFF

14.- Apagamos el modulo: Power OFF

4.1.2 Registro de Datos

El objetivo de aplicar carga al generador es el de observar su comportamiento en condiciones de trabajo y el de registrar una serie de parámetros importantes, tanto en el generador como en el motor, para de esta manera evaluar el desempeño y rendimiento del grupo electrógeno.

En esta ocasión, se realizaron dichas pruebas a un grupo electrógeno CATERPILLAR, con el módulo de pruebas objeto de nuestro estudio, los datos están registrados en la tabla 4.1

TIPO DE MOTOR	CATERPILLAR	SERIE	81Z10056	HP: 810
TIPO DE GENERADOR	CATERPILLAR	SERIE	6FA06255	KW: 500
TIPO DE TABLERO	ESTANDARIZADO			

	Ajustes de Laboratorio	Carga 0% 0KW	Carga 50% 250KW	Carga 100% 500KW
Sobrevelocidad (RPM)	2120			
Sobrevoltaje (Vac)	520			
Baja Frecuencia (Hz)	55			
Presion Aceite (PSI)	20	70	70	70
Alt.Temp. Agua Motor (°F)	209	176	178	180
Nivel de Agua	FULL	FULL	FULL	FULL
Velocidad (RPM)	1800	1800	1800	1800
D.D.P. del Pick up	OK			
Voltaje (Vac)	480	480	480	480
Amperaje (Aac)		~	387	729
Factor de Potencia		~	0.8	0.77
Frecuencia (Hz)		60	60	60
Voltaje Exitatriz (Vdc)		9.6	21.3	35.1
Amperaje Exitatriz (Adc)		3.1	5.8	7.1
Resistencia Exitatriz (Ω)		4.8		
Temperatura Estator (°F)		89.9	95.5	105.3
Temperatura Rotor (°F)		99.4	110	117
Temperatura Exitatriz (°F)		97.8	100	110
Tiempo de Prueba	2 Horas			

Tabla 4.1

4.1.3 Normas de Seguridad para Grupos Electrógenos

1.- Mantenga su máquina limpia de grasa y aceite y en especial los accesos a la misma.

2.- En el momento de la contratación del grupo electrógeno, pedir información de los sistemas de protección de que está dotado para contactos eléctricos indirectos.

3.- En los trabajos de mantenimiento y reparación aparcas la máquina en suelo firme, colocar todas las palancas en posición neutral y parar el motor quitando la llave de contacto.

4.- Evite siempre que sea posible manipular con el motor caliente cuando alcanza su temperatura, cualquier contacto puede ocasionar quemaduras graves.

5.- No trate de realizar ajustes si se puede evitar, con el motor de la máquina en marcha.

6.- Controlar la existencia de fugas en mangueras, racores,... si existen, elimínelas inmediatamente.

7.- Permanezca separado de todas las partes giratorias o móviles.

8.- Utilizar guantes y gafas de seguridad para efectuar trabajos en la batería.

9.- No realice modificaciones ampliaciones o montajes de equipos adicionales en la máquina, que perjudiquen la seguridad.

10.- Tanto la puesta en obra del grupo, como sus conexiones a cuadros principales y auxiliares, deberá efectuarse con personal especializado.

11.- Situar el grupo electrógeno lo más alejado posible de la zona de trabajo.

12.- La ubicación del grupo electrógeno nunca será en sótanos o compartimentos cerrados o mal ventilados.

13.- Desconectar el motor al repostar y no fumar mientras opera

14.- Antes de poner en marcha el grupo electrógeno, comprobar que el interruptor general de salida está desconectado.

15.- Todas las operaciones de mantenimiento y reparación de elementos próximos a partes móviles se harán con la máquina parada.

16.- Durante el giro del motor tenga cuidado que no se introduzcan objetos en el ventilador

17.- Cierre bien la máquina, quite todas las llaves y asegure la máquina contra la utilización de personal no autorizado y vandalismo.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que con el presente Módulo se optimiza el proceso de Pruebas a los Grupos Electrógenos
- El proceso de pruebas a los Grupos Electrógenos tiene mayor seguridad, ya que se implementaron las protecciones contra Alta temperatura de Agua, Baja Presión de Aceite y Sobrevelocidad para Grupos Electrógenos al Módulo
- La inclusión de un PLC al Módulo de Pruebas para Grupos Electrógenos simplifica la parte de Control Eléctrico
- Con la implementación de las protecciones de seguridad se precautela la integridad física, tanto del Grupo Electrónico como del operador.
- Utilizando el equipo se reduce el tiempo de demora en las pruebas a los Grupos Electrógenos, lo cual implica que el grupo saldrá mas

rápido al lugar de trabajo, agilitando y reduciendo tiempos de para en la producción.

- Se agiliza el proceso de pruebas a los Grupos Electrónicos aumenta la productividad de la Empresa.
- La inclusión de un PLC en esta área, proyecta un cambio tecnológico en el área de pruebas a los Grupos Electrónicos.
- Se ha cumplido en su totalidad con las metas y objetivos propuestos en la tesis

5.2 RECOMENDACIONES

- Quien operará dicho Módulo debe instruirse en el funcionamiento del mismo en su totalidad en la presente monografía
- No se deberán puentear los fusibles del Módulo ya que se están manejando elementos muy sensibles tales como el PLC y la tarjeta electrónica
- Quien operará dicho Módulo y trabaja en las Pruebas a los grupos Electrónicos debe poner en práctica las normas de seguridad descritas en el último capítulo.
- Se recomienda tomar como base esta tesis para generalizar las protecciones básicas a los Grupos Electrónicos.

- Se recomienda llevar un registro de datos de todas las pruebas que se realicen a los Grupos Electr6genos.
- A futuro la ESPE-L deber1 trabajar con los alumnos en proyectos de investigaci3n aplicados a la industria en general, los mismos que deber1n ser una innovaci3n tecnol3gica en la Industria.
- Es recomendable trabajar en los laboratorios de control el3ctrico y dem1s con etiquetas y numeradores, para ya ir acostumbrando al alumno a la vida profesional y al campo laboral en el que desempe1nara sus actividades y pondr1 en pr1ctica sus conocimientos

BIBLIOGRAFÍA

- Cat1logos Industrial Engines CATERPILLAR
- Cat1logos Basler Voltaje regulator
- Cat1logos CATERPILLAR Voltaje regulator
- Maquinas El3ctricas y Transformadores I.L. KOSOW
- Instruction Manual Alternating Current Generators
- Cat1logos Woodward Governor
- Manual Instrumentaci3n Industrial de Petroproduccion

Enlaces:

http: [www.Fuerza](http://www.FuerzaElectromotriz.htm) Electromotriz.htm

http: [www.Componentes](http://www.ComponentesdelMotorDiesel.htm) del Motor Diesel.htm

Características del Zelio SR1B201BD

- Voltaje de alimentación 24VCC
- 10 Entradas digitales, pulsos a 24 VCC
- 8 Salidas a relé
- 2 Entradas analógicas de 0 a 10 VCC
- Fusible Ultrarrápido 1 Amperio
- De fácil sujeción en tableros y equipos de control, para la industria
- Posee teclas de control externas para control manual
- Versión 1.7
- La utilización de este producto exige el dominio del diseño y de la programación de los sistemas de mando, solo las personas que

poseen este dominio pueden ser habilitadas a programar, instalar, modificar y utilizar este producto.

- La no observación de esta advertencia puede generar la muerte, heridas serias o el deterioro del equipo.

Modo de Programación del Zelio SR1B201BD

- Modo de Programación bajo Windows
- Software interactivo que permite una simulación del programa
- Los datos pueden transmitirse desde el Software al módulo, o viceversa
- El programa Ladder en la programación esta limitado a un máximo de 3 contactos por fila.
- El Software me permite etiquetar todas las memorias, salidas, temporizadores y contactos.
- Dentro de sus principales funciones, posee, memorias, salidas a relé, temporizadores, contadores, salidas a texto y funciones analógicas de voltaje.

- Permite verificar todos los valores de los temporizadores y niveles de voltaje de las entradas analógicas en una subventana de programación.
- Posee una función que me determina una mala lógica de programación ladder en el momento de la simulación.