



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Implementar un sistema de control para una planta de generación eléctrica a motor diésel, mediante la realización de pruebas de funcionamiento a la planta de generación, para así garantizar su correcto funcionamiento.

Autor(es)

Sebastian Jaramillo Orozco

Universidad de Antioquia

**Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Eléctrica.**

Medellín, Colombia

2020



Implementar un sistema de control para una planta de generación eléctrica a motor diésel, mediante la realización de pruebas de funcionamiento a la planta de generación, para así garantizar su correcto funcionamiento.

Sebastian Jaramillo Orozco

Informe de prácticas académicas presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Electricista.

Asesores:

Luis Gabriel Valencia Gallón, Ingeniero Electricista.

Aarón José Casadiegos Osorio, Ingeniero Electricista.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Eléctrica.
Medellín, Colombia
2020.

Tabla de contenido

1. Resumen	6
2. Introducción	7
3. Objetivos	8
3.1. Objetivo general.	8
3.2. Objetivos específicos.....	8
4. Marco Teórico	9
4.1. Plantas de generación eléctrica.....	9
4.1.1. Generador.....	9
4.1.1.1. Estator.....	10
4.1.1.2. Rotor	10
4.1.1.3. Sistema de excitación	10
4.1.2. Motor de combustión interna.....	11
4.1.2.1. Válvulas de admisión y escape.....	12
4.1.2.2. Pistones.....	12
4.1.2.3. Biela	13
4.1.2.4. Cigüeñal	13
4.1.2.5. Ciclo del motor diésel.....	13
4.1.3. Sistema de alimentación de combustible.....	15
4.1.4. Sistema de refrigeración y lubricación.....	16
4.1.5. Sistema de escape de gases.....	16
4.1.6. Sistema de control.....	16
4.1.6.1. Entradas y salidas binarias.	17
4.1.6.2. Entradas Análogas.	17
5. Metodología	18
6. Resultados y análisis	19
6.1. Prueba de funcionamiento.....	19
6.1.1. Prueba parámetros previos.....	19
6.1.2. Intentos de arranque.....	22
6.1.3. Tiempo máximo de intento de arranque.....	23
6.1.4. Tiempo de Precalentamiento.....	24
6.1.5. Revoluciones por minuto (RPM) de arranque.....	25

6.1.6.	Presión de aceite en el arranque.	26
6.1.7.	Tiempo de inicio de la válvula solenoide antes del arranque.	27
6.1.8.	Tiempo mínimo y máximo de estabilización.....	28
6.1.9.	Tiempo de enfriamiento y tiempo de parada.....	29
6.1.10.	Sobrevelocidad, baja velocidad y tiempo para detectarlas.	30
6.1.11.	Alarma y Shutdown por baja presión de aceite y tiempo para detectar baja presión de aceite.	32
6.1.12.	Alarma y Shutdown por alta temperatura y tiempo para detectar alta temperatura.....	33
6.1.13.	Baja y alta tensión de la batería.....	35
6.1.14.	Sobrecarga y tiempo de para detectar sobrecarga.	36
6.1.15.	Máxima corriente y Tiempo de máxima corriente.....	37
6.1.16.	Sobretensión y baja tensión del generador y tiempo para detectarlas. 38	
6.1.17.	Alta y baja frecuencia del generador y tiempo para detectarlas.....	39
6.2.	Valores obtenidos.	41
6.3.	Conexión del sistema de control.....	43
7.	Conclusiones	44
8.	Referencias Bibliográficas	45

Listado de figuras.

Figura 1. Planta de generación eléctrica a motor diésel.[1]	9
Figura 2. Elementos del generador.[2].....	10
Figura 3. Circuito de Excitación. [4]	11
Figura 4. Partes de un motor de combustión interna. [5]	12
Figura 5. Diagrama de funcionamiento de un motor diésel. [3]	13
Figura 6. Sistema de alimentación motor diésel. [5]	15
Figura 7. Banco de carga	20
Figura 8. Resultados de la prueba.	21
Figura 9. Intentos de arranque.	22
Figura 10. Tiempo máximo de intentos de arranque.	23
Figura 11. Tiempo de precalentamiento.....	25
Figura 12. Revoluciones por minuto al finalizar el tiempo máximo de intento de arranque.	26
Figura 13. Revoluciones por minuto al finalizar el tiempo máximo de intento de arranque.	28
Figura 14. Tiempo de enfriamiento y tiempo de parada.	30
Figura 15. Presión de aceite.....	32
Figura 16. Temperatura.	34
Figura 17. Porcentaje de sobrecarga.....	36
Figura 18. Tensión del generador.	38
Figura 19. Frecuencia.	40
Figura 20. Conexión del sistema de control.	43

Listado de tablas.

Tabla 1. Especificaciones planta de generación eléctrica..... 19
Tabla 2. Valores obtenidos..... 41

Implementar un sistema de control para una planta de generación eléctrica a motor diésel, mediante la realización de pruebas de funcionamiento a la planta de generación, para así garantizar su correcto funcionamiento.

1. Resumen

El presente informe, tuvo como propósito la implementación de un sistema de control para una planta de generación eléctrica a motor diésel, debido a las fallas que estaban presentando algunos sistemas de control antiguos que poseían las plantas de generación. Estos sistemas de control no contaban con la capacidad de brindar toda la información necesaria que se debe conocer de la planta de generación para garantizar su correcto funcionamiento. Por tanto, se implementó un sistema de control que si dispuso de esta información vital y mediante pruebas de funcionamiento realizadas en la empresa Generación y Control S.A.S, se obtuvieron los valores de los parámetros adecuados, que garantizaron un óptimo funcionamiento de la planta de generación eléctrica.

Inicialmente se buscó un módulo de control en el mercado que cumpliera con las necesidades requeridas por las plantas de generación. Se encontró que el sistema de control que mejor se ajustaba era el módulo ComAp Intelite 9, luego se inició con las pruebas de funcionamiento a la planta de generación. Se buscaron los valores donde la planta está en óptimas condiciones para generar y los valores en los cuales la planta de generación no responde. Posteriormente, se instalaron los sensores necesarios que son los que llevan información al control, esta información es de gran importancia ya que, basados en esta, se toman acciones correctivas para garantizar el óptimo funcionamiento de la planta de generación en el momento de su funcionamiento.

Finalmente se configuro el módulo basados en los valores obtenidos, se configuraron sus alarmas y sus shutdown que son los que provocan un apagado inmediato de la planta de generación. Se realizó la instalación del módulo garantizado un buen cableado y así se garantizó que no hubiese lecturas erróneas en el módulo, con todo lo anterior se observó que la planta funciono adecuadamente y se garantizó su óptimo funcionamiento.

2. Introducción

Los grupos electrógenos se han vuelto vitales a través de los años, por diferentes razones. Una de ellas es la posibilidad de cortes en el suministro eléctrico debido a fallas imprevistas en la red comercial, el aumento de la demanda eléctrica y posibles restricciones debido a racionamientos energéticos. La importancia de dar continuidad en el servicio eléctrico para el funcionamiento de procesos que depende en una totalidad de la energía eléctrica, tales como: la construcción, procesos industriales, medios de comunicación y áreas de la salud. Por lo anterior es de gran importancia contar con los grupos electrógenos y así dar respaldo de manera momentánea o de manera continua, evitando pérdidas económicas o posibles muertes por falta de energía eléctrica.

Generación y control S.A.S es una empresa del sector eléctrico que se dedica a prestar servicios relacionados con plantas de generación eléctricas a motor de combustión diésel, tales como: control, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, venta de insumos necesarios para el buen funcionamiento de la planta de generación. Garantizando así, óptimas condiciones que deben tener las plantas de generación eléctricas a motor diésel, para que esta pueda generar al 100% de la capacidad en el momento que tenga que entrar en funcionamiento.

El sistema de control de una planta de generación eléctrica es un sistema muy importante ya que constantemente está suministrando información acerca de los parámetros de la planta de generación eléctrica. Estos parámetros son necesarios supervisarlos ya que de estos depende el buen funcionamiento de la planta de generación. El monitoreo de estos parámetros nos permite: controlar los niveles de frecuencia, controlar los valores de tensión que entrega el generador, controlar el nivel de combustible del motor, controlar el nivel de aceite para la lubricación del motor, controlar la presión de aceite, controlar las revoluciones por minuto (R.P.M) a la que gira el motor, controlar la temperatura de agua del sistema de refrigeración, tener control de la temperatura general de la planta, controlar los valores de la batería, controlar el motor de arranque, y controlar el flujo de combustible. Al garantizar buenos niveles y valores de los parámetros anteriores la planta de generación podrá generar su 100% de capacidad de no ser así se mostrarán alarmas que indican que algún o algunos parámetros no están dentro de sus valores deseados y así se evitará un daño a la planta de generación eléctrica.

Generación y control S.A.S tuvo la necesidad de contratar un practicante que apoyara en el proceso de implementación de un sistema de control y todo lo que esté conllevaba, realizando pruebas de funcionamiento y haciendo sus respectivos análisis para así llegar a los objetivos buscados. Así, la empresa tuvo un aporte académico en este proceso y el practicante dio uno de los pasos más importantes que es interactuar con el mundo laboral. Además, tuvo la posibilidad de crear relaciones interpersonales que son de gran importancia para alcanzar los objetivos de una empresa, adquirió conocimientos sobre la vida profesional, y de esta forma su formación académica y técnica se vieron complementadas.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general.

Implementar un sistema de control para una planta de generación eléctrica a motor diésel, mediante la realización de pruebas de funcionamiento a la planta de generación, para así garantizar su correcto funcionamiento.

3.2. Objetivos específicos.

- Identificar rangos de valores en los cuales la planta funciona adecuadamente.
- Instalar sensores que darán información al control.
- Configurar parámetros de acuerdo al rango de valores.
- Configurar alarmas y shutdown mediante las lecturas de los sensores.
- Instalar módulo ComAp a la planta de generación eléctrica.
- Observar buen funcionamiento de la planta con el sistema de control.

4. Marco Teórico

4.1. Plantas de generación eléctrica.

Es una máquina que acopla un motor de combustión interna con un generador con el objetivo de generar energía eléctrica cuando hay déficit de la misma en ausencia de la red principal. [1]

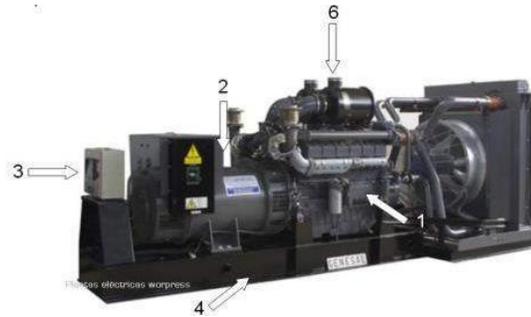


Figura 1. Planta de generación eléctrica a motor diésel.[1]

En la figura 1 se observa los elementos fundamentales de la planta:

Generador, motor de combustión interna, sistema de control, sistema de combustible, sistema de escape de gases, sistema de refrigeración.

4.1.1. Generador.

Un generador eléctrico es una máquina que produce una tensión por medio de inducción electromagnética, por medio de la rotación de bobinas a través de un campo magnético o por la rotación de un campo magnético dentro de unas bobinas. [2]

La tensión A.C es producida es producida por girar las bobinas dentro de los polos de imán permanente, sus extremos están conectados a anillos colectores aislados los cuales son montados sobre el mismo eje de la armadura, las escobillas presionan los anillos colectores y con ello conectan la armadura rotatoria a un circuito externo, una fuerza mecánica hace girar la armadura y con esto se convierte la energía mecánica en energía eléctrica. [2]

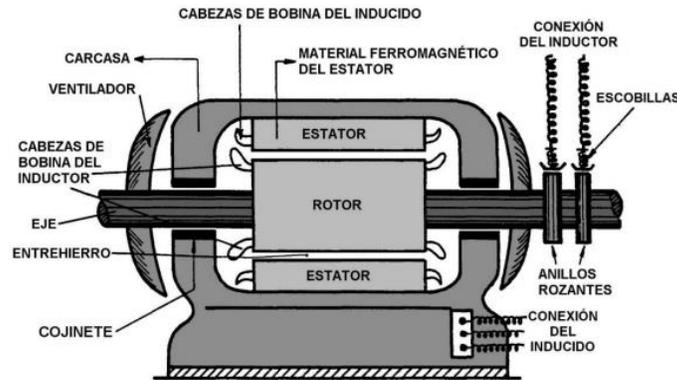


Figura 2. Elementos del generador.[2]

En la figura 2 se observa los elementos de un generador.

4.1.1.1. Estator

Es la parte fija de generador, dentro de él se lleva a cabo la rotación del rotor y es donde la energía mecánica se trasforma en energía eléctrica, está constituido principalmente por un núcleo de forma cilíndrica ranurado, formado de chapas de hierro al silicio, en las ranuras se alojan los conductores de los devanados que son conectados en delta o en estrella, estas bobinas están desfasadas 120 grados. [2]

4.1.1.2. Rotor

Es la parte giratoria del generador, de él depende la conversión de la energía mecánica a energía eléctrica, este está constituido por polos ya sean salientes o no. Debido a que el rotor está sujeto a campos magnéticos variables, se fabrican con láminas de acero delgadas para así disminuir las perdidas por corrientes parásitas, llamadas corrientes Foucault, producidas por la histéresis. [4]

4.1.1.3. Sistema de excitación

Es el que suministra la corriente continua que el generador necesita para crear el campo magnético giratorio necesario para la generación, esta excitación se da por medio de un generador pequeño de corriente alterna acoplado con el eje del rotor principal, la salida trifásica de este generador es rectificadora a corriente directa por medio de un circuito rectificador trifásico, el sistema de excitación no solo debe proporcionar la corriente continua aparte de eso debe regularla, por ende el generador necesita de un sistema que regule la corriente de excitación que le permita ajustar la tensión generada a los valores deseados. Este sistema se denomina

Regulador Automático de Voltaje (AVR), de sus siglas en inglés automatic voltage regulator. [4]

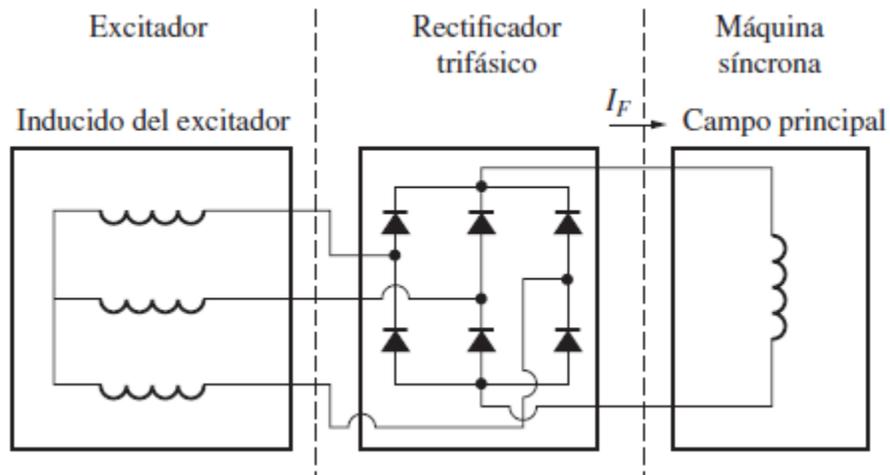


Figura 3. Circuito de Excitación. [4]

El valor de la tensión generada dependerá de:

- La densidad del flujo del campo magnético a través del cual se mueve un conductor, entre mayor sea la densidad de flujo mayor será la tensión inducida.
- La velocidad del conductor en movimiento, la tensión aumenta cuando aumenta a velocidad del conductor.
- El ángulo con el cual se cortan las líneas de flujo. [2]

4.1.2. Motor de combustión interna.

El motor de combustión interna es aquel que obtiene energía mecánica a partir de energía química por un combustible (diésel) junto con el aire. Este utiliza la compresión del aire dentro del cilindro por la carrera de

compresión del pistón la temperatura del aire aumenta lo suficiente para inflamar de inmediato el combustible inyectado. [3]

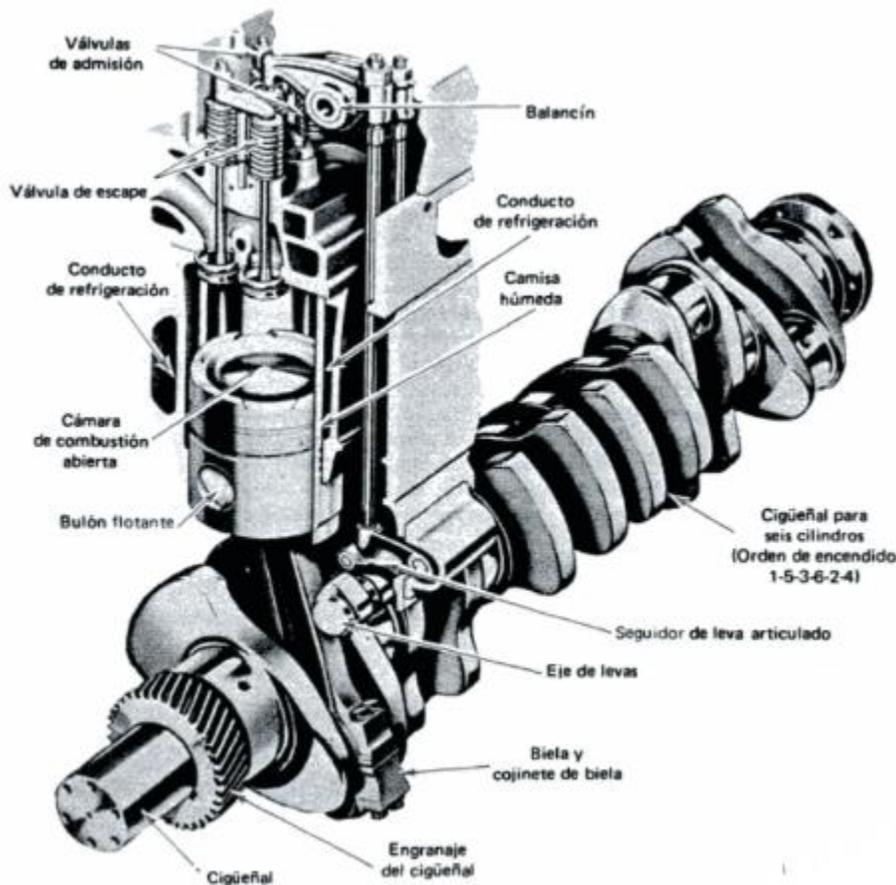


Figura 4. Partes de un motor de combustión interna. [5]

4.1.2.1. Válvulas de admisión y escape

Las válvulas son las encargadas de dejar fluir aire hacia el cilindro y de escapar los gases cuando el combustible ya es quemado, estas válvulas son robustas y son fabricadas de materiales que soportan altas temperaturas. [5]

4.1.2.2. Pistones

Los pistones se encuentran dentro del cilindro, son los encargados de transmitir la energía de los gases de la combustión a la biela, para luego la biela pasar la energía al cigüeñal. [5]

4.1.2.3. Biela

Es el elemento de conexión entre el pistón y el cigüeñal, esta es la encargada de llevar la energía producida hacia el cigüeñal. La biela consta de 3 partes cabeza, cuerpo y pie, la cabeza es la que va en conexión con el pistón, el cuerpo la separación entre cabeza y pie, y el pie de la biela es la que hace la conexión con el cigüeñal. [5]

4.1.2.4. Cigüeñal

Este es el eje maestro del motor, en él se transforma la energía liberada por las explosiones de combustible en los pistones, transformado movimiento rectilíneo en movimiento circular uniforme y viceversa. [5]

4.1.2.5. Ciclo del motor diésel

El ciclo de motor diésel es de cuatro tiempos, el trabajo se realiza en dos del eje y está conformado por: admisión, compresión, combustión y escape.

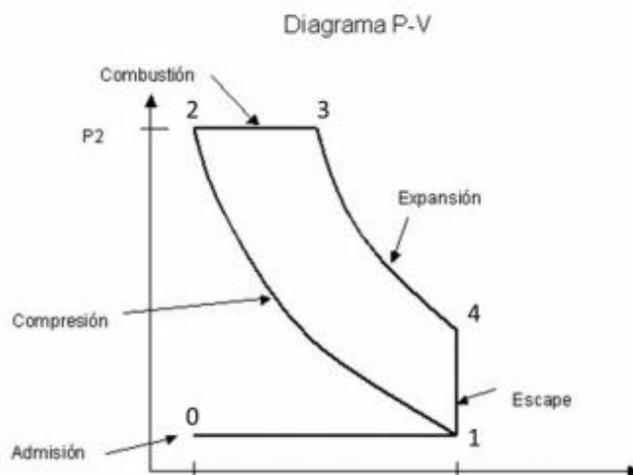


Figura 5. Diagrama de funcionamiento de un motor diésel. [3]

En la figura 5 se observa el ciclo de un motor de combustión diésel, el cual consta de un ciclo de cuatro tiempos los cuales se explicarán a continuación:

Proceso de admisión:

Este proceso se da entre los puntos 0 y 1. La válvula de admisión se abre, el pistón se desplaza hasta la parte inferior del cilindro haciendo girar el cigüeñal y permitiendo así la entrada de aire.

Proceso de compresión:

Este proceso se da entre los puntos 1 y 2 este proceso es un proceso con entropía constante. Después de que se permite la entrada de aire en el proceso de admisión, se cierra la válvula de admisión y el pistón mediante el cigüeñal sube hacia la parte superior del cilindro, lo que produce que el aire que ingreso sea comprimido, lo que aumenta su temperatura.

Proceso de combustión:

Este proceso se da entre los puntos 2 y 3, este proceso es a presión constante. Cuando el pistón llega a la parte superior del cilindro en el proceso de compresión, inmediatamente a través de los inyectores ingresa el combustible al cilindro, donde se mezclará con el aire, generando así una explosión, lo que hace que el volumen aumente dentro del cilindro.

Proceso de expansión:

Este proceso se da entre los puntos 3 y 4, este proceso es a entropía constante. Mediante la explosión que se da en el proceso de combustión, el pistón se desplaza hacia la parte inferior del cilindro lo que completa el giro del cigüeñal, en este proceso se da una transformación de energía, la energía química del combustible es convertida en energía calórica.

Proceso de escape:

Luego de la explosión que se da entre el aire y el combustible, se forman gases, se abre la válvula de escape y el pistón se dirige hacia la parte superior del cilindro haciendo salir los gases hacia el sistema de escape que posteriormente los cederá hacia la atmosfera. En esta parte se completa el ciclo y se está listo para iniciarlo nuevamente.[3]

Se observa como en el ciclo del motor de combustión diésel, es necesario conocer como es la función del ciclo del motor, ya que si uno de los cuatro tiempos falla el motor no empezaría a girar y esto afectará directamente a la generación de la planta eléctrica. Si el motor no hace girar el generador, este no empezará a generar y si no genera, la planta no podrá suplir la carga

en el momento que falle la red principal. Si esto llegase a ocurrir se tendría que analizar el motor y verificar que cada tiempo del ciclo esté funcionando correctamente para garantizar que la planta eléctrica tenga las condiciones óptimas para generar.

4.1.3. Sistema de alimentación de combustible.

Este sistema es el que almacena, distribuye y filtra el combustible, la importancia del combustible es que de este depende la rotación del motor de combustión interna ya que está directamente relacionada a la cantidad de combustible que fluya hacia el motor. Este sistema cuenta con: un depósito, que es donde se almacena el combustible; un bombil, el cual retira el aire que se encuentra en el motor, es muy importante retirar este aire ya que si esto no se hace el motor se podría ahogar en el momento de arrancar; la bomba de inyección, que es la que bombea el combustible hacia los inyectores; los son inyectores, son los que inyectan combustible con una presión muy elevada a la cámara de combustión; y la válvula solenoide que es controlada por el control y permite el flujo de combustible, también cuenta con filtros de combustible que separa limaduras del combustible diésel. [3] [5]

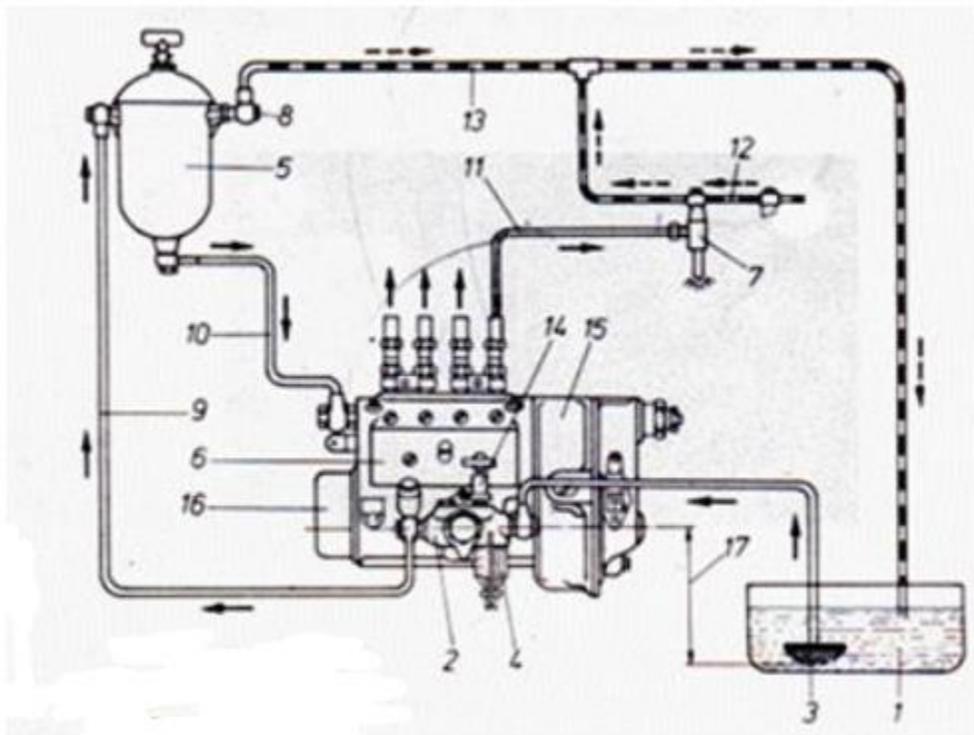


Figura 6. Sistema de alimentación motor diésel. [5]

4.1.4. Sistema de refrigeración y lubricación.

Este sistema controla la temperatura y lubrica las partes móviles de la planta de generación, esta refrigeración se da por medio de agua, aire y aceite, este sistema consta de un radiador y un ventilador los cuales se encargan de dar el cambio de temperatura con el ambiente y así refrigerar los componentes que obtienen una alta temperatura en el momento de la generación, un cárter que es donde se almacena el aceite y filtros de agua, aire y de aceite los cuales se encargan de filtrar el agua, el aire y el aceite respectivamente de suciedad del agua, polvo del aire y limaduras e impurezas en el aceite, y con esto garantizar el buen funcionamiento de la planta eléctrica. [3]

4.1.5. Sistema de escape de gases.

El motor al momento de hacer la combustión el combustible pasa de estado líquido a estado gaseoso, pero este nuevo estado del combustible no se debe quedar dentro del motor por este motivo debe haber un sistema de escape para los gases generados en la combustión y estos gases deben salir y cederse a la atmósfera, este sistema consta de válvulas de escape que es la que permite que salga el combustible quemado de la cámara de combustión, tubos de escape que es el que dirige el combustible quemado hacia la atmósfera estos tubos son hechos de materiales resistentes a altas temperaturas y el silenciador es el que amortigua el ruido generados por los gases. [3]

4.1.6. Sistema de control.

El sistema de control nos permite controlar la planta eléctrica en todo su funcionamiento, a través de este podemos poner en marcha la planta, parar la planta y lo más importante controlar los parámetros que necesarios de la planta para así garantizar su buen funcionamiento y buena confiabilidad cuando esta entre en operación para tomar una carga importante.

El sistema de control de una planta de generación varía según las exigencias de cada aplicación por esto existen varios tipos del sistema de control, desde el control de un parámetro hasta un control de muchos parámetros según de la importancia de la carga que tenga que asumir la planta de generación. [1]

El sistema de control se basa en entradas y salidas binarias y en entradas análogas.

4.1.6.1. Entradas y salidas binarias.

Las entradas y salidas binarias son aquellas que tienen dos estados, estos estados son: encendido o apagado, estado lógico 0 o estado lógico 1 (0,1). En el caso eléctrico el estado apagado o estado lógico 0 da entender que hay un nivel de tensión de 0 V y el estado activo o estado lógico 1 da entender que hay nivel de tensión de 12 V; (0,1 – 0V,12V).

4.1.6.2. Entradas Análogas.

Estas llevan información al control mediante sensores análogos de temperatura o presión, cuando es llevada la información al módulo de control se realiza una conversión A/D (Análoga – Digital), donde la magnitud física enviada por el sensor análogo es traducida a una señal digital para que el módulo de control pueda interpretar dicha señal.

Es de vital importancia conocer los conceptos y el funcionamiento de cada elemento de la planta generación eléctrica, entender cómo se confinan todos los elementos, con el objetivo de generar energía eléctrica. Estos conceptos serán utilizados para garantizar una buena configuración del sistema de control y así garantizar un buen funcionamiento de la planta eléctrica. Configurando de manera óptima los parámetros que darán la información al sistema de control, brindando así, soluciones oportunas y rápidas en los momentos que los parámetros estén fuera de sus valores nominales.

5. Metodología

- Inducción a las plantas de generación eléctricas a motor diésel.
- Inducción a todos los componentes que poseen las plantas de generación eléctricas a motor Diesel.
- Inducción al módulo de control ComAp.
- Instalación de sensores.
- Identificación de rangos de valores en los cuales la planta funciona adecuadamente.
- Configuración de parámetros del sistema de control.
- Configuración de alarmas y Shutdown del sistema de control.
- Instalación del módulo ComAp a la planta de generación eléctrica.
- Observación del sistema de control con la planta de generación eléctrica.

6. Resultados y análisis

Las pruebas de funcionamiento que se mostraran a continuación, fueron realizadas a una planta de generación eléctrica con las siguientes especificaciones:

Tabla 1. Especificaciones planta de generación eléctrica.

Potencia	80kW
Tipo de conexión	3Ph4Wire
Nivel de Tensión (Fase-Fase)	480V
Nivel de Tensión (Fase-Neutro)	277V
Relación transformadores de corriente	200/5A
Corriente nominal	100A
Frecuencia nominal	60Hz
Revoluciones Por Minutos nominales	1800 RPM

6.1. Prueba de funcionamiento.

6.1.1. Prueba parámetros previos.

Antes de realizar las pruebas de funcionamiento en busca de los parámetros para implementar el sistema de control, se realizó una prueba a la planta sin el módulo de control. Se aplicó carga paulatinamente hasta llegar a la carga máxima y se observó cómo se comportan los factores más importantes de la planta eléctrica, que son: tensión, corriente, presión de aceite, temperatura de la planta de generación y la frecuencia.

Para esta prueba se utilizó un banco de carga resistiva, con el cual se aplicó carga a la planta de generación eléctrica.



Figura 7. Banco de carga

Se conecto el banco de carga con la planta de generación eléctrica, se procedió a encender la planta de generación y paulatinamente se fue aumentando la carga aplicada a la planta de generación hasta que llegamos a su carga máxima (80kW), en cada momento de la prueba se fue llevando un registro de los parámetros deseados, como se observa a continuación.

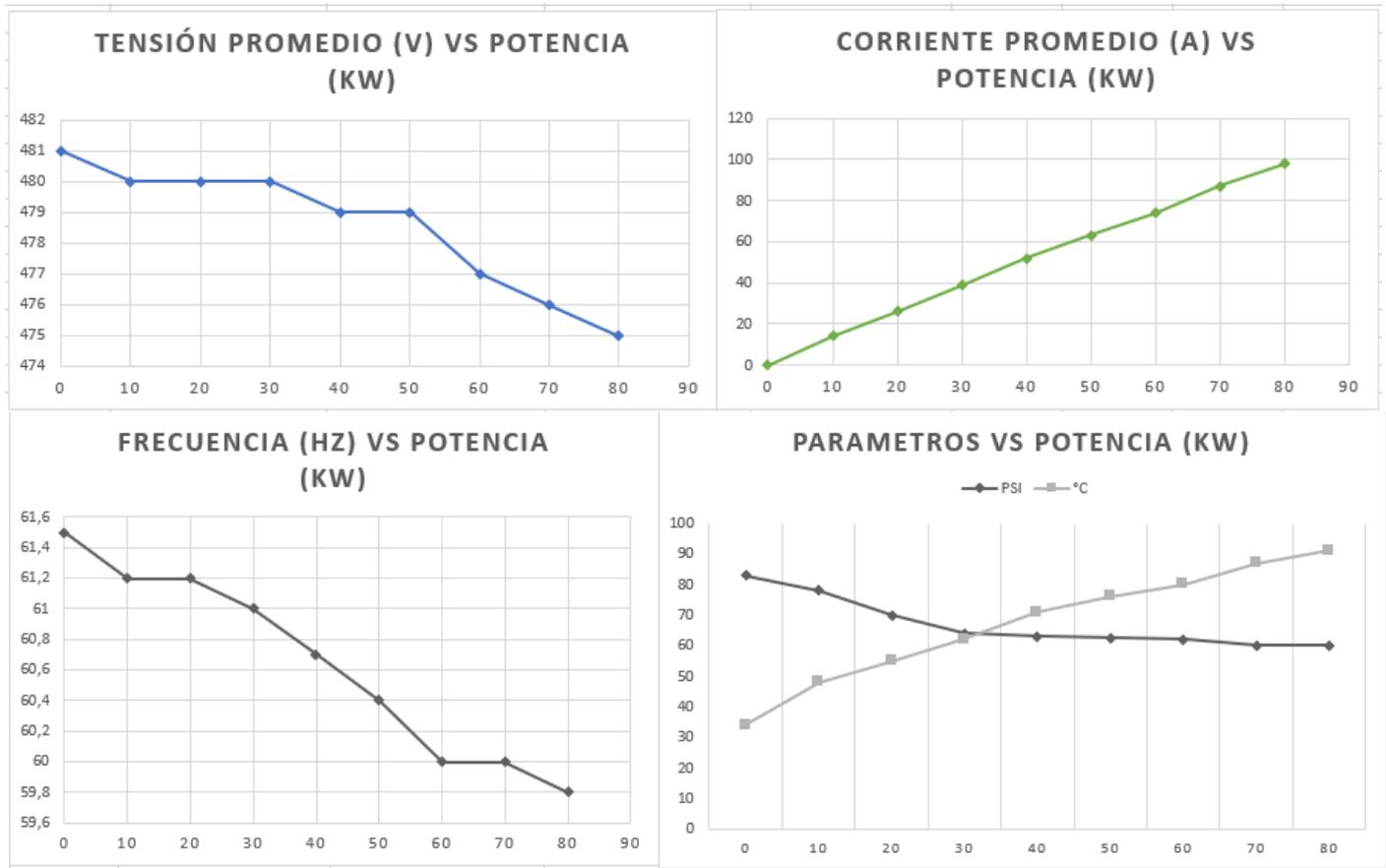


Figura 8. Resultados de la prueba.

En la figura 8, se muestran los valores de los parámetros, se observa que el umbral de tensión esta entre 475V y 481V, lo que es adecuado para la planta de generación eléctrica, y lo que significa que el generador está trabajando en óptimas condiciones, también se observa que la corriente máxima es 98A, este valor de corriente es muy buen valor ya que sabemos que su corriente nominal es de aproximadamente 100A y no se verán comprometidos los conductores, la frecuencia oscila entre 59.8Hz y 61.5Hz, lo que es normal para la planta de generación eléctrica que la frecuencia tenga pequeñas oscilaciones, pero si estas oscilaciones son de valores más amplios podría causar ciertos problemas, la temperatura máxima es de 91°C, aunque se puede considerar una temperatura alta no lo es para la planta de generación ya que para este valor de temperatura no se verá comprometido ninguno de sus elementos, y la presión de aceite mínima es 60 psi, este valor de presión de aceite es adecuado para la planta de generación, ya que el motor está bien lubricado, no hay problemas en la bomba de presión, y el aceite que es el encargado de lubricación y refrigeración no ha perdido sus propiedades.

6.1.2. Intentos de arranque.

En esta prueba se busca el valor adecuado de intentos de arranque que debe tener la planta generación eléctrica. En esta prueba el módulo de control da la orden de energizar las salidas binarias que energizaran el motor de arranque y la válvula solenoide, si durante un tiempo determinado la planta de generación no ha encendido, está encendió cuando supera unos umbrales, se desenergiza las salidas binarias y se vuelve a proceder a energizarlas, este proceso es llamado intento de arranque, en esta prueba buscaremos cuantos intentos de arranque son los adecuados para la planta de generación eléctrica.

Para esta prueba se utiliza el banco de carga al 50% de la potencia nominal (40kW), y se procede a dar arranque a la planta de generación un total de 10 veces, en estos 10 arranques vamos a observar en que intento de arranque arranca la planta de generación.

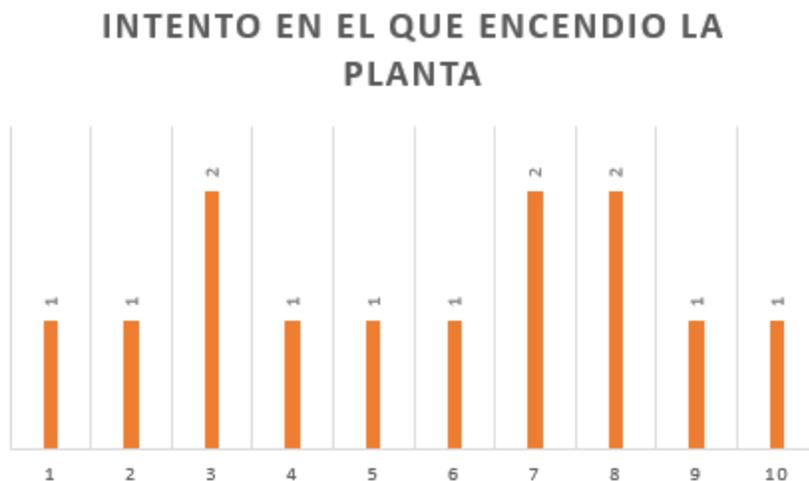


Figura 9. Intentos de arranque.

Como se observa en la figura 9, el 70% de las veces la planta arranca en su primer intento, y el 30% arranca en su segundo intento, es de vital importante establecer un valor adecuado de intentos de arranque, ya que si por ejemplo establecemos que la planta de generación encienda en su primer intento y por algún motivo la planta de generación no arranca, automáticamente se alarmara el sistema de control y la planta de generación no tomara la carga que se necesita que tome en ese momento y es en este caso que se producirían pérdidas económicas, ya que si se le dio la orden a la planta de generación encender es porque el suministro principal de energía eléctrica fallo.

Por esto se llega a la conclusión que el valor adecuado de intentos de arranques son 3, si la planta de generación no enciende dentro de estos 3 intentos es porque hay una falla de importancia en la planta de generación.

6.1.3. Tiempo máximo de intento de arranque.

En esta prueba se busca el tiempo adecuado en el que la planta de generación debe estar dando arranque, lo que quiere decir el tiempo máximo que la salida binaria de arranque estará energizada. En este tiempo máximo la planta de generación debe superar unos umbrales, si dentro de este tiempo la planta de generación no ha superado estos umbrales, se desenergiza la salida binaria y se procedería a realizar un nuevo intento, lo que quiere decir volver a energizar la salida binaria, hasta el valor que se encontró en la prueba anterior (intentos de arranque), estos umbrales son: superar la presión de aceite del arranque, superar los RPM de arranque, y que la tensión del generador sea superior al 25% (110V), si dentro de este tiempo estos umbrales son superados se desenergiza la salida binaria ya que la planta de generación ha encendido.

Para esta prueba se utiliza el banco de carga al 50% de la potencia nominal (40kW), y se procede a dar arranque a la planta de generación un total de 10 veces, en estos 10 arranques vamos a observar el tiempo máximo en el que la planta de generación supera los umbrales.

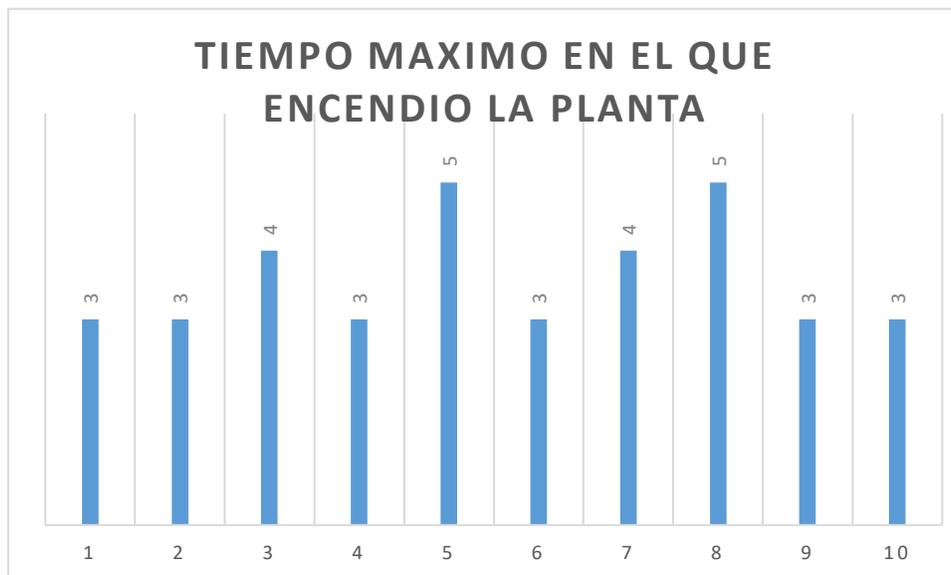


Figura 10. Tiempo máximo de intentos de arranque.

Como se observa en la figura 10, el 60% de las veces la planta encendió en 3 segundos, el 20% la planta encendió en 4 segundos y el 20% la planta encendió en 5 segundos, es de vital importancia establecer un tiempo adecuado ya que, si el tiempo es muy limitado, la planta de generación no superara los umbrales deseados y esto causara que la planta de generación no encienda y no tome la carga deseada.

Por esto se llega a la conclusión que el valor adecuado del tiempo máximo de intentos de arranques son 6 segundos, si la planta de generación no enciendo dentro de estos 6 segundos es porque en realidad no pudo superar los umbrales y se procedería a realizar un nuevo intento de arranque.

6.1.4. Tiempo de Pre calentamiento.

En esta prueba se busca el tiempo adecuado de pre calentamiento. En este tiempo de pre calentamiento, el módulo de control activa la salida binaria, esta salida binaria energiza un relé, el relé a energizarse, cierra un contacto que energiza unas bujías de pre calentamiento, estas bujías inmediatamente se energizan demandan un corriente considerable la cual hace calentar el motor hasta una temperatura deseada, este pre calentamiento es de vital importancia ya que en muchos caos las plantas de generación están encerradas en sótanos o en lugares donde su temperatura es muy baja, también las plantas de generación pueden pasar mucho tiempo si ser encendidas, es por esto que muy importante el tiempo de pre calentamiento.

Esta prueba se realiza dando la orden al control de energizar el relé, y contabilizamos en cuanto tiempo el motor alcanza una temperatura adecuada para posteriormente dar arranque, esta temperatura debería ser entre 35 °C y 45 °C, a partir de esta temperatura el motor debe arrancar con mayor facilidad, esta prueba se realiza 5 veces y ya que por cada prueba se debe esperar un tiempo prudente y se debe llevar a una temperatura inferior a los 10°C.



Figura 11. Tiempo de precalentamiento.

Como se observa en la figura 11, el 60% de la veces se alcanzó o se superó los 35°C en 3 segundos, y el 40% alcanzó o superó los 35°C en 4 segundos, es muy importante establecer un tiempo de precalentamiento adecuado ya que si el tiempo es muy limitado el motor no alcanzara una temperatura deseada y podría tener problemas en el momento de arrancar, y si el tiempo es muy largo la planta de generación se demoraría demasiado en arrancar, y esto sería perjudicial ya que podría afectar procesos importantes por la tardanza en tomar la carga deseada.

Por esto se llega a la conclusión que el valor adecuado de tiempo de precalentamiento son 4 segundos, si la planta de generación no alcanza un valor de temperatura adecuada es porque hay una falla en la salida binaria, en el relé o en la bujía.

6.1.5. Revoluciones por minuto (RPM) de arranque.

Las revoluciones por minuto (RPM) de arranque, definen el umbral para el cual el motor ya arranca. Este valor quiere decir que si el motor supera este valor es porque ya arranca, este valor debe ser superado antes del tiempo máximo de intentos de arranque. El motor de arranque al energizarse ayuda al motor principal a superar este valor de RPM, porque ya luego el motor y su combustible diésel pueden llegar al valor nominal de RPM que son 1800 RPM.

Esta prueba se hizo en simultánea que con la prueba de intentos de arranque y tiempo máximo de intentos de arranque, donde se observó el valor de RPM que alcanza el motor cuando arranca y el valor de RPM que

el alcanza el motor cuando no arranca, como se puede observar en la figura 9 se realizaron 13 intentos de arranque de los cuales en 10 intentos se logró arrancar la planta de generación y en 3 no se logró arrancar la planta de generación.

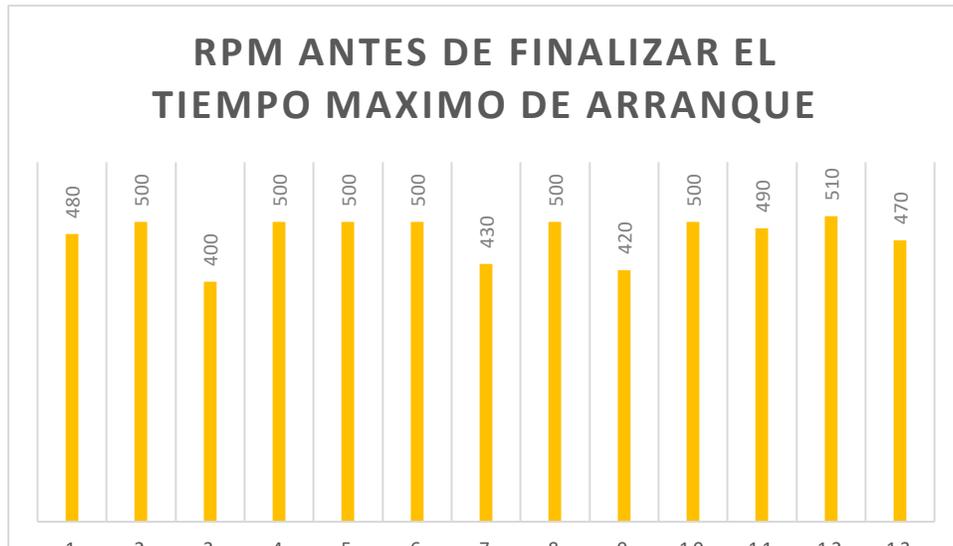


Figura 12. Revoluciones por minuto al finalizar el tiempo máximo de intento de arranque.

Como se puede observar en la figura 12, en el intento número 3, 7 y 9 la planta de generación no arranco y se puede observar que el valor de RPM fue inferior a 450 RPM, caso contrario cuando la planta de generación si logro arrancar se observa que si se superó las 450 RPM.

Por esto se llega a la conclusión que el valor adecuado de las RPM al arranque debe ser 450 RPM (25%), lo que quiere decir que cuando se supera este valor de RPM el motor puede arrancar y alcanzar las RPM nominales, pero si este valor no se supera el intento de arranque es fallido y se procede con el siguiente intento. Si luego de los intentos la planta de generación no logra superar este valor puede ser un problema de la salida binaria del control la cual energiza el motor de arranque o puede ser falta de combustible.

6.1.6. Presión de aceite en el arranque.

La presión de aceite en el arranque, define el umbral el cual se debe de superar para dar indicación del que motor va arrancar, el control al dar la orden de arranque constantemente está censando la presión de aceite.

Esta prueba se realizó en simultánea con las anteriores y se pudo observar que en esas pruebas la presión de aceite es superior a los 50 psi, se sabe por experiencia que la presión de aceite no debe ser inferior 20 psi, si este valor es inferior a 20 psi, se debe a que la bomba de aceite no está bombeando el aceite, o hay deterior en este lubricante y debe cambiarse inmediatamente, ya que de no ser así, esto podría desgastar las piezas del motor, se podrían generar limaduras que podrían causar daños irreversibles al motor.

Por esto se llega a la conclusión de que el valor de presión de aceite al arranque debe ser mínimo de 20 psi, si no se supera en este valor al momento del arranque, la planta de generación no iniciara su proceso ya que esto podría ser perjudicial para el motor.

6.1.7. Tiempo de inicio de la válvula solenoide antes del arranque.

En esta prueba se busca el tiempo de inicio de la válvula solenoide antes del arranque. Es el tiempo el cual se debe energizar la salida binaria que energiza la válvula solenoide que es la que permite el flujo de combustible hacia el motor, este tiempo es inmediatamente después del tiempo de precalentamiento, y antes de que se energice la salida binaria que energiza el motor de arranque.

Para esta prueba se realizaron pruebas de arranque, con tiempo de la válvula solenoide diferentes.

Inicialmente se realizó la prueba con 0 segundos de tiempo de inicio de la válvula solenoide antes del arranque, lo que quiere decir la salida binaria que energiza la válvula solenoide y la salida binaria que energiza el motor de arranque son inmediatamente después que se termina el tiempo de precalentamiento (4 segundos), se observa que la planta de generación no enciende ya que se observa cómo se energizan las salidas binarias al mismo tiempo no hay el tiempo necesario para que fluya el combustible hacia el motor.

Luego se realizó la prueba para 0.1, 0.2, 0.3 segundos y tampoco arranco el motor. Se observa que el tiempo es muy corto y no es el adecuado para que fluya el combustible hacia el motor.

Se realizo la prueba aumentando los segundos y observamos que para 0.4, 0.5, 0.6 y 0.7 segundos la planta de generación si encendió, el tiempo a partir de 0.4 segundos es el tiempo mínimo para que el combustible fluya hacia el motor y se de orden de arranque.

Por esto se llega a la conclusión del valor adecuado para que se energice la válvula solenoide antes del arranque es de 0.5 segundos, lo que quiere decir después de los 4 segundos de precalentamiento se enciende la salida binaria la cual energiza la válvula solenoide 0.5 segundos antes de que se encienda la salida binaria que energiza el motor de arranque. Si por algún metido no se está permitiendo el flujo de combustible hacia el motor es porque puede haber un problema con la salida binaria del control, o un problema con la válvula solenoide.

6.1.8. Tiempo mínimo y máximo de estabilización.

El tiempo máximo y minino de estabilización, son los tiempos en los cuales la planta de generación debe llegar a valores nominales después de que la planta de generación arranque. Lo que quiere decir cuando la planta de generación supera los umbrales de arranque, debe pasar un tiempo en el cual la planta de generación debe estar en sus valores nominales, los valores nominales son: Revoluciones por minutos (1800 RPM), frecuencia (60 Hz), tensión (480 V).

Para esta prueba se realizaron 10 arranques y se contabilizo el tiempo en el cual la planta de generación alcanza los valores deseados en los parámetros anteriormente descritos.

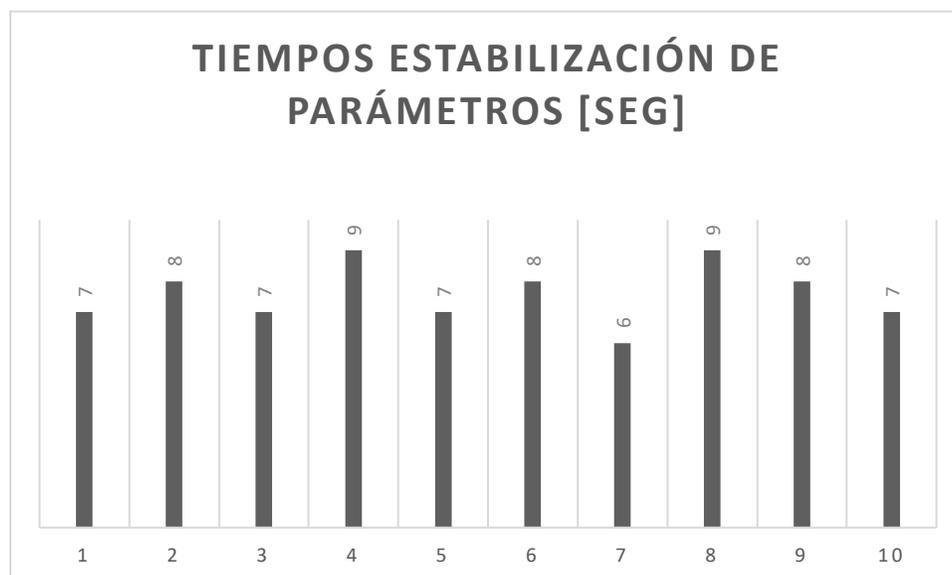


Figura 13. Revoluciones por minuto al finalizar el tiempo máximo de intento de arranque.

Como se observa en la figura 13, el 40% de las veces los parámetros tardaron 7 segundos en estabilizarse, el 30% de las veces los parámetros tardaron 8

segundos en estabilizarse, el 20% de las veces los parámetros tardaron 9 segundos en estabilizarse y el 10% de las veces los parámetros tardaron 6 segundos en estabilizarse.

Por esto se llega a la conclusión que el valor mínimo de tiempo de estabilización es de 6 segundos, y el valor máximo de tiempo de estabilización es de 10 segundos, estos valores serían el rango dentro del cual la planta de generación de llegar a los valores nominales, este tiempo empezara a contar inmediatamente después de que la planta de generación arranque, si por algún motivo la planta de generación no logra estabilizar los valores de estos parámetros, en el tiempo máximo de estabilización (10 segundos), la planta de generación se apagará inmediatamente, y puede ser un problema en el motor que no alcanza las RPM deseadas, puede ser problema del generador el cual no alcanza el valor nominal de la tensión.

6.1.9. Tiempo de enfriamiento y tiempo de parada.

En esta prueba se busca el tiempo de enfriamiento y el tiempo de parada. El tiempo de enfriamiento, al momento de dar la orden de apagar la planta de generación, se debe transcurrir un tiempo en el que la planta de generación va trabajar en vacío (sin carga), con el fin de no hacer una parada violenta y no apagar la planta de generación a una temperatura elevada, ya que, esto podría causar daños en los elementos de la planta generación.

El tiempo de parada, es el límite de tiempo en el cual la planta de generación después de haber transcurrido el tiempo de enfriamiento debe apagar totalmente la planta de generación, inmediatamente al finalizar el tiempo de enfriamiento se desenergiza la salida binaria que energiza la válvula solenoide, lo que quiere decir que la planta de generación al finalizar este tiempo no debe presenciar revoluciones por minutos, no debe presenciar frecuencia, y no debe presenciar tensión.

Para esta prueba, se conecta la planta de generación al banco de carga con un 100% de su potencia (80kW), se deja trabajar la planta de generación un tiempo de 20 minutos, esta prueba se realizó un total de 10 veces donde se contabilizó el tiempo en el que la planta de generación llega a una temperatura adecuada para apagar, esta temperatura sería 40°C, este sería su tiempo de enfriamiento y luego se contabiliza cual es el tiempo en el cual la planta de generación para su funcionamiento en su totalidad, el cual sería su tiempo de parada.

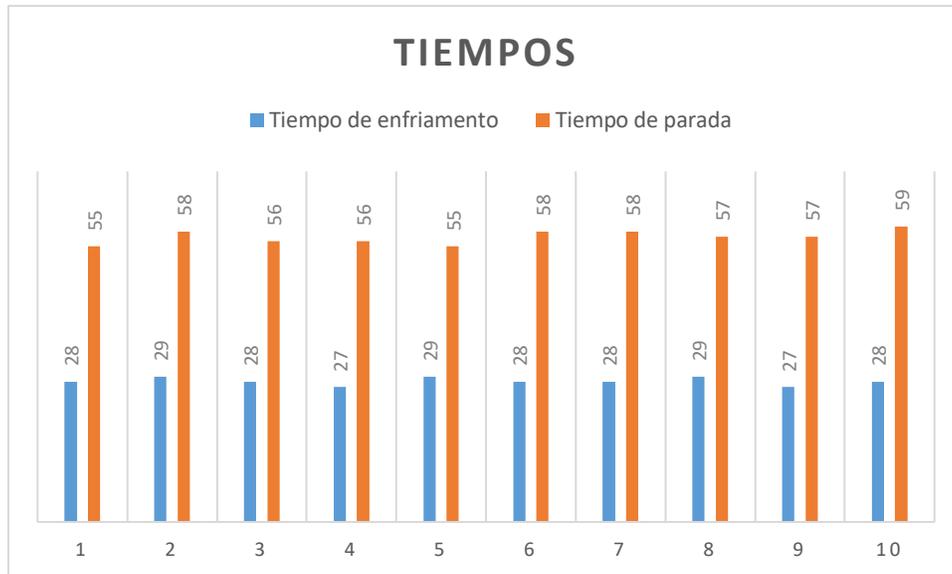


Figura 14. Tiempo de enfriamiento y tiempo de parada.

Como se observa en la figura 14, se observa que el 50% de las veces la planta de generación tuvo un tiempo de enfriamiento de 28 segundos, el otro 50% se reparte entre 27 y 29 segundos; en cuanto al tiempo de parada se observa que el 30% de las veces la planta de generación tuvo un tiempo de 58 segundos en finalizar su funcionamiento, un 20% tardó 55, 56 y 57 segundos, y el faltante 10% tardó 59 segundos.

Por esto se llega a la conclusión, que el tiempo de enfriamiento adecuado es de 30 segundos, y el tiempo de parada adecuado es de 60 segundos, si por algún motivo la planta de generación no finaliza su funcionamiento dentro del tiempo de parada, es porque hay un fallo en la salida binaria que energiza la válvula solenoide, ya que no se está desenergizando y por ello la planta de generación no finaliza su funcionamiento.

6.1.10. Sobrevelocidad, baja velocidad y tiempo para detectarlas.

La baja y alta velocidad del motor y generador y el tiempo para detectar la falla, son un factor muy importante ya que de esta depende la generación. Esto podría afectar la carga que en el momento este tomando la planta de generación, el tiempo en cual se detecta alta o baja velocidad también tiene gran importancia, porque el motor puede subir o bajar sus revoluciones por minuto, pero recuperarse rápidamente por ende hay que tener un tiempo prudente para que la planta de generación no se alarme sin ser necesario.

Para esta prueba, se conecta la planta de generación al banco de carga con un 100% de su potencia (80kW), y se permitirá un mayor flujo de

combustible para el caso de sobrevelocidad y se permitirá un disminuidos para el caso de baja velocidad y observaremos su comportamiento y veremos para que valores de sobre y baja velocidad la planta de generación puede responder ante la carga, y buscaremos el tiempo adecuado en el que se debe de detectar estas fallas.

Inicialmente vamos aumentar la velocidad un 5% por encima de la nominal (1890RPM), se observa que la temperatura aumenta, hay un aumento en la tensión generada pero rápidamente es controlada por el regulador automático de voltaje disminuyendo la corriente de excitación, no hay problemas en el generador y la carga se puede seguir supliendo.

Luego aumentamos la velocidad a 10% por encima de la nominal (1980RPM), se observa que pasa algo muy similar que el caso anterior no presenta problemas.

Luego aumentamos la velocidad a 15% por encima de la velocidad nominal (2070 RPM), se observa que la temperatura aumenta considerablemente, el motor a igual que el generador se ven muy exigidos, aparece una vibración considerable en los elementos de la planta de generación, en este caso ya puede ser un peligro para la planta de generación. Con esto finalizamos la prueba de sobrevelocidad.

Procedemos a realizar la prueba de baja velocidad, inicialmente disminuimos en un 10% de la velocidad nominal (1620 RPM), se observa que la tensión del generar decae, pero rápidamente es aumentada por el regulador automático de voltaje aumentando la corriente de excitación, no hay mayor problema y la carga puede seguir siendo suplida.

Luego disminuimos en un 20% de la velocidad nominal (1440 RPM), se observa que la tensión generada cae en gran cantidad y el regulador automático de voltaje aumenta en gran cantidad la corriente de excitación, lo cual es muy peligro para el generador de excitación, si por mucho tiempo dejamos esta corriente de excitación se podría quemar el generador de excitación y no se puede suplir la carga.

Mientras se realizaban las pruebas se observó que cuando se llegó a los valores límites de sobre y baja velocidad, si el tiempo era corto inferior a 5 segundos no presentaba problemas, pero si la sobre y baja velocidad sobrepasaba más de este tiempo ya empezaban a presentar problemas para los elementos de la planta de generación.

Por esto se llega a la conclusión, que el valor máximo de sobrevelocidad que la planta de generación no podía soportar y se debe alarma es al 15% superior de la velocidad nominal, lo que quiere decir una velocidad del 115%, el valor máximo de disminución de la velocidad para el cual puede ser peligro para la planta de generación es del 20% inferior que la velocidad nominal, y el tiempo para la detección de la falla debe ser mínimo 5 segundo, lo que quiere decir que si por algún motivo la planta de generación llega a los valores máximos y mínimos de velocidad y por más de 5 segundos está dentro de estos valores la planta de generación se alarmara.

6.1.11. Alarma y Shutdown por baja presión de aceite y tiempo para detectar baja presión de aceite.

La alarma y el Shutdown por baja presión de aceite, es de gran importancia ya que no se puede permitir que la presión de aceite caiga. Si la presión de aceite llegase a caer podría desgastar las piezas del motor, se podrían generar limaduras que podrían causar daños irreversibles al motor, por esto es muy importante conocer estos valores y el tiempo adecuado para que la planta no se alarme innecesariamente.

Para esta prueba utilizaremos los datos obtenidos en la prueba de parámetros previos y la prueba de la presión de aceite de arranque. Donde se conectó la planta de generación al 100% de la carga (80kW).

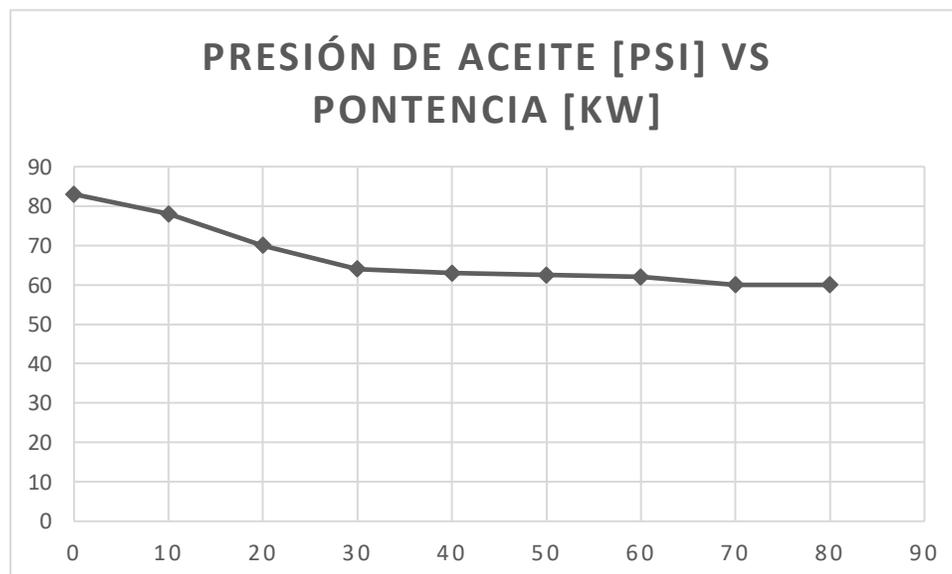


Figura 15. Presión de aceite.

Como podemos observar en la figura 15, la presión de aceite para todos los niveles de potencia es superior o igual a los 60 psi, esto quiere decir que la bomba de aceite y el aceite están en óptimas condiciones.

Como ya se sabe la presión de aceite en un motor no debe ser inferior a los 20 psi, por ende este sería el valor en el cual la planta de generación debe alarmarse, pero podría seguir trabajando la planta, ya si la presión de aceite es inferior a los 20 psi ya sería peligroso para el motor, por esto si la presión de aceite baja a 15 psi la planta de generación después de transcurrido el tiempo de detección se deberá apagar inmediatamente porque es muy peligro una presión de aceite tan baja, y ya entrar a inspeccionar si el problema es en la bomba de aceite o en el aceite como tal.

El tiempo de detección debe ser rápido ya que este es uno de los parámetros más importante de la planta de generación, por ende se seleccionan 3 segundos, lo que quiere decir que si por 3 segundo la planta de generación censa un nivel de presión de aceite de 20 psi el sistema de control de la planta de generación se alarmara pero seguirá funcionando, y si el nivel de presión de aceite es inferior o igual a 15 psi durante 3 segundos o más el sistema de control de la planta de generación dará la orden de que se apague inmediatamente y así evitar daños irreversibles en el motor.

6.1.12. Alarma y Shutdown por alta temperatura y tiempo para detectar alta temperatura.

La alarma y el shutdown por alta temperatura, es de vital importancia ya que se la temperatura aumenta demasiado se van a ver afectados algunos elementos de la planta de generación, el tiempo para detectarla es importante porque constantemente el sistema de refrigeración la va tener controlada por ende puede subir y bajar en pocos segundos.

Para esta prueba utilizaremos los datos obtenidos en la prueba de parámetros previos y además trataremos de subir la temperatura para conocer sus valores límites.

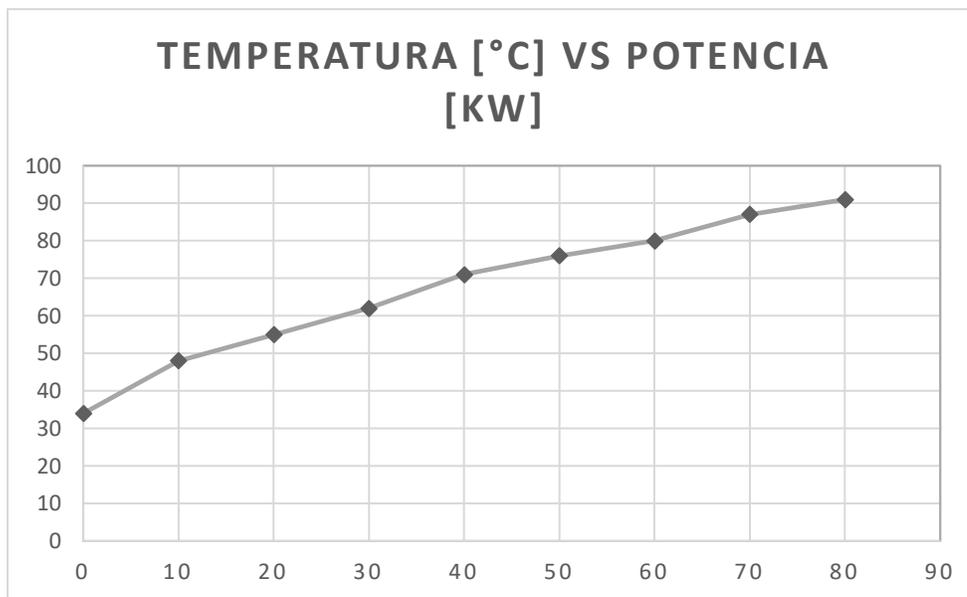


Figura 16. Temperatura.

Como se observa en la figura 16, la temperatura máxima de la planta de generación con un 100% de la carga es 91°C, poco a poco se empieza a aumentar este valor no dejando que el sistema de refrigeración haga bien su trabajo y podemos observar que cuando la planta de generación llega a 95°C empieza a mostrar punto caliente en el sistema de escape y en el motor, pero sigue trabajando adecuadamente, posteriormente la temperatura alcanza 97°C y se puede observar que muchos de los elementos empiezan a presentar más puntos calientes, lo cual es muy peligroso para la planta de generación porque estos puntos calientes generan corrosión y desgaste en los elementos de la planta de generación.

Para buscar el tiempo en el cual se detecta tanto la alarma con el shutdown, observamos que, si la temperatura llega a alguno de estos valores, pero inmediatamente por el sistema de refrigeración la hace volver a su valor normal no pasa mayor cosa en los elementos de la planta de generación.

Por esto se llega a la conclusión, que la alarma por alta temperatura debe ser a los 95°C, y el shutdown por alta temperatura debe ser 97°C, dentro de un tiempo de detección de 5 segundos, lo que quiere decir que si por 5 segundos la planta de generación tiene una temperatura de 95°C el sistema

de control de la planta de generación se alarma, pero seguirá funcionando, si por 5 segundos la planta de generación tiene una temperatura de 97°C el sistema de control dará la orden de apagar la planta de generación inmediatamente, para así evitar daños a los elementos de la planta de generación, si por algún motivo la planta de generación llega a estos valores es porque hay un problema en el sistema de refrigeración, ya sea en el ventilador o en el medio refrigerante que es el agua.

6.1.13. Baja y alta tensión de la batería.

La batería, es un factor muy importante ya que de esta depende la energización del sistema de control y posteriormente la energización de los relés que hacen funciones sobre la planta de generación. Es de gran importancia conocer en que niveles de tensión la batería estará funcionando adecuadamente.

Para esta prueba se descarga la batería hasta varios valores y con estos valores se procederá a dar encendido a la planta de generación, la batería de esta planta de generación es de 12 VDC.

Se procede a descargar la batería hasta un valor de 10 VDC, luego se conecta nuevamente y se da orden de inicio a la planta de generación, se observó que con este nivel de tensión la planta de generación pudo encender el sistema de control, posteriormente pudo energizar los relés que energizan el motor de arranque y la válvula solenoide, la planta de generación encendió y trabajo correctamente.

Luego se procede a descargar la batería hasta un valor de 8 VDC, se observa que todo funcionó correctamente, aunque hubo necesidad un intento de arranque demás para encender, pero después de encender funciono correctamente.

Luego se procede a descargar la batería hasta un valor de 6 VDC, en este caso ni el sistema de control ni la planta de generación pudieron encender.

Para el caso de alta tensión en la batería, no se requiere hacer pruebas ya que se sabe que, si la batería supera un valor de 16 VDC, es peligroso ya que la batería podría causar una explosión, si por algún motivo la batería está superando este valor, el sistema de control da la orden para que se desenergice la salida binaria que activa el alternador que es el que constantemente está cargando la batería.

Por esto se llega a la conclusión, que el valor mínimo de la tensión de la batería es 8 VDC, y el valor máximo de la batería es 16 VDC, si por algún

motivo se la batería supera estos valores, el sistema de control de la planta de generación se alarmara.

6.1.14. Sobrecarga y tiempo de para detectar sobrecarga.

La sobrecarga de una planta de generación, puede ocurrir cuando hay un aumento de carga en la carga que se esta supliendo en ese momento. Es importante tener un limite de sobrecarga ya que si no se tiene un límite se vería comprometido el generador, y otros elementos de la planta de generación, el tiempo de detección de sobrecarga es vital establecerlo bien ya que hay cargas que para el arranque exigen más de su potencia nominal, pero es una fracción corta de tiempo, por ende, se de establecer un valor adecuado de tiempo de detección de sobrecarga para no alarma o apagar la planta de generación innecesariamente.

Para esta prueba, se conecta la planta de generación al banco de carga al 100% (80kW) inicialmente, la carga se aumentará paulatinamente y observaremos como se comporta la planta de generación ante los nuevos niveles de carga.

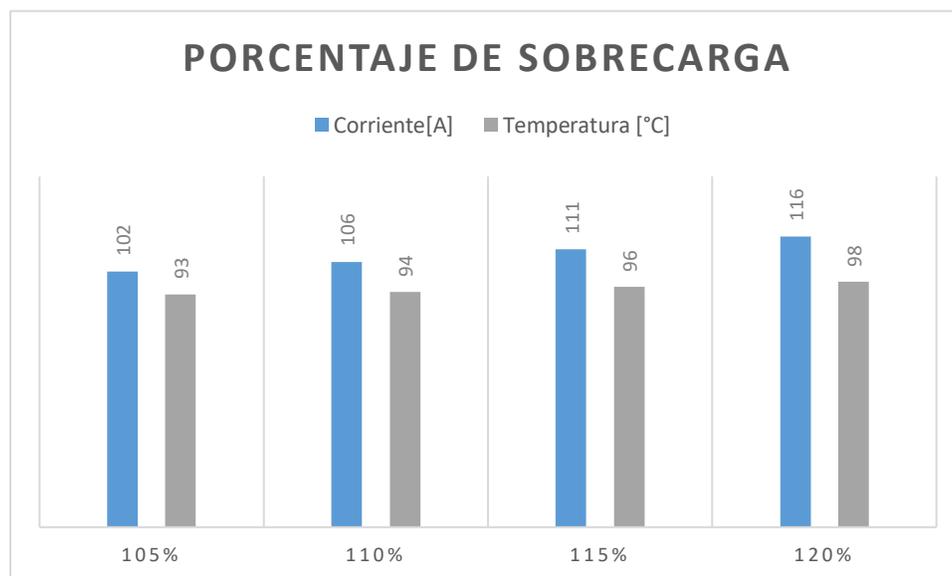


Figura 17. Porcentaje de sobrecarga.

Como se observa en la figura 17, la planta de generación trabajo bien para un 5% (84kW) y 10% (88kW) de sobrecarga vemos que la temperatura aumento pero esta dentro de los valores permitidos, cuando la sobrecarga es del 15% (92kW) la planta de generación se alarmaría por la alta temperatura, pero seguirá trabajando, cuando la sobrecarga fue del 20%

(96kW) la temperatura aumenta a un valor considerable y se activara el shutdown por alta temperatura, lo que quiere decir que la planta de generación se apagara inmediatamente.

En cuanto al tiempo se sabe que hay cargas que necesitan mas de su potencia nominal para el arranque, y luego ya trabajan con su potencia nominal, este proceso ocurre dentro de 1 o 2 segundos, lo que quiere decir el tiempo de detección de sobrecarga debe ser mayor a este tiempo, ya que si se pone un tiempo inferior la planta de generación se alarma o apagara inmediatamente haya la sobrecarga por el arranque.

Por esto se llega a la conclusión, que el valor de sobrecarga para el cual la planta de generación se debe alarmar es del 15%, y el valor de sobrecarga para el cual la planta de generación se debe apagar es del 20%, el tiempo para la detección de sobrecarga debe ser de 3 segundos, lo que quiere decir que si durante 3 segundos o más hay una sobrecarga del 15% la planta de generación se alarma, y si hay una sobrecarga del 20% durante este tiempo la planta de generación se apagara, de no ser así se vería comprometido el generador de excitación ya que se necesitara mas corriente de excitación, también se puede ver afectado el motor y otro elementos por la alta temperatura.

6.1.15. Máxima corriente y Tiempo de máxima corriente.

El valor de corriente máxima está asociado con la sobrecarga, porque cuando hay un aumento en la carga inmediatamente hay un aumento en la corriente. Lo que puede ser peligroso para lo conductores ya que habrá un aumento de temperatura en ellos, el tiempo de detección de máxima corriente es vital establecerlo bien ya que hay cargas que para el arranque exigen más de su potencia nominal pero es una fracción corta de tiempo, lo que quiere decir que por esa fracción de tiempo la corriente va aumentar, por ende se de establecer un valor adecuado de tiempo de detección de corriente máxima para no alarma o apagar la planta de generación innecesariamente.

Esta prueba se hace en simultanea con la prueba de sobrecarga, donde inicialmente se conecto la planta de generación al banco de carga con un 100% (80kW), se fue subiendo paulatinamente la carga para observar su funcionamiento.

Como se observa en la figura 17, que con un aumento de carga hay un aumento de la corriente, y observamos que la corriente empieza a hacer peligrosa después de 111A que es cuando la sobrecarga es del 15% (92kW),

hay un aumento de temperatura tanto en el conductor como en la planta de generación, pero esta puede ser trabajando, pero cuando la corriente alcanza un valor de 116A tiene una sobrecarga de 20% (96kW), ya el aumento de temperatura en la planta de generación es peligroso y en el conductor también, lo que puede causar daños en la planta de generación.

Por esto se llega a la conclusión, que el valor máximo de corriente es de 116 A, y el tiempo de detección debe ser igual al tiempo de detección de sobrecarga ya que van directamente relacionados, porque no tiene sentido que sea inferior el tiempo de corriente máxima.

6.1.16. Sobretensión y baja tensión del generador y tiempo para detectarlas.

Es de gran importancia mantener la tensión del generador en valores adecuados, para que esto no afecte a los elementos a los cuales hay que suplir su carga.

Para esta prueba se conecta la planta de generación al banco de carga al 100% (80kW), y se hará algo muy similar en lo que se hizo en la prueba de sobre y baja velocidad, pero en este caso se va retirar el regulador de voltaje del generador ya que este controlaría la tensión y no dejaría subir o bajar la tensión tan drásticamente y vamos a observar su comportamiento.

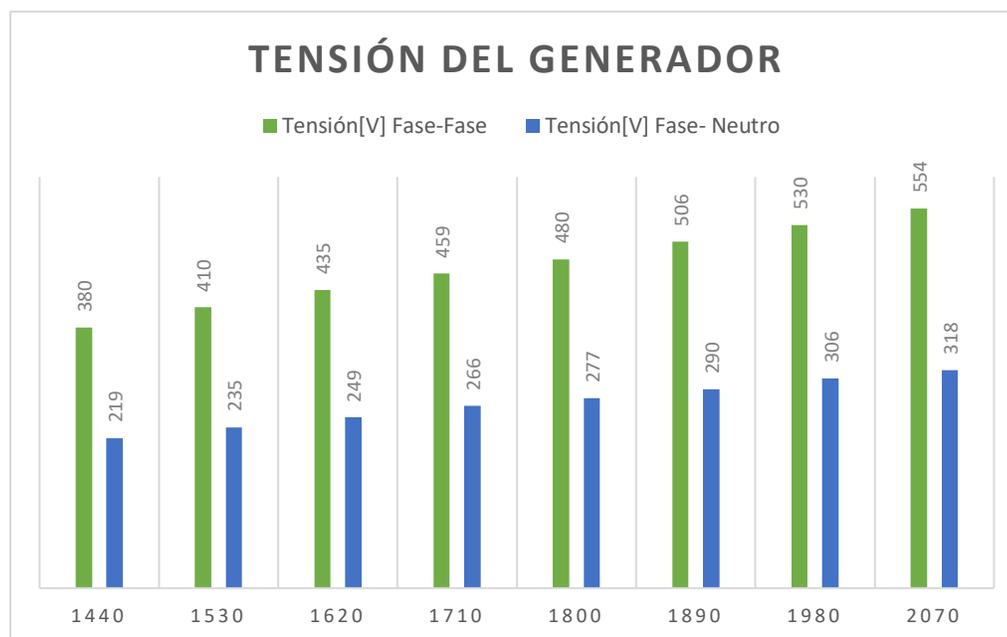


Figura 18. Tensión del generador.

Como se observa en la figura 18, en la cual podemos observar que ocurre con la tensión fase-fase y la tensión fase-neutro a modificar las revoluciones por minuto (RPM), observamos que cuando hay 2070 RPM la tensión fase-fase es 554V y la tensión fase-neutro es 318V lo cual es muy peligroso para los elementos que tiene la carga ya que es un aumento considerable de tensión, aparte de la temperatura de la planta de generación aumenta hasta un valor considerable, cuando hay un valor de 1440 RPM, las tensiones caen de una forma considerable y en este caso la planta de generación no puede con la carga ya que no está el regulador de voltaje del generador, ya que ese no permitirá que decayera tanto la tensión aumentando la corriente de excitación.

En cuanto al tiempo de detección para detectar la sobre y la baja tensión del generador, se debe tener en cuenta que cuando hay un cambio drástico de carga la tensión puede aumentar o disminuir por un corto tiempo, este tiempo es lo que se demora el regulador de voltaje del generador en establecer los valores adecuados, por esto se debe tener un tiempo prudente y no alarmar la planta de generación sin necesidad.

Por esto se llega a la conclusión, que el valor de la sobretensión sería cuando la planta de generación llegue a una tensión 554V fase-fase, lo que sería aproximadamente el 15%, lo que quiere decir cuando la tensión sea 115% de la nominal, para el caso de la baja tensión es cuando la tensión alcance un valor de 380V fase-fase, lo que sería aproximadamente el 20%, lo que quiere decir que cuando la tensión se encuentre en un 80% de la nominal, el tiempo para la detección de la falla debe ser mínimo 5 segundos, lo que quiere decir que si por algún motivo la planta de generación llega a los valores máximos y mínimos de tensión y por más de 5 segundos está dentro de estos valores la planta de generación se apagará inmediatamente. Esto ocurriría si hay un problema en el regulador de voltaje del generador, en el generador o inclusive en el motor.

6.1.17. Alta y baja frecuencia del generador y tiempo para detectarlas.

Es de gran importancia mantener la frecuencia del generador en valores adecuados, para que esto no afecte a los elementos a los cuales hay que suplir su carga.

Esta prueba se hace en simultánea que la prueba anterior, donde se conecta la planta de generación al banco de carga al 100% (80kW), y se hará algo muy similar en lo que se hizo en la prueba de sobre y baja velocidad, pero en este caso se va retirar el regulador de voltaje del

generador ya que este controlaría la tensión y no dejaría subir a bajar la tensión tan drásticamente y vamos a observar su comportamiento.

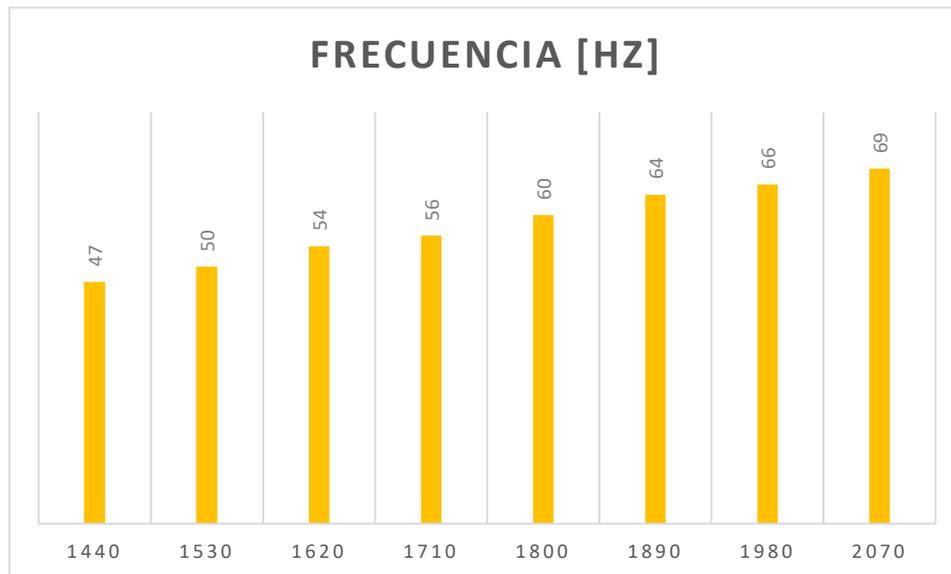


Figura 19. Frecuencia.

Como se observa en la figura 19, observamos que cuando hay 2070 RPM la frecuencia es de 69Hz, lo cual es muy peligroso para los elementos que tiene la carga ya que es un aumento considerable de frecuencia, aparte de la temperatura de la planta de generación aumenta hasta un valor considerable, cuando hay un valor de 1440 RPM, la frecuencia cae de una forma considerable y en este caso la planta de generación no puede con la carga ya que no está el regulador de voltaje del generador, ya que ese no permitirá que decayera tanto la frecuencia aumentando la corriente de excitación.

En cuanto al tiempo de detección para detectar la alta y baja frecuencia del generador, se debe tener en cuenta que cuando hay un cambio drástico de carga la frecuencia puede aumentar o disminuir por un corto tiempo, este tiempo es lo que se demora el regulador de voltaje del generador en establecer los valores adecuados, por esto se debe tener un tiempo prudente y no alarmar la planta de generación sin necesidad.

Por esto se llega a la conclusión, que el valor de la alta frecuencia sería cuando la planta de generación llegue a 69Hz, lo que sería aproximadamente el 15%, lo que quiere decir cuando la frecuencia sea

115% de la nominal, para el caso de la baja frecuencia es cuando la frecuencia alcance un valor de 47Hz, lo que sería aproximadamente el 20%, lo que quiere decir que cuando la frecuencia se encuentre en un 80% de la nominal, el tiempo para la detección de la falla debe ser mínimo 5 segundos, lo que quiere decir que si por algún motivo la planta de generación llega a los valores máximos y mínimos de tensión y por más de 5 segundos está dentro de estos valores la planta de generación se apagará inmediatamente. Esto ocurriría si hay un problema en el regulador de voltaje del generador, en el generador o inclusive en el motor.

6.2. Valores obtenidos.

En la siguiente tabla se agruparán todos los valores obtenidos mediante las pruebas realizadas a la planta de generación.

Tabla 2. Valores obtenidos.

Intentos de Arranque.	3 segundos
Tiempo máximo de intento de arranque.	6 segundos
Tiempo de precalentamiento.	4 segundos
RPM de arranque.	25%
Presión de aceite de arranque.	20 psi
Tiempo de inicio de la válvula solenoide antes del arranque.	0.5 Segundos
Tiempo mínimo de estabilización.	6 segundos
Tiempo máximo de estabilización.	10 segundos
Tiempo de enfriamiento.	30 segundos
Tiempo de parada.	60 segundos
Sobrevelocidad.	115%
Baja velocidad.	80%
Tiempo para la detección de sobre y baja velocidad.	5 segundos
Baja de presión de aceite WRN.	20 psi
Baja presión de aceite SD.	10 psi
Tiempo de detección por baja presión de aceite.	3 segundos
Alta temperatura WRN.	95°C
Alta temperatura SD.	97°C

Tiempo de detección por alta temperatura.	5 segundos.
Baja tensión de la batería.	8V
Alta tensión de la batería.	16V
Sobrecarga WRN.	115%
Sobrecarga SD	120%
Tiempo de detección por sobrecarga.	3 segundos
Máxima corriente WRN.	111A
Máxima corriente SD.	116A
Tiempo de detección por máxima corriente.	3 segundos
Sobretensión del generador WRN.	110%
Sobretensión del generador SD.	115%
Baja tensión del generador WRN.	85%
Baja tensión del generador SD.	80%
Tiempo de detección por sobre y baja tensión.	5 segundos
Alta frecuencia del generador WRN.	110%
Alta frecuencia del generador SD.	115%
Baja frecuencia del generador WRN.	85%
Baja frecuencia del generador SD.	80%
Tiempo de detección por alta y baja frecuencia.	5 segundos

Mediante a estos se programará el módulo de control, sus alarmas y sus shutdown, necesarios para garantizar un buen funcionamiento de la planta de generación, sin poner en riesgo ninguno sistema o elementos de la misma.

6.3. Conexión del sistema de control.

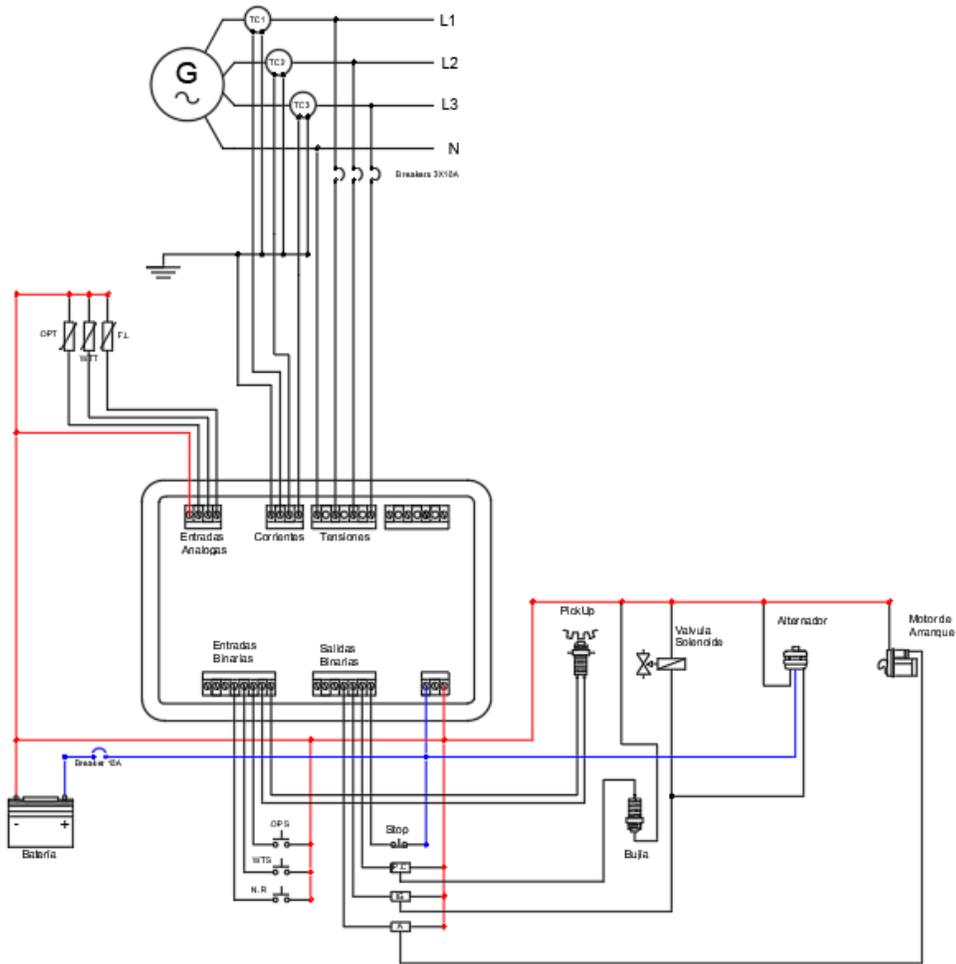


Figura 20. Conexión del sistema de control.

Como se puede observar en la figura 20, esta es la forma de conexión entre el módulo de control y los elementos mecánicos y eléctricos. Donde podemos observar las conexiones que van directamente desde el generador al módulo de control, también se observa la conexión de la batería, y como es la conexión del módulo de control con cada elemento mecánico.

7. Conclusiones

- Se Identificaron los rangos de valores en los cuales la planta de generación funciona adecuadamente, así evitamos daños a los elementos de la planta de generación.
- Gracias a la instalación de los sensores, se logra tener un control de los parámetros de la planta de generación dentro de los rangos adecuados de funcionamiento y nos ayuda a actuar rápidamente si alguno de los valores esta fuera del rango deseado.
- Mediante las pruebas de funcionamiento realizadas a la planta de generación eléctrica, obtuvimos los parámetros adecuados para configurar el módulo de sistema de control, estableciendo cuando es necesario mostrar una alarma y cuando es necesario apagar inmediatamente la planta de generación velando por la protección de sus elementos.
- Se logro implementar el sistema de control, con los valores obtenidos en las pruebas de funcionamiento, garantizando así un óptimo funcionamiento de la planta de generación con su sistema de control.

8. Referencias Bibliográficas

[1] «Planta Eléctrica.» [En línea]. Disponible:

https://www.ecured.cu/Planta_el%C3%A9ctrica

[2] Rodríguez, Miguel. Maquinas eléctricas síncronas. Universidad de Cantabria (España), Departamento de ingeniería eléctrica y energética, 2015. 92 p.

[3] Cáceres, Fredy. Generación de energía eléctrica con un motor de combustión interna. Tesis de maestría en ingeniería agrícola. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015. 101 p.

[4] Chapman, Stephen. Máquinas eléctricas. Quinta edición. España, McGraw-Hill Interamericana de España, 2012. 516 p.

[5] Kates, Edgar. Motores diésel y de gas de alta compresión. Segunda edición. España, Reverté S.A. 2003. 535 p.

Anexos

- Anexo 1: DiagramaModuloDeControlComAp.dwg
- Anexo 2: ProgramacionModuloDeControl.aif3