

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

TÍTULO:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL
GENERADOR ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI LA MANÁ”.**

Proyecto presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.

Autor:

Allauca Gonzalez Franklin Humberto

Director:

Ing. Jácome Alarcón Luis Fernando

La Maná – Ecuador

Junio, 2014

AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MANÁ”**, son de exclusiva responsabilidad del autor.

.....
Allauca Gonzalez Franklin Humberto.
C.I. 120615618-2

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Tutor de Investigación sobre el tema: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MANÁ”**, de Allauca Gonzalez Franklin Humberto, postulante de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requisitos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Anteproyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, Junio 2014

El Director.

.....
Ing. Jácome Alarcón Luis Fernando

**AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y
EVALUACIÓN**

TESIS DE GRADO

Sometido a consideración del tribunal de revisión y evaluación por: el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MANÁ”

REVISADA Y APROBADA POR:

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jácome Alarcón Luis Fernando

MIEMBROS DEL TRIBUNAL ESPECIAL

Ing. Adrián Villacrés Presidente.....

Ing. Carmen Toapanta Opositor.....

Ing. Amable Bravo Miembro.....

CERTIFICACIÓN

En calidad de Coordinador Académico y Administrativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, tengo a bien certificar que el Trabajo del Proyecto Macro **”IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR TRIFÁSICO CON TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA PARA LOS BLOQUE A Y B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, EXTENSIÓN LA MANÁ”**, con el subtema **“ DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MANÁ”**, de Allauca Gonzalez Franklin Humberto con C.I 120615618-2 postulante de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que dicha implementación cumple con los requerimientos técnicos de instalación y operación. Indicando al Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de las Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi su correcto funcionamiento a los diecinueve días del mes de Junio del año dos mil trece.

Lcdo. Mg.Sc. Ringo López Bustamante

COORDINADOR ACADEMICO Y ADMINISTRATIVO

Universidad Técnica de Cotopaxi- La Maná.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

La Maná- Ecuador

CERTIFICACIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor egresado: Allauca Gonzalez Franklin Humberto cuyo título versa en un **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MANÁ” DEL PERIODO OCTUBRE 2011- MARZO 2012;** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

La Maná, Junio2014

Atentamente

Lcd. Sebastián Fernando Ramón Amores

DOCENTE

C.1. 050301668-5

AGRADECIMIENTO

A Dios, por otorgarme el don de la vida y la salud para disfrutarla durante todo este tiempo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, por ser la noble institución que me abrigó y me formó como profesional para cumplir con los retos del futuro, para contribuir con mi esfuerzo y mi modesta aportación, a la solución de los problemas de nuestro país.

Franklin Allauca

DEDICATORIA

A mis padres:

José Allauca Ayala y Edelmira González Rozado. Por ser mi medio de transición a este mundo. Por su amor y constante apoyo. Por enseñarme los verdaderos valores de la vida. Ustedes son los principales artífices de este logro.

A mis Hermanos:

Miguel, Edison, David, y Darío. Por los sueños y momentos compartidos juntos.

A mi Esposa e hijo:

Alexandra, Joel

A mis compañeros y amigos:

Quienes me brindaron su ayuda y amistad.

INDICE GENERAL

Portada.....	i
Autoría.....	ii
Aval de Director de Tesis.....	iii
Aval de los Miembros del Tribunal.....	iv
Certificación.....	v
Certificación de Idiomas.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Dedicatoria.....	viii
Índice General.....	ix
Índice de Contenido.....	x
Índice de Tablas.....	xv
Índice de Cuadros.....	xvi
Índice de Gráficos.....	xvii
Índice de Diagrama.....	xvii
Índice de Figuras.....	xvii
Índice de Anexos.....	xix
Resumen.....	xx
Abstract.....	xxi
Introducción.....	xxii

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Fundamentación Teórica.....	1
1.1.	Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1	Proyecto 1.....	1
1.1.2	Proyecto 2.....	2
1.2	Categorías Fundamentales.....	4
1.3	Marco Teórico.....	5
1.3.1	Generador eléctrico.....	5
1.3.1.1	Estator.....	6
1.3.1.2	Rotor.....	8
1.3.1.3	Lubricación del generador.....	10
1.3.1.4	Devanados del generador.....	11
1.3.1.5	Sistema de enfriamiento del generador.....	13
1.3.2	Sistema de protección.....	15
1.3.2.1	Protección contra cortocircuito entre espiras misma y fase.....	16
1.3.2.2	Protección contra cortocircuito entre fases.....	18
1.3.2.3	Protección contra cortocircuito entre fase y tierra.....	19
1.3.2.4	Protección de generador con neutro desconectado de tierra...	20
1.3.3	Sistemas eléctricos.....	22
1.3.3.1	Partes que componen los conductores eléctricos.....	23

1.3.3.2	Conductor eléctrico.....	27
1.3.3.3	Corrientes peligrosas de cortocircuito.....	28
1.3.3.4	Efecto de las armónicas.....	30
1.3.4	Estudio de cargas eléctricas.....	32
1.3.4.1	Dimensionamiento de un grupo electrógeno.....	33
1.3.4.2	Cargas con factor de potencia cercano a la unidad.....	35
1.3.4.3	Cargas motrices.....	35
1.3.4.4	Potencia total del generador.....	36
1.3.5	Sistema de protección contra sobre voltaje del generador.....	38
1.3.5.1	Descripción de los diversos tipos de relés.....	38
1.3.5.2	Relé multifunción g.e.760.....	41
1.3.5.3	Elementos de control.....	44
1.3.5.4	Protección por relevadores.....	45
1.3.5.5	Protección de corriente máxima.....	46
1.3.5.6	Sensor de tensión y compensador de carga.....	48
2	Análisis e Interpretación de Resultados.....	50
2.1	Breve Caracterización de la Empresa.....	50
2.1.1	Historia.....	50
2.1.2	Misión.....	52
2.1.3	Visión.....	52
2.2	Operacionalización de las Variables.....	53

2.3	Análisis e Interpretación de Resultados.....	54
2.3.1	Metodología de la investigación.....	54
2.3.1.1	Tipos de investigación.....	54
2.3.1.2	Metodología.....	55
2.3.1.3	Unidad de estudio (población y muestra).....	55
2.3.1.4	Tamaño de la muestra.....	56
2.3.1.5	Criterios de selección de la muestra.....	57
2.3.2	Métodos y técnicas a ser empleados.....	58
2.3.2.1	Métodos.....	58
2.3.2.2	Técnicas.....	59
2.3.3	Resultados de las encuestas.....	60
2.3.3.1	Resultados de la encuesta realizada.....	60
2.3.4	Análisis e interpretación de los resultados.....	66
2.4	Verificación de la Hipótesis.....	69
2.5.	Diseño de la Propuesta.....	69
2.5.1	Datos informativos.....	69
2.5.2	Justificación.....	70
2.5.3	Objetivos.....	71
2.5.3.1	Objetivo general.....	71
2.5.3.2	Objetivos específicos.....	71
2.5.4	Descripción de la aplicación.....	72

3	Validación de la Aplicación.....	73
3.1	Estudio de Carga y Dimensionamiento del Generador.....	73
3.1.1	Estudio de carga de la UTC-La Maná.....	73
3.1.1.1	Estudios de carga y demanda.....	74
3.2.2	Dimensionamiento del cableado de fuerza.....	75
3.2.2.1	Datos técnicos del conductor.....	76
3.3	Fallas más comunes asociadas a los elementos de generación..	77
3.3.1	Fallas más comunes en generadores.....	77
3.3.1.1	Fallas en el estator del generador.....	79
3.3.1.2	Fallas en el rotor del generador.....	80
3.3.2	Datos técnicos del generador hacer instalado.....	81
3.3.2.1	Datos técnicos del motor a diesel.....	81
3.3.2.2	Datos técnicos del alternador.....	82
3.4	Capacidad y Operación contra Frecuencia Anormal.....	83
3.4.1	Criterios de protección.....	84
3.5	Protección principal para Generadores.....	85
3.5.1	Dimensionamiento de los equipos de fuerza.....	85
3.5.2	Dimensionamiento del disyuntor principal.....	86
3.5.2.1	Características constructivas.....	88
3.5.3	Característica de los relé electrónicos SACE PR 211.....	90
3.5.3.1	Características del contacto de señalización.....	90

3.6	Protección diferencial para el Generador.....	91
3.7	Protección de pérdida de Excitación.....	94
3.8	Protección de sobre y baja Tensión.....	97
3.8.1	Baja tensión.....	97
3.8.1.1	Sobretensión.....	97
3.9	Limitador de sobre y Subexcitación.....	98
3.9.1	Limitador de subexcitación (UEI).....	98
3.9.2	Limitador de sobreexcitación (OEI).....	99
3.9.3	Criterios de ajuste de protección para baja y sobrefrecuencia...	101
3.9.4	Protección de sobreexcitación (V/Hz).....	102
3.9.4.1	Límites de operación de equipos para sobreexcitación (V/Hz)..	104
3.9.4.2	Criterio de protección.....	106
3.10	Características de algunas Protecciones.....	108
3.10.1	Clasificación según su tiempo de actuación.....	109
3.10.2	Relé instantáneo y relé temporizado.....	109
3.10.2.1	Relé instantáneo.....	110
3.10.2.2	Relé temporizado.....	110
3.11	Conclusiones.....	111
3.12	Recomendaciones.....	112
3.13	Referencias Bibliográficas.....	113
3.14	Anexo.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Manual de efecto piel en conductores.....	32
Tabla N°.2	Factor de corrección según el factor de potencia.....	35
Tabla N°.3	Factor de corrección según el aumento de temperatura.....	37
Tabla N°.4	Factor de corrección según la altura de emplazamiento.....	37
Tabla N°.5	Corrientes máximas en conductores unipolares de cobre.....	47
Tabla N°.6	Planilla para la determinación de demandas unitarias.....	74
Tabla N°.7	Campo de aplicación de los interruptores automáticos.....	89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1	Corrientes peligrosas de cortocircuito.....	28
Cuadro N°2	Operacionalización de las variables.....	53
Cuadro N°3	Población 1.....	56
Cuadro N°4	Aleatorio estratificado proporcional.....	57
Cuadro N°5	Eficiencia de energía eléctrica.....	60
Cuadro N°6	Instalaciones eléctricas son seguras.....	61
Cuadro N°7	Implementación de generador eléctrico.....	61
Cuadro N°8	Generador eléctrico para que continúen las clases.....	62
Cuadro N°9	Ha perdido clase por falta de energía eléctrica.....	63
CuadroN°10	Cómo considera la iluminación en la UTC.....	63
Cuadro N°11	Distribución de tomacorrientes en aulas.....	64
CuadroN°12	Instalaciones eléctricas riesgos para la seguridad.....	65
CuadroN°13	Protección instalaciones eléctricas.....	65
CuadroN°14	Ruido del generador afectaría al aprendizaje.....	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1	Conductor adquirido.....	76
Gráfico N°2	Disyuntor adquirido.....	86
Gráfico N°3	Limitador de subexcitación.....	99

ÍNDICE DE DIAGRAMA

DiagramaN°1	Unifilar del generador conectado a red trifásica.....	75
-------------	---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1	Devanados del generador.....	13
Figura N°2	Alambre conductor.....	23
Figura N°3	Cable conductor.....	24
Figura N°4	Monoconductor eléctrico.....	24
Figura N°5	Multiconductor eléctrico.....	25
Figura N°6	Cubierta protectora.....	26
Figura N°7	Efecto armónico cables y conductores.....	31
Figura N°8	Relé multifunción 760.....	42
Figura N°9	Estructura interna del estator de un generador eléctrico.....	79

Figura N°10	Distribución del devanado de un rotor cilíndrico.....	80
Figura N°11	Conexión simple de la protección diferencial.....	91
Figura N°12	Circulación de corriente por falla dentro de zona de protección..	92
Figura N°13	Esquema de protección diferencial para falla en devanados.....	93
Figura N°14	Curva de capacidad del generador.....	94
Figura N°15	Protección contra pérdida de excitación.....	96
Figura N°16	Curva típica de un generador.....	105
Figura N°17	Curva típica para transformador de potencia.....	105
Figura N°18	Curva para generador y transformador.....	106
Figura N°19	Característica típica del relé de tiempo definido.....	107
Figura N°20	Característica típica de tiempo inverso.....	108

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1	Encuesta aplicada.....
Anexo N°2	Placa de datos del generador.....
Anexo N°3	Fusibles de protección tablero principal.....
Anexo N°4	Disyuntor principal.....
Anexo N°5	Breaker del generador.....
Anexo N°6	Fusible del Generador.....
Anexo N°7	Relay del Generador.....
Anexo N°8	Transformadores de corriente.....
Anexo N°9	Transferencia automática.....
Anexo N° 10	Relés del generador.....
Anexo N° 11	Baterías del generador.....

RESUMEN

Los generadores representan el equipo con uno de los costes más elevados en un sistema eléctrico de potencia y se encuentran sometidos, más que ningún otro equipo del sistema, a los más diversos tipos de condiciones anormales, de ahí el especial cuidado que había que prestar para la realización del sistema de protecciones necesarias a aplicar al generador.

El presente proyecto es un sistema de protecciones para un generador de emergencia a diesel. Las protecciones eléctricas constituyen un sistema indispensable para todo tipo de instalación eléctrica, en el caso que nos ocupa de un sistema de protecciones para un generador, la protección de generadores supone la consideración de las máximas posibilidades de condiciones de funcionamiento anormal en el generador, en comparación con la protección de cualquier otro elemento de sistema.

Una de las consideraciones más importante a tener en cuenta al analizar las protecciones de un generador y que no se manifiesta en los restantes equipos que conforman un sistema eléctrico, es el hecho de que la apertura de su interruptor principal es condición necesaria, pero no suficiente para evitar la prolongación de ciertos daños tanto en el sistema como en el generador. Para proteger el generador se utilizaron equipos de protección multifunción que permiten duplicar las funciones de protección principales de tal forma que un eventual fallo en uno de los equipos no deja desprotegido el sistema.

ABSTRACT

Generators represent overvalued equipment in a power electrical system and are subjected, more than other systems, to abnormal functioning conditions, that is why there has to be a special care in the protection system necessary for the generator.

The actual Project is a protection system for a diesel emergency generator. The electrical protection makes up an indispensable system for any kind of electrical installation, in the case of a protection system for a generator, the protection has to do with high standards of abnormal functioning in comparison with the protection of the element of the system.

One of the most important considerations to bear in mind when analyzing the different protections of a generator and those remaining parts of the electrical system is the fact that the opening of the main switch is essential condition, but not enough to avoid damages both in system and in generator. To protect the generator, there was used a multifunction protection equipment that allows to double the protection functions so that a latent failure in the equipment do not keep unprotected the system.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el estudio de las protecciones en los sistemas eléctricos de potencia está basado en formulaciones a través de modelos que representan al sistema, por lo tanto, la mayoría de los estudios realizados en este ámbito son vistos en forma de modelos matemáticos o físicos, y no de manera real como sucede en un sistema eléctrico de potencia. Es decir, no se consideran las condiciones reales de operación del sistema eléctrico para la protección del mismo. Por lo que existe esta limitante en la apreciación de todos los fenómenos inherentes a las diferentes condiciones anormales (fallas) de operación del sistema eléctrico de potencia. En el caso más específico del generador, existen muchas más limitantes para desarrollar y ejecutar condiciones anormales de operación en este dispositivo, dado que cierto tipo de pruebas y fallas se consideran destructivas y no se puede ejecutar en el generador ya que se dañaría.

En lo referente a los dispositivos de protección de los sistemas eléctricos de potencia para su validación y prueba de su concreta operación, se utilizan modelos donde se representan las condiciones normales y anormales que se presentan en los sistemas eléctricos de potencia.

Otro medio de validar el comportamiento de las protecciones ante disturbios y fallas que se presentan en los circuitos de potencia, principalmente en los dispositivos de protección eléctrica de tipo digital, es mediante el empleo de fuentes ideales de voltaje y corriente, las cuales son capaces de crear las condiciones de operación anormales que se presentan en un sistema eléctrico, esta validación esta utilizada para la validación de los dispositivos de protección de tipo analógico y digital, siendo los digitales los más sensibles a presentar falla en su operación, debido a los requerimientos de la calidad de energía para sus componentes electrónicos.

Por todo esto, al validar un dispositivo de protección digital utilizando los métodos utilizados anteriormente, no se contemplan algunas condiciones

anormales (saturación, calentamiento), que se presentan en el sistema al ocurrir una falla y por lo tanto no se conoce en forma real el comportamiento del dispositivo de protección y del mismo sistema eléctrico de potencia.

En este trabajo se presentan pruebas y análisis de comportamiento de un sistema de protección digital con la utilización en forma real de un dispositivo de protección digital multifunción conectado a un sistema eléctrico de potencia de laboratorio no escalado donde sus componentes presentan las mismas condiciones normales y anormales de operación de un sistema real, con la aplicación fundamental de este tipo de protección digital al generador.

Esta aplicación se fundamenta en el hecho de que el generador representa la parte más importante de un sistema eléctrico de potencia (SEP), ya que significa el 40% de la inversión total de todo el sistema. Además, dada las características propias del generador, varias protecciones para este dispositivo no obtienen una validación adecuada ya que solo es posible verificar su buen funcionamiento cuando la falla sucede. Por ejemplo, la falla de motorización y pérdida de excitación del generador, pruebas que se consideran imposibles de implementar en un generador real, y que en este trabajo se presentan, con su protección digital multifuncional.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes Investigativos

Una vez realizada las investigaciones en torno al tema, se presenta a continuación la información de dos proyectos similares.

1.1.1 Proyecto 1

Monitoreo y protección digital de un generador de tipo experimental.

Conclusiones

La implementación de la protección digital en el simulador experimental nos proporciona una visión más clara del comportamiento de los fenómenos inherentes a las condiciones normales y anormales de operación en el sistema, y en especial en el generador síncrono, ya que estas condiciones son realizadas físicamente en este elemento.

Los ajustes realizados en el relevador digital fueron de acuerdo a los cálculos efectuados con los parámetros del simulador experimental, tal y como se hace en un Sistema Eléctrico de Potencia de mayor capacidad, con lo que se garantiza que la operación de la protección digital sea lograda con las condiciones anormales reales del simulador.

Del análisis de las respuestas de todas y cada una de las condiciones anormales realizadas en el simulador experimental se observa claramente que los tiempos de operación para el interruptor del generador están dentro de las normas establecidas, alrededor de tres ciclos en promedio, para liberar o señalar las condiciones del elemento fallado.

Dadas las condiciones constructivas del simulador experimental donde es posible realizar condiciones anormales que en un sistema real son imposibles de ejecutar, se llega a la conclusión de que es una herramienta muy versátil donde se puede efectuar en ella más estudios que solo se hacen en simulación digital simulada, sin considerar todas las condiciones que prevalecen en un sistema real y q por lo tanto no dan las condiciones auténticas de su comportamiento.(LOPEZ Reyes Bernabé, 2007, p, 12)

1.1.2 Proyecto 2

Instalación de un sistema de protección en un Edificio Inteligente en México durante el periodo 2006-2007.

Conclusiones

En el nacimiento de cualquier nueva tecnología o servicio, el grado de implicación de la parte técnica es alto y se tiende a complicar su uso por la incorporación de cientos de funciones, programaciones. En el caso de servicios o sistemas orientados a usuarios finales, esta tendencia agrava la situación porque el usuario se encuentra ante un sistema que técnicamente puede ser muy aceptable pero que en la práctica, ante cualquier evento, al usuario le producirá confusión, desconcierto y finalmente rechazo. Ante la elección de un sistema de protección de viviendas, se deben observar dos tipos de criterios.

La inteligencia de un edificio es una medida:

- De la satisfacción de las necesidades de los habitantes y su administración.
- De la posibilidad de respetar y adaptarse al medio ambiente que lo rodea.

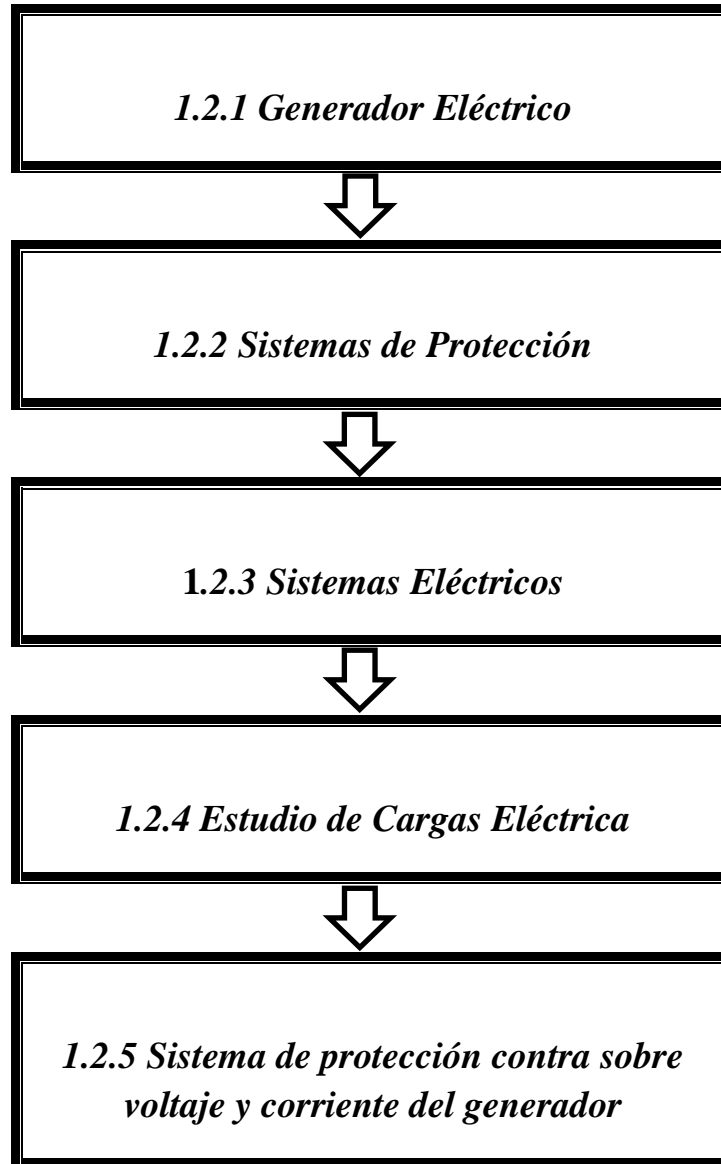
Los edificios son parte integral de las organizaciones y de las empresas. Significa ventajas competitivas a las organizaciones, es decir los edificios inteligentes son a las empresas perspicaces, esto genera un alto consumo eléctrico y requiere de protección en el generador del edificio, empresas competitivas, los propietarios satisfechos y los ocupante productivos.

La principal protección sistémica automática para prevenir apagones luego de salidas intempestivas de unidades generadoras son los esquemas de disparo de carga por subfrecuencia y baja frecuencia.

La dinámica del sistema ante una pérdida de generación depende fuertemente de las condiciones iniciales de operación, la importancia de la contingencia intempestiva, la respuesta de los sistemas de control, por lo que por métodos clásicos es trabajosa la determinación de la cantidad mínima de carga a disparar. (RIZZO Eduardo. WEB: 2007 p.134).

Los edificios inteligentes son empresas inteligentes esto genera un alto consumo eléctrico y requiere de un buen sistema de protección para el generador del edificio esto da como resultado larga vida útil para todos los equipos en el sistema.

1.2 Categorías Fundamentales



1.3 Marco Teórico

1.3.1. Generador eléctrico

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura. (DONALD. Fink. 2007, p.56).

La operación de los generadores de energía eléctrica conllevan riesgos que son comunes a todos los diseños, por problemas eléctricos, mecánicos, dinámicos-estructurales y de control ya que tales equipos implican numerosos componentes que deben operar dentro de estrechos márgenes de control debido a las fuentes potenciales de fallas que pueden provocar daños al equipo, a las instalaciones adyacentes y al personal, por lo que se deben especificar las características de los generadores de energía eléctrica, de tal forma que se puedan adquirir equipos eficientes. <http://www.emaresa.cl/gruposelectrogenos/definicion.html>

Los motores y generadores eléctricos, son un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos.

Un generador es una máquina eléctrica que realiza el proceso inverso que un motor eléctrico, aunque la corriente generada es corriente alterna, puede ser rectificadas para obtener una corriente continua.

1.3.1.1 Estator

La carcasa del estator debe ser de tipo totalmente cerrada, a prueba de goteo. Las laminaciones del estator se deben sujetar firmemente al marco y a la carcasa del estator para prevenir aflojamientos de la laminación durante el servicio y para evitar ruidos y vibraciones. La profundidad radial de las laminaciones desde el fondo de las ranuras hasta el borde exterior de la laminación debe ser de 145 milímetros.

La sección de las bobinas que se instalan en las ranuras así como los cabezales de las bobinas deben estar excitadas para prevenir descargas capacitivas en la ranura y descargas de corrientes en los cabezales.

Las terminales del devanado se deben llevar fuera del generador con aislamiento pleno. Las bobinas del estator, cabezales y terminales se deben sujetar para prevenir deformaciones, movimientos perjudiciales o daños bajo cualquier condición de operación, y soportar los esfuerzos de un corto circuito externo.(HAPPER. Enríquez .2007, p.52).

El generador debe tener instalado en la parte recta de las bobinas del estator sensores para la medición de descargas parciales y descargas a las ranuras, con el generador en operación. Debe tener las terminales de pruebas en una caja instalada en la parte externa del generador, fácilmente accesible para conectar el equipo portátil de medición descargas parciales.

Los motores como todas las máquinas eléctricas rotativas, presentan estator y un rotor. El estator es el responsable del campo magnético y en el rotor se plasman las consecuencias de la acción magnética. La configuración del devanado del estator y el tipo de rotor, diferencian los diversos tipos de motores e influyen en características tan importantes como la velocidad de giro potencia.

El estator de un motor de inducción es el inductor, es decir el encargado de crear el campo magnético. Está formado por:

Circuito magnético.

Tambor con forma cilíndrica y ranurado formado de chapas de hierro aleado al silicio asiladas entre sí con carlite, para reducir las pérdidas por corrientes parásitas. La misión de las ranuras es alojar a los conductores de los devanados en el cual las líneas de fuerza del campo magnético se hallan canalizadas trazando un camino cerrado. Para su fabricación se utilizan materiales ferromagnéticos, pues éstos tienen una permeabilidad magnética mucho más alta que el aire o el espacio vacío y por tanto el campo magnético tiende a confinarse dentro del material, llamado núcleo. El llamado acero eléctrico es un material cuya permeabilidad magnética es excepcionalmente alta y por tanto apropiado para la fabricación de núcleos.

Un circuito magnético sencillo es un anillo o toro hecho de material ferromagnético envuelto por un arrollamiento por el cual circula una corriente eléctrica. Esta última crea un flujo magnético en el anillo cuyo valor viene dado por:

$$\Phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}}$$

Donde Φ es el flujo magnético, \mathcal{F} es la fuerza magnetomotriz, definida como el producto del número de espiras N por la corriente I ($\mathcal{F} = NI$) y \mathcal{R} es la reluctancia.

Los circuitos magnéticos son importantes en electrotecnia, pues son la base teórica para la construcción de transformadores, motores eléctricos, muchos interruptores automáticos, relés.

Circuito eléctrico.

Formado por tres devanados monofásicos que al conectarlos en estrella o triángulo, forman un devanado trifásico. El alojamiento del circuito de armadura en las máquinas de corriente alterna. En este caso, el estator interactúa con el campo rotante para producir el par motor y su construcción consiste en una estructura hueca con simetría cilíndrica, hecha de láminas de acero magnético apiladas, para así reducir las pérdidas debidas a la histéresis y las corrientes de Foucault. (MUJAL. Ramón. 2007, p.84).

En su concepción más elemental, estos devanados son tres bobinas desfasadas 120° . Cada bobina está formada por 2 conductores diametralmente opuestos (bobina de paso diametral) y el estator precisa entonces de 6 ranuras para alojarlos.

1.3.1.2 Rotor

El rotor es el componente que gira en una máquina eléctrica, sea ésta un motor o un generador eléctrico. Junto con su contraparte fija, el estator, forma el conjunto fundamental para la transmisión de potencia en motores y máquinas eléctricas en general.

El rotor está formado por un eje que soporta un juego de bobinas arrolladas sobre un núcleo magnético que gira dentro de un campo magnético creado bien por un imán o por el paso por otro juego de bobinas, arrolladas sobre unas piezas polares, que permanecen estáticas y que constituyen lo que se denomina estator de una corriente continua o alterna, dependiendo del tipo de máquina de que se trate.

La flecha del rotor debe ser maquinada de una sola pieza, de acero forjado de aleación especial tratada térmicamente, libre de grietas y defectos. Antes de proceder al maquinado, el lingote debe ser sometido a análisis, pruebas y ensayos

exhaustivos para asegurar que la forja cumple con las propiedades físicas, químicas y metalúrgicas especificadas.

Las bobinas deben sujetarse firmemente para prevenir movimientos perjudiciales o daños bajo cualquier condición que pueda aparecer durante la operación.

Debe ser construido para soportar, sin que sufra daños mecánicos y vibraciones anormales, una sobre velocidad de un 25%. Debe incluir un dispositivo para prevenir la circulación de corrientes parásitas en la flecha.

Debe tener un devanado amortiguador de barras de cobre, el rotor completo debe estar estática y dinámicamente balanceado. Los anillos de retención deben ser fabricados a partir de piezas únicas de acero forjado de aleación especial no magnético. Antes de proceder a su maquinado deben ser sometidas a análisis, pruebas y ensayos exhaustivos para asegurar que la forja cumple con las propiedades mecánicas, magnéticas y termodinámicas con el objeto que el material sea dúctil, resistente a la fractura, ataques de corrosión química, así como soportar los efectos de la fuerza centrífuga generada por su propio peso y los cabezales de las bobinas de campo.

En caso de que haya uniones soldadas en el devanado del rotor, se acepta la unión, entre las secciones del conductor principal, hechas a base de soldadura a "tope", pero se prefiere que las uniones sean soldadas con "traslape". Estas uniones deben quedar en lugares accesibles para su reparación.

Cada una de las soldaduras de los devanados del rotor debe ser evaluada con pruebas de ultrasonido, para garantizar como mínimo el 80% de área de contacto. Estos resultados deben ser presentados como parte de las pruebas de fábrica del generador.

Se debe suministrar un sistema de drenaje de corrientes del rotor, el cual debe disponer de escobillas de plata tipo cepillo y estar provisto de terminales, que permitan conectar un aparato para obtener indicación continua o periódica del flujo de corriente a tierra. (MANZANO, José. 2008, p.86).

En máquinas de corriente alterna de mediana y gran potencia, es común la fabricación de rotores con láminas de acero eléctrico para disminuir las pérdidas asociadas a los campos magnéticos variables, como las corrientes de producidas por el fenómeno llamado histéresis.

1.3.1.3 Lubricación del generador

Los sistemas de lubricación por grasa se usan para el engrase del generador, rodamiento principal, sistema de giro y de orientación. Tanto en Yaw como en Pitch (donde exista) requieren de lubricantes adhesivos, y debe aplicarse mediante un sistema de pulverización o mecánicamente (mediante un piñón apropiado). En el caso de la multiplicadora, la lubricación se efectúa normalmente con el método de inmersión en aceite, aunque para un rendimiento óptimo se requiere de un sistema de recirculación de aceite.

El sistema de lubricación de las chumaceras del generador debe ser común para el generador. Debe ser un sistema sellado contra la entrada de aceite y materias extrañas al generador. Se debe proporcionar toda la tubería propia del generador y debe estar aislada eléctricamente para evitar corrientes parásitas. La tubería de lubricación debe ser de acero inoxidable.

Las chumaceras para el generador deben ser auto alineadas, lubricadas a presión, enfriamiento por circulación de aceite, diseñadas para evitar fugas o vapores de aceite, aisladas para prevenir flujo de corriente en la flecha. Se debe incluir una chumacera ajustable de empuje, para mantener el espaciamiento axial correcto

entre partes rotatorias y estacionarias, con capacidad para soportar cargas de empuje adicionales debidas a sismos o cambios de carga, con medición de temperatura del metal sobre las caras frontal y posterior del collarín de empuje. (HAPPER, Enríquez. 2007, p.72).

Como resultado de tiempo de trabajo y las extremas cargas mecánicas y condiciones medioambientales han provocado que los generadores estén siempre expuestos, por lo que algunos fabricantes comenzaron a utilizar sistemas de lubricación para prolongar la vida útil de todos los componentes clave, desde finales de los años 80. En la actualidad, la práctica totalidad de los fabricantes consideran como fundamental un sistema de lubricación automática. La lubricación automática por zonas clave mediante sistemas centralizados fiables.

1.3.1.4 Devanados del generador

Los devanados son los bobinados, en un motor de corriente alterna se encargan de crear el campo magnético giratorio, estos se ubican en el estator del motor, en conjunto con otros auxiliares como para arranque, como sabemos que los generadores de corriente directa tienen dos bobinas; el devanado de campo y el devanado de armadura.

Devanado de armadura.

El devanado de campo se compone por lo general de dos bobinas que irán conectadas según el tipo de excitación que se desee en el generador.

El devanado de armadura puede ser de dos tipos;

Devanado imbricado.

Este devanado se distingue por que forma tantas trayectorias paralelas como número de polos de campo, se recomienda utilizar cuando se deseen bajas corrientes y bajas tensiones. En este tipo de devanado se utiliza un par de escobillas por cada dos trayectorias. En este devanado los extremos de una bobina van conectados a dos delgadas adyacentes del conmutador.

Devanado ondulado.

Este tipo de devanado también se denomina devanado serie en virtud de que todas las bobinas de armadura bajo de pares de polos similares, están en serie. Este tipo de devanado se recomienda utilizar cuando se desea obtener altos voltajes y bajas corrientes. En este devanado los extremos de una bobina van conectados al segmento del conmutador que está aproximadamente a 360° eléctricos. (Ing. GARCIA, Héctor. 2007, p.6).

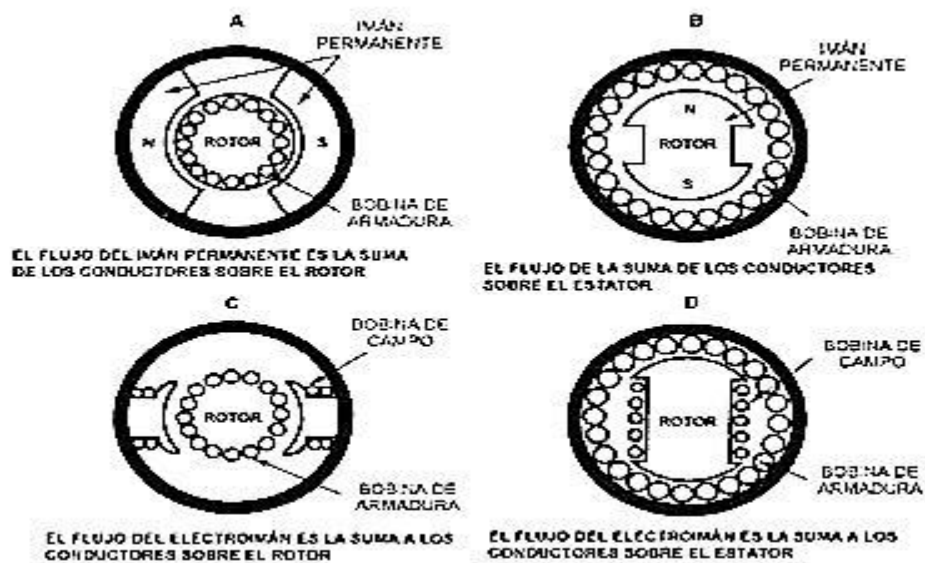
Para generar electricidad se debe empezar con un campo magnético principal, entonces, este campo se debe contar con un conductor, el campo principal se puede producir por un imán permanente que puede ser parte del estator, como se muestra en la Figura 1- A, o bien, puede ser el rotor como se muestra en la Figura 1-B. El campo principal puede ser un campo electromagnético en lugar de un imán permanente, la bobina que lo produce se le llama el devanado de campo.

El campo se puede devanar sobre el estator, como se muestra en la figura 1-C, o sobre el rotor, como se lo muestra en la Figura 1-D. Los conductores en los que se induce la electricidad forman el devanado de armadura. En los generadores de corriente directa, el devanado de armadura está sobre el rotor o parte giratoria; sin embargo en los generadores de corriente alterna para ciertas aplicaciones, el

devanado de armadura está en la parte estacionaria (estator). (HAPPER. Enríquez .2007, p.75).

FIGURA N° 1

DEVANADOS DEL GENERADOR



LA ELECTRICIDAD SE GENERA COMBINANDO LA SUMA DE MOVIMIENTOS DE LOS FLUJOS

Fuente: Libro Práctico de los Generadores. Gilberto Harper Enríquez

1.3.1.5 Sistema de enfriamiento del generador

El medio de enfriamiento interno del generador debe ser directo por aire en circuito cerrado, debe ser hermético al polvo y no debe permitir entrada de agua o aceite lubricante al generador. La circulación o movimiento del aire lo debe proporcionar un ventilador instalado en el rotor del generador. Se debe emplear enfriador secundario por agua, con cambiadores de calor montados en forma separada. El enfriador de agua debe estar perfectamente a nivel del generador. La

temperatura del agua de enfriamiento a la entrada del cambiador de calor no debe exceder de 298,1 K (+ 25 °C) y no ser menor de 278,1 K (+ 5 °C).

El sistema de enfriamiento se debe diseñar de manera que, si una sección sale de servicio, la unidad sea capaz de llevar al menos las dos terceras partes de la potencia nominal del generador, sin que las temperaturas posibles de las partes activas de la maquina sean excedidas. Los ventiladores del generador eléctrico deben estar montados en la flecha y suministrar suficiente circulación de aire al estator y el rotor para mantener la temperatura de los devanados. (DUNCAN, Glover.2008,p.20).

El enfriamiento debe ser totalmente cerrado tipo aire-aire (TEAAC) o aire-agua (TEWAC). El sistema de enfriamiento debe ser hermético y diseñado para evitar el ingreso de partículas contaminantes y conductoras en los devanados del estator.

Método de aire enfriado.

Los generadores que usan este método de enfriamiento, toman el aire del exterior a la temperatura ambiente como medio de enfriamiento, al aire se circula a través del estator y el rotor por medio de impulsores en ambos extremos del rotor. El aire caliente se extrae por la parte de atrás del generador para completar el ciclo, es decir, circula una sola vez.

Cambiador de calor aire-aire.

Un generador con un intercambiador de calor aire-aire es diferente de uno del tipo con enfriamiento natural, debido a que el intercambiador de calor constantemente recircula el mismo aire a través del estator, este método tiene además la ventaja de que conserva limpios los aislamientos, ya que el aire se cambia constantemente y con esto se elimina la necesidad de los filtros de aire en el sistema.

Cambiador de calor aire-agua.

Un generador con un cambiador de calor aire-agua es diferente del que usa cambiador de calor aire-aire en que el calor que viene del rotor y el estator se circula a través de un enfriador que consiste de un cierto número de tubos de cobre con perforaciones de circulación alrededor del diámetro exterior de los tubos. Es necesario tener una fuente de agua de enfriamiento, que se debe hacer circular a través de estos enfriadores; este sistema tiene la ventaja de que evita que se introduzcan al generador elementos contaminantes para los devanados.(HAPPER, Enríquez .2007, p.78)

Los tipos de enfriamiento normalmente usados en los generadores de corriente alterna son los de aire enfriado, aire-agua con cambiador de calor y el de gasto de agua con cambiador de calor.

1.3.2 Sistema de protección

En casi la totalidad de los países de nuestra región, la protección de los generadores frente a la posibilidad de daños significativos es más importante que la protección a la continuidad momentánea del servicio de sistema eléctrico al que están conectados. Una consideración a tener en cuenta al analizar las protecciones de un generador y que no se manifiesta en los restantes equipos que conforman un sistema eléctrico, es el hecho que la apertura de su interruptor principal es condición necesaria, pero no suficiente para evitar la prolongación de ciertos daños. (PERÈZ, José. 2007, p.56-57).

Los generadores representan el equipo más caro en un sistema eléctrico de potencia y se encuentran sometidos, más que ningún otro equipo del sistema, a los más diversos tipos de condiciones anormales, como contra cortocircuito entre

fase y tierra el núcleo del estator se ve forzosamente comprometido cuando tiene lugar un cortocircuito entre fase y tierra del estator de un generador. (CALLISTER, William. 2007, p.40-41).

Es necesario recurrir a relés especiales denominados relés diferenciales, debido a la existencia de problemas tales como: distinto comportamiento de los transformadores de corriente para cortocircuitos externos al generador, diversos errores para los niveles de corriente de carga.

1.3.2.1 Protección contra cortocircuito entre espiras misma fase y fase abierta.

Un cortocircuito entre espiras de una misma fase debe ser localizado y el generador desconectado del sistema, debido a que puede convertirse con facilidad en un cortocircuito de fase a tierra comprometiendo el núcleo del estator. Esta clase de cortocircuito no surge en grandes generadores que poseen una vuelta por fase por ranura además, no pueden ser detectados a través de la protección diferencial longitudinal, debido a que ésta se basa en el principio de comparación serie, y en este caso, por ser una perturbación serie no existe diferencia entre la corriente que circula por el principio de la fase y la que circula por el final.

El sistema de protección que se aplica para esta clase de cortocircuito depende de la disposición constructiva del generador. La protección difiere en el caso de un generador con dos enrollados por fase o con un solo enrollado por fase.

En el primero de los casos el cortocircuito entre espiras puede localizarse cotejando las corrientes de los dos enrollados que constituyen la fase. La protección que emplea este principio de comparación paralela recibe el nombre de protección diferencial transversal. La sensibilidad del relé que se emplee dependerá de la no igualdad de los dos enrollados que componen cada fase y del comportamiento desigual de los transformadores de corriente. Una solución posible radica en emplear un transformador de corriente de dos primarios y un

secundario que alimenta el relé. Se trata de un transformador del tipo ventana, conformado por dos ventanas y una pierna central en donde se enrolla el secundario; por cada ventana pasa cada cable correspondiente a cada enrollado y la diferencia surge magnéticamente.

Debido al tipo de comparación paralela en que esta protección se basa, puede localizar cortocircuitos de un enrollado a tierra, de dos enrollados de distintas fases, al igual que la apertura de uno de los enrollados. Existen especialistas partidarios de que la protección diferencial transversal anule a la longitudinal, particularmente en el caso de la conexión en bloque en que la protección diferencial del transformador cubre también el generador. La protección diferencial del transformador protege contra cortocircuitos entre fases en aquellas zonas exteriores a los puntos de unión de las sub fases. Los defensores de la protección diferencial longitudinal, no obstante de reconocer las cualidades de la transversal, insisten en la ventaja de instalarla debido a que facilita la localización del cortocircuito.

Si se trata de un generador con un solo enrollado por fase, puede localizarse el cortocircuito entre espiras y también la fase abierta a través del método de medir la tensión al neutro de cada fase del generador. Es necesario conectar en los bornes del generador un transformador de potencial con su primario conectado en estrella y se une su neutro con el del generador, el secundario del transformador se conecta en delta con un vértice abierto del cual se alimenta un relé de sobretensión que mide la tensión residual (3 V). El relé puede ser ajustado de manera que diferencia entre la tensión residual producida por un cortocircuito entre espiras y un cortocircuito a tierra externo al generador.

Esto es factible debido a que el circuito para el cortocircuito a tierra externo abarca la impedancia de neutro, mientras que el cortocircuito entre espiras reacciona directamente en el enrollado del transformador de potencial que se

encuentra conectado en paralelo con el enrollado de cada fase de la máquina. Si se trata de generadores con neutro conectado a tierra mediante resistencias de bajo valor, el relé debe poseer un elemento de tiempo que le posibilite coordinarse con cortocircuitos de fase a tierra externos al generador.

Existe un sistema de protección alternativo basado en el hecho de que cualquier asimetría en las corrientes estáticas hace circular componentes de secuencia negativa, las cuales producen un campo rotatorio que gira a la misma velocidad que el campo de secuencia positiva pero en sentido contrario, por lo tanto induce en el rotor corrientes de doble frecuencia. Dichas corrientes pueden localizarse a través de la conexión en el campo de un relé sintonizado a esa frecuencia, de manera que detecte los cortocircuitos asimétricos externos al generador. (MUJAL, Ramón. 2007, p.95).

1.3.2.2 Protección contra cortocircuito entre fases

Este tipo de cortocircuitos genera la circulación de elevadas corrientes. Estas pueden producir daños significativos en el lugar del cortocircuito. Se trata de uno de los cortocircuitos más perjudiciales que puede tener lugar en el estator de un generador, ya que en el caso de no ser despejado prontamente puede originar la destrucción de las láminas del estator en el área del cortocircuito. Para detectar el cortocircuito entre fases se utiliza el principio de comparar, en las tres fases, la corriente que circula por el extremo del neutro con la que circula por el extremo de los bornes. Bajo condiciones normales, estas corrientes son idénticas. Por el contrario, cuando tiene lugar un cortocircuito surge una diferencia que es medida por un relé.

La protección que se fundamenta en este principio de comparación serie recibe el nombre de “protección diferencial longitudinal”. Es una protección unitario o de zona, debido a que sólo se protege cada fase del generador en la zona situada entre

los transformadores de corriente. Como consecuencia de esto, es inherentemente selectiva. (MUJAL, Ramón. 2007, p.100).

En mucho de los casos es necesario recurrir a relés especiales denominados relés diferenciales, debido a la existencia de problemas tales como: distinto comportamiento de los transformadores de corriente para cortocircuitos externos al generador, diversos errores para los niveles de corriente de carga.

Cuando opera la protección diferencial es usual que energice un relé auxiliar del tipo reposición manual. Este relé se encarga de dar las órdenes de:

- a) Apertura del interruptor principal del generador o del interruptor del lado de alta tensión del transformador de subida, en el caso de que se trate de un esquema en bloque.
- b) Apertura del interruptor del lado de baja tensión del transformador de servicios auxiliares de la unidad, en el caso de que exista.
- c) Apertura del interruptor de campo.
- d) Detención de emergencia
- e) Inyección de CO₂.

El empleo de un relé auxiliar de reposición manual asegura que el generador no se pondrá en servicio nuevamente, sin que previamente se haya repuesto en forma manual el auxiliar. (PERÈZ, José. 2007, p.86-87).

1.3.2.3 Protección contra cortocircuito entre fase y tierra

El núcleo del estator se ve forzosamente comprometido cuando tiene lugar un cortocircuito entre fase y tierra del estator de un generador, debido a que, independientemente de la conexión del neutro del generador con respecto a tierra, la carcasa del generador se encuentra conectada a tierra. El daño que originará el cortocircuito a tierra en las láminas del estator estará supeditado a la intensidad de la corriente del cortocircuito y al tiempo que circule dicha corriente. La intensidad de la corriente que circula, para un cortocircuito de fase a tierra en el estator, está condicionada por el tipo de conexión que tiene el neutro del generador. Dicha

intensidad será máxima en el caso de que el neutro esté sólidamente conectado a tierra y será mínima si el neutro se encuentra desconectado físicamente de tierra y se opera con un sistema de tipo bloque.(MUJAL, Ramón. 2007, p.103).

Las normas de fabricación de los generadores determinan que los mismos resistirán los esfuerzos térmicos y mecánicos que surgen al producirse un cortocircuito de una fase a tierra en sus bornes, siempre que el valor de la corriente de cortocircuito de una fase a tierra se limite al valor del cortocircuito trifásico a través de la utilización de reactores o resistores entre neutro y tierra. En este momento, surgen dos corrientes de opinión: los partidarios a dejar el neutro desconectado de tierra, con lo que se acataría la norma, y los que mantienen la idea de emplear un limitador de corriente entre neutro y tierra. (GLOVER, Duncan. 2007, p.40).

Dentro de este último grupo, surge una variada separación entre diversas alternativas: resistencia, reactancia, transformador de distribución con resistencia secundaria y reactancia.

1.3.2.4 Protección de generador con neutro desconectado de tierra

Se trata de una de las alternativas con mayor difusión, particularmente con esquema en bloque, es decir generador conectado sin interruptor en el lado de alta tensión. Debido a que el enrollado de baja tensión del transformador es, generalmente, de conexión delta, los cortocircuitos de una fase a tierra en el lado del generador no se ven afectados por el sistema eléctrico conectado al lado de alta tensión del transformador.

Como consecuencia del bajo nivel de las corrientes capacitivas que circulan en este caso para un cortocircuito de una fase a tierra, la protección longitudinal no podrá individualizar el cortocircuito.

Otro método para detectarlo radica en la medición del desplazamiento que experimenta el neutro con respecto a tierra. El esquema usual es medir esta tensión de desplazamiento por medio de la conexión entre neutro y tierra de un transformador potencial e instalar en su secundario un relé de tensión. (MUJAL, Ramón. 2007, p.108).

Las corrientes que circulan para un cortocircuito en esta zona de insensibilidad son bastante pequeñas debido a que la fuerza electromotriz que las hace circular es solo el 5% de la normal. Como consecuencia de esto, en muchos países se considera admisible este porcentaje de 95% de protección; pero suele desconectarse el generador del servicio y abrir el interruptor de campo.

Para la elección de uno u otro valor, se debe tener en cuenta los efectos transitorios que surgen debido a la existencia de esta impedancia de neutro y la capacidad a tierra. Con respecto al problema del sistema de protección a adoptar, puede establecerse que si la corriente que circula es considerable, la protección diferencial longitudinal detecta y protege esta forma de cortocircuito. Una opción alternativa a la del transformador de potencial en el neutro, pero basada en el mismo principio, es la de conectar un transformador de potencial trifásico en los bornes del generador. Dicho transformador trifásico posee su primario conectado en estrella con neutro a tierra y su secundario en delta con un vértice abierto en el cual se conecta el relé de tensión. (GLOVER, Duncan. 2007, p.42).

Si los generadores, con neutro desconectado de tierra, realizan su trabajo en paralelo sobre una barra al nivel de tensión de generación, los anteriores sistemas de protección no serían selectivos.

1.3.3 Sistemas eléctricos

Un sistema eléctrico es el recorrido de la electricidad a través de un conductor, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo. Es una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas. Todo circuito eléctrico requiere, para su funcionamiento, de una fuente de energía, en este caso, de una corriente eléctrica. (LOPÈZ, Andrés. 2008, p.86-87).

La energía eléctrica es necesaria para el funcionamiento de muchos sistemas e instrumentos del aeroplano: arranque del motor, radios, luces, instrumentos de navegación, y otros dispositivos que necesitan esta energía para su funcionamiento (bomba de combustible, en algunos casos accionamiento de flaps, subida o bajada del tren de aterrizaje, calefacción del pitot, avisador de pérdida).

Antiguamente, muchos aeroplanos no contaban con un sistema eléctrico sino que tenían un sistema de magnetos que proporcionaban energía eléctrica exclusivamente al sistema de encendido (bujías) del motor; debido a esta carencia, el arranque del motor debía realizarse moviendo la hélice a mano. Más tarde, se utilizó la electricidad para accionar el arranque del motor eliminando la necesidad de mover la hélice manualmente. (PERÈZ, Manuel. 2007, p.78-80).

Cuando los expertos diseñan un sistema eléctrico lo hacen pensando en cómo proveer energía aún en las peores condiciones de operación; los sistemas de 12 volts son los más tradicionales y, a su vez, los menos costosos, los de 24 volts se consideran los más eficientes. Un sistema eléctrico puede encontrarse alrededor de nuestra vivienda como también incorporados a ciertos equipos u objetos.

1.3.3.1 Partes que componen los conductores eléctricos

El alma o elemento conductor.

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales).

De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos.

Alambre.

Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor.

FIGURA N° 2
ALAMBRE CONDUCTOR



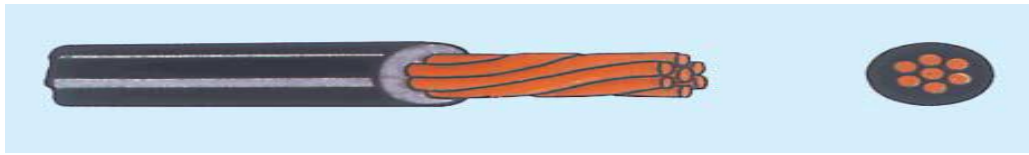
Fuente: Manual de conductores eléctricos. p.19

Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

Cable.

Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

FIGURA N° 3
CABLE CONDUCTOR



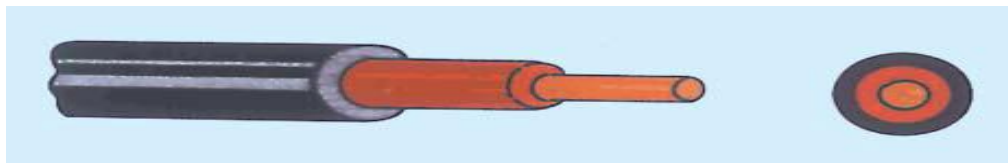
Fuente: Manual de conductores eléctricos. p.19

Según el número de conductores

Monoconductor.

Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.

FIGURA N° 4
MONOCONDUCTOR ELECTRICO

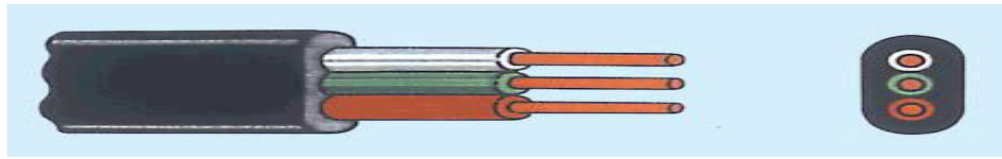


Fuente: Manual de conductores eléctricos. p.20

Multiconductor.

Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.

FIGURA N° 5
MULTICONDUCTOR ELECTRICO



Fuente: Manual de conductores eléctricos. p.20

El aislamiento.

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas. Entre los materiales usados para la aislación de

conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neoprén y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

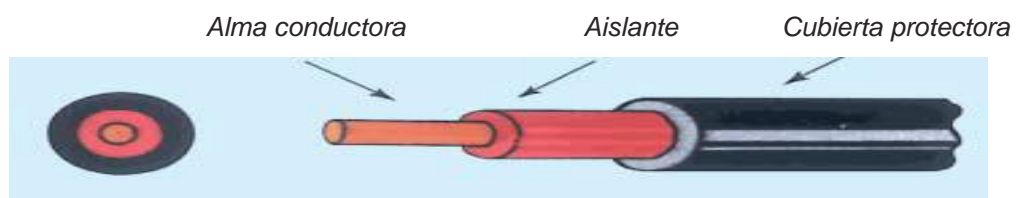
Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

La cubierta protectora.

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes. Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina armadura. La armadura puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre.

En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina pantalla.

FIGURA N° 6
CUBIERTA PROTECTORA



Fuente: Manual de conductores eléctricos. p.21

1.3.3.2 Conductor eléctrico

La conductividad eléctrica del cobre puro fue adoptada por la Comisión Electrotécnica Internacional en 1913 como la referencia estándar para esta magnitud, estableciendo el International Annealed Copper Standard.

Cualquier material que ofrezca poca resistencia al flujo de electricidad se denomina conductor eléctrico. La diferencia entre un conductor y un aislante, que es un mal conductor de electricidad o de calor, es de grado más que de tipo, ya que todas las sustancias conducen electricidad en mayor o en menor medida. Un buen conductor de electricidad, como la plata o el cobre, puede tener una conductividad mil millones de veces superior a la de un buen aislante, como el vidrio o la mica. En los conductores sólidos la corriente eléctrica es transportada por el movimiento de los electrones; y en disoluciones y gases, lo hace por los iones.

Son materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja. Los mejores conductores eléctricos son metales, como el cobre, el oro, el hierro y el aluminio, y sus aleaciones, aunque existen otros materiales no metálicos que también poseen la propiedad de conducir la electricidad, como el grafito o las disoluciones y soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) o cualquier material en estado de plasma.

Para el transporte de energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el mejor conductor es la plata, pero debido a su elevado precio, los materiales empleados habitualmente son el cobre (en forma de cables de uno o varios hilos), o el aluminio; metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre, es sin embargo un material tres veces más ligero, por lo que su empleo está más indicado en líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión. A diferencia de lo que mucha

gente cree, el oro es levemente peor conductor que el cobre, sin embargo, se utiliza en bornes de baterías y conectores eléctricos debido a su durabilidad y “resistencia” a la corrosión.

<http://centros3.pntic.mec.es/cp.valvanera/ELECTRICIDAD/clasescircuito/clasescircuito.html>

Los materiales en los que los electrones están fuertemente ligados a los átomos se conocen como aislantes, no conductores o dieléctricos. Algunos ejemplos son el vidrio, la goma o la madera seca.

1.3.3.3 Corrientes peligrosas de cortocircuito

A efectos de selección y dimensionamiento de los dispositivos de protección adecuados a cada red. La siguiente tabla clasifica las sollicitaciones más importantes, así como la forma de calcularla.

CUADRO N° 1
CORRIENTES PELIGROSAS DE CORTOCIRCUITO

Solicitaciones	Clase de defecto	Corriente de avería					Red	
		I	I	I	I			
Calentamiento	3 polos	X	X			Máximas Corrientes de avería	AT	BT
	1 polos	X	X				AT	BT
	EE	X					AT	
Esfuerzos	3 polos			X			AT	BT
Capacidad de conexión	3 polos			X			AT	BT
	1 polos			X				BT
Capacidad de desconexión	3 polos				X		AT	BT
	1 polos				X			BT
Tensión de puesta a tierra							AT	
Tensión de contacto	1 polos	X						
Influencia Inductiva	1 polos	X				AT		
	EE	X				AT		
Disparo de relés de protección	3 polos		x			AT	BT	
Seguridad de actuación de los dispositivos de protección para sistema con línea de protección						Mínimas corrientes de avería		
	2 polos		x					BT
	1 polos		x					BT

Fuente: Manual de protección contra sobre tensiones transitorias en redes de baja tensión

La corriente de cortocircuito, conforme a la ley Joule-Lenz, produce gran cantidad de calor en la resistencia activa del circuito. En el punto deteriorado, este calor y la llama del arco eléctrico provocan grandes destrucciones que dependen del tiempo y de la intensidad del cortocircuito.

Al pasar por el circuito no defectuoso, la corriente de cortocircuito lo calienta hasta límites inadmisibles, lo que puede destruir el aislamiento y los conductores del circuito no afectado.

La reducción del voltaje en el momento del cortocircuito afecta el trabajo de los consumidores y sobre todo de los motores eléctricos, pues en esto disminuye la magnitud de la velocidad de rotación. Los equipos más sensibles a la reducción del voltaje son los instrumentos electrónicos, equipos de iluminación y otra consecuencia todavía más grave de la reducción del voltaje, es la afectación del trabajo estable, en paralelo de los generadores en las centrales eléctricas, esto puede afectar gravemente todo el sistema de desconectar todos los consumidores. Estas consecuencias del cortocircuito confirman que este es una falla peligrosa que requiere la desconexión urgente del circuito afectado.

En cuanto al régimen anormal de trabajo, este es un régimen de valores de corriente, voltaje y frecuencia que son peligrosas para el funcionamiento del equipo y del sistema. Los regímenes anormales se dan por las sobrecargas debido al aumento de la corriente por encima de su valor nominal: La corriente nominal es la corriente máxima admisible para un equipo determinado, durante un tiempo ilimitado. Cuando la corriente que pasa por el equipo supera el valor nominal, aparece un calor excedente que supera también todas las normas admisibles del calentamiento de este equipo y trae por consecuencia que se destruya o se deteriore el aislamiento eléctrico. (MANZANO, José.2008, p.90).

El aumento del voltaje puede constituir un peligro para el aislamiento del equipo, en el caso de la conexión o desconexión de líneas de transmisión eléctrica muy largas.

1.3.3.4 Efecto de las armónicas

Las armónicas son corrientes y/o voltajes presentes en un sistema eléctrico, con una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental. Así, en sistemas con frecuencia de 60 Hz y cargas monofásicas, las armónicas características son la tercera (180 Hz), quinta (300 Hz), y séptima (420 Hz) por ejemplo.

Con el creciente aumento en el uso de cargas no lineales (procedentes de la electrónica de potencia), se han empezado a tener algunos problemas en las instalaciones eléctricas debido a los efectos de las componentes armónicas de corrientes y voltajes en el sistema eléctrico, que no se contemplaban anteriormente. Entre estos están el sobrecalentamiento de cables, transformadores y motores, corrientes excesivas en el neutro, fenómenos de resonancia entre los elementos del circuito, (si se cuentan con bancos de capacitores para corrección del factor de potencia) y en general la calidad en el suministro de energía eléctrica se ha ido deteriorando por la distorsión presente en los voltajes y corrientes.

Esta situación puede llegar a causar un funcionamiento incorrecto de muchos equipos (especialmente los menos robustos) que han sido diseñados para operar bajo condiciones normales (poca distorsión armónica). Además, se presenta un incremento en los costos de operación como resultado de algunos factores ligados a la generación de armónicas.

Los efectos producidos por las armónicas en los componentes de los sistemas eléctricos han sido analizados tanto para circuitos particulares como para toda una red interconectada, no obstante en algunos casos es muy difícil cuantificarlos en

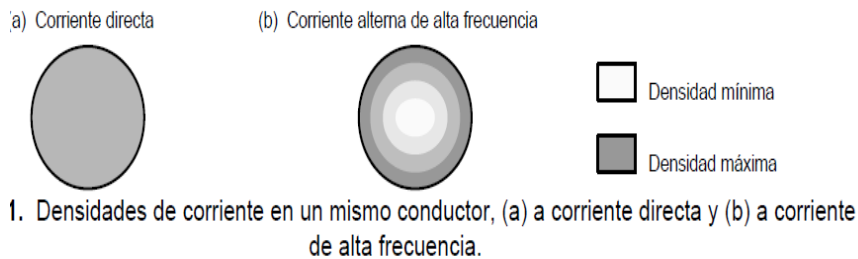
forma específica puesto que dependen de muchos factores. A continuación se presentará un compendio de los mismos, citando las referencias correspondientes.

Efecto en cables y conductores.

A la circular corriente directa a través de un conductor se produce calentamiento como resultado de las pérdidas por efecto Joule, I^2R , donde R es la resistencia a corriente directa del cable y la corriente está dada por el producto de la densidad de corriente por el área transversal del conductor. A medida que aumenta la frecuencia de la corriente que transporta el cable (manteniendo su valor rms igual al valor de corriente directa) disminuye el área efectiva por donde ésta circula puesto que la densidad de corriente crece en la periferia exterior, lo cual se refleja como un aumento en la resistencia efectiva del conductor.

FIGURA N° 7

EFFECTO ARMÓNICO CABLES Y CONDUCTORES



Fuente: Manual de efectos de armónicas en cables y conductores

Por lo tanto, la resistencia a corriente alterna de un conductor es mayor que su valor a corriente directa y aumenta con la frecuencia, por ende también aumentan las pérdidas por calentamiento. A frecuencia de 60 Hz, este efecto se puede despreciar, no por que no exista, sino porque este factor se considera en la manufactura de los conductores Sin embargo con corrientes distorsionadas, las

pérdidas por efecto Joule son mayores por la frecuencia de las componentes armónicas de la corriente. La tabla 1 muestra la razón entre la resistencia de alterna y la de directa producida por el efecto piel en conductores redondos, a frecuencias de 60 y 300 Hz. (Dr. TORRES, Armando WEB; 2008 p. 3,6,7)

TABLA N° 1
MANUAL DE EFECTO PIEL EN CONDUCTORES

Tamaño del conductor	Resistencia AC 60 Hz	Resistencia DC 300 Hz
300 MCM 450	1.01	1.21
MCM 600 MCM	1.02	1.35
750 MCM	1.03	1.50
	1.04	1.60

Fuente: Manual de efecto de armónicas en cables y conductores

Es importante señalar que las armónicas son una situación de estado estable, por lo que no se deben confundir con fenómenos transitorios. Aun y cuando las corrientes de energización en los transformadores son transitorios en sistemas eléctricos, también se pueden citar dentro de fuentes que producen armónicas si operan en sistemas que presentan una resonancia aguda.

1.3.4 Estudio de cargas eléctricas

Para la estimación de la energía consumida por la instalación se habrán de evaluar, por separado, la aportación al consumo total de los equipos de corriente alterna y continua. A la hora de realizar esta estimación deben tenerse en cuenta las variaciones estacionales, ya que la incidencia de determinadas aplicaciones (especialmente los bombeos de agua) es muy importante frente a los consumos de otros usos, por lo que deben calcularse los consumos de varios meses diferentes.

En el caso de que se trate de sistemas de electrificación con consumos idénticos a lo largo de todo el año, bastará con realizar una única estimación. (JIMÉNEZ, Javier. 2010, p.2)

Para la evaluación del consumo total se tiene en cuenta dos factores: Margen de seguridad de captación (MSC): Corresponde a las pérdidas en el cableado, pérdidas en conexiones, variaciones en los consumos previstos inicialmente, etc. En principio puede estimarse en un 15% para la mayoría de los casos. Eficiencia del inversor (E_i): Es la relación entre la energía que se aporta al inversor y la realmente disponible para el consumo. Como ya se mencionó en el capítulo dedicado a los elementos que componen la instalación, el inversor tiene un consumo propio constante y un rendimiento variable en función de la carga a la que suministre. En principio, y salvo disponer de informaciones más precisas, puede tomarse como valor medio el 85%. (SÁNCHEZ Martín, 2007, p.76).

El estudio de cargas eléctricas es un cálculo que se aplica a un proyecto eléctrico para conocer la demanda de energía eléctrica que va a consumir todas las cargas instaladas en toda la instalación, generalmente este estudio sirve para determinar la potencia necesaria del transformador que va a suministrar de energía a los circuitos.

1.3.4.1 Dimensionamiento de un grupo electrógeno

La potencia nominal a instalar para cada grupo resulta de la suma de las potencias requeridas por los receptores a alimentar, multiplicada por un factor de simultaneidad y tomando en cuenta un futuro aumento del consumo de hasta un 10%. Para las cargas con sobrecorrientes iniciales, deben tomarse las debidas precauciones que eviten la aparición de caídas de tensión durante el arranque o el funcionamiento.

Es muy importante tener definido si la utilización de esta fuente de suministro cubrirá la carga de la instalación completa o si abarcará solo una parte de los circuitos que serán indispensables para mantener las funciones más perentorias.

Esta definición decide como valorar las cargas a la hora de efectuar el cálculo:

1. Si se realiza la transferencia de conexión solo para un pequeño grupo de cargas (definidas como cargas en emergencia), será necesario considerar en el cálculo la máxima demanda de las mismas, que en la mayoría de los casos será igual a la suma de la potencia de todas estas cargas conectadas.
2. Si se conectan al generador del grupo electrógeno todas las cargas presentes en la instalación, habrá que considerar la demanda máxima y el factor de diversidad tal como si se estuviera trabajando con el suministro de la red de distribución.

En ambos casos, si existen cargas muy grandes y/o de arranque pesado, hay que valorar el escalonamiento en la entrada de estas para lograr que el grupo electrógeno funcione, en su régimen nominal, entre el 70 - 80% de su capacidad de generación.

Durante el proceso de cálculo, las cargas con factor de potencia estable y cercano a la unidad (cargas resistivas y la iluminación fluorescente e incandescente, con un factor de potencia por encima de 0,9) se separan de las cargas motrices (motores de inducción) que pueden presentar un factor de potencia variable por la inestabilidad de la potencia útil requerida en el eje.

1.3.4.2 Cargas con factor de potencia cercano a la unidad

Se definen por la siguiente expresión:

$$S_{1g} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ci}}{k\phi_i * \cos\phi_i}$$

Donde:

S_{1g} = Potencia necesaria del generador para alimentar las cargas. Con factor de potencia cercano a la unidad, en KVA.

P_{ci} = Carga conectada en el circuito i, en KW.

$K\phi$ = Factor de corrección que depende del factor de potencia

$\cos\phi_i$ = Factor de potencia de la carga en el circuito i.

n = Número de circuitos a considerar.

TABLA N° 2

FACTOR DE CORRECCIÓN SEGÚN EL FACTOR DE POTENCIA

Valor del $\cos\phi$	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
Valor de $K\phi$	0.88	0.94	1.00	1.06	1.13	1.19	1.25

Fuente: Caterpillar, USA Genset Sizing, Electric Power. Application and installation guide

1.3.4.3 Cargas motrices

Como funcionamiento normal se define las cargas motrices que operan en regímenes estables y están sujetas a procesos muy poco frecuentes de arranque

parada, considerándose como una carga ya alimentada por el grupo electrógeno, por lo que se utiliza el valor de potencia realmente demandada y no el valor nominal. Se calcula por la siguiente expresión:

$$S_{2g} = \sum_{j=1}^n \frac{P_{cj}}{k\phi + R_j * \cos\phi_j}$$

Donde:

S_{2g} = Potencia necesaria del generador para alimentar las cargas motrices en funcionamiento normal, en KVA. P_{cj} = Potencia del motor, en KW. (Se toma el valor real práctico demandado por el motor; si se desconoce se toma el valor de la potencia nominal en la placa de características) $k\phi$ = Factor de corrección dependiente del factor de potencia $\cos\phi_j$ = Factor de potencia de la carga en el circuito j. R_j = Rendimiento del motor. n = Número de circuitos a considerar.

El tratamiento a las cargas motrices con periodos de conexión desconexión frecuentes y breves periodos de trabajo, es diferente y hay que tener determinado, sea de forma práctica o a través de los parámetros de cada motor, la relación entre la corriente de arranque y la corriente nominal.

1.3.4.4 Potencia total del generador

La Potencia total del generador, expresada en KVA, será igual a la suma vectorial de las potencias P_{1g} , P_{2g} y P_{3g} porque cada resultado obtenido tiene factores de potencia diferentes.

Se obtiene de las ecuaciones:

$$S_g = S_{1g} + S_{2g} + S_{3g}$$

O sea:

$$S_g^2 = (\sum KW) + (\sum KVA_r)$$

Tanto la temperatura del medio ambiente, así como la altura de instalación inciden en la potencia del generador y del motor, por lo que es necesario incluir factores de corrección a partir de las condiciones de operación

TABLA N° 3

FACTOR DE CORRECCIÓN SEGÚN EL AUMENTO DE TEMPERATURA

t° del ambiente	Hasta 30°	40°	45°	50°	55°
Aumento de t°	110°	110°	95°	90°	85°
Valores de kt	1.05	1	0.97	0.94	0.92

Fuente: Caterpillar, USA Genset Sizing, Electric Power. Application and installation guide.

TABLA N° 4

FACTOR DE CORRECCIÓN SEGÚN LA ALTURA DE EMPLAZAMIENTO DE INSTALACIÓN

Altura, metros	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Kh prar t° ambiente 30° < t°a < 40°	1	0.97	0.95	0.92	0.89	0.86	0.83
Kh para t° ambiente t° a < 30°	1.05	1.025	1	0.975	0.95	0.92	0.895

Fuente: Caterpillar, USA Genset Sizing, Electric Power. Application and installation guide

1.3.5 Sistema de protección contra sobre voltaje del generador

Las sobre cargas de un generador es una de las causas que producen el calentamiento del mismo, el cual también puede ser dado por falla de sistema de enfriamiento, este tipo de problemas son fáciles de detectar si es que los generadores están equipados con resistencias detectoras de temperatura o con relés detectores de sobre corriente. Este tipo de fallas se dan comúnmente en generadores grandes >1.5MVA. Estos relés deben estar prestos a entrar en funcionamiento cuando se sobre pasa la temperatura admisible. (BALDES, Stalin. 2007, p. 34)

Según las condiciones de la explotación, el relé puede desconectar directamente el interruptor del generador o accionar una señal de aviso al personal de servicio para que este reduzca la carga de la máquina. Los relés de sobre carga dependen de la corriente en un lapso de tiempo, por lo que es un dispositivo ideal para la protección contra sobre cargas. Cuando se dan efectos exteriores como los cortocircuitos sobre las barras o los que se producen en la red y que no han sido eliminados por los relés de salida de línea, se predispone relés temporizados de máxima corriente primarios o secundarios. (GLOVER, Duncan. 2007, p.2).

Estos relés aseguran la protección de sobrecargas y en caso de cortocircuitos, la desconexión de los relés de sobrecarga es instantánea y provocando la desconexión instantánea del interruptor

1.3.5.1 Descripción de los diversos tipos de relés

El crecimiento de los sistemas eléctricos fue generando unas necesidades auxiliares, entre las cuales se incluyen los sistemas de protección. Los relés se pueden clasificar de distintas maneras. Como presentación vamos a elegir una general en base a la función que realizan:

Relés de protección.

Detectan alternaciones de las condiciones normales de los equipos que la protegen, indicando o permitiendo disparos y/o activando alarmas.

Relés de supervisión.

Verifican condiciones del sistema, en su zona asignada. Las condiciones que no implican disparo pueden ser monitorizadas por este tipo de relés.

Relés de ángulo.

Establecen o detectan secuencias desfases entre magnitudes eléctricas.

Relés de regulación.

Se activan cuando una variable supera un rango previsto. Operan sobre equipos auxiliares para devolver la variable a su valor de consigna.

Relés auxiliares.

Se utilizan para multiplicar señales y activar equipos. Responden a la apertura o cierre de contactos de los relés principales y equipos diversos. (MUJAL, Ramón. 2007, p.115).

En cuanto a los sistemas de protección podemos distinguir a grandes rasgos los sistemas de protección directos, se basan en los que el elemento de medida es, generalmente el mismo que el de corte, o está incorporado a él, y la magnitud que hay que controlar, normalmente la intensidad, se aplica a la protección sin ningún

tipo de protección, este tipo de sistema de protecciones hoy por hoy está casi en desuso.

En los sistemas de protección indirectos, son aquellos en los que la magnitudes que hay que controlar (tensión, intensidad, frecuencia, temperatura) se transforman en valores normalizados antes de inyectarse al relé de protección. En este tipo de protecciones se usan distintos tipos de relés en los que podemos distinguir:

Relés de atracción electromagnética.

Responden instantáneamente al valor eficaz de la tensión que se les aplica, intensidad o tensión, que es convertida en una fuerza capaz de cerrar un par de contactos.

Relés electromagnéticos de inducción.

Responden de forma temporizada al valor eficaz de la magnitud que se les aplica. En estos relés, el campo magnético generado en una bobina produce un par proporcional en un disco o copa, que son los que cierran los contactos. El tiempo de actuación es inversamente proporcional a la magnitud medida, o al producto vectorial de las dos, en el caso de copa de inducción.

Relés de cuadro móvil.

Son el primer paso hacia los relés estáticos. El valor medio de la magnitud de entrada se mide por integración y se rectifica. El resultado alimenta un cuadro móvil que cierra contactos.

Relés estáticos.- Son relés totalmente electrónicos. Existen dos tipos:

Analógicos.

Son estáticos con elementos convencionales. Son el primer tipo de relés estáticos y su construcción es generalmente modular. Tienen una gran fiabilidad, duración y precisión.

Digitales.

Están dotados de microprocesador, y encaminados a la utilización de fibra óptica, lo que garantiza la transmisión de gran cantidad de información a alta velocidad. Incorporan funciones de auto diagnóstico, mejoran las características de software, tiene mayor flexibilidad, menor mantenimiento y reducen el conexionado. (GLOVER, Duncan. 2007, p. 50).

En general estos sistemas son más costosos pero son donde el concepto de protección alcanza su plenitud, y los que mayoritariamente se utilizan en la actualidad para los diversos tipos de protecciones.

1.3.5.2 Relé multifunción g. e. 760

El Relé Multifunción 760 es un equipo digital, es decir, emplea una conversión A/D directamente sobre los valores de entrada obtenidos desde los TT/MM (TT/CC y TT/PP) conectados al equipo y procesa las señales digitales resultantes usando exclusivamente microprocesadores. Está diseñado para la gestión y protección primaria de alimentadores de distribución, así como también para la gestión y protección de respaldo para barras, transformadores, y líneas de transmisión.

Funciones de protección y control con que cuenta el relé

Dos elementos temporizados para sobrecorriente de fase.

Cada elemento equivale a un Relé trifásico de sobrecorriente. Pueden ser supervisados y controlados por el elemento direccional de fase, si así se requiere.

Dos elementos instantáneos para sobrecorriente de fase.

Cada elemento equivale a un relé trifásico, bifásico o monofásico de sobrecorriente. Estos elementos pueden ser supervisados y controlados por el elemento direccional de fase, si así se requiere.

Dos elementos temporizados de sobrecorriente del neutro.

Cada uno equivale a un Relé temporizado de sobrecorriente de neutro. Este elemento es supervisado por una unidad direccional.

Falla del interruptor.

La operación del interruptor es monitoreada al existir un comando de apertura. Si la corriente de cualquier fase sobrepasa el nivel fijado después que el tiempo de falla del interruptor ha expirado, éste es declarado en falla y bloqueado para la reconexión automática. El relé multifunción incluye dos retardos programables para esta función, los que pueden ser usados en forma individual o combinados con otras funciones.

Elementos de monitoreo

* Niveles de corriente por fase y del neutro.

- * Factor de potencia, localización de fallas.
- * Demandas de corriente, de potencia real, de potencia reactiva y de potencia aparente.
- * Monitoreo de las entradas/salidas analógicas, sobre frecuencia, equipamiento (contador de aperturas, arco de corriente, operación del interruptor, bobinas de apertura/cierre) y pulsos de salida.

1.3.5.3 Elementos de control

Comprobación de sincronismo.

En el caso de que un interruptor conecte en paralelo dos fuentes de generación, es necesario verificar el sincronismo antes de permitir que éste se cierre.

Control de cierre manual.

La corriente de magnetización de algunos alimentadores puede provocar el disparo de las funciones de sobrecorriente. Puede ser necesario bloquear o alterar algunas características de la protección de sobrecorriente durante ciertos periodos. Después del cierre manual del interruptor, el relé puede bloquear cualquier elemento de sobrecorriente instantánea o elevar el pickup de algún elemento temporizado, durante un tiempo programable; pasado el cual, se restablece el funcionamiento normal del equipo.

Control de arranque en frío.

Cuando se cierra un interruptor tras un corte de electricidad prolongado, la corriente de magnetización del alimentador y la de aceleración de un motor pueden superar el ajuste de alguna función de protección. Estas funciones de protección no serán necesarias durante un tiempo, de modo que pueden ser

bloqueadas automática o manualmente durante un período determinado después del cierre del interruptor.

Restablecimiento automático por bajo voltaje y baja frecuencia.

El relé puede programarse para restaurar automáticamente el interruptor después de un disparo por mínimo voltaje o mínima frecuencia, y cuando estos parámetros vuelvan a la normalidad.

Transferencia de barras.

El relé está provisto de tres circuitos de interrupción, dos para líneas de llegada y uno en el seccionador (normalmente abierto) de la barra. Estos circuitos pueden realizar la transferencia ante pérdidas de alimentación.

Reconexión automática.

La reconexión puede iniciarse externamente o desde la protección de sobrecorriente. Se pueden realizar hasta cuatro intentos de reconexión, cada uno con un plazo programable. Para cada intento de reconexión, el Relé multifunción 760 puede programarse para bloquear cualquier elemento de sobrecorriente instantánea o temporizada. El número de intentos se puede reducir debido a la presencia de corrientes elevadas.

<http://es.scribd.com/doc/27035098/Capitulo-3-Protecciones-de-Sobrecorriente-3-1-Introduccion>

1.3.5.4 Protección por relevadores

Los deterioros y los regímenes anormales en las instalaciones eléctricas ponen en peligro el funcionamiento de los equipos. Debido a esto surge la necesidad de

crear y utilizar dispositivos automáticos que desconecten y protejan al sistema y sus elementos.

La protección por relevadores método principal de la automatización eléctrica sin la cual no es posible el trabajo normal y seguro de los sistemas energéticos moderno, realiza un control permanente del estado y del régimen de trabajo de todos los elementos del sistema y detecta la aparición de averías y regímenes anormales.

En los sistemas eléctricos modernos, la protección por relevadores está estrechamente unida a la automatización eléctrica, cuya función es restablecer rápidamente el régimen normal de alimentación de los consumidores. Su función principal es detectar y desconectar rápida y automáticamente el circuito defectuoso, con el fin de evitar que se dañe o se destruya y de asegurar un trabajo normal de la parte restante de la instalación eléctrica o del sistema eléctrico.

1.3.5.5 Protección de corriente máxima

La corriente máxima (también conocida como corriente admisible y, sobre todo en los países hispanoamericanos, como ampacidad, tomado del inglés *ampacity*) (es la máxima intensidad de corriente que puede circular de manera continua por un conductor eléctrico sin que éste sufra daños). Esta corriente varía según las condiciones en que se encuentre el conductor, su sección, el material de su aislamiento y de la cantidad de conductores agrupados.

TABLA N° 5**CORRIENTES MÁXIMAS EN CONDUCTORES UNIPOLARES DE
COBRE**

Sección	Sin ventilación	Con ventilación
0.35 mm ²	1.00 A	1.00 A
0.50 mm ²	3.00 A	3.00 A
0.75 mm ²	8.00 A	10.0 A
1.00 mm ²	10.5 A	12.0 A
1.50 mm ²	13.0 A	15.5 A
2.50 mm ²	18.0 A	21.0 A
4.00 mm ²	24.0 A	28.0 A
6.00 mm ²	31.0 A	36.0 A
10.0 mm ²	42.0 A	50.0 A
16.0 mm ²	56.0 A	68.0 A
25.0 mm ²	73.0 A	89.0 A
35.0 mm ²	89.0 A	111 A
50.0 mm ²	108 A	134 A
70.0 mm ²	136 A	171 A
95.0 mm ²	164 A	207 A
120 mm ²	188 A	239 A
150 mm ²	310 A	385 A

Fuente: Manual práctico de corrientes máximas en los conductores

Constituye una variedad de la protección máxima, por el modo de instalarla y de asegurar el funcionamiento, se aplica ampliamente para la protección de líneas contra cortocircuitos entre fases y entre fases y tierra, en las redes de todos los voltajes, incluso dentro del sistema de necesidades propias de la planta. En líneas radiales con alimentación unilateral la protección de corriente máxima se instala en la parte inicial de cada línea, por el lado de la fuente de alimentación.

Con objeto de asegurar la selectividad, las protecciones se construyen previendo el acrecentamiento de las causas temporales del consumidor con respecto a la fuente de alimentación. La pausa temporal de una protección debe ser mayor que la pausa temporal de la protección anterior en la cantidad de tiempo (en segundos) a la cual se le llama escalón de la selectividad y esta constituye la variedad fundamental de protecciones para redes con alimentación unilateral. Para las redes con configuración más completa, la protección de corriente máxima se aplica en calidad de auxiliar en ciertos casos.

La intensidad de corriente eléctrica que soporta un conductor es directamente proporcional a la sección del mismo, a mayor sección mayor capacidad de transporte.

1.3.5.6 Sensor de tensión y compensador de carga.

Mide la tensión en los terminales del generador, la rectifica, la filtra, y una vez convertida en una señal de corriente continua la compara con una referencia que representa la tensión deseada. Además puede compensar la caída de tensión en el circuito de salida, con el fin de controlar la tensión en un punto distinto de las bornas del generador. En ocasiones es conveniente controlar la tensión en un punto ficticio situado dentro del generador. Esto es interesante en el caso de dos generadores en paralelo que comparten un mismo transformador. Si los dos generadores controlasen la tensión en su nudo de conexión un generador aportaría toda la potencia reactiva mientras el otro absorbería el máximo de reactiva, dando como resultado un control inestable. El control de tensión en un punto ficticio en el interior de cada generador permite repartir la carga de potencia reactiva entre ambos.

En otras ocasiones, es conveniente controlar la tensión en un punto ficticio situado aguas abajo respecto a las bornas del generador. Puede ser interesante, por ejemplo, cuando dos generadores operan en paralelo, cada uno con su propio

transformador elevador. De esta forma, es posible controlar la tensión en un punto cercano al punto de conexión común en la red de transporte, por ejemplo compensando entre un 50% y un 80% de la impedancia del transformador. No se debe compensar el 100% de la impedancia, puesto que en tal caso el control de tensión se volvería inestable. (LEDESMA, Pablo. 2008, p.22).

Si los dos generadores controlan la tensión en su nudo de conexión un generador aportaría toda la potencia reactiva mientras el otro absorbería el máximo de reactiva, dando como resultado un control inestable.

CAPÍTULO II

2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.1 Breve Caracterización de la Empresa

La presente investigación se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná que está ubicada en las calle los Almendros y Pujilí, en el Barrio el Progreso, Cantón La Maná.

2.1.1 Historia

La idea de gestionar la presencia de la Universidad Técnica de Cotopaxi en La Maná, surgió en 1998, como propuesta de campaña del Movimiento Popular Democrático, para participar en las elecciones a concejales de La Maná. Indudablemente, conocíamos que varios de nuestros compañeros de partido habían luchado por la creación de la Universidad en la ciudad de Latacunga y estaban al frente de la misma, lo cual nos daba una gran seguridad que nuestro objetivo se cumpliría en el menor tiempo. Sin embargo, las gestiones fueron arduas y en varias ocasiones pensamos que esta aspiración no podría hacerse realidad.

Ahora la pregunta era: ¿dónde podría funcionar la Universidad? Gracias a la amistad que manteníamos con el Lic. Absalón Gallardo, Rector del Colegio

Rafael Vásconez Gómez, conseguimos que el Consejo Directivo de esta institución se pronunciara favorablemente para la celebración de un convenio de prestación mutua por cinco años. El 9 de marzo de 2002, se inauguró la Oficina Universitaria por parte del Arq. Francisco Ulloa, en un local arrendado al Sr. Aurelio Chancusig, ubicado al frente de la Escuela Consejo Provincial de Cotopaxi. El Dr. Alejandro Acurio fue nombrado Coordinador Académico y Administrativo y como secretaria se nombró a la Srta. Alba De La Guerra. El sustento legal para la creación de los paralelos de la UTC en La Maná fue la resolución RCP. 508. No. 203-03 emitida por el CONESUP con fecha 30 de abril del 2003.

Esta resolución avalaba el funcionamiento de las universidades dentro de su provincia. Desvirtuándose así las presunciones de ilegalidad sostenidas por el Alcalde de ese entonces, Ing. Rodrigo Armas, opositor a este proyecto educativo; quien, tratando de desmoralizarnos y boicotear nuestra intención de tener nuestra propia universidad, gestionó la presencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el cantón; sin entender que mientras más instituciones educativas de este tipo abrieran sus puertas en nuestro cantón, la juventud tendría más opciones de desarrollo. La historia sabrá juzgar estas actitudes. El 8 de julio de 2003 se iniciaron las labores académicas en el Colegio Rafael Vásconez Gómez, con las especialidades de Ingeniería Agronómica (31 alumnos, Contabilidad y Auditoría (42 alumnos). En el ciclo académico marzo – septiembre de 2004 se matricularon 193 alumnos y se crearon las especialidades de Ingeniería en Electromecánica, Informática y Comercial. En el ciclo abril - septiembre del 2005, se incorpora la especialidad de Abogacía. El 6 de marzo del 2006, a partir de las 18h00 se inauguró el nuevo ciclo académico abril – septiembre del 2006, con una población estudiantil de más de 500 alumnos.

El Arq. Francisco Ulloa, el 5 de agosto de 2008, en asamblea general con los docentes que laboran en La Maná, presentó de manera oficial al Ing. Tito

Recalde³⁵ como nuevo coordinador. El Ing. Alfredo Lucas, continuó en La Maná en calidad de asistente de coordinación. La presencia del Ing. Tito Recalde fue efímera, puesto que, a inicios del nuevo ciclo (octubre 2008-marzo 2009, ya no se contó con su aporte en este cargo, desconociéndose los motivos de su ausencia. En el tiempo que la UTC—LA MANÁ se encuentra funcionando ha alcanzado importantes logros en los diversos campos. Fieles a los principios que animan la existencia de la UTC, hemos participado en todas las actividades sociales, culturales y políticas, relacionándonos con los distintos sectores poblacionales y llevando el mensaje de cambio que anhela nuestro pueblo.

2.1.2 Misión.

La Universidad "Técnica de Cotopaxi", es pionera en desarrollar una educación para la emancipación; forma profesionales humanistas y de calidad; con elevado nivel académico, científico y tecnológico; sobre la base de principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad, genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica; y se vincula con la sociedad para contribuir a la transformación social-económica del país.

2.1.3 Visión.

En el año 2015 seremos una universidad acreditada y líder a nivel nacional en la formación integral de profesionales críticos, solidarios y comprometidos en el cambio social; en la ejecución de proyectos de investigación que aporten a la solución de los problemas de la región y del país, en un marco de alianzas estratégicas nacionales e internacionales; dotada de infraestructura física y tecnología moderna, de una planta docente y administrativa de excelencia; que mediante un sistema integral de gestión le permite garantizar la calidad de sus proyectos y alcanzar reconocimiento social.

2.2 Operacionalización de las Variables

CUADRO N° 2.
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIÓN	SUBDIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA INSTRUMENTO
Protección Generador	Demanda	Consumo	Oficina Laboratorio Aulas	Encuesta
	Materiales	Conductores	Principales Secundarios	Encuesta
	Protección	Disyuntores Relés Contactores	Canalización Eléctrica	Observación
Generador Eléctrico	Equipos de Medición	Voltímetro Amperímetro	Tablero	Observación
	Potencia	Activa	Vatímetro	Encuesta
	Perdidas	Caída de tensión	Tablero	Observación

Elaborado por: Allauca González Franklin Humberto

2.3 Análisis e Interpretación de los Resultados.

2.3.1 Metodología de la investigación.

2.3.1.1 Tipos de investigación

Para la elaboración del proyecto de tesis se utilizará la investigación exploratoria para conocer los antecedentes nacionales o internacionales, las características necesarias y suficientes del montaje e instalación de generadores de emergencia; estadísticas de algunos años anteriores de otras instituciones o industrias en el área del proyecto; estadísticas de fabricantes y comercializadores, datos técnicos importantes tales como: Demanda, dimensionamiento, precios, protecciones, entre otros.

Además, la investigación utilizará la investigación descriptiva que permitirá conocer en forma detallada las características de los potenciales de los generadores de emergencia y los procesos de instalación, administrativos, financieros y comerciales. Nos facilitará la evaluación de los estudios de técnicos, conocer las características técnicas de la demanda, los precios, la infraestructura, equipos, maquinarias y recursos humanos.

Adicionalmente, el trabajo investigativo a realizarse utilizará estudios correlacionales, por cuanto se ha establecido varias relaciones de variables de manera simple, tales como:

Relación existente entre la demanda de la carga instalada y el dimensionamiento de la capacidad del generador.

Relación existente entre precio, tamaño, localización y la evaluación financiera.

Asimismo, la investigación que se va a realizar utilizará estudios explicativos, que servirá para conocer al detalle el fenómeno de estudio, causas, síntomas y efectos.

2.3.1.2 Metodología

El trabajo a realizarse se fundamentará en el diseño experimental mediante el estudio de carga instalada que se deberá realizar de manera primordial, porque este estudio es el punto de partida del proyecto, el estudio de carga es un análisis de la potencia de todos los aparatos, elementos y equipos instalados en la universidad.

Una demanda proyectada es la que se tiene utilizando el valor del transformador que se encuentra instalado en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, que es de un valor de 50 KVA puesto que para realizar el dimensionamiento de este transformador ya se realizó un estudio similar al que vamos aplicar en el dimensionamiento del generador.

Mediante la experimentación del estudio de carga se podrá determinar las condiciones técnicas como calibres de conductores mediante cálculos aplicados a las instalaciones de la universidad y con estos datos podremos experimentalmente dimensionar la capacidad del generador eléctrico que se plantea instalar en el proyecto.

2.3.1.3 Unidad de estudio (población y muestra)

Población universo

La población universo inmersa en la investigación, está compuesta por las poblaciones de los empleados, docentes y estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

CUADRO N°3
POBLACIÓN 1

Estrato	Datos
Empleados	8
Docentes	55
Estudiantes	624
Total	687

Fuente: Secretaria UTC – La Maná. Año 2011
Realizado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

2.3.1.4 Tamaño de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2 (N - 1) + 1}$$

Dónde:

N = Población

n = Tamaño de la muestra

E = Error (0,05)

Desarrollo de la fórmula:

$$n = \frac{687}{(0,05)^2 (687-1) + 1}$$

$$n = \frac{687}{(0,0025) (686) + 1}$$

$$n = \frac{687}{1715+1}$$

$$n = \frac{687}{2.7152}$$

$$n = 253$$

Por lo expuesto, la investigación se fundamentará con los resultados de 253 personas a encuestar.

2.3.1.5 Criterios de selección de la muestra

El método a utilizarse para la selección de la muestra es el aleatorio estratificado proporcional, por tal motivo se presenta el siguiente cuadro.

CUADRO N° 4
ALEATORIO ESTRATIFICADO PROPORCIONAL

Estrato	Población	Fracción Distributiva	Muestra
Empleados	8	0.3682678	3
Docentes	55	0.3682678	20
Estudiantes	624	0.3682678	230
Total	687		253

Realizado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

$$f = \frac{n}{N}$$

$$f = \frac{253}{687}$$

$$f = 0.3682678$$

Donde:

f= Factor de Proporcionalidad

n= Tamaño de la Muestra

N=Población Universo

Por tanto, se debe aplicar 3 encuestas a empleados, 20 encuestas a docentes, 230 encuestas a los alumnos según los datos que se presentan en el cuadro.

2.3.2 Métodos y técnicas a ser empleados

2.3.2.1 Métodos

En la investigación se aplicará el método inductivo por cuanto los resultados de la encuesta se generalizaran para todas las instalaciones existentes en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, además los aspectos positivos que se obtendrán, serán recomendados para su aplicación a lo largo de todas las instituciones del país.

Se utilizará deducción en base a los siguientes razonamientos:

- Los proyectos de protecciones industriales necesitan estudio de cargas instaladas, entonces el sistema de protección del generador debe complementarse con lineamientos que mitiguen los efectos negativos de sobrecargas de energía imprevistos en el sistema.
- La tecnología electromecánica es la base de los diseños de protecciones para generadores, por tanto la electromecánica será la parte esencial para el sistema de protección del generador en los predios de la universidad.

Es fundamental que la investigación trabaje con técnicas de estudio, para reconocer los componentes y las relaciones evidentes.

Es importante que la investigación trabaje con el método de análisis, para identificar las partes del sistema de protección del generador y las relaciones existentes entre ellas, con la finalidad de realizar adecuadamente el experimento.

- Se considera que los elementos son: cálculo de la demanda requerida, dimensionamiento de la capacidad del generador, sistema de control.
- Y las principales relaciones entre los elementos son: la carga instalada, demanda de energía y los sistemas de protecciones.

Finalmente mediante la síntesis, se estudiará los elementos establecidos del sistema de protección del generador en base a los resultados obtenidos, con el propósito de verificar la hipótesis y determinar las conclusiones y establecer recomendaciones según el estudio interpretado y necesario para llegar a cumplir con los objetivos que se persigue.

2.3.2.2 Técnicas

El levantamiento de datos se realizará mediante observaciones y encuestas aplicables a las instalaciones eléctricas existentes, observaciones de campo según operacionalización de variables y análisis documentales de mediciones. El manejo estadístico se fundamentará con la utilización de frecuencias, moda, porcentajes, promedios.

2.3.3 Resultados de las encuestas

2.3.3.1 Resultados de la Encuesta Realizada a los Empleados, Docentes y Estudiantes.

1. ¿Cómo considera la eficiencia de la energía eléctrica en la UTC- La Maná?

CUADRO N° 5
EFICIENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	58	23%
Malo	64	25%
Regular	131	52%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

Como podemos observar en el cuadro el 52% de encuestados opinan que la eficiencia de la energía es regular, el 25% consideran que es malo y el 23% dicen que es bueno. El servicio de energía eléctrica en la Universidad Técnica de Cotopaxi no es eficiente debido a la falta de mantenimiento nos gustaría que la eficiencia de la energía sea buena para un buen desempeño eléctrico en la institución y alargarla vida útil de los elementos eléctricos.

2. ¿Usted piensa que las instalaciones eléctricas en la UTC-La Maná son seguras?

CUADRO N° 6
INSTALACIONES ELÉCTRICAS SON SEGURAS

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	64	25%
No	189	75%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

De todas las personas encuestadas en esta pregunta el 75% opinan que las instalaciones eléctricas no son seguras, y el 25% dicen que sí. Las instalaciones eléctricas en la Universidad Técnica de Cotopaxi no son seguras debido a la falta de mantenimiento que debe darse para así poder evitar un accidente eléctrico.

3. ¿Cree que es necesario la implementación de un generador eléctrico en la UTC-La Maná?

CUADRO N° 7
IMPLEMENTACIÓN DE GENERADOR ELÉCTRICO

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	228	90%
No	25	10%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

A través de las encuestas realizada el 90% de las personas encuestadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi expresan que si es necesario la implementación de un generador eléctrico, y el 10% dicen que no.

A todas las personas quienes conforman la Universidad Técnica de Cotopaxi expresan que si es necesaria la implementación de un generador eléctrico, ya que

es de mucha importancia tanto como en docentes y estudiantes para poder continuar con las labores académicas en caso de cortes de energía innecesarios.

4. ¿Cómo considera la instalación de un generador eléctrico para que continúen las clases si existiera un corte de energía?

CUADRO N° 8
GENERADOR ELÉCTRICO PARA QUE CONTINÚEN LAS CLASES

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	202	80%
Malo	20	8%
Regular	31	12%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

Como se puede apreciar en el cuadro el 80% de las personas encuestadas consideran que es bueno la instalación de un generador eléctrico, el 12% que es regular, y el 8% que es malo. Cuando se dan cortes de energía eléctrica las actividades tienden a paralizarse que es muy beneficiosa la instalación de un generador eléctrico, para así poder continuar con las horas de clases establecidas especialmente en la sección nocturna.

5. ¿Usted ha perdido horas clase por falta de energía eléctrica durante su carrera en la universidad?

CUADRO N° 9

HA PERDIDO CLASE POR FALTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	175	69%
No	78	31%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

Como se puede observar en el cuadro el 69% de los encuestados dicen que si han perdido horas de clases por falta de energía eléctrica, y el 31% dicen que no han perdido horas de clases. Es muy evidente la opinión de los estudiantes, que pierden horas de clases cuando existen cortes de energía eléctrica, nos gustaría que no existieran más pérdidas de horas a clase, para así poder adquirir todos los conocimientos propuestos en el aula de clases.

6. ¿Cómo considera el grado de iluminación en la UTC- La Maná para el desarrollo de las actividades académicas?

CUADRO N° 10

CÓMO CONSIDERA LA ILUMINACIÓN EN LA UTC

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	44	17.39%
Malo	84	33.20%
Regular	125	49.41%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

Como podemos darnos cuenta en el cuadro que el 49,41% de los encuestados consideran que el grado de iluminación en la Universidad Técnica de Cotopaxi es

regular, el 33,20% que es malo, y el 17,39% que es bueno. El grado de iluminación en la institución es regular debido a la falta de luminarias en los pasillos al igual que en las aulas, perjudicando con esto el desarrollo de las actividades.

7. ¿Cómo considera la distribución de los tomacorrientes en las aulas de la UTC-La Maná?

CUADRO N° 11
DISTRIBUCIÓN DE TOMACORRIENTES EN AULAS

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	33	13%
Malo	123	49%
Regular	97	38%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

En el cuadro podemos observar que el 49% de las personas encuestadas consideran que la distribución de los tomacorriente en las aulas es malo, el 38% que es regular, y el 13% dice que el estado de los tomacorriente es bueno. A todas las personas quienes conformamos la Universidad Técnica de Cotopaxi nos gustaría que la distribución de los tomacorrientes se encuentren en buen estado y de acuerdo a la necesidad que se lo requiera en cada aula, para así poder hacer uso de ellos sin ninguna dificultad.

8. ¿Considera que las instalaciones eléctricas existentes tienen riesgos para la seguridad de los estudiantes?

CUADRO No.12
INSTALACIONES ELÉCTRICAS RIESGOS PARA LA SEGURIDAD

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	173	68%
No	80	32%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca González Franklin Humberto

Como se observa en el cuadro el 68% de los encuestados nos dice que las instalaciones eléctricas existentes presentan un alto riesgo el mismo que atenta contra la seguridad de los estudiantes, y el 32% nos dice que no afecta en nada. El estado actual de las instalaciones eléctricas en la institución presentan un gran riesgo para la seguridad de los estudiantes, y el personal que labora en él.

9. ¿Considera que las instalaciones eléctricas de la UTC- La Maná cuentan con protecciones adecuadas?

CUADRO N° 13
PROTECCIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	33	13%
Malo	100	40%
Regular	120	47%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

Mediante el cuadro se puede observar que el 47% de encuestados opinan que las protecciones de las instalaciones eléctricas son regulares, el 40% dice que son malas y el 13% expresa que son buenas. Los tableros primarios y secundarios que

existen en la universidad no cuentan con las protecciones eléctricas adecuadas para la manipulación de personas con poco conocimiento en electricidad.

10. ¿Considera que el ruido provocado por el generador afectaría al aprendizaje?

CUADRO N° 14
RUIDO DEL GENERADOR AFECTARÍA AL APRENDIZAJE

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	111	44%
No	142	56%
TOTAL	253	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

Como se puede observar en el cuadro el 56% de los encuestados nos dice si afecta el ruido del generador, y el 44% nos dice que el ruido no afecta. El ruido que genera un grupo electrógeno no afecta la enseñanza aprendizaje de los estudiantes, ya que este se encuentra ubicado en un lugar apropiado y a una distancia determinada de las aulas.

2.3.4 Análisis e interpretación de los resultados.

Luego de haber realizado las encuestas a los docentes, estudiantes y empleados de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, se procede a analizar cada una de las preguntas que contiene el cuestionario de encuesta aplicado, información que nos permitirá establecer parámetros para realizar una correcta planificación del proyecto de estudios de cargas eléctricas para dimensionar un generador eléctrico a diesel como fuente de energía de respaldo, posteriormente será de mucha ayuda para el mejoramiento de las actividades académicas y administrativas.

Conclusiones:

- El generador eléctrico es la parte medular en el proceso de generación de energía eléctrica, ya sea en cualquiera de las diferentes modalidades a través de las cuales se lleva a cabo. Como tal, el generador se considera equipo primario dentro de las plantas de generación por lo cual se debe contar con dispositivos que presenten un alto nivel de protección, así como un monitoreo continuo y detección oportuna ante eventualidades.
- Los niveles de cargas máximas para los cuales está diseñado el generador, así como los parámetros mostrados en la hoja del fabricante, brindan información fundamental que debe ser considerada con suma seriedad, al igual que es primordial para preservar la seguridad del mismo y los cuales ayudarán a mantener la continuidad y estabilidad del sistema eléctrico de potencia.
- El estado de las instalaciones dentro de la institución están en malas condiciones, las cajas de distribución están totalmente dañadas y representan un gran riesgo para los estudiantes y equipos instalados por lo que requiere un mantenimiento adecuado.
- Debido a que los cortes de energía imprevistos afectan al desarrollo de las actividades académicas de la institución, especialmente en las noches, los encuestados manifiestan que si es necesario la instalación de un generador eléctrico para continuar con las actividades.
- La mayoría encuestados dijeron que alguna vez si han perdido clases por la falta de energía eléctrica, además la iluminación no es adecuada , la distribución de los tomacorrientes es mala y muchos se encuentran en mal estado, también consideran que las instalaciones eléctricas existentes representan un riesgo para ellos, adicional no cuentan con protecciones eléctricas adecuadas.

Recomendaciones:

- Con los cambios físicos y eléctricos que se realizan en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, por causa de las remodelaciones deberá tener en cuenta el incremento de la demanda eléctrica, para no sobre pasar la potencia del generador que servirá a los bloques A y B, por que de ser el caso de sobrepasarse de la potencia nominal del generador, este deberá ser cambiado por uno de mayor potencia.
- La red de alimentación actual de la institución es trifásica por lo que se recomienda realizar un proyecto para acoplar la instalación antigua a la red trifásica del transformador, además se debería instalar protecciones adecuadas como disyuntores para en caso de un cortocircuito o cualquier tipo de falla estén protegidas los demás equipos e instalaciones.
- El tablero de distribución principal debería dotarse de protecciones y los conductores que tengan menos empalmes ya que esto no es la forma en que se deberían tener las conducciones eléctricas por el riesgo que representan, los tableros secundarios ubicados en cada bloque no tienen cubierta ni están aislados.
- Cuando se utilicen equipos eléctricos para mantenimiento como: pulidoras, aspiradoras, compresores, taladros, deberán solicitar información al personal de mantenimiento eléctrico para realizar las conexiones en los puntos que se indiquen para así evitar que se desconecten por sobre carga los circuitos de distribución.

2.4. Verificación de la Hipótesis

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis, **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MANÁ”**.

A continuación redactamos algunos argumentos que confirman la hipótesis.

- La institución, no cuenta con un sistema de generación ni sistema de protección para el mismo, esto dificulta para el funcionamiento.
- Se ha confirmado que puede existir pérdidas económicas sin las correctas protecciones.
- Desconocimiento de las protecciones existentes en el mercado para la aplicación en el sistema de generación.
- La implementación de un sistema de protecciones para el sistema de generación eléctrico el mismo que dará garantías para los procedimientos seguros que permitirán a la institución trabajar y desempeñarse en una forma eficiente y segura.

2.5 Diseño de la Propuesta

2.5.1 Datos informativos

Nombre de la institución: Universidad Técnica de Cotopaxi-La Maná.

Dirección: Av. Los Almendros y Pujilí.
Teléfono: (03) 2688443
Coordinador: Mg. Sc. Ringo López Bustamante.
Correo electrónico: extension.lamana@utc.edu.ec

2.5.2 Justificación

La presente investigación es para establecer los fundamentos teóricos y prácticos en la determinación de los sistemas de protección a fin de brindar un correcto funcionamiento del generador eléctrico en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

En la ejecución del proyecto se aplicará el sistema de protección contra sobre voltaje y corriente del generador y se pondrá en práctica los resultados obtenidos en la investigación a través del estudiante, accionista compuesto por familiares del autor del proyecto, que ayudarán a resolver problemas concretos que permitirán mejorar la situación actual en la institución en cuanto a un sistema de protección de generador.

Investigación que tendrá un gran índice de información necesaria y precisa que relativamente será adquirida por métodos, técnicas como: encuestas y observación, aplicadas a los docentes, empleados de la institución que sustenta la confiabilidad y credibilidad a la información.

El trabajo investigado se constituye en una investigación con novedad científica debido a un sistema de protección que será adaptado en un generador mediante nuevas aplicaciones o programas eléctricos y estudio técnico que hará la diferencia a otros proyectos establecidos.

Con la aplicación desarrollada como beneficiario del proyecto está la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, docentes, empleados, estudiantes y la población ya que contará con un sistema de protección eficiente.

2.5.3 Objetivos

2.5.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de protección para el generador eléctrico evitando la destrucción de equipos o dispositivos interconectados en una tarea común por causa de una falla en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná 2013.

2.5.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de las instalaciones eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, para determinar sus requerimientos energéticos basados en la demanda total.
- Analizar las fallas más comunes asociadas a los elementos del sistema de generación a fin de evitar las suspensiones del servicio.
- Diseñar un sistema de protección para el generador considerando las fallas de aislamiento que requieren desconexión rápida en el estator.
- Proponer las características de los sistemas de protección eléctricos que se deben instalar, para el correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones y alargar su tiempo de vida útil.

2.5.4 Descripción de la aplicación

Para el dimensionamiento del grupo electrógeno recurrimos al estudio de cargas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, para determinar la potencia total de la carga instalada y que el generador eléctrico o grupo electrógeno abastezca las necesidades del mayor consumo, luego de esto se calcula la potencia nominal del grupo y el calibre del conductor que debe ser dimensionado en base a la máxima corriente consumida por la carga, todos estos cálculos se derivan del estudio de cargas por ello su importancia, y un diagrama unifilar del generador conectado a la red trifásica. La selección del grupo electrógeno a instalar y su potencia nominal de generación es el momento más importante, a partir del cual se derivan el resto de las etapas como las, fallas más comunes asociadas a los elementos del sistema de generación, capacidad y operación contra frecuencia anormal(baja o sobre frecuencia), dimensionamiento del disyuntor principal, protección diferencial para el generador, protección de pérdida de excitación, protección sobre y baja tensión, limitadores de sobre y sub excitación, limitador de sobre excitación OEL, protección de sobre excitación (Voltios Hertz).

El grupo electrógeno a ser posteriormente instalado básicamente está formado por un conjunto integrado que contiene un motor en línea térmico primario, un generador eléctrico de corriente alterna acoplado en el mismo eje y los correspondientes elementos auxiliares y sistemas complementarios, como los distintos indicadores de estado, tableros de maniobra, tanques, radiadores, sistema de lubricación, sistema de refrigeración combustible, agua, y cargadores de baterías, siendo lo más importante y por todo ello también es necesario proponer las características de los sistemas de protecciones que se deben instalar para alargar el tiempo de vida útil del grupo electrógeno.

CAPÍTULO III

3 VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN.

3.1 Estudio de Carga y Dimensionamiento del Generador.

Para el dimensionamiento del grupo electrógeno recurrimos al estudio de cargas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, para determinar la potencia total de la carga instalada y que el generador eléctrico o grupo electrógeno abastezca las necesidades del consumo total en las horas del mayor consumo, luego de esto se calcula la potencia nominal del grupo y el calibre del conductor que debe ser dimensionado en base a la máxima corriente consumida por la carga, todos estos cálculos se derivan del estudio de cargas por ello su importancia.

3.1.1 Estudio de carga de la UTC-La Maná.

El estudio de cargas eléctricas es un cálculo que se aplica a un proyecto eléctrico para conocer la demanda de energía eléctrica que va a consumir todas las cargas instaladas en toda la instalación, generalmente este estudio sirve para determinar la potencia necesaria del transformador que va a suministrar de energía a los circuitos, en nuestro caso nos va a servir para dimensionar la potencia del generador, a continuación elaboramos una planilla de cálculo, en la que se toma en cuenta todos los equipos y artefactos eléctricos instalados y la suma de todos ellos nos va a dar como resultado la demanda requerida por la institución.

3.1.1.1 Estudios de carga y demanda.

TABLA N°6

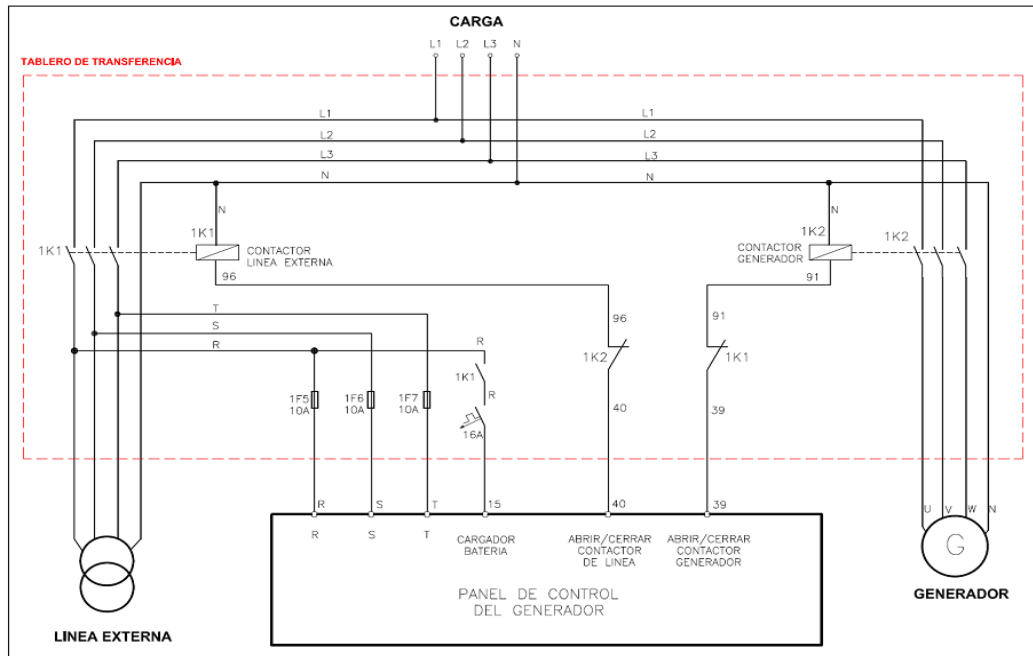
PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS

N°	APARATOS ELÉCTRICOS ALUMBRADO			F FUN %	CIR (W)	Fsn (%)	DMU (W)
	DESCRIPCIÓN	CANT	P (W)				
1	Alumbrado	294	40	100	11760	90	10584
2	Cafetera	1	850	50	425	50	212.5
3	Computadoras	39	450	100	17550	90	15795
4	DVD	1	8	50	4	50	2
5	Impresoras	7	40	70	196	50	98
6	Proyectores	7	280	50	980	90	882
7	Equipo de sonido	2	25	80	40	50	20
8	Reflectores de luz exterior	4	400	100	1600	80	1280
9	Reloj biométrico	1	25	30	7.5	50	3.75
10	Teléfono	5	25	80	100	50	50
11	Televisión	1	85	50	42.5	80	34
12	Ventilador	12	25	100	300	60	180
13	Bomba de agua	1	1500	80	1200	50	600
14	Lámparas de Censor	4	15	70	42	70	29.4
15	Máquina pulidora de piso	1	7500	40	3000	50	1500
16	Amplificadores	2	12000	30	7200	50	3600
17	Copiadora	1	2600	20	520	70	364
TOTAL					44967		352346
Factor de Potencia			0.9	Factor de Demanda (FDM)			0.78
DMU (VA)			39149.6	Demanda Requerida			40KVA

Elaborado por: Allauca Gonzalez Franklin Humberto

DIAGRAMA N° 1

DIAGRAMA UNIFILAR DEL GENERADOR CONECTADO A RED TRIFÁSICA



3.2.2 Dimensionamiento del cableado de fuerza.

La corriente de servicio de los equipos conectados, no debe sobrepasar la corriente nominal del aparato de protección, es decir, del disyuntor principal, cuyo valor, a su vez, no debe sobrepasar la corriente admisible del conductor.

Para la selección de conductor adecuado existen tablas establecidas con la sección del conductor y calibre para los distintos valores de corriente, la corriente máxima del generador ya antes calculada es de 160 Amp, por lo que el conductor seleccionado de acuerdo a la tabla va a ser tipo TTU, calibre 2/0 AWG.

GRÁFICO N° 1
CONDUCTOR ADQUIRIDO.



3.2.2.1 Datos técnicos del conductor.

Calibre	2/0 AWG
No. de Hilos	19
Sección Aprox. del Conductor	67,35 mm ²
Diámetro Aprox. del Conductor	10,65 mm
Peso Aprox. del Conductor	610,72 Kg/Km
Espesor de Aislamiento	1,65 mm
Espesor de Chaqueta	1,14
Diámetro Exterior Aprox.	16,23 mm
Peso Total Aprox.	751,48 Kg/Km
Capacidad de Conducción *	175 Amp
Capacidad de Conducción **	265 Amp

(*) Capacidad de conducción no más de 3 conductores en conduit, bandeja, o cable directamente enterrado, basado en una temperatura ambiente de 30 °C.

(**) Capacidad de conducción para 1 conductor en aire libre a temperatura ambiente de 30 °C.

Aplicaciones.

En distribución y fuerza, instalaciones aéreas o en ductos, tubería o directamente enterradas, en lugares secos o húmedos donde la temperatura del conductor no exceda los 75 °C.

Voltaje de servicio.

2000 V

Construcción.

Conductor de cobre aislado con una capa de polietileno natural y sobre esta colocada una chaqueta de PVC negro.

3.3 Fallas más Comunes Asociadas a los Elementos del Sistema de Generación

3.3.1 Fallas más comunes en generadores.

Los problemas que ocurren dentro de un generador pueden ser de dos tipos: de origen mecánico y de origen eléctrico. Los problemas de origen mecánico están relacionados con fallas, desgastes o mal funcionamiento de los elementos y estructuras físicas que componen al generador. Los principales problemas de naturaleza mecánica son los siguientes:

- Problema de lubricación de aceite
- Vibración
- Problemas de cojinetes

- Problema en el sistema de enfriamiento
- Alta temperatura en los devanados, debido tal vez a una falla parcial en el aislamiento.
- Fallas o problemas en el generador de fuerza motriz.

Normalmente todos estos puntos son monitoreados continuamente por aparatos apropiados de medición, y se llama la atención sobre condiciones anormales por medio de alarmas y anunciadores. En caso extremo de falla, una desconexión del generador puede ser necesaria.

Las fallas eléctricas por su parte, afectan directamente al sistema de potencia y deben ser despejadas rápidamente para no atentar con la vida útil de los equipos. A continuación son analizados los problemas de este tipo, que ocurren tanto en el generador eléctrico como en los transformadores de unidad y de sistemas auxiliares.

La mayoría de las fallas eléctricas internas en los generadores son causadas por fallas en el aislamiento de los devanados, causando cortocircuito entre fases o fallas fase tierra, si esto ocurre un arco se desarrollará rápidamente produciendo daños considerables en los devanados y laminados del estator así como el resto de el área donde ocurrió el cortocircuito. Si el daño es muy severo puede ser necesario un desarme completo del estator.

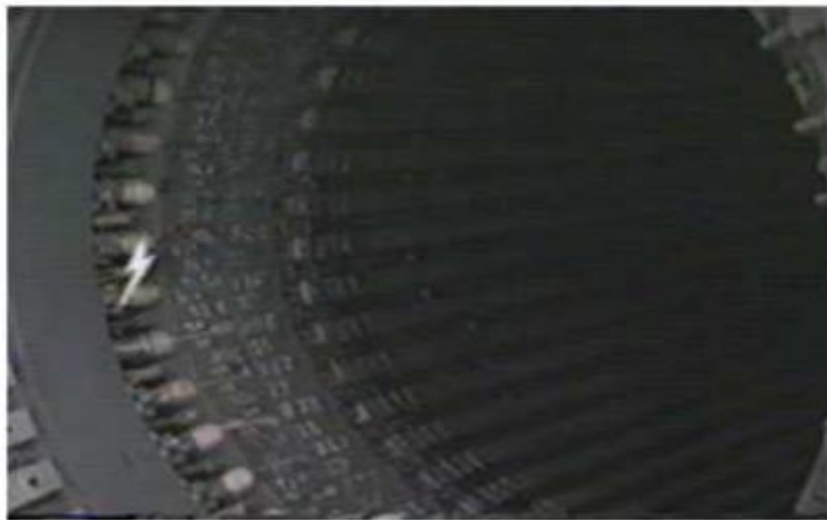
Cuando una falla, como las mencionadas en el párrafo anterior es detectada, es necesario, que el generador sea aislado inmediatamente del sistema.

3.3.1.1 Fallas en el estator del generador

Cortocircuitos en los devanados del estator generan altas corrientes que pueden causar daños significativos en el lugar donde ocurrió la falla, como la destrucción de parte de las láminas del estator, si no son despejados rápidamente.

FIGURA N° 9

ESTRUCTURA INTERNA DEL ESTATOR DE UN GENERADOR ELÉCTRICO



Fuente: Libro practico de los generadores

En cortocircuitos fase-tierra, el hierro se ve comprometido debido a que, independientemente de la conexión del neutro del generador a tierra, la carcasa está conectada externamente a tierra, permitiendo la circulación de la corriente de falla. Las láminas del estator también se ven afectadas, y el daño que representen estará relacionado directamente con la intensidad de la corriente de cortocircuito y el tiempo en que esta circule. El valor de la corriente de cortocircuito en una falla fase tierra depende del tipo de conexión del neutro del generador. Si el generador se encuentra sólidamente conectado a tierra, la intensidad de corriente será máxima, y será mínima si el neutro se encuentra conectado a tierra a través de una alta impedancia.

Los cortocircuitos entre espiras de una misma fase pueden producir un desbalance entre las corrientes de armadura del estator ya que la relación entre las espiras cambia, pero el problema más grande es que ese puede convertir fácilmente en un cortocircuito fase tierra, comprometiendo seriamente el núcleo del estator. Por esta razón las fallas de este tipo deben ser detectadas y el generador debe ser aislado inmediatamente del sistema.

3.3.1.2 Fallas en el rotor del generador

Una falla común en el rotor es la falla a tierra del devanado de campo, que inicialmente puede no ser muy grave, porque los niveles de voltaje que maneja este devanado son relativamente pequeños comparados con los voltajes en el estator, además no se encuentra conectado en ningún punto a tierra por lo que no existe un camino de retorno para la corriente de falla desde tierra hacia el devanado.

FIGURA N° 10
DISTRIBUCIÓN DEL DEVANADO DE UN ROTOR CILÍNDRICO.



Fuente: Libro practico de los generadores

Cuando ocurre un cortocircuito a tierra en el campo, todo el devanado cambia de referencia y algunos puntos de éste incrementan la tensión a tierra cuando se inducen voltajes en el rotor debido a fenómenos transitorios en el estator. Estas tensiones incrementan la posibilidad de que una segunda falla ocurra en otro punto del devanado de campo; dos cortocircuitos a tierra en el rotor, producirían una sobre corriente en la sección del devanado libre de falla, mientras que por las espiras de la sección fallada prácticamente no circulara corriente, esto hace que el flujo magnético que se genera en el rotor no sea uniforme ocasionando un desequilibrio en las fuerzas magnéticas producto de los fenómenos magneto dinámicos que ocurren en las maquinas rotativas. Si el desequilibrio es demasiado grande, se puede producir una torcedura del eje del rotor y hacerlo excéntrico, generando vibraciones debido a la rotación fuera de su eje, la excentricidad del rotor podría ser tan grande que incluso podría desencadenar en un tope entre el rotor y el estator originando daños mecánicos muy serios y costosos, que requerirán la puesta fuera de servicio del generador por un tiempo extenso de reparación.

3.3.2 Datos técnicos del generador a ser instalado.

El grupo electrógeno adquirido está compuesto de un motor Huafeng modelo 4105ZD (62KW - 84HP), 4 cilindros, Turbo cargado, enfriando por agua, y un alternador o generador sincrónico marca Gexin modelo TFW-50 de 50 KW - 62.5 KVA Prime, 380V-225V, 60HZ.

Modelo del grupo	50 GF
Potencia Nominal	50 KW

3.3.2.1 Datos técnicos del motor a diesel

Modelo	4135D-1
--------	---------

Salida Nominal 12 horas	58.8/80 Kw/ps
Consumo de Combustible	231,1 g/Kw.h
Consumo de Aceite	≤ 1.63
Método de Enfriamiento	Enfriado por agua
Método de Arranque	Arranque Eléctrico
No. de Cilindros	4
Desplazamiento Total del Pistón (L)	3.93
Proporción de Presión	16:1
Orden de Encendido	1-3-4-2
Modo de Consumo de Aire	Supercargado
Condiciones de Trabajo Nominal	50/1800 (Kw/r/min)
Mayor Velocidad de Ralentí	≤ 2376
Menor Velocidad de Ralentí Estable	≤ 600
Max Torque / velocidad	250/1400 (N*m/r/mi)
Promedio de Presión Efectiva	694 Kpa
Temperatura de Escape	≤ 600
Peso neto	410 Kg

3.3.2.2 Datos técnicos del alternador.

Modelo	TFW – 50
Voltaje Nominal	380V-225V
Frecuencia Nominal	50 – 60 Hz
Factor de Potencia	0.8
Estilo de Trabajo	Continuo
Excitación	in escobillas, auto excitado
Clase de Aislamiento	Clase H
Sistema de Regulación de Voltaje	VR Regulación Automática
Clase de Protección	IP 22
Regulación Nominal de Estabilidad de Voltaje	± 0,5 %

Regulación Nominal de Frecuencia Transitoria	$\pm 15 \%$
Regulación Nominal de Estabilidad de F	$\leq 3s$
Sobrecorriente	$3 - 5 I_{e \geq 5 s}$
Capacidad en sobrecarga	$1,5 I_{e \geq 2 \text{ min}}$

3.4 Capacidad y Operación Contra Frecuencia Anormal (Baja O Sobre Frecuencia)

Los problemas ocasionados cuando se trabaja a frecuencias anormales, pueden ocasionar reducción en la capacidad del generador. Cuando un sistema de potencia está en operación estable y frecuencia normal, se debe cumplir que la potencia mecánica del impulsor primario del generador es igual a la suma de todas las cargas conectadas al transformador, además de las potencias reales del sistema de potencia; si algo causa una modificación sensible en este balance produce de inmediato una situación de frecuencia anormal en el sistema.

Todas las condiciones de frecuencia anormal que ocurran en un sistema pueden también producir disparos en el generador, aperturas del sistema debido a las oscilaciones de potencia o la inestabilidad creada por la falla de variación en frecuencia.

En un sistema de potencia pueden ocurrir varios tipos de condiciones de frecuencia anormal:

La condición de baja frecuencia ocurre en un sistema de potencia como resultado de una súbita reducción en la potencia de entrada por la pérdida de generador(es) o pérdidas de enlaces clave de importación de potencia.

- Esto puede producir un decremento en la velocidad del generador, lo que causa una disminución de la frecuencia del sistema.

- La condición de sobrefrecuencia ocurre como resultado de una pérdida súbita de carga o pérdida de enlaces clave de exportación de potencia. La salida del impulsor que alimentaba la carga inicial es absorbida por la aceleración de estas unidades y puede resultar un incremento en la frecuencia del sistema.

3.4.1 Criterios de protección

Se utiliza el relé de frecuencia (dispositivo N° 81 según nomenclatura ANSI), para la protección frente a frecuencias anormales en una unidad generadora. Esta función ofrece protección contra sobre y baja frecuencia, cada una con un retardo ajustable. Se ofrecen dos o cuatro pasos de sobre y baja frecuencia según el modelo. Todas las funciones de frecuencia están supervisadas por un nivel de tensión de secuencia positiva ajustable. Este nivel de corte por baja tensión puede utilizarse para bloquear las funciones de frecuencia durante la puesta en marcha. La perturbación de la frecuencia puede ocurrir debido a una falla en el sistema o a un aislamiento de la unidad, o una unidad sin conectar puede operar a una frecuencia anormal debido al mal funcionamiento del control de velocidad.

La protección primaria de baja frecuencia utilizada para generadores proporciona un corte de carga automático en el sistema de potencia. Este programa de corte de carga deben ser diseñados de tal forma que para la condición de máxima sobrecarga posible, sea cortada suficiente carga para restaurar rápidamente la frecuencia del sistema a un valor cercano al normal. Estos programas de corte de carga son diseñados para:

- Cortar sólo la carga necesaria para liberar la sobrecarga en la generación conectada.
- Disminuir la posibilidad de eventos en cascada como resultado del disparo en la protección por baja frecuencia de una unidad.

- Restaurar rápidamente la frecuencia del sistema a un valor cercano al normal.
- Minimizar el riesgo de daño a las plantas generadoras.

La protección de respaldo para condiciones de baja frecuencia es proporcionada por el uso de uno o más relés de baja frecuencia y timers en cada generador. Los relés de baja frecuencia y los timers son usualmente conectados para disparar al generador.

En el caso de la protección contra sobrefrecuencia generalmente no es aplicada debido a que los controles de reducción del gobernador o las acciones del operador son considerados suficientes para corregir la velocidad de los generadores a vapor. Sin embargo, debe considerarse el impacto sobre la protección de sobrevelocidad y el aislamiento de la unidad durante una condición de sobrefrecuencia. Esto es necesario para asegurar la coordinación y la protección de los generadores para condiciones de sobrefrecuencia.

Para las protecciones en los generadores se debe tener en cuenta que debido a las grandes variaciones de frecuencia que pueden ser esperadas durante cambios de carga súbitos en generadores, las cargas de consumidores que puedan ser conectadas a islas con tal generación pueden ser protegidas con protección de sobre y baja frecuencia.

3.5 Protección Principal para Generadores

3.5.1 Dimensionamiento de los equipos de fuerza.

Para la instalación y puesta en marcha del grupo electrógeno, necesitamos conectarlo al sistema eléctrico por medio de equipos como son: el cableado de

fuerza y un disyuntor principal que proteja al generador en caso de alguna falla en el sistema cuando el grupo electrógeno esté en funcionamiento con toda la carga de la Universidad.

3.5.2 Dimensionamiento del disyuntor principal.

Los disyuntores son dispositivos para establecer y cortar la corriente nominal en un circuito o la corriente que pueda circular en condiciones de falla, como un cortocircuito, por medio de la separación mecánica de los contactos conectados en serie con el circuito, en un medio aislante, sea este aire o generalmente aceite, el cual ayuda a la extinción del arco que se forma entre los contactos.

GRÁFICO N° 2
DISYUNTOR ADQUIRIDO.



Fuente: Manual de protecciones de sobre corrientes

El generador requiere un disyuntor que esté en la capacidad de trabajar con los valores de corriente y voltaje de conformidad con la característica del generador.

Se considera que la potencia desarrollada por el generador es de 62,5 KVA debido a las condiciones atmosféricas que experimenta (recomendaciones dadas por el fabricante) y 220 V, la corriente nominal se determina de acuerdo a la siguiente ecuación.

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

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Donde:

S = Potencia Aparente

I = Corriente Nominal

V = Voltaje

Se conoce que:

S = 62,5 KVA

V = 225 V

Se tiene que:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

$$I = \frac{62,5 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 225 \text{ V}}$$

$$I = 160,38 \text{ A}$$

3.5.2.1 Características constructivas

La estructura del interruptor automático, fabricada con chapa de acero, es extremadamente compacta y con unas dimensiones reducidas. La seguridad está reforzada por el empleo del doble aislamiento en las partes bajo tensión y por la segregación completa de las fases. En cuanto a las dimensiones, los interruptores de la misma ejecución se caracterizan por presentar alturas y profundidades iguales.

La profundidad de la ejecución extraíble permite su instalación en cuadros con una profundidad de 500 mm. La anchura de 324 mm (hasta 2000 A) en la ejecución extraíble permite el uso en aparatos en celdas de cuadros con 400 mm de anchura. Las dimensiones reducidas permiten, además, la sustitución de los interruptores automáticos abiertos de las precedentes series de cualquier modelo.

Desde siempre, para ABB SACE, la innovación, la tecnología y la calidad han sido, y son, los principios que han guiado el desarrollo de sus productos y que han encontrado la máxima expresión en la serie SACE Isomax S, los interruptores automáticos en caja moldeada caracterizados por la elevada calidad y fiabilidad, las máximas prestaciones en cualquier condición, la facilidad de instalación y la seguridad de uso.

Como la serie es muy completa, el uso se ha podido racionalizar más: las dimensiones, las modalidades de instalación y los posibles accesorios son iguales con independencia del tipo de gama que se instala en el interruptor.

También poseen una gran importancia los relés electrónicos con microprocesador (montados en interruptores a partir de 160A) SACE PR211/P, PR212/P y SACE PR212/MP (patente internacional ABB SACE), específicamente proyectado para ejecutar funciones dedicadas al arranque y a la protección de los motores.

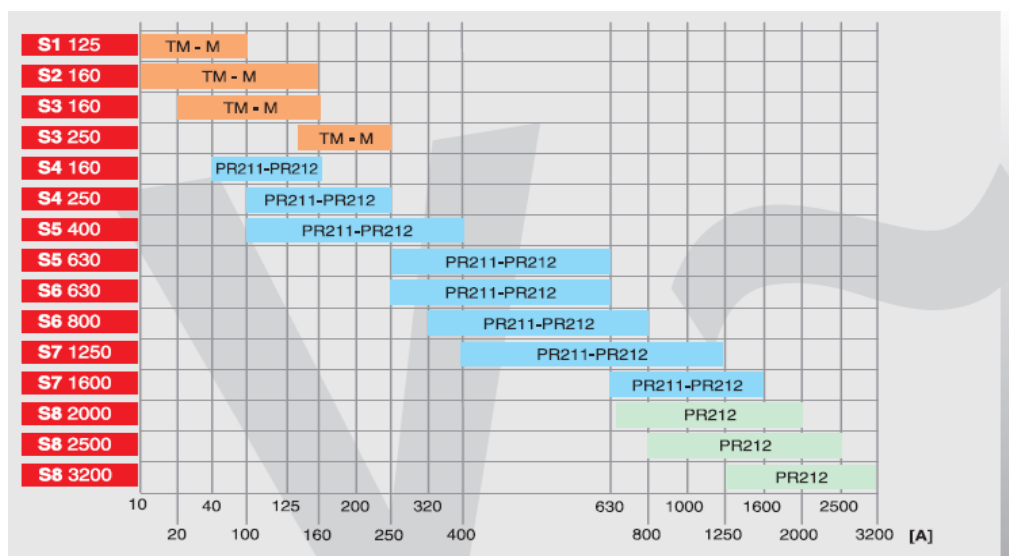
Gracias a funciones de protección innovadoras y siempre a la vanguardia, garantizan fiabilidad, precisión e insensibilidad a las interferencias electromagnéticas.

Una característica fundamental de estos relés es su capacidad de comunicar y dialogar con el software de configuración automática SACE SD-View 810, que permite la plena integración de los interruptores con las lógicas de gestión correspondientes a los sistemas de supervisión y control de la red eléctrica.

Para proteger las redes de corriente alterna están disponibles los interruptores automáticos SACE S1, S2 y S3 equipados con relés termomagnéticos y los interruptores automáticos SACE S4, S5, S6, S7 y S8 equipados con relés electrónicos SACE PR211/P o PR212/P. Se caracterizan por un campo de empleo de 10 a 3200 A y por una tensión asignada de 690 V.

TABLA N° 7

CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE CORRIENTE ALTERNA



TM: Termomagnético

M: Magnéticos

PR211-PR212: Relés Electrónicos

3.5.3 Características de los relés electrónicos

SACE PR211/P, SACE PR212/P

Temperatura de funcionamiento	-25 °C ÷ +70 °C
Humedad relativa	90%
Frecuencia de trabajo	45-66 Hz en grado de medir armónicas hasta 550 Hz
Compatibilidad electromagnética	LF y HF IEC 60947-2 Annex
Descargas electrostáticas	IEC 61000-4-2
Campo electromagnético irradiado	IEC 61000-4-3
Transitorios de breve duración	IEC 61000-4-4
Tiempo medio de defecto previsto (MTBF)*	15 años (a 45 °C)

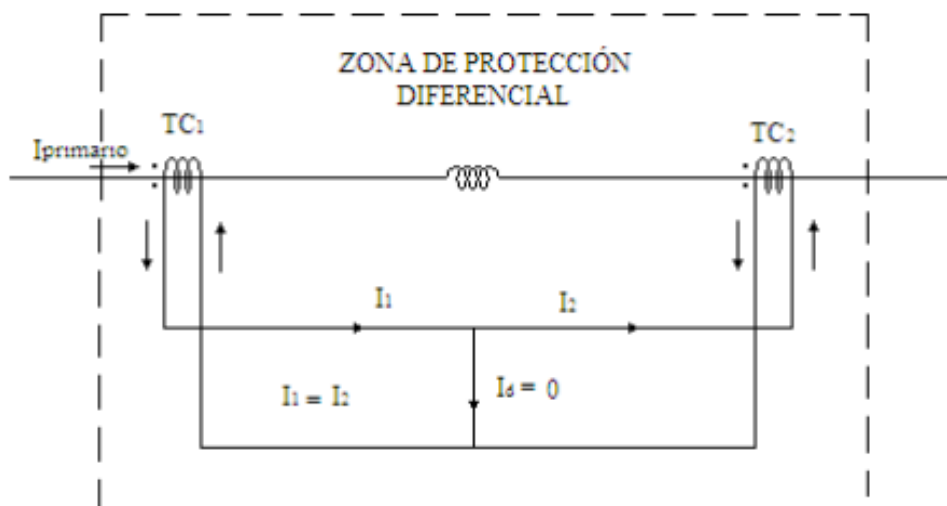
3.5.3.1 Características del contacto de señalización

Máxima corriente permanente	0,5 A
Máxima tensión permanente	24 VDC/AC
Poder de corte	3 W/VA
Aislamiento contacto/contacto	500 VAC
Aislamiento contacto/bobina	1000 VAC

3.6 Protección Diferencial para el Generador

La protección diferencial es aplicada para proteger al generador contra cortocircuitos que se originan en el devanado del estator. Cortocircuitos fase-fase y fase – tierra pueden ser detectados, sin embargo cortocircuitos entre espiras de una misma fase pueden pasar por alto.

FIGURA N° 11
CONEXIÓN SIMPLE DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL

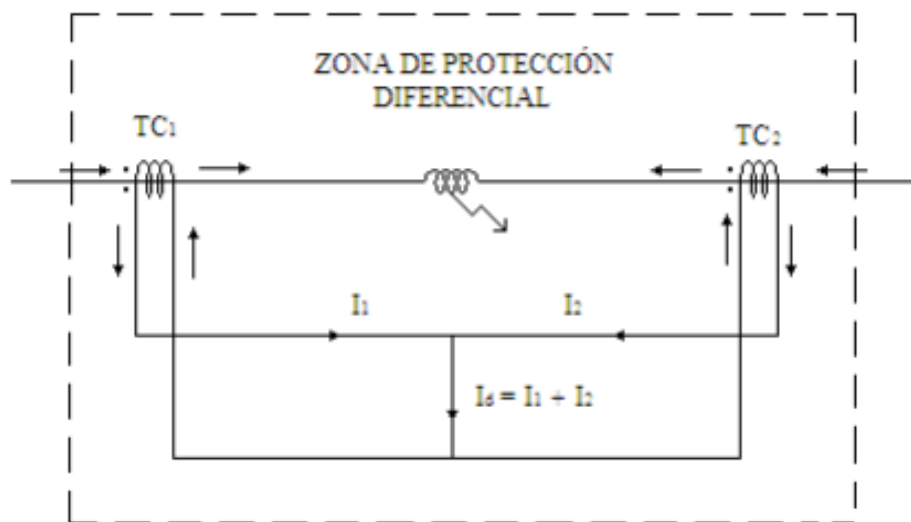


Fuente: Libro de protección para generadores

El principio de funcionamiento está basado en la medición de corrientes de TCs ubicados al inicio y al final de los devanados del estator, Las señales de corriente que se obtienen de los TCs, son llevadas a través de conductores utilizando la configuración mostrada en la figura 11. Cuando la operación de generador es normal, el sentido del flujo de corriente por el primario de los TCs hace que por el secundario, I_1 e I_2 tengan la misma dirección y la misma magnitud, esto si se tiene una relación de transformación adecuada en los TCs y tomando en cuenta la polaridad de los mismos, por lo tanto la corriente diferencial I_d que aparece en el nodo de unión es igual a cero.

Si una falla ocurre dentro de la zona de protección diferencial, una de las dos corrientes I_1 o I_2 cambia de dirección, debido a que su respectiva corriente en el primario del TC también lo hace, esto porque en la condición de falla, corrientes procedentes de ambos lados de la protección diferencial aportan al cortocircuito ver en la figura 12. En este caso la corriente I_d ya no es cero por lo que puede ser detectada para producir el disparo de un relé.

FIGURA N° 12
CIRCULACIÓN DE CORRIENTES PARA FALLA DENTRO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL



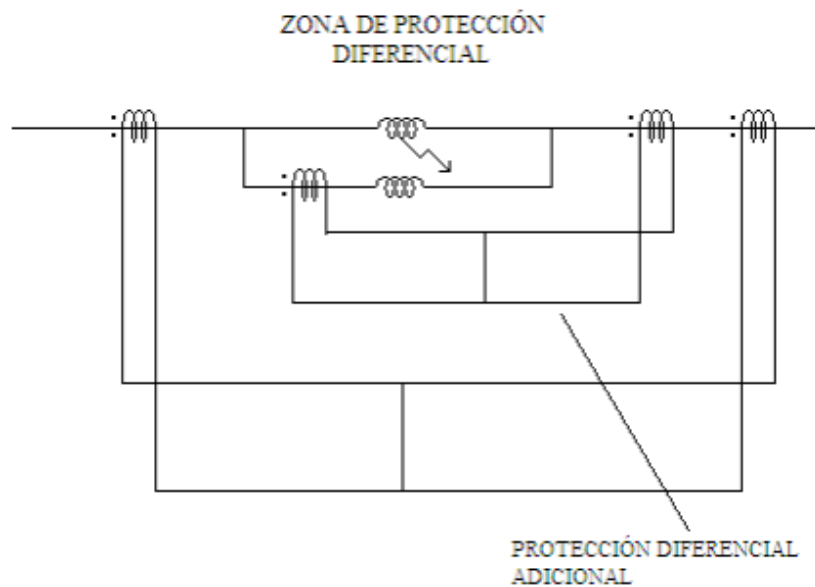
Fuente: Libro de protección para generadores

Es importante notar que la protección diferencial, tal como se muestra en la figura 12 permite detectar fallas entre un devanado y tierra, o fallas entre fases del estator, sin embargo no puede detectar fallas entre espiras de una misma fase porque para ese caso el sentido de las corrientes no cambiará.

En generadores grandes, donde se emplea devanados partido (generalmente dos por fases y en paralelo), un cortocircuito entre dos devanados de una misma fase por falla en el aislamiento no podría ser detectado tampoco, ya que las corrientes

que entran y salen por la fase estarían todavía balanceadas, por esta razón es conveniente aplicar un esquema diferencial adicional como se indica en la figura 13 los TCs adicionales son ubicados en una de las mitades de los devanados de cada fase y las corrientes en los secundarios son comparados con la corriente total en esa fase; la relación de los TCs deberán ser seleccionadas adecuadamente. La operación del relé, para este caso, deberá suministrar una alarma al tablero principal y no la desconexión, para que una puesta fuera de servicio del generador sea programada.

FIGURA N° 13
ESQUEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARA FALLAS EN UNO DE LOS DEVANADOS EN UN GENERADOR CON DEVANADOS COMPARTIDOS



Fuente: Libro de protección para generadores

3.7 Protección de Pérdida de Excitación

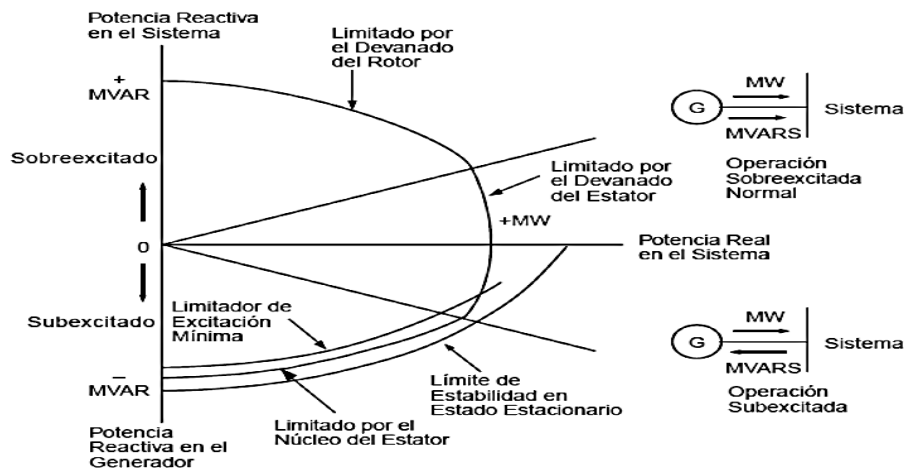
La fuente de excitación de un generador puede ser completa o parcialmente removida debido a incidentes como circuito abierto del campo, corto circuito del campo, fallas en el sistema de regulación de voltaje, disparo accidental del interruptor de campo, entre otras. Sin importar cuál sea la causa, una condición de pérdida de excitación puede ocasionar graves problemas para el generador y el sistema de potencia.

Un generador sincrónico requiere tensión y corriente D.C. adecuadas en su devanado de campo para mantener sincronismo con un sistema de potencia.

Normalmente, el campo del generador es ajustado de modo que al sistema de potencia se entreguen potencia activa y reactiva. Si el sistema de excitación se pierde o es reducido, el generador absorbe potencia reactiva del sistema en lugar de suministrarla y opera en una región de sobreexcitación donde la estabilidad es reducida. En la Figura 14 se muestra la curva típica de un generador.

FIGURA N° 14

CURVA DE CAPACIDAD DEL GENERADOR



Curva de capacidad del generador
Fuente: Libro práctico de los generadores

Cuando un generador sincrónico pierde por completo la excitación el sistema es capaz de suplir la potencia reactiva demandada por el generador sin que esto conlleve a una gran caída de voltaje terminal, el generador puede operar como un generador de inducción girando a una velocidad mayor que la velocidad sincrónica, perdiendo sincronismo se perderá la estabilidad.

En generadores de rotor cilíndrico, que es el de nuestro caso si está operando a plena carga cuando se pierde la excitación, alcanzará una velocidad mayor de entre el 2% y el 5% de la normal. En esta condición de sobrevelocidad, el generador estará absorbiendo potencia reactiva del sistema en cantidades iguales o superiores a la capacidad nominal de este.

Cuando el generador está funcionando con carga reducida, 30% por ejemplo, la velocidad de la maquina solo aumentará entre 0.1% y 0.2% de la velocidad normal y recibirá entonces un nivel más reducido de potencia reactiva del sistema.

En general, la condición más severa tanto para el generador como para el sistema cuando se pierde la excitación, es cuando el generador se encuentra funcionando a plena carga. Para esta condición, las corrientes del estator pueden incrementarse y pueden haber altos niveles de corrientes inducidas en el devanado del estator.

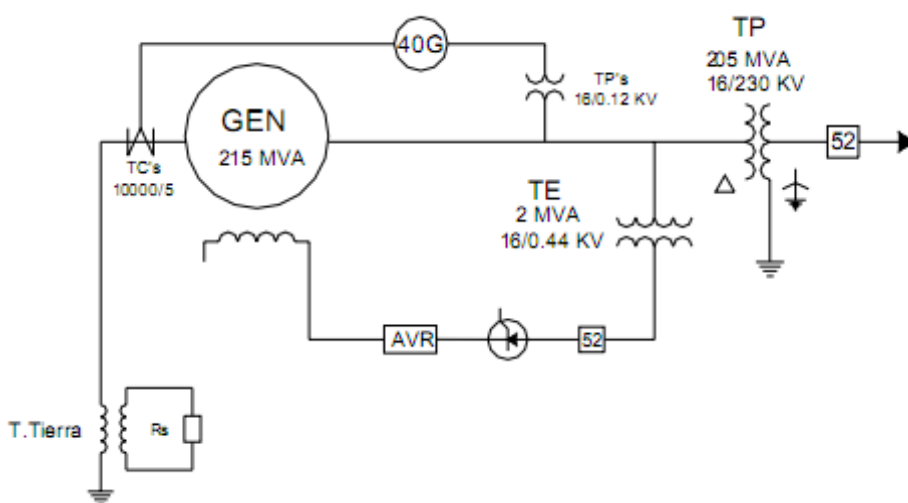
Como este tipo de generadores no tienen devanados amortiguadores que conduzcan las corrientes inducidas en el rotor, presentan un rápido sobrecalentamiento por las corrientes que fluyen en el cuerpo de este, en las cuñas y anillos de retención. En el caso de los generadores de polos salientes, estos pueden funcionar sin campo para cargas entre el 20% y el 25% de la carga normal sin perder el sincronismo. Sin embargo, cuando la condición de pérdida de excitación ocurre a plena carga del generador, el comportamiento y los efectos serán los mismos mencionados para el generador de rotor cilíndrico. Altas corrientes en el estator y altas corrientes inducidas en el campo pueden dañar el devanado del estator, el devanado de campo y el devanado amortiguador.

El tiempo de daño a la máquina debido a las causas anteriores puede ser tan corto como 10 segundos, o incluso puede tomar varios minutos. Este depende del tipo de máquina, del tipo de pérdida de excitación, de las características del gobernador y de la carga del generador.

Pero no solo el generador se ve afectado por la condición de pérdida de excitación. El impacto de esta puede ser de gran importancia en el sistema de potencia debido a la pérdida de reactivos, lo que puede llevar a un colapso de tensión de una gran zona si no existe la suficiente potencia reactiva para satisfacer la demanda del generador al perder el sincronismo. Si la condición de falla permanece, pueden salir de servicio las líneas de transmisión debido al flujo excesivo de potencia reactiva dirigido hacia el generador.

Es por esto que debe emplearse una protección que detecte de forma confiable la condición de pérdida de excitación, sin responder a oscilaciones estables de potencia y a fallas o transitorios que no impliquen pérdida de excitación de la máquina.

FIGURA N° 15
PROTECCIÓN CONTRA PÉRDIDA DE EXITACIÓN



3.8 Protección de sobre y baja Tensión

3.8.1 Baja tensión

Los generadores están usualmente diseñados para operar continuamente a un voltaje mínimo del 95% de su voltaje nominal, mientras entregan la potencia nominal a frecuencia nominal. Un generador operando bajo estas condiciones de voltaje, puede dar lugar a efectos indeseables como la reducción del límite de estabilidad, extracción de potencia reactiva de la red a la que está conectado y mal funcionamiento de los equipos y dispositivos que son sensibles al voltaje.

Una condición de baja tensión es detectada por un relé de baja tensión con tiempo definido o de tiempo inverso con retraso. Este relé es generalmente conectado para alarmar y no disparar la unidad, de modo que el operador pueda tomar las acciones apropiadas para corregir la condición de baja tensión.

3.8.1.1 Sobretensión

Una sobretensión excesiva en un generador ocurrirá cuando el nivel de esfuerzo del campo eléctrico excede la capacidad del aislamiento del devanado del estator del generador.

El daño a los equipos por sólo tensión excesiva es causado básicamente por ruptura del aislamiento debido a esfuerzo dieléctrico. La sobretensión sin sobreexcitación puede ocurrir cuando un generador tiene una sobrevelocidad debida a un rechazo de carga, a una falla severa y repentina, o a alguna otra razón; en estos casos no ocurre una sobreexcitación porque la tensión y la frecuencia aumentan en la misma proporción; por tanto, la relación V/Hz permanece constante. Generalmente los fabricantes proporcionan relaciones tensión-tiempo para su equipo, las cuales muestran los límites permisibles de operación.

Los relés del tipo V/Hz del generador no detectan esta condición de sobrevoltaje y por esta razón una protección aparte de sobrevoltaje es requerida

El relé debe tener una unidad instantánea y una unidad con retraso de tiempo con una característica de tiempo inverso. La unidad instantánea es generalmente ajustada entre el 130% y el 150% del voltaje mientras que la unidad de tiempo inverso se ajusta al 110% del voltaje normal.

Es importante que el relé de sobretensión tenga una respuesta plana a la frecuencia, porque pueden presentarse cambios de frecuencia durante el evento de sobretensión.

3.9 Limitadores de sobre y Subexcitación

3.9.1 Limitador de subexcitación (UEL)

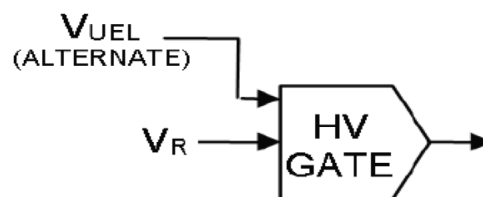
El Limitador de Subexcitación, también conocido como UEL (Underexcitation Limiter) tiene como finalidad prevenir la reducción de la excitación del generador a niveles donde la estabilidad de estado estable o el límite térmico del hierro del estator sean excedidos.

La señal de control del UEL es derivada de una combinación de voltaje y corriente o potencia activa y reactiva del generador. Los límites son determinados por la señal excediendo un nivel de referencia.

Existe una amplia variedad de implementaciones del limitador. Algunas aplicaciones actúan en el error de la señal de voltaje del regulador de voltaje; cuando el límite fijado es alcanzado, un elemento no lineal, como un diodo, empieza a conducir y la señal de salida del limitador es combinada con otras señales controlando el sistema de excitación.

La forma más ampliamente usada de la aplicación del UEL consiste en alimentar con la señal de salida del limitador un circuito de tipo compuerta de alto valor, el cual da control a la señal de entrada de mayor valor, ya sea la del regulador de voltaje o la señal del UEL; cuando el límite establecido del limitador es alcanzado se le da total control al sistema de excitación hasta que la señal del UEL esté por debajo del valor límite.

GRÁFICO N° 3
LIMITADOR DE SUBEXCITACIÓN



Fuente: Libro práctico de protecciones para generadores

El ajuste del limitador debe estar basado en la necesidad de protección, es decir en la inestabilidad del sistema o el calentamiento del núcleo del estator. Adicionalmente la actuación del limitador debe estar coordinada con la protección de pérdida de excitación.

3.9.2 Limitador de sobreexcitación (OEL)

El Limitador de Sobreexcitación, también conocido como OEL (Overexcitation Limiter) tiene como propósito proteger al generador del sobrecalentamiento debido a una prolongada sobrecorriente de campo. La función de limitación de sobreexcitación detecta condiciones de altas corrientes de campo y después de un retardo de tiempo, actúa a través del regulador de AC para bajar la excitación a un valor predefinido (típicamente del 100% al 110% de la corriente de campo). Si no se obtiene un resultado exitoso, se dispara el regulador de AC y se transfiere el control al regulador de DC y se reposiciona el set point a un valor correspondiente

al de corriente nominal. Si esta operación no reduce la excitación a un valor seguro, el limitador iniciará un disparo del interruptor de campo y disparo de la unidad.

Se utilizan dos tipos de retardo de tiempo: tiempo definido y tiempo inverso.

Una protección simple de tiempo definido podría obtenerse usando un relé instantáneo en conjunto con un elemento temporizador (T) que produzca el retardo necesario. Sin embargo, en la práctica se utiliza muy poco una solución en base a elementos independientes, sino que se usa un relé del tipo disco de inducción cuya curva sea muy poco inversa, de modo que pueda llamarse de tiempo definido. De todas maneras, en este tipo de relé el tiempo se define para 10 veces la corriente de operación, en adelante.

Esta característica de operación se consigue utilizando una unidad de medida cuyo núcleo se satura rápidamente. En los relés de estado sólido se utiliza un elemento comparador que actúa a través de un temporizador. El relé opera sólo si la sobrecorriente se mantiene durante el tiempo necesario. En caso contrario, el relé se repone.

Los limitadores de tiempo definido operan cuando la corriente de campo excede el valor de ajuste por un tiempo definido ajustado, independientemente del grado de sobreexcitación.

La principal características de este tipo de relés es que mientras mayor sea la corriente aplicada, menor es su tiempo de operación. Este principio da origen a una variedad de relés con diversas características de tiempo de operación y pequeñas diferencias de diseño eléctricas y mecánicas. En el caso de los de tipo electromecánico, el relé está basado en una unidad de medida de disco de inducción, ya sea del tipo de espira en cortocircuito.

Los limitadores de tiempo inverso operan con el retraso de tiempo coincidiendo con la capacidad térmica del campo.

3.9.3 Criterios de ajuste de la protección para baja y sobrefrecuencia.

Los criterios de diseño siguientes se sugieren como guías en el desarrollo de un esquema de protección por baja frecuencia en unidades generadoras.

- Establecer los puntos de disparo y los retardos de tiempo con base en los límites de frecuencia anormal.
- Coordinar los relés de disparo por baja frecuencia del turbogenerador con el programa de corte de carga automático del sistema.
- La falla de un relé sólo de baja frecuencia para operar durante una condición de baja frecuencia no debe arriesgar el esquema de protección integral.
- Los relés deben ser seleccionados con base en su exactitud, rapidez de operación, y capacidad de reposición.
- El sistema de protección de baja frecuencia del generador debe estar en servicio si la unidad está sincronizada al sistema o mientras está separada del sistema pero alimentando a los servicios auxiliares.
- Proporcionar alarmas separadas para alertar al operador de una frecuencia en el sistema menor que la normal y de que hay un disparo pendiente de la unidad generadora.

Los criterios de ajuste del relé de protección de unidades generadoras, se basan en que estos relés pueden ser ajustados a una frecuencia menor que la máxima

que ocurre durante un rechazo de carga, pero con el retardo de tiempo apropiado para permitir la acción del gobernador. Si la acción del gobernador no logra controlar la frecuencia en un tiempo apropiado, la protección de sobrefrecuencia operará. Estos relés pueden ser ajustados con bandas más estrechas y con retardos de tiempo menores que los necesarios para la protección de plantas generadoras. Los relés son algunas veces conectados a los transformadores de tensión (TPs) en la planta generadora.

Tales dispositivos de “Protección de Calidad” no deben ser confundidos con la protección del generador. Su función es proteger la calidad de la alimentación a los consumidores, y son usualmente conectados para disparar las cargas, con tal vez disparo no requerido del generador.

3.9.4 Protección de sobreexcitación (V/Hz)

La sobreexcitación puede estar causada por una falla en el regulador, rechazo de la carga o una excesiva excitación cuando el generador está fuera de línea. También puede resultar de la velocidad en disminución mientras el regulador o un operador intentan mantener la tensión nominal del estator. La cantidad de Voltios/Hertz es proporcional al flujo magnético en el generador y en los núcleos del transformador elevador y se utiliza para detectar la condición de sobreexcitación.

Los generadores están diseñados para operar a KVA nominales, para niveles de tensión y frecuencia dentro de los límites especificados por el fabricante; la desviación de estos dos factores fuera de los límites puede ocasionar la saturación del núcleo magnético del generador o transformador conectado, induciéndose flujo de dispersión en componentes no laminados, los cuales no fueron diseñados para llevar flujo magnético, lo que hace que el daño se produzca en segundos, también se producen esfuerzos térmicos y dieléctricos que pueden causar daños en la unidad generadora.

Los altos niveles de densidad de flujo son causados por una sobreexcitación del generador. A estos altos niveles, las trayectorias del hierro magnético diseñadas para llevar el flujo normal se saturan, y el flujo comienza a fluir en trayectorias de dispersión no diseñadas para llevarlo. Estos campos resultantes son proporcionales a la tensión e inversamente proporcionales a la frecuencia.

Por lo tanto, los altos niveles de densidad de flujo (y la sobreexcitación) aparecerán a consecuencia de la sobretensión, de la baja frecuencia o de una combinación de ambos.

Las normas ANSI para generadores y transformadores establecen que deben operar satisfactoriamente a su potencia nominal, frecuencia y factor de potencia considerando las siguientes condiciones simultáneas:

- Con la relación Voltios/Hertz no mayor de 1.05.
- Con un Factor de Potencia mayor del 80 %.
- Con la Frecuencia de al menos el 95% de la nominal.

El daño debido a la operación con V/Hz excesivos ocurre más frecuentemente cuando la unidad está fuera de línea, antes de la sincronización. La probabilidad de una sobreexcitación del generador se incrementa dramáticamente si los operadores preparan manualmente la unidad para la sincronización. Se puede también presentar que una unidad esté sujeta a una operación V/Hz excesivos mientras esta sincronizada con el sistema de potencia. Pueden ocurrir diferentes escenarios que puedan causar una condición de sobreexcitación estando la unidad generadora conectada al sistema de potencia, a continuación se presentan algunos de ellos.

La pérdida de generación cercana puede afectar la tensión de la red y el flujo de VARs, causando un disturbio que se muestra como una caída de tensión. En un intento de mantener la tensión del sistema, los sistemas de excitación de los generadores restantes pueden tratar de reforzar la tensión terminal a los límites

de ajuste del control de excitación, mientras la generación disparada está siendo reconectada. Si ocurre una falla en el control de la excitación en este intervalo, tendrá lugar una sobreexcitación.

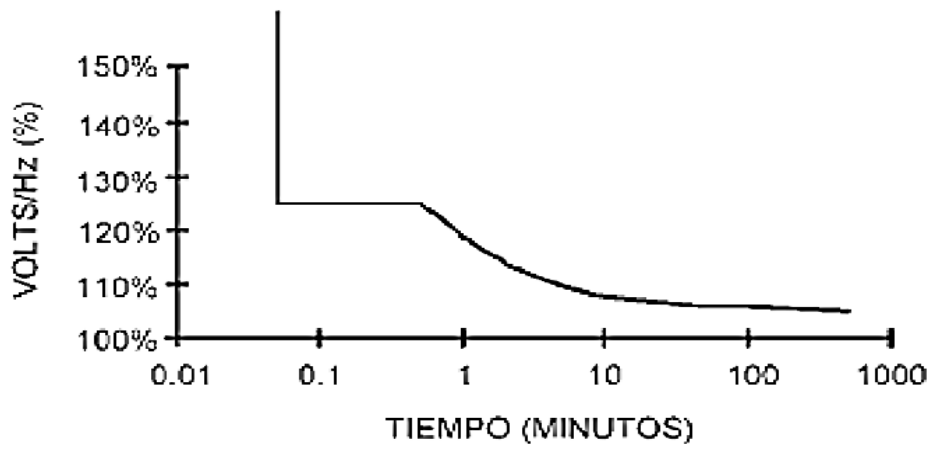
- Un generador podría estar operando a niveles nominales para alimentar un alto nivel de VARs al sistema. La tensión de la unidad puede aún permanecer cerca de los niveles nominales de la red debido a las interconexiones. Una pérdida súbita de carga o de las interconexiones puede causar que la tensión de la unidad se eleve súbitamente. Ocurrirá un evento de sobreexcitación si los controles de excitación del generador no responden adecuadamente.
- La autoexcitación puede ocurrir en generadores debido a la apertura de un interruptor remoto en el sistema cuando la unidad está conectada al sistema a través de líneas de transmisión largas. Si la admitancia de carga en las terminales del generador es mayor que la admitancia de eje en cuadratura la naturaleza de retroalimentación positiva de la acción de control del regulador de tensión puede causar una rápida elevación de tensión.

3.9.4.1 Límites de operación de equipos para sobreexcitación (V/Hz)

Como se había explicado anteriormente el daño producido debido a un nivel excedido de V/Hz, es causado principalmente por el sobrecalentamiento de las componentes físicas del generador, el cual depende de la duración de evento.

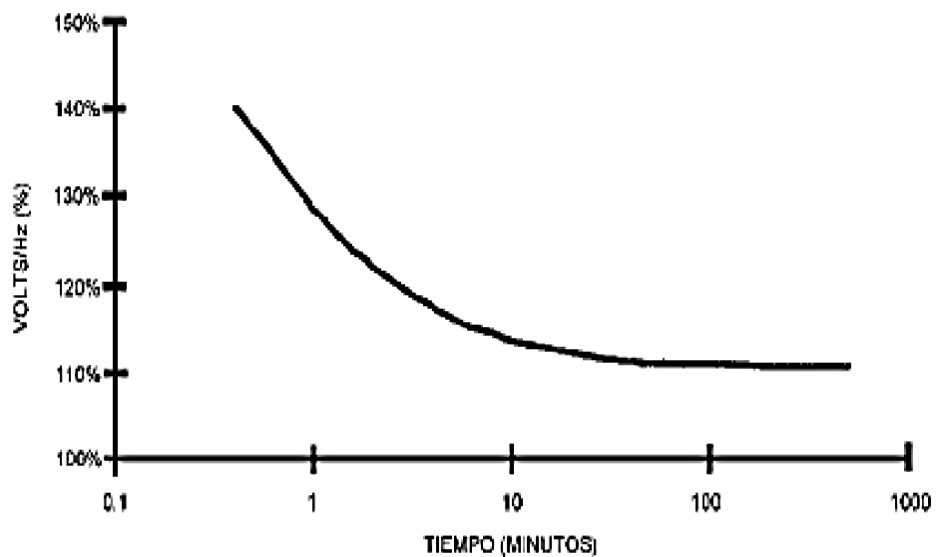
En la figura 16 y figura 17 se muestran las curvas típicas para un generador y un transformador de potencia, sin embargo los fabricantes generalmente proporcionan curvas para sus equipos, que muestran los límites permisibles en términos de porciento de V/Hz normales contra tiempo.

FIGURA N° 16
CURVA TÍPICA PARA UN GENERADOR



Curva típica de límites para la operación de V/Hz para un generador.
Fuente: Libro práctico de los generadores.

FIGURA N° 17
CURVA TÍPICA PARA UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA



Curva típica de límite para la operación de V/Hz para un transformador de P
Fuente: Libro práctico de los generadores

3.9.4.2 Criterios de protección.

El dispositivo de protección para sobreexcitación en un generador según la norma ANSI/IEEE es el relé número 24.

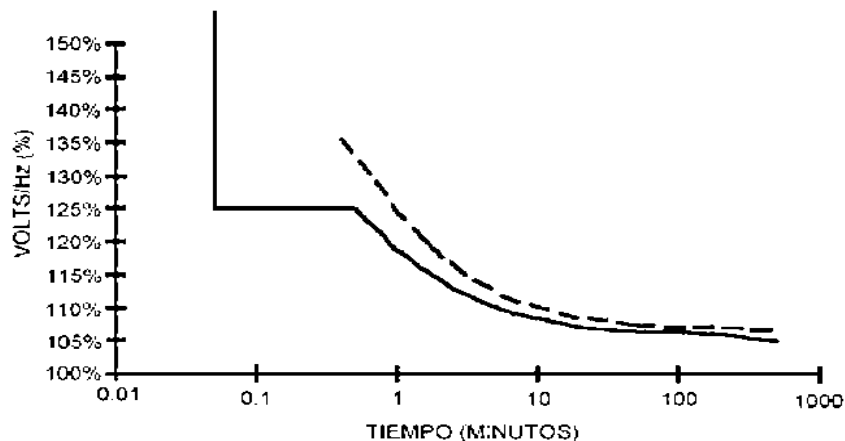
Al ajustar la protección de V/Hz para una unidad generadora, es importante que las curvas de operación permisibles para los generadores y transformadores sean referidas a una base común de tensión. Esto es necesario debido a que, en algunos casos, la tensión nominal del devanado de baja tensión del transformador elevador es ligeramente menor que la del generador.

La relación de vueltas resultante compensa parcialmente la caída de tensión a través del banco debida al flujo de carga. La tensión base usado normalmente es la tensión terminal del generador, puesto que típicamente los TPs usados para la señal de tensión al relé están conectados a la unidad entre el generador y el transformador elevador.

En la figura 18 se muestra las curvas de V/Hz combinadas para el generador y el transformador de potencia.

FIGURA N° 18

CURVAS PARA GENERADOR Y TRANSFORMADOR



Curvas combinadas para la operación V/Hz para generador y transformador elevador.

Fuente: Libro práctico de los generadores

Para la protección de V/Hz, existen tres esquemas de protección comúnmente empleados en la industria. Estos esquemas son:

- Nivel simple: Tiempo definido.
- Nivel dual: Tiempo definido y tiempo inverso.

En los nuevos relés de estado sólido de tiempo inverso, están disponibles dos estilos de ajustes de curva de tiempo inverso: un estilo de relé permite al usuario seleccionar puntos específicos en la curva deseada V/Hz-Tiempo, para la aplicación particular del usuario. El otro estilo de relés proporciona conjuntos de curvas V/Hz-tiempo, de las cuales el usuario selecciona la curva específica que se adapte mejor a su aplicación.

La figura 19 muestra la curva de las características básicas y la zona de protección para el tipo de relé de tiempo definido. Una desventaja importante de emplear un esquema de protección que únicamente utiliza relés de tiempo definido es la decisión entre la protección al equipo y la flexibilidad de operación.

FIGURA N° 19
CARACTERISTICA TÍPICA DEL RELÉ DE TIEMPO DEFINIDO



Característica típica del relé de tiempo definido.

Fuente: Libro práctico de los generadores

En la figura 20 se muestra la curva de características básicas y su respectiva zona de protección para el relé de tiempo inverso, siendo los relés de tiempo inverso los que proporcionan la protección y la flexibilidad de operación más óptimas, puesto que coordinan mejor con los límites operacionales del equipo.

FIGURA N° 20
CARACTERÍSTICA TÍPICA DE TIEMPO INVERSO



Característica típica de tiempo inverso
Fuente: Libro práctico de los generadores

3.10 Características de algunas Protecciones

Se establecen varias clasificaciones, atendiendo a distintos conceptos que llevan a dar diferentes denominaciones a los equipos de protección.

Según su función:

- Sobreintensidad
- Sobrefrecuencia
- Máxima o mínima tensión
- Según su magnitud de entrada o medida

- Intensidad
- Relé de intensidad o máxima intensidad
- Relé de mínima intensidad
- Tensión
- Relé de sobretensión o de máxima tensión
- Relé de subtensión o de mínima tensión
- Relé de tensión nula o falta de tensión
- Impedancia
- Relé de impedancia
- Frecuencia
- Relé de frecuencia
- Potencia o producto
- Relé batimétrico

Según su conexión o medida

- Fase
- Neutro

Según su actuación sobre el interruptor

- Directos
- Indirectos o secundarios

3.10.1 Clasificación según su tiempo de actuación

3.10.2 Relé Instantáneo y relé temporizado

El relé de protección puede actuar instantáneamente o después de un cierto tiempo, aunque la decisión la toma al momento inicial.

3.10.2.1 Relé instantáneo.

Aquel cuyo tiempo de operación es lo más rápido posible, atendiendo a las limitaciones técnicas y constructivas del propio relé.

Hoy en día se consideran relé de alta velocidad aquellos que actúan dentro de los dos primeros ciclos desde la ocurrencia de la falla.

3.10.2.2 Relé temporizado.

Tienen un retardo añadido, tras la decisión para realizar la actuación. Hay dos tipos de temporizadores:

De tiempo fijo o independiente.

El tiempo es independiente del valor de la magnitud de entrada: una vez se decide actuar, tarda en hacerlo un tiempo que siempre es fijo, de acuerdo a un ajuste determinado.

De tiempo inverso o dependiente.

Los retardos son inmensamente proporcionales al valor de la magnitud de entrada, las curvas que representan el valor de retardo en función de la entrada suelen ser similares o hipérbola, con una asíntota paralela al eje de tiempo definida por el valor de arranque del relé.

3.11 Conclusiones

Al finalizar el proyecto se llegan a las siguientes conclusiones:

- El estudio de carga es la base primordial para el dimensionamiento del grupo electrógeno instalado en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, puesto que permite proveer toda la carga instalada en el establecimiento.
- Se determinó la demanda actual de energía eléctrica de la institución y se realizó un balance de cargas para que el generador eléctrico funciones en las mejores condiciones.
- Se perfeccionaron las instalaciones eléctricas en la institución durante el proceso de instalación del grupo electrógeno.
- Se logró eliminar las pérdidas de las actividades académicas y administrativas por falta de energía eléctrica, debido a cortes de energía imprevistos.
- Se redujeron los costos de operación, mantenimiento al eliminar errores humanos por medio de la integración de sistemas innovadores, tecnológicos y la automatización.
- El sistema de protección va hacer de mucha importancia ya que gracias a ello se podrá prolongar en tiempo de vida útil del generador.
- Se clasificaron algunos sistemas de protecciones que podrán ser de mucha beneficio para las distintas formas de protecciones según su función.

3.12 Recomendaciones

Algunas recomendaciones para trabajos futuros son las siguientes:

Se recomienda probar los ajustes de los dispositivos de protección ante fallas de tipo transitorias (Señal de entrada contaminada con ruido) con el fin de verificar el funcionamiento de las protecciones.

Se deben realizar modelos computacionales para simular todas las funciones de protección del grupo electrógeno (Generador).

Se recomienda un análisis más completo de la coordinación entre protecciones de respaldo del grupo generador-Transformador y protecciones principales de líneas de transmisión.

En otras palabras, realizar una metodología para cálculo de ajustes para los dispositivos de protección de los elementos del generador.

3.13 Referencias Bibliográficas

LIBROS

- BALDES. *Stalin. Libro de diseño de protecciones fase 1. Capitulo 1.* Brasil: Febrero, 2007, 180P.
- DONALD. Fink, BEATY. Wayne. CARROLL. John. Manual práctico para ingenieros. *Protección corriente alterna.* Cuarta Edición. España Madrid: Agosto, 2008. 265P
- DUNCAN Glover, MULUKUTLAS Sarma. Libro practico de los generadores. Cuarta Edición México 2008, p 52. ISBN 970-686-291-9
- GALLARDO, Félix. *Automatización de una Unidad Móvil de Generación Eléctrica con un Panel de Control Egcp-2 para Grupos Electrógenos, en la Empresa RS ROTH S. A.* Director Miguel Lucio. Latacunga, Ecuador, 2010, p.16.
- GLOVER. Duncan. SARMA. Mulukutla. *Sistema de protección.* Quinta Edición. México: Abril, 2007. 672P.
- HARPER. Gilberto. *Libro practico de los generadores, transformadores y motores.* Cuarta Edición. EE.UU: Septiembre, 2008. 252P.
- MUJAL. Ramón. *Protección de sistemas eléctricos de potencia.* Tercera Edición. España: Enero, 2007. 196P.
- LABOURET Anne, *Energía Fotovoltaica. Manual Práctico.* Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2008, p.166. ISBN-13: 978-84-96709-00-3.

- LLORENTE Manuel, *Cables Eléctricos Aislados. Descripción y Aplicaciones Prácticas*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2007, p.85. ISBN: 978-84-283-2065-9.
- RAS Enrique, *Teoría de Líneas Eléctricas*. Editorial Marcombo. 2009, p.146, 147. ISBN: 978-84-600-5892-1.
- REY Francisco, *Eficiencia Energética en Edificios. Certificación y Auditorías Energéticas*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2006, ISBN: 9788496709713.
- ROLDAN José, *Formulas y Datos Prácticos para Electricistas*. Editorial Paraninfo. 2007, ISBN: 978-84-283-1243-5.
- SÁNCHEZ Franco, *Locales Técnicos en los Edificios*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2012, ISBN: 978-84-96709-73-7.
- SÁNCHEZ Franco, *Manual de Instalaciones Eléctricas*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. p. 93. ISBN: 978-84-96709-05-8.
- SALVAN. José. *Libro de protección seccional de sistemas de líneas*. Sexta Edición. Argentina: Junio, 2007,257P.
- SANCHEZ. Martin. *Libro Relés de protección para corriente alterna*. Tercera Edición. México: Marzo, 2008,286P.

PAGINAS WEB

- http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_transmisi%C3%B3n
- Volts.<http://zeus.dci.ubiobio.cl/-eleduc/capitulo1/interruptores.html>.
- http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_simbolos/unidad_simbolos_electricos_indice.html
- Volts.<http://zeus.dci.ubiobio.cl/-eleduc/capitulo1/interruptores.html>.
- <http://www.emaresa.cl/gruposelectrogenos/definicion.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_transmisi%C3%B3n
- <http://higiene-seguridad.com.ar/Notas/Disyuntor.htm>
- <http://jjcartagena.com/Documents/dimensionamiento%20del%20grupo%20electrogeno.pdf>
- <http://www.mesemar.com/ES/pdf/GRUPOS%20ELECTROGENOS.pdf>
- http://www.tgc.cl/comercialtgc/comercial_lanzco/grupo_generadores/himoinasa/HIW-30.pdf
- <http://www.perkins.com/cda/files/288821/7/Gen+a+Better+Future+PN1808S+Mar10.pdf>
- <http://www.lu3hba.com.ar/ARTICULOS%2010/Medicion%20de%20Sistema%20de%20Puesta%20a%20Tierra.pdf>

3.14 Anexos

Anexo 1. Encuesta Aplicada.

Universidad Técnica de Cotopaxi
La Maná.

Señores:

Estudiantes, Docentes y Empleados.

Proyecto de tesis: “DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL GENERADOR ELÉCTRICO Y MONTAJE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LA MANÁ”.

Para efectos de la realización de este proyecto se requiere recabar información para lo cual necesitamos conocer su opinión, por tal razón le agradecemos se digne contestar la siguiente encuesta.

1. ¿Cómo considera la eficiencia de la energía eléctrica en la UTC- La Maná?

Bueno () Malo () Regular ()

2. ¿Usted piensa que las instalaciones eléctricas en la UTC-La Maná son seguras?

Si () No ()

3. ¿Cree que es necesario la implementación de un generador eléctrico en la UTC-La Maná?

Si () No ()

4. ¿Cómo considera la instalación de un generador eléctrico para que continúen las clases si existiera un corte de energía?

Bueno () Malo () Regular ()

5. ¿Usted ha perdido horas clase por falta de energía eléctrica durante su carrera en la universidad?

Si ()

No ()

6. ¿Cómo considera el grado de iluminación en la UTC- La Maná para el desarrollo de las actividades académicas?

Bueno ()

Malo ()

Regular ()

7. ¿Cómo considera la distribución de los tomacorrientes en las aulas de la UTC- La Maná?

Bueno ()

Malo ()

Regular ()

8. ¿Considera que las instalaciones eléctricas existentes tienen riesgos para la seguridad de los estudiantes?

Si ()

No ()

9. ¿Considera que las instalaciones eléctricas de la UTC- La Maná cuentan con protecciones adecuadas?

Bueno ()

Malo ()

Regular ()

10. ¿Considera que el ruido provocado por el generador afectaría al aprendizaje?

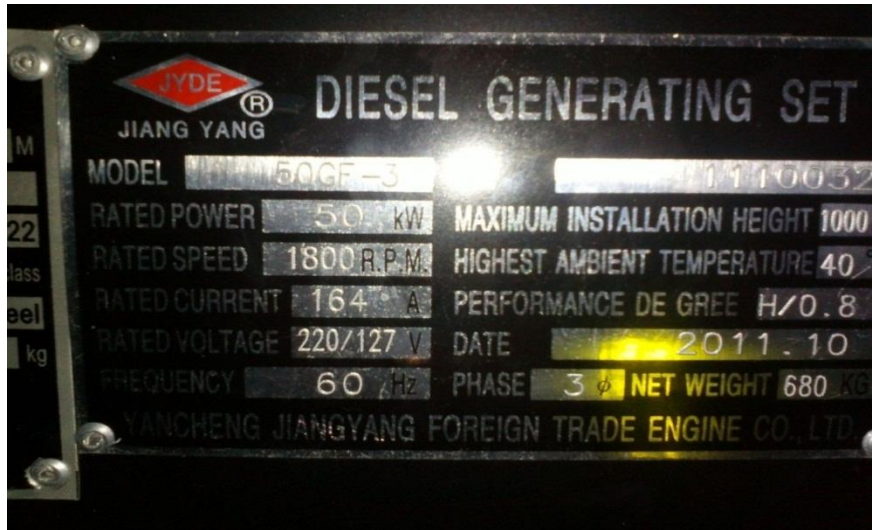
Si ()

No ()

ABREBIATURAS

TEM	Modo Transversal Electromagnético
SRC	Rectificador Controlado de Silicio
V	Volteos
OFF	Apagado
ON	Encendido
Va	Volteos amperios
mA	Mili amperios
PVC	Cloruro de polivinilo
PE	Polietileno
MSC	Margen de seguridad de captación
Ei	Eficiencia del inversor
TEAAC	Enfriamiento total cerrado tipo aire-aire
TEWAC	Enfriamiento total cerrado tipo aire-agua
CO2	Dióxido de carbono
A/D	Análoga Digital
TT/MM	Transformador de medida
TT/CC	Transformador de corriente
TT/PP	Transformador de potencial
UEL	Limitador de Subexcitación,
OEI	Limitador de sobreexcitación
KVA	Kilovoltios amperios
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares V/Hz Volteos Hertz
T	Temporizador

Anexo 2. Placa de datos del generador.



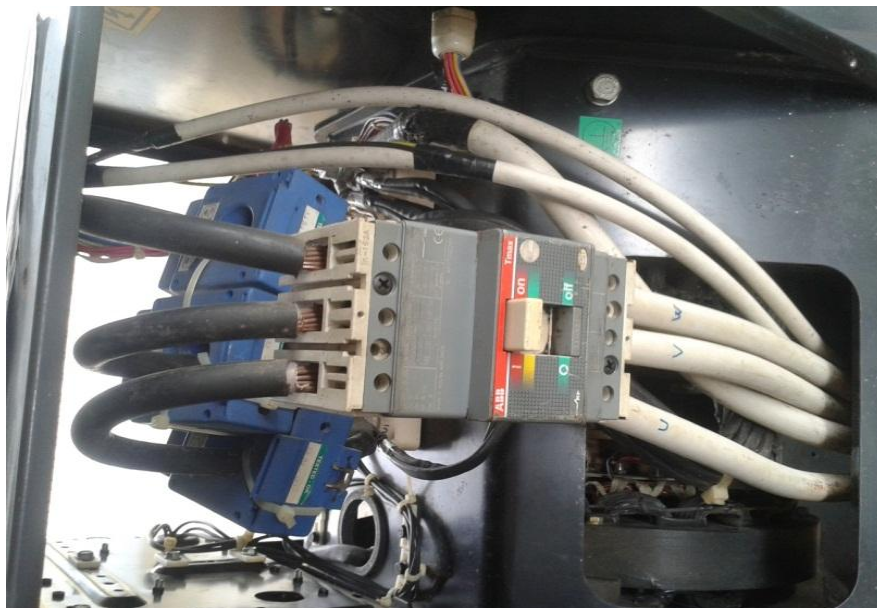
Anexo N° 3 Fusibles de protección tablero principal



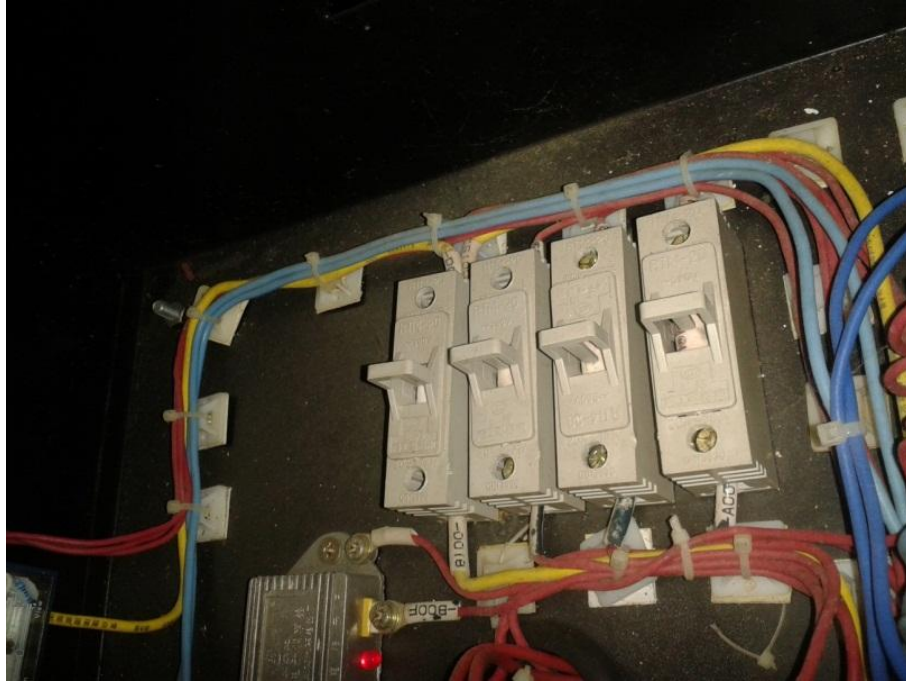
Anexo N° 4 Disyuntor principal



Anexo N° 5 Breaker del generador.



Anexo N° 6 . Fusibles del generador.



Anexo N° 7 Relay del generador.



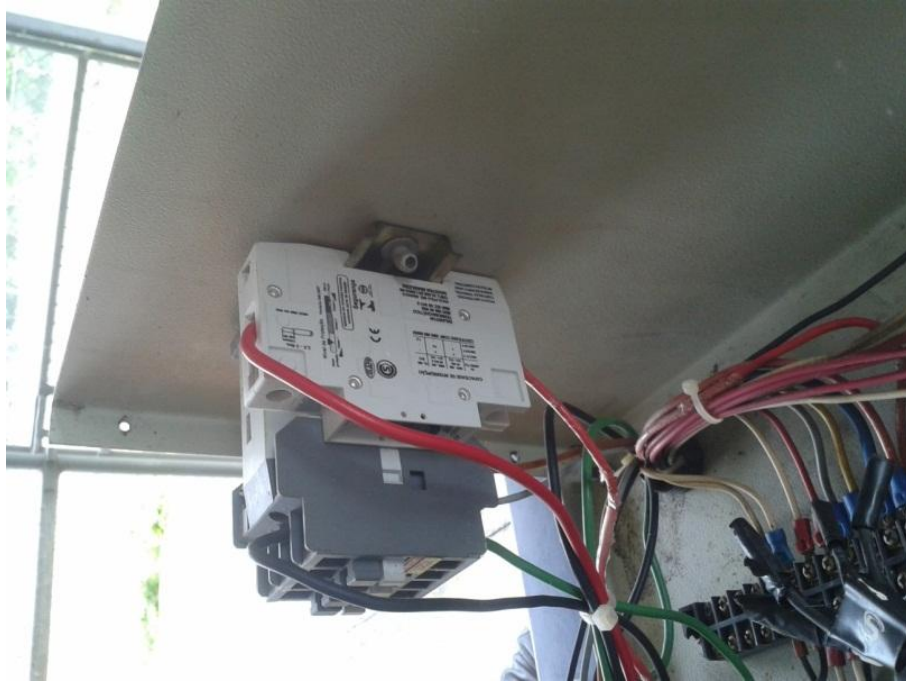
Anexo N° 8 Transformadores de corriente.



Anexo N° 9 Transferencia automática



Anexo N° 10 Relés del generador



Anexo N° 11 Batería del generador.

