

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**PROTECCION ELECTRICA DE GENERADORES ESCHER
WYSS 3,23MVA Y 2,4KV
SEGÚN NORMA IEEE PC37.102-2008**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

EMERSON CIRILO CASTAÑEDA ROMANÍ

PROMOCIÓN 2003-I

LIMA – PERU

- 2007 -

TABLA DE CONTENIDOS

PROLOGO.....		1
CAPITULO I		
Introducción		
1.1	Antecedentes.....	3
1.2	Justificación.....	3
1.3	Planteamiento del Problema.....	3
1.4	Objetivo.....	4
1.5	Metodología de Trabajo.....	4
1.6	Alcances.....	4
1.7	Limitaciones.....	4
CAPITULO II		
Generalidades		
2.1	Generador Trifásicos.....	5
2.1.1	Principios de Funcionamiento.....	6
2.1.2	Partes de un Generador.....	6
2.2	Tipos de Motor Primo.....	9
2.2.1	Turbinas Hidráulicas.....	9
2.2.2	Turbinas a Gas.....	10

2.2.3	Turbinas a Vapor.....	11
2.2.4	Grupos Electr6genos.....	12
2.3	Descripci3n de Protecci3n en Generadores.....	13
2.3.1	Protecci3n de sobreexcitaci3n (V/Hz) [24].....	14
2.3.2	Protecci3n de subtensi3n [27].....	15
2.3.3	Potencia Inversa [32].....	15
2.3.4	Sobreccorriente de secuencia negativa [46].....	16
2.3.5	Sobreccorriente a tiempo definido [50DT].....	18
2.3.6	Protecci3n de sobreccorriente a tiempo inverso [51].....	18
2.3.7	Protecci3n de sobretensi3n de fase [59].....	19
2.3.8	Protecci3n con cuatro etapas de sobre/ subfrecuencia [81]..	20
2.4	Numeraci3n y simbolog3a.....	21
2.5	Esquema General de Protecci3n de Generadores.....	22

CAPITULO III

Normas Aplicadas a la protecci3n de Generadores

3.1	Normas Nacionales.....	23
3.2	Normas Internacionales.....	26
3.3	Protecci3n de Generadores seg6n Norma IEEE PC37.102-2006....	28

CAPITULO IV

Determinaci3n del ajuste de la Protecci3n El6ctrica de Generador Escher Wyss

3,23MW – 2,4 KV

4.1	Descripci3n de Generador.....	29
4.2	Ajuste de la protecci3n del Generador seg6n norma IEEE PC37.102- 2006.....	30

4.2.1	Relé de Protección usado.....	30
4.2.2	Instalación del Relé de protección.....	32
4.2.3	Ajuste de la protección del Generador.....	33
4.2.3.1	Ajuste de protección Sobre Excitación [24].....	34
4.2.3.2	Ajuste de Protección de subtensión [27].....	36
4.2.3.3	Ajuste de protección Potencia Inversa [32].....	37
4.2.3.4	Ajuste de protección Sobrecorriente de secuencia negativa [46].....	39
4.2.3.5	Ajuste de protección Sobrecorriente a tiempo definido [50DT].....	41
4.2.3.6	Ajuste de protección Sobrecorriente a tiempo inverso trifásico [51V].....	42
4.2.3.7	Ajuste de Protección de sobretensión de fase [59]...	43
4.2.3.8	Ajuste de Protección con cuatro etapas de sobre / subfrecuencia [81].....	45
	Conclusiones.....	51
	Bibliografía.....	52
	Anexos	

PROLOGO

El presente informe presenta la secuencia a desarrollar para efectuar el ajuste de la protección eléctrica de un generador con turbina a vapor, Escher Wyss 3,23MVA y 2,4kV, según las recomendaciones de las normas internacionales.

El Complejo Cartavio S.A. cuenta con un Turbogenerador a Vapor de 3,23MVA con una antigüedad de 35 años, no se dispone de manuales y fichas de configuración de su protección electromecánica, por lo que se aplicaran las normas internacionales para configurar los parámetros de protección del relé electrónico a instalar.

El informe se desarrolla en cuatro capítulos, que presenta lo siguiente:

Capítulo I, antecedentes, alcances y metodología.

Capitulo II, una exposición general básica del principio de funcionamientos del generador eléctrico y de los motores primos (turbinas a vapor, turbinas a gas, turbinas hidráulicas y grupos electrógenos), se describe las protecciones aplicables al generador Escher Wyss, numeración y simbología según normas internacionales y el esquema general de protección de los motores primos.

Capitulo III, describe las normas nacionales e internacionales aplicadas a las protecciones de los generadores eléctricos.

Capitulo IV, comprende el ajuste de la protección eléctrica de un generador a vapor de 3,23MVA y 2,4kV.

En forma especial le agradezco al PhD Juan Manuel GERS, Gerente de GERS USA, por su apoyo en la norma IEEE y manuales que forman parte del cuerpo del informe.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

El Complejo Cartavio SA dispuso la instalación y puesta en servicio del Relé electrónico Beckwith Electric M-3425 en reemplazo de los reles electromecánicos existentes para la protección del Turbogenerador a Vapor Escher Wyss.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Debido a la antigüedad de los reles electromecánicos instalados y a la no disponibilidad de personal técnico calificado que efectúe el correcto ajuste de la protección.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ajustar las protecciones eléctricas según lo establecido en la Norma IEEE PC37.102-2006.

1.4 OBJETIVO

Determinar el ajuste de protección eléctrica del Generador Escher Wyss 3,23MVA y 2,4kV, según norma IEEE PC37.102-2006.

1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

- Determinar las protecciones que se deben aplicar.
- Identificar la factibilidad de su aplicación.
- Determinar el ajuste de la protección del Turbogenerador Escher Wyss.

1.6 ALCANCES

Determinar las protecciones y su correspondiente ajuste.

1.7 LIMITACIONES

No tener los datos de fabricante del Generador.

No disponibilidad de literatura técnica y poco acceso a Empresas especializadas en el tema.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 GENERADORES TRIFÁSICOS

Los generadores sincrónicos trifásicos se usan prácticamente para generar bloques importantes de potencia, los niveles de voltaje a que esta potencia se genera se encuentran en forma típica en 0,48, 2,4 y 13,8 kV, este voltaje está prácticamente limitado por consideraciones de aislamiento y adicionalmente el número de conductores que se pueden colocar dentro de las ranuras del estator, ya que estos conductores deben tener una adecuada sección transversal para conducir corriente y mantener las pérdidas óhmicas a un mínimo práctico.

La energía del impulsor, en máquinas térmicas, puede ser obtenida de quemar combustibles fósiles tales como carbón, petróleo o gas natural. El vapor producido gira el rotor del generador a velocidades típicas de 1800 ó 3600 RPM. La conversión de la energía del vapor a rotación mecánica es hecha en la turbina. En plantas nucleares, el uranio, a través del proceso de fusión, es convertido en calor, el cual produce vapor. El vapor es forzado a través de la turbina de vapor para rotar el rotor del generador. La energía del impulsor puede también ser obtenida por caída o movimiento del agua. Los generadores hidroeléctricos giran más lento (alrededor de 100-300RPM) que las turbinas de vapor.

2.1.1 Principio de funcionamiento

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

Aunque las tres corrientes son de igual frecuencia e intensidad, la suma de los valores instantáneos de las fuerzas electromotrices de las tres fases, es en cada momento igual a cero, lo mismo que la suma de los valores instantáneos de cada una de las fases, en cada instante.

2.1.2 Partes de un generador

Un Generador Eléctrico esta compuesta de los siguientes partes:

- Estator. Parte fija.
- Rotor. Parte móvil que gira dentro del estator.
- Escobilla y carbones

Estator, Como es típico en todas las máquinas eléctricas, el estator de un generador síncrono consiste de acero de buena calidad eléctrica, en forma laminada para minimizar las pérdidas por corriente circulante.

El concepto de buen acero eléctrico quiere decir que tanto la permeabilidad como la resistividad del material sea altas, generalmente el acero al silicio satisface este requisito. El número de ranuras es generalmente tal que se puede usar un devanado trifásico simétrico, esto es posible cuando el número de ranuras dividido por el número de polos y multiplicado este cociente por el número de fases es un entero.

En las máquinas de baja velocidad y gran diámetro, tales como los generadores usados en las centrales hidroeléctricas, que tienen un elevado número de polos, la longitud del estator es relativamente corta, en cambio en las máquinas de alta velocidad, como aquellas accionadas por turbinas de vapor, se usan sólo 2 o 4 polos y la longitud axial es varias veces el diámetro.

En el estator se alojan tres bobinas, desfasadas entre sí 120° . Cada una de las bobinas se conecta a una de las fases de un sistema trifásico y dan lugar a un campo magnético giratorio.

La velocidad del campo magnético giratorio se denomina velocidad síncrona (ω_s) y depende de la frecuencia de la red eléctrica a la que esté conectado el Generador

El rotor, La parte rotatoria de un generador síncrono está normalmente constituida de dos formas: (1) con polos salientes y (2) con rotor cilíndrico. La máquina con rotor de polos salientes tiene alimentación de corriente continua en el devanado de campo del rotor, para producir el campo magnético; a la zapata polar se le da una forma que permita que la densidad de flujo en el entrehierro tenga una forma senoidal.

En los generadores de rotor cilíndrico, el devanado de corriente continua está colocado en las ranuras del rotor, como el entrehierro es uniforme se obtiene una mejor distribución del flujo, comparativamente con las máquinas de rotor con polos salientes.

Las máquinas de rotor con polos salientes se usan en las centrales hidroeléctricas en donde operan a muy baja velocidad y entonces requieren de un elevado número de polos. Esta relación se puede observar de acuerdo a la siguiente expresión:

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{N}{60}$$

f = Frecuencia

P = Número de polos

N = Velocidad en RPM

Los rotores de tipo cilíndrico se usan en forma exclusiva en generadores accionados por turbinas de vapor y como tales son conocidos como turbo alternadores o turbogeneradores, tienen por lo general dos o cuatro polos por sus aplicaciones a altas velocidades y debido a que estos rotores son

compactos, pueden soportar las fuerzas centrífugas desarrolladas en los grandes generadores a altas velocidades. Algunas veces los rotores cilíndricos son no laminados y su ranurado se trabaja por fuera.

Escobillas o Carbones, Las escobillas están fabricadas de carbón prensado y calentado a una temperatura de 1200°C.

Se apoyan rozando contra el colector gracias a la acción de unos resortes, que se incluyen para hacer que la escobilla esté rozando continuamente contra el colector.

Los Porta Carbones, Son elementos que sujetan y canalizan el movimiento de los carbones. Los carbones se deslizan libremente en su caja siendo obligadas a apoyarse sobre el colector por medio de un resorte que carga al carbón con una tensión determinada.

2.2 TIPOS DE MOTOR PRIMO

Las turbinas de acuerdo a su accionamiento se pueden clasificar en:

2.2.1 Turbinas Hidráulicas

Dos son las clases de turbinas empleadas en el aprovechamiento de los saltos de agua: las de acción y las de reacción; las primeras son del tipo Pelton y el agua actúa sobre el rodete por medio de una o varias toberas en dirección tangencial. La facilidad de adoptar, entre ciertos límites, la

velocidad tangencial de la rueda, hace que sea posible obtener un número de revoluciones adecuado para esta, lo cual permite el acoplamiento directo con el generador eléctrico.

Las turbinas de reacción empleadas comúnmente son las llamadas Francis en recuerdo de su inventor, y se diferencia de las otras clases de turbinas en cuanto el agua llega radialmente sobre el rodete y al atravesarlo se desvía en ángulo recto para descargarse en sentido paralelo al eje de rotación.

Un tipo particular de turbinas de reacción es la turbina Kaplan en la cual la rueda tiene el aspecto de una hélice; se emplea para caídas muy bajas y a menudo los alabes son móviles.

2.2.2 Turbinas a Gas

Una central con turbina a gas está justificada, generalmente, tan sólo si el combustible, petróleo, gas natural u otro combustible, es abundante y no muy costoso.

Entonces el empleo de una turbina a gas de Ciclos abierto resulta interesante por las ventajas que ellas presenten frente las turbinas clásicas a vapor.

Cuando un turborreactor se usa para entregar gases con alta energía, aun flujo, presión y temperatura especificados, a otro dispositivo que no lo sea la tobera de expulsión de chorro, se llama "generador de gas".

Un generador de gas siempre consta de un compresor, una cámara de combustión y una turbina de gas normal, en que la potencia producida por la turbina es justamente suficiente para operar el compresor. La producción del generador de gas consiste de gases calientes a una presión y temperatura superior a la admisión del compresor.

2.2.3 Turbinas a Vapor

La idea de aprovechar la energía térmica para la producción de electricidad surgió ya en los albores de la industria eléctrica.

Las más difundidas para la generación eléctrica son las centrales a vapor “a condensación”, dichas así porque no descargan directamente a la atmósfera el vapor que ha realizado su trabajo, sino en un condensador, en el cual se forma un vacío muy pronunciado que aumenta el rendimiento del Ciclos. Las turbinas aprovechan una masa de agua que recorre un “Ciclo” cerrado, absorbiendo la energía térmica del combustible y restituyéndola en energía mecánica a la turbina.

La generación del vapor necesario a las turbinas se realiza en calderas de varios tipos, al concepto antiguo gran volumen de agua que se creía necesario, con objeto de lograr almacenamiento de vapor capaz de hacer frente a los aumentos imprevistos de potencia, se ha substituido la idea de fabricar calderas ágiles con poco agua circulante en los tubos y capaces de alcanzar su régimen en un tiempo breve, produciendo así rápidamente la cantidad de vapor necesario a la turbina.

En la industria del papel, de la madera, química, textiles, alimenticias y agrícolas, que generalmente necesitan grandes cantidades de vapor para sus procesos tecnológicos, se utiliza a menudo el Ciclos de turbinas a contrapresión que permite utilizar con elevado rendimiento la fase inicial de expansión del vapor para la producción de la energía mecánica o eléctrica y de recuperar, al final, las calorías contenidas en el vapor descargado por la turbina.

2.2.4 Grupos Electrógenos

En el campo de las centrales termoeléctricas de pequeña y mediana potencia, se da a menudo la preferencia a grupos diesel a raíz de ciertas ventajas que ofrecen, en estos límites, respecto a las turbinas a vapor.

La ausencia de servicios auxiliares y el reducido consumo de agua de refrigeración son características muy importantes a su favor; agradándose también la gran elasticidad del servicio que permite además de una rápida puesta en marcha del grupo, su utilización en las centrales con servicio "de punta" y la economía de ejercicio (rendimiento óptimos a bajo consumo específico también en carga variable lo que es difícil realizar con turbinas a vapor y turbinas a gas.

2.3 DESCRIPCIÓN DE PROTECCIÓN EN GENERADORES

La protección de generadores sincrónicos está fundamentada en la consideración de las condiciones de operación anormal más dañinas que la protección de cualquier otro elemento del sistema de potencia. Un generador protegido adecuadamente requiere la desvinculación automática del mismo de tales condiciones anormales. El inconveniente al proporcionar algunas de las protecciones no es tanto que puedan operar inadecuadamente o remover al generador de servicio innecesariamente, sino que fallen al operar cuando deben.

Un disparo innecesario del generador es ciertamente indeseable, pero las consecuencias de no dispararlo y dañar la máquina son terribles. Para la empresa, el costo de dicho evento no es únicamente el costo de la reparación o reemplazo de la máquina dañada, sino el costo substancial de comprar energía de reemplazo durante el periodo en que la unidad está fuera de servicio. En sitios atendidos, un operador atento y experimentado puede, algunas veces, evitar remover el generador de servicio corrigiendo la condición anormal. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, el evento ocurrirá tan rápidamente para la reacción del operador, que se requiere la detección y aislamiento automático. Se reconoce que los operadores también cometen errores y crean condiciones anormales que requieren el disparo para evitar daños.

Siempre debe tenerse en cuenta que el fabricante de cada generador es el que suele estipular los límites admisibles para cada protección de acuerdo con las fallas que pueden afectar directamente la integridad de las partes constitutivas de las máquinas. Por otra parte, se deben considerar las situaciones operativas

particulares, derivadas de la experiencia de la explotación del generador en cuestión y las eventuales limitaciones debidas a la tecnología y características propias de la protección utilizada.

Los Reles de Protección Electrónicos usan a menudo para su ajuste valor de POR UNIDAD (PU), que son el cociente del valor real del parámetro a configurar entre su valor nominal del mismo, por ejemplo para la corriente del generador sería:

$$I_{pu} = \frac{I_{real}}{I_{Nominal}}$$

I_{pu} : Corriente Por Unidad

I_{real} : Corriente real

$I_{Nominal}$: Corriente Nominal

Entre las protecciones a ser consideradas en el presente informe tenemos:

2.3.1 Protección de (V/Hz) sobreexcitación [24]

La condición de sobreexcitación puede alcanzarse cuando la relación V/Hz (PU) es muy alta (>1.05). La sobreexcitación produce sobrecalentamiento en el generador, el cual, si dura mucho tiempo, puede producir daños permanentes al mismo. Por ello, normalmente estas protecciones cuentan con un nivel de alarma y una curva de disparo a tiempo inverso.

El ajuste de esta función depende de las limitaciones técnicas del generador para operar en condiciones de sobreexcitación. Es una protección que debe

estar ajustada por debajo de los límites técnicos operativos de la máquina garantizada por el fabricante, según la IEEE estos límites están entre 118%-120% de V/Hz (PU).

2.3.2 Protección de subtensión [27]

Esta protección no se utiliza frecuentemente. Sirve, por lo general, como un enclavamiento para evitar el cierre de un interruptor sobre una máquina detenida o desexcitada. Cuando la máquina abastece a un sistema aislado, esta protección puede ser necesaria ante fallas en el regulador de la máquina.

2.3.3 Potencia Inversa [32]

Esta protección es requerida para evitar daños mecánicos al generador y/o al motor primario, cuando falla la máquina impulsora ó cuando la misma se queda sin alimentación.

Debe ajustarse a un tiempo suficiente para evitar su actuación ante oscilaciones de potencia siguientes a una sincronización o posteriores a una falla en el sistema.

El ajuste de esta función depende del tipo de máquina primaria que impulsa al generador. El umbral de detección debe establecerse de acuerdo a las limitaciones técnicas de la máquina primaria para invertir su función (de impulsar a ser impulsada). Dado que el proceso es relativamente lento, una temporización del orden de unos segundos se considerará correcta.

La tabla 2.1, muestra los ajustes típicos en función del tipo de máquina primaria.

Tipo de Motor Primo	Límite de Potencia de Motorización (%)
Turbina a Gas	0 - 50
Turbina Hidráulica	0.2 - 2
Turbina a Vapor	0.5 - 3
Motor Diesel	0 - 25

Tabla 2.1

2.3.4 Sobrecorriente de secuencia negativa [46]

Cuando un generador alimenta a una carga desequilibrada en forma sostenida, las corrientes de secuencia negativa que circulan en el estator generan corrientes de frecuencia doble que la nominal en el rotor, ante lo cual este último se sobrecalienta.

Para evitar un daño permanente al rotor, se instalan protecciones de sobrecorriente de secuencia negativa, que responden a la ecuación:

$$I_2^2 \times t = K$$

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c)$$

$$a = 1 \angle 120^\circ$$

$$a^2 = 1 \angle 240^\circ$$

I_2 : Suma promedio de las tres corrientes de fase del generador

I_a , I_b y I_c : Corrientes de fase

t : Tiempo de duración de la falla

K : constante térmica del rotor del generador.

Dado que un generador puede suministrar en forma permanente sólo un bajo porcentaje de corriente de secuencia negativa (menores a 5%), a partir de este valor y hacia arriba la tolerancia en tiempo es decreciente (menores tiempos a mayores corrientes de secuencia negativa). En consecuencia el tiempo de operación varía entre cerca de 10 segundos para desbalances importantes (mayores a 10%) hasta más de 100 segundos para desbalances de menor orden (menores a 10%).

Los generadores de polos salientes tienen una mayor capacidad para soportar corrientes desbalanceadas que los demás generadores.

El ajuste de esta función depende de las limitaciones térmicas del generador para operar en condiciones de desequilibrio de carga. Es una protección que debe estar ajustada por debajo de la capacidad térmica de la máquina garantizada por el fabricante. Establecido el ajuste, las protecciones arriba deberán coordinar con este ajuste de modo que la máquina no quede fuera de servicio innecesariamente.

2.3.5 Sobrecorriente a tiempo definido [50DT]

Esta protección es usada como una función de sobrecorriente de fase de tiempo definido para proporcionar protección para fallas externas al generador.

En algunos casos, el generador podría estar funcionando con algunas espiras en corto hasta que el devanado del generador es reparado. Para prevenir la mala operación bajo estas condiciones, el ajuste de la corriente de arranque de la protección de la fase fallada debe ser mayor que el de las otras fases. Para cumplir esta función, ajustes de la corriente de arranque de la protección individuales están disponibles para cada fase.

2.3.6 Protección de sobrecorriente a tiempo inverso [51]

Se distinguen dos casos de aplicación:

1. La detección de fallas en el generador, ya sea como protección principal (pequeños generadores) ó como protección de respaldo (grandes ó medianos generadores).
2. La detección de fallas en el sistema, actuando en función de respaldo, para limitar la corriente de falla a los tiempos permitidos por el diseño del generador.

La función de sobrecorriente de tiempo inverso puede ser de voltaje controlado (VC), voltaje restringido (VR), o ninguno. Para operación con

voltaje controlado, la función no está activa a menos que el voltaje este abajo del punto de ajuste del voltaje de control. Esta filosofía es usada para confirmar que la sobrecorriente sea debido a una falla en el sistema. Cuando se aplica, muchos usuarios ajustan el voltaje de control en el rango de 0.7 a 0.01 pu del voltaje nominal. Cuando se selecciona la restricción de voltaje, el ajuste de la corriente de arranque de la protección se modifica continuamente en proporción a la caída de voltaje en las terminales del generador.

La función de restricción de voltaje es muy recomendable para generadores pequeños con constantes cortos circuitos relativamente cortas.

2.3.7 Protección de sobretensión de fase [59]

En primer lugar debe quedar claro que solamente se trata de proteger a la máquina ante sobretensiones prolongadas de frecuencia nominal. La protección contra sobretensiones temporarias es cubierta por los descargadores de sobretensión.

Una sobretensión de frecuencia nominal puede ser ocasionada por una operación defectuosa del regulador de tensión, por pérdidas súbitas de carga, etc. En el caso de las pérdidas de carga, debe tenerse presente que el regulador de tensión del generador tratará de corregir la situación, al cabo de unos segundos. El ajuste de estas protecciones está dado fundamentalmente por el fabricante de dichas máquinas.

Para impedir el mantenimiento prolongado de sobretensiones sobre la máquina, se utilizan las protecciones de sobretensión a tiempo definido ó tiempo inverso, actuando en tiempos largos (para sobretensiones de 110% de V_n , tiempo de 10 a 15s), de manera de no interferir con la operación normal del regulador de tensión de la máquina.

2.3.8 Protección con cuatro etapas de sobre/ subfrecuencia [81]

Protección de sobrefrecuencia (81O), La condición de sobrefrecuencia normalmente es implementada en Motor Primo (sobrevelocidad). El ajuste de esta función depende de cuestiones propias de la máquina y de la operación del sistema, a fin de evitar que determinadas sobrefrecuencias temporarias saquen de servicio anticipadamente a algunos generadores, de ser necesario se producirá la desconexión de ciertos generadores ante ciertos valores de sobrefrecuencia para equilibrar al sistema (exceso de generación).

Protección de subfrecuencia (81U), La condición de subfrecuencia se produce por una sobrecarga del generador operando en un sistema aislado ó subsiguientemente a una falla severa en el sistema que produzca un déficit de generación respecto de la carga. En ciertos casos, se utiliza solamente como una alarma, previendo que la condición de subfrecuencia será solucionada por el operador. En otros casos, se utiliza un disparo retardado para eliminar esta condición, la cual es especialmente perjudicial para los Motores Primos.

2.4 NUMERACIÓN Y SIMBOLOGÍA

En la Tabla 2.2 se tiene la Terminología ANSI y su simbología según norma IEC 60617.

Description	ANSI	IEC 60617	Description	ANSI	IEC 60617
Overspeed relay	12		Inverse time earth fault overcurrent relay	51G	
Underspeed relay	14		Definite time earth fault overcurrent relay	51N	
Distance relay	21		Voltage restrained/controlled overcurrent relay	51V	
Overtemperature relay	26		Power factor relay	55	
Undervoltage relay	27		Overvoltage relay	59	
Directional overpower relay	32		Neutral point displacement relay	59N	
Underpower relay	37		Earth-fault relay	64	
Undercurrent relay	37		Directional overcurrent relay	67	
Negative sequence relay	46		Directional earth fault relay	67N	
Negative sequence voltage relay	47		Phase angle relay	78	
Thermal relay	49		Autoclose relay	79	
Instantaneous overcurrent relay	50		Underfrequency relay	81U	
Inverse time overcurrent relay	51		Overfrequency relay	81O	
			Differential relay	87	

Tabla 2.2

2.4 ESQUEMA GENERAL DE PROTECCIÓN DE GENERADORES

La Figura 2.1 muestra la disposición general típica de un esquema de protecciones de generador.

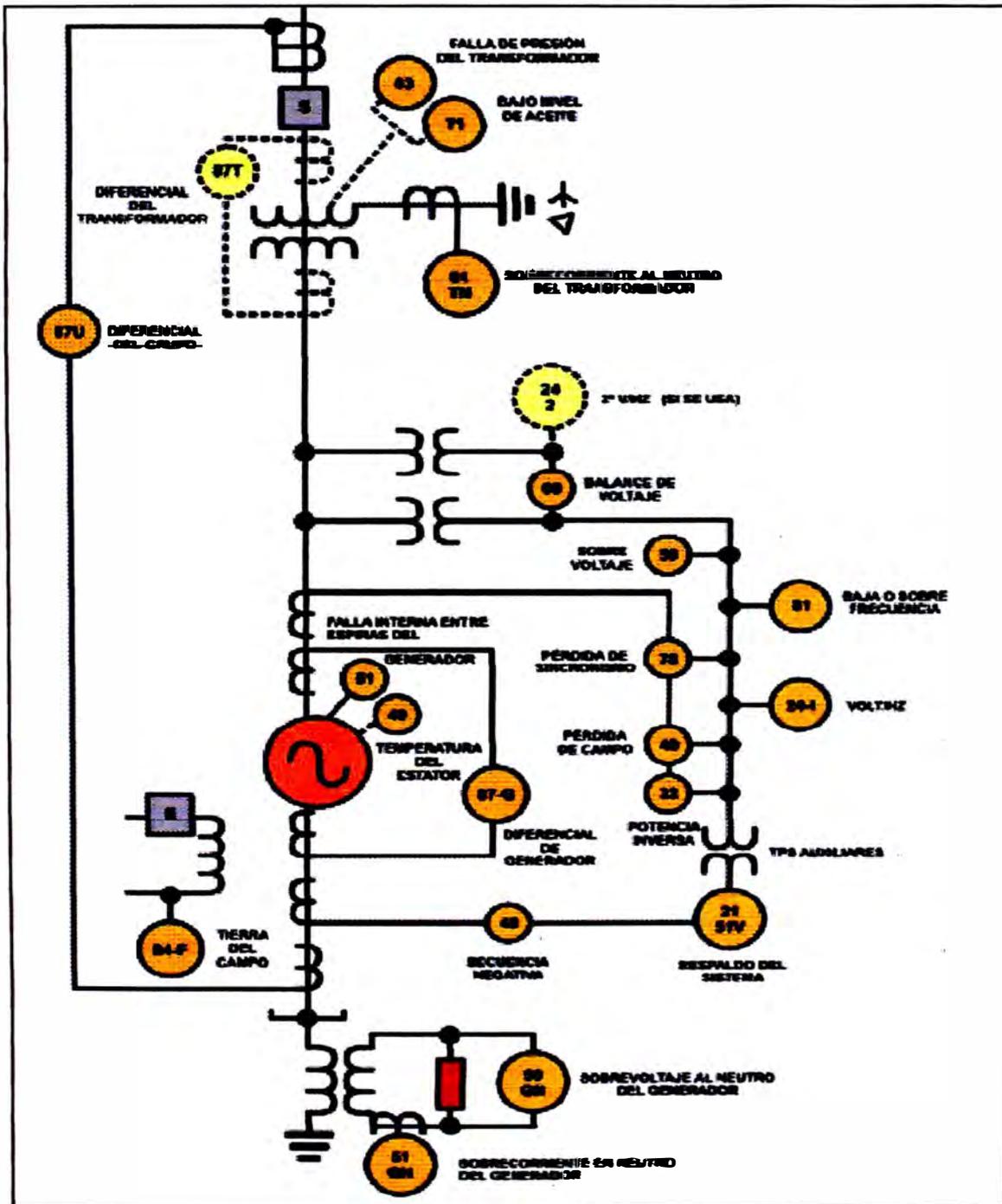


Figura 2.1 Esquema de protección de generadores

CAPITULO III

NORMAS APLICADOS A LA PROTECCIÓN DE GENERADORES

3.1 NORMAS NACIONALES

En el Código Nacional de Electricidad se encontraron dos capítulos referidos a la protección de Generadores Eléctricos:

- **Código Nacional de Electricidad, Sistemas de Utilización, Numeral 5.3 Generadores, el acápite 5.3.3 Protección Contra Sobrecorriente especifica lo siguiente:**

5.3.3 Protección Contra Sobrecorriente

5.3.3.1 Generadores de tensión constante

Los generadores de tensión constante, con excepción de las excitatrices de los generadores de corriente alterna, deberán estar protegidos contra sobrecargas por su diseño inherente, por disyuntores, fusibles u otros medios aceptables de limitación de corriente adecuados para las condiciones de uso.

5.3.3.2 Generadores de dos conductores

Los generadores de corriente continua de dos conductores pueden tener protección contra sobrecorriente en un sólo conductor, sólo si el dispositivo de sobrecorriente es accionado por la totalidad de la corriente generada, exceptuando la del devanado de excitación en derivación.

El dispositivo de sobrecorriente no deberá abrir el circuito del devanado de excitación en derivación.

5.3.3.3 Generadores para 65 V o menos

Los generadores que funcionan a 65 V o menos y son accionados por motores individuales, deberán considerarse protegidos por el dispositivo de sobrecorriente que protege el motor, si este dispositivo actúa cuando los generadores suministran no más del 150% de su corriente nominal de plena carga.

5.3.3.4 Grupos compensadores

Los generadores de corriente continua de dos conductores asociados a grupos compensadores para obtener neutros para sistemas de 3 conductores, deberán estar equipados con dispositivos de sobrecorriente que desconectarán el sistema de 3 conductores en el caso de desequilibrio excesivo de tensiones o corrientes.

5.3.3.5 Generadores de corriente continua de tres conductores

Los generadores de corriente continua de tres conductores de arrollamiento compuesto o en derivación se deberán equipar con dispositivos de sobrecorriente, uno en cada terminal del inducido, conectados para que

sean accionados por toda la corriente del inducido. Dichos dispositivos, deberán estar formados ya sea por un disyuntor de dos polos y dos bobinas o por uno de cuatro polos, conectado a la línea y a los terminales del compensador y disparado por dos dispositivos de sobrecorriente, uno en cada terminal del inducido. Tales dispositivos de protección deberán estar enclavados de manera que ningún polo pueda abrirse sin desconectar simultáneamente del sistema ambos terminales del inducido.

5.3.3.6 Excepción a los incisos 5.3.3.1 hasta 5.3.3.5

Donde la Autoridad Competente juzgue conveniente que un generador es vital para la operación de un sistema eléctrico y que debería operar aunque esté expuesto a fallas, a fin de prevenir un peligro a las personas, el (los) dispositivo(s) sensible(s) a la sobrecarga puede(n) ser conectado(s) a un anunciador o alarma supervisado por personal autorizado, en lugar de interrumpir el circuito del generador.

- **Código Nacional de Electricidad Sistemas de utilización, en el Ítem 7.5. Sistema de Generación de Fuerza de Reserva, se que describe lo siguiente sobre la protección del estos generadores.**

7.5.5 Sistema de Generación de Fuerza de Reserva

7.5.5 Protección de los Sistemas.

Los equipos de transferencia y el alambrado correspondiente al sistema de generación de fuerza de reserva deberán estar provistos de dispositivos de protección adecuadamente calibrados.

Del análisis de estos numerales del Código Nacional de Electricidad, Sistema de Utilización, podemos concluir lo siguiente:

- La Norma da lineamientos acerca de que tipos de protección debe de haber para diferentes casos de instalación, voltaje de trabajo y aplicación.
- La Norma Peruana establece el uso de fusibles, disyuntor, interruptores, seccionadores u otros medios para delimitar la protección de los Generadores.
- Esta norma no da parámetros de configuración del ajuste de la protección de Generadores, por lo que solo nos guiaremos de las Normas Internacionales.

3.2 NORMAS INTERNACIONALES

En las normas internacionales tenemos las Normas IEEE y las IEC que están referidas a la parte eléctrica, de estas normas la IEEE es la que mas ha presentado Normas para la configuración del ajuste de los generadores, a continuación indicamos estas normas:

- IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power
- IEEE Guide for Generator Ground Protection
- IEEE PC37.102/D7 Guide for AC Generator Protection.
- IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection of Power Generating Plants

- IEEE Application Guides for Ground-Fault Neutralizers, Grounding of Synchronous Generator Systems, Neutral Grounding of Transmission Systems
- IEEE Guide for Protection, Interlocking, and Control of Fossil-Fuelled Unit-Connected Steam Station
- IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems
- IEEE Transactions on Power Systems.
- IEEE Computer Applications in Power.
- IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems.
- IEEE Transactions on Power Systems.
- IEEE Transactions on Power Delivery
- IEEE Transactions on Energy Conversion.
- IEEE IAS Transactions.
- IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power Transformers.
- IEEE Guide for Protection, Interlocking, and Control of Fossil-Fuelled Unit-Connected Steam Station.

L a Norma IEEE PC37.102-2006 tiene en consideración las observancias relacionadas a la protección de generadores indicadas en el resto de normas.

3.3 PROTECCIÓN DE GENERADORES SEGÚN NORMAS IEEE PC37.102-2006

La Norma IEEE PC37.102-2006 es una guía para efectuar el ajuste de la protección contra fallas que pueda presentar los Turbogeneradores Síncronos, ya sean Hidráulicas, de Vapor, a Gas o Grupos Electrógenos.

Esta norma usa la terminología ANSI que los reles electrónicos de las diferentes marcas del mercado también la consideran.

La Norma IEEE PC37.102-2006, Guía para la Protección de Generadores AC, inicialmente es publicado en 1987. Seguidamente es revisada en 1995 y reafirmada en el 2002.

CAPITULO IV

DETERMINACIÓN DEL AJUSTE DE LAS PROTECCIONES ELÉCTRICAS PARA GENERADOR ESCHER WYSS

4.1 DESCRIPCIÓN DE GENERADOR

El generador Escher Wyss es accionado por una turbina a vapor de la misma marca, esta turbina es a condensado con extracción.

A continuación se tiene los siguientes datos de placa:

Marca: Escher Wyss Ravensburg

- **Generador**

Modelo: 135-170.2

Potencia: 3230kVA

Voltaje salida: 2400 V

Corriente: 777Amp

Factor de Potencia: 0.8

Velocidad: 3600RPM

- **Excitatriz**

Modelo: 3157 av4-NR

Voltaje: 100 V

Corriente: 340Amp

Potencia: 34kW

- Reductor

$$n: \frac{7000}{3583}$$

- Turbina

Potencia: 2707kW

Presión de Vapor: 575Psig

Temperatura de Vapor: 700°F

Velocidad: 7900 RPM

Presión de extracción de Vapor: 20Psig

Temperatura de extracción de Vapor: 260°F

4.2 AJUSTE DE LA PROTECCIÓN DEL GENERADOR SEGÚN NORMA IEEE PC37.102/D7-2006

4.2.1 Relé de Protección usado.

Para la protección del Generador Escher Wyss se usó un relé de protección marca Beckwith Electric, modelo M-3425. Este Relé electrónico dispone de

todas las funciones necesarias para poder configurar los parámetros de protección. En la figura 4.1 se tiene la pantalla principal con las funciones de protección que el relé cuenta:

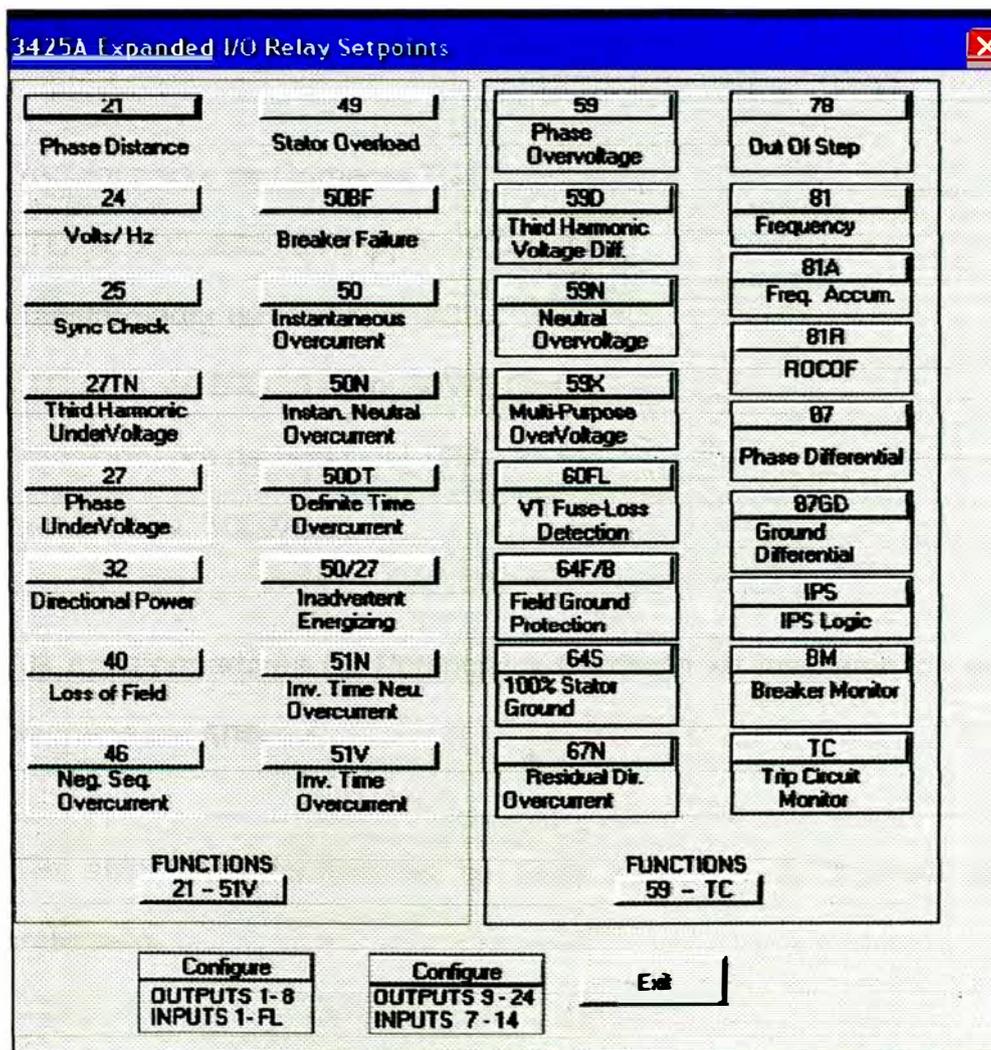


Figura 4.1, Funciones de Protección del Relé Beckwith Electric

Como se puede apreciar existen 34 funciones que se pueden configurar, del total de funciones se activarán las protecciones indicadas en la tabla seleccionan los más convenientes que se pueden aplicar a este generador.

4.2.2 Instalación del Relé de protección

Para las señales de corriente y voltaje de entrada del relé de protección se requirió transformadores de corriente y potencial, siendo sus datos los siguientes:

- Transformador de Corriente TC1
3 TC (a, b, c); 800 / 5 Amp; 30VA; Cl: 0.5
- Transformador de Corriente TC2
3 TC (a, b, c); 800 / 5 Amp; 30VA; Cl: 0.5
- Transformador de Potencial TP2
2,4 / 0.12 kV; 500VA; Cl: 3

Los transformadores de Potencial y Corriente se instalaron de acuerdo al diagrama del Anexo A.

Con estos Transformadores se tiene los datos de ingreso al relé de protección:

- Voltaje Nominal: 120V
- Corriente Nominal: 4.85A
- Frecuencia Nominal: 60Hz

4.2.3 Ajuste de la protección del Generador

Para la elección de las protecciones a ser aplicadas en el generador Escher Wyss se tendrá en cuenta la Tabla 4.1, "Tabla Orientativa de Selección" de la Guía "Ajuste y Coordinación de Protección de Generación" de autor Ing. Eduardo N. Gentile.

Tamaño Generador	I 0...4 MVA	II 4...15 MVA	III 15...50 MVA	IV 50...200 MVA	V > Tamaño	Explicaciones
Supervisión Diódo	4	4	4	4		
Sobrecarga Rotor						Necesario
Falla a tierra Rotor						No Necesario
Falla entre espiras		6	6	6		
Diferencial del Generador						Opcional
Diferencial de Bloque (Trafo)						Necesario bajo especial condición
Subfrecuencia		3	3	3		
Subvoltaje	2	2	2	2	2	7 Solamente necesario para vapor y Diesel
Sobrevoltaje						2 Solamente necesario para vapor y Diesel
Falla a tierra Estator						
Pérdida de Excitación						3 Solamente rec. para operación bomba
Pérdida de Sincronismo						4 Solamente rec. para rotating diodes
Autoexcitación						
Potencia Inversa	1	5	5	5		5 No necesario con turbinas Pelton
Mínima Impedancia						
Distancia						6 No necesario con turbinas Pelton
Desbalance (secuencia neg.)						R(T) Solamente rec. para fase R y si lo requiere en la fase T
Sobrecorriente (Tiempo defn.)	RST	RT(S)	RT(S)	RT(S)	RST	
Sobrecarga	RST	(R)(S)(T)	(R)(S)(T)	(R)(S)(T)	RST	

Tabla 4.1, Tabla orientativa de selección

De acuerdo a la Tabla Orientativa de Selección se identifica que el Turbo Generador Escher Wyss (3,23MVA) pertenece al rango de 0 a 4 MVA, por lo cual las protecciones mínimas a ser consideradas serán:

- Protección de subtensión [27]
- Potencia Inversa [32]
- Sobrecorriente a tiempo definido [50DT]
- Protección de sobretensión de fase [59]
- Protección con cuatro etapas de sobre / subfrecuencia [81]

Considerando técnicamente y que no incidirá en el costo, se ha considerado también usar las siguientes protecciones adicionales:

- Protección de sobreexcitación (V/Hz) [24]
- Sobrecorriente de secuencia negativa [46]
- Protección de sobrecorriente a tiempo inverso trifásico [51]

4.2.3.1 Ajuste de protección Sobre Excitación [24]

Según norma, sección 4.5.4.2, se tiene:

Relé Simple

Alarma V/Hz(pu) : 110%; Tiempo: Instantáneo

Disparo V/Hz(pu) : 110%; Tiempo: 6s

Relé de dos estados

Disparo V/Hz(pu) : 110%; Tiempo: $45 < t < 60s$

Disparo V/Hz(pu) : 118% - 120%; Tiempo: $2 < t < 6s$

El Relé Beckwith Electric tiene la opción de dos Estados de disparo, con el tiempo en Ciclos, según la norma se tendrá los siguientes valores de ingreso al relé:

Primer ajuste de disparo: $\frac{V}{f}(pu)(1) = 110\%$

Tiempo: $t(1) = 45s \times 60 = 2700Ciclos$

Segundo ajuste de disparo: $\frac{V}{f}(pu)(2) = 118\%$

Tiempo: $t(2) = 2s \times 60 = 120Ciclos$

En la Figura 4.2 se muestra la pantalla de cómo queda el ajuste de la protección Sobre Excitación [24] en el Rele Beckwith Electric.

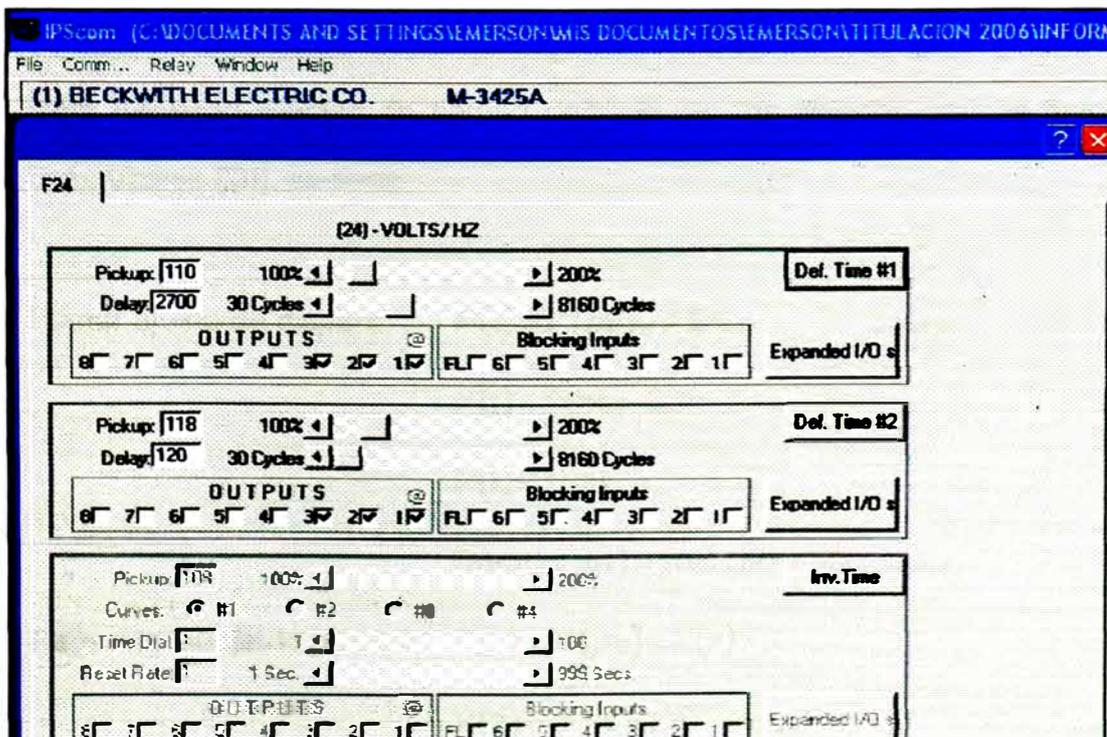


Figura 4.2, Ajuste protección Sobre Excitación [24]

4.2.3.2 Ajuste de Protección de subtensión [27]

Según norma, sección A.2.13, se tiene:

Relé con tiempo inverso e instantáneo

Disparo $V(\text{pu})$: 90%; el Dial de la curva de tiempo inverso a seleccionar será tal que para un Tiempo de 9.0 s el relé dispare.

Disparo $V(\text{pu})$: 70%; Tiempo: Instantáneo

Relé de tiempo definido de dos estados

Disparo $V(\text{pu})$: 90%; Tiempo: $10 < t < 15\text{s}$

Disparo $V(\text{pu})$: 80%; Tiempo: 2s

Teniendo las siguientes consideraciones:

- Voltaje en el secundario del Transformador de Potencial: 120V (entrada de voltaje del relé, $V(r)$)
- Relé Beckwith Electric de tiempo definido de dos estados para la función Sub. Voltaje [24], se tiene:

Primer ajuste de disparo: $V(1) = V(\text{pu}) \times V(r)$

$$V(1) = 90\% \times 120$$

$$V(1) = 108V$$

$$\text{Tiempo: } t(1) = 10\text{s} \times 60 = 600\text{Ciclos}$$

Segundo ajuste de disparo: $V(2) = V(\text{pu}) \times V(r)$

$$V(2) = 80\% \times 120$$

$$V(2) = 96V$$

$$\text{Tiempo: } t(2) = 2s \times 60 = 120 \text{ Ciclos}$$

En la Figura 4.3 se muestra la pantalla de cómo queda el ajuste de la protección Sub. Voltaje [27] en el Rele Beckwith Electric.

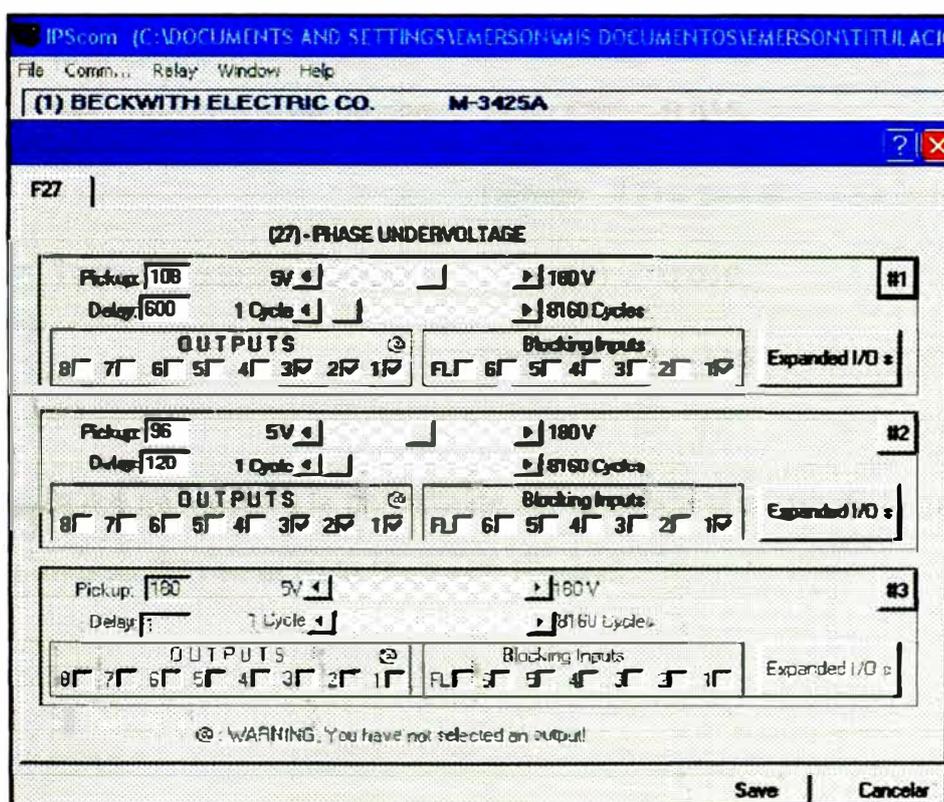


Figura 4.3, Sub. Voltaje [27]

4.2.3.3 Ajuste de protección Potencia Inversa [32]

Según norma, sección 4.5.5.3 & A.2.9, se tiene:

Turbina a Gas P(pu): 50%; Tiempo < 60s

Motor Diesel P(pu): 25%; Tiempo < 60s

Turbina Hidráulica P(pu): 0.2 - 2%; Tiempo < 60s

Turbina a Vapor P(pu): 0.5 - 3%; Tiempo < 30s

El Relé Beckwith Electric tiene 3 estados de disparo, por lo que se tendrá en cuenta para el ajuste el punto máximo, mínimo e intermedio propuesto por la norma:

Primer ajuste de disparo: $P(pu)(1) = -0.005$

Tiempo: $t(1) = 30s \times 60 = 1800Ciclos$

Segundo ajuste de disparo: $P(pu)(2) = -0.015$

Tiempo: $t(2) = 2s \times 60 = 120Ciclos$

Tercer ajuste de disparo: $P(pu)(3) = -0.030$

Tiempo: $t(3) = 0.167s \times 60 = 10Ciclos$

En la Figura 4.4 se muestra la pantalla de cómo queda el ajuste de la protección Potencia Inversa [32] en el Rele Beckwith Electric.

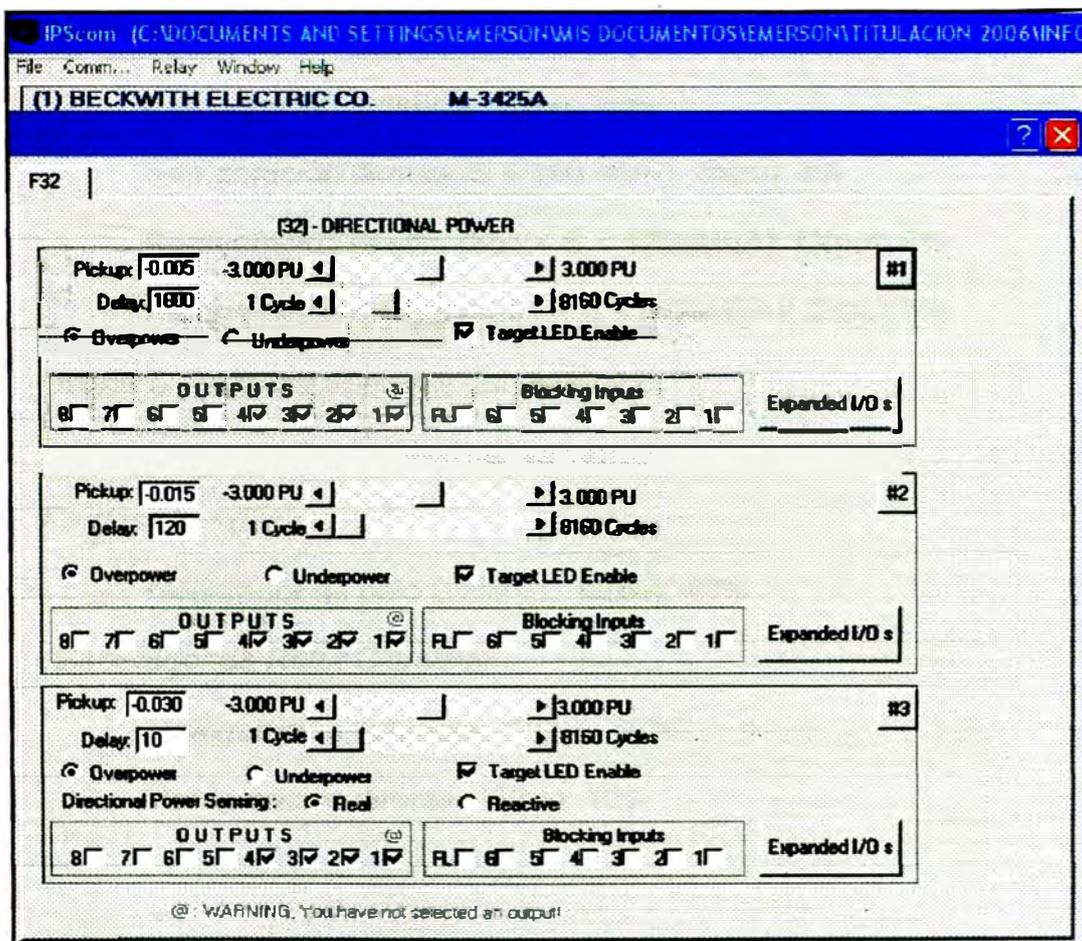


Figura 4.4, Potencia Inversa [32]

4.2.3.4 Ajuste de protección Sobrecorriente de secuencia negativa [46]

Según norma, sección 4.5.2, se tiene:

El ajuste de la Corriente I2 expresado en porcentaje debe de estar por debajo de los límites siguientes:

Rotor de Polos Salientes

Con devanado amortiguador conectado I2(pu): 10%

Sin devanado amortiguador conectado I2(pu): 5%

Rotor Cilíndrico

Refrigeración Indirecta $I_2(\text{pu})$: 10%

Refrigeración directa ($S < 350 \text{ MVA}$); $I_2(\text{pu})$: 8%

Refrigeración directa ($351 < S < 1250 \text{ MVA}$); $I_2(\text{pu})$: 8%

Refrigeración directa ($1251 < S < 1600 \text{ MVA}$); $I_2(\text{pu})$: 5%

Donde S: Potencia aparente del generador

Permisible $K(I_2^2 \times t)$

Generador de polo Saliente; $I_2(\text{pu})$: 40%

Generador de Rotor Cilíndrico

Refrigeración Indirecta; $I_2(\text{pu})$: 30%

Refrigeración directa; $I_2(\text{pu})$: 10%

Donde: $K = I_2^2 \times t$

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c)$$

$$a = 1 \angle 120^\circ$$

$$a^2 = 1 \angle 240^\circ$$

El Generador Escher Wyss es de Rotor Cilíndrico, refrigeración Indirecta y de potencia 3,23MVA, según la norma se tendrá:

$$I_2(\text{pu}) = 10\%$$

$$K = 30$$

En el anexo 02 se muestra la curva de tiempo inverso para la protección Sobrecorriente de secuencia negativa [46], considerando por precaución un tiempo máximo de disparo de 10s, se tiene la Figura 4.5.

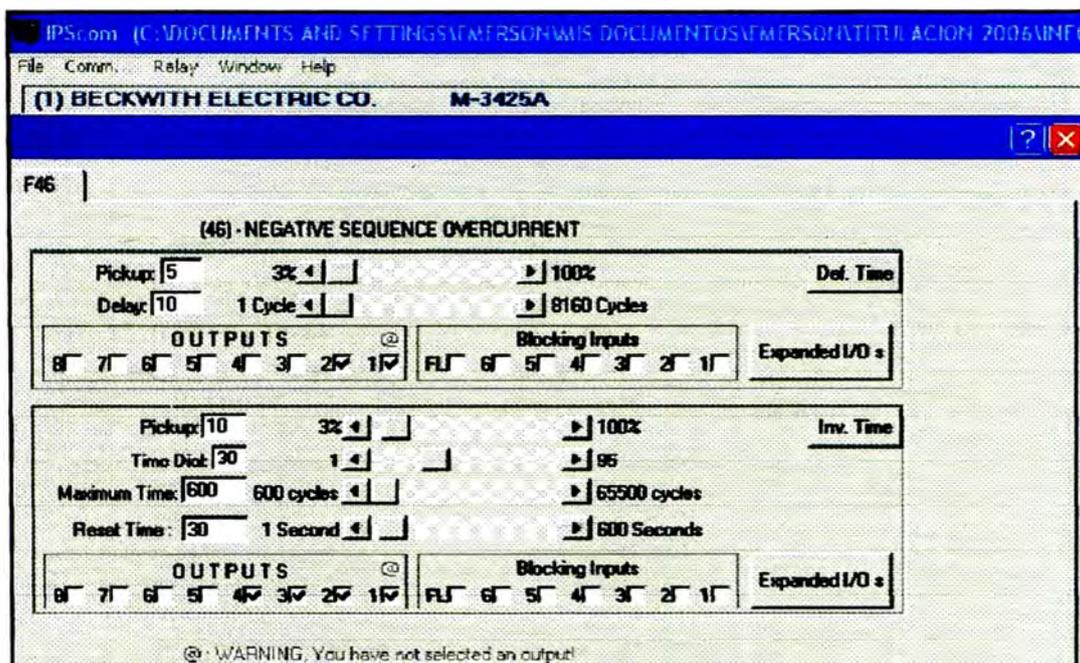


Figura 4.5, Sobrecorriente de secuencia negativa [46]

4.2.3.5 Ajuste de protección Sobrecorriente a tiempo definido [50DT]

La norma en la Sección 4.3.2.5.1 da la siguiente recomendación para la configuración de esta función: La corriente instantánea configurada en el relé será por debajo de la corriente admisible por la TC para evitar que se dañe durante la falla.

Teniendo la consideración de ser un Generador de cerca de 35 años de antigüedad se considerará:

$$\text{Corriente de disparo: } I_{fase(a)} = 3 \times I_n = 4 \times 4.85 = 14.55 A$$

$$I_{fase(b)} = 14.55 A$$

$$I_{fase(c)} = 14.55 A$$

Para evitar tener disparos indeseables se ajustará a un tiempo de 0.2s igual a 12 Ciclos, teniendo la Figura 4.6 el ajuste la protección 50DT.

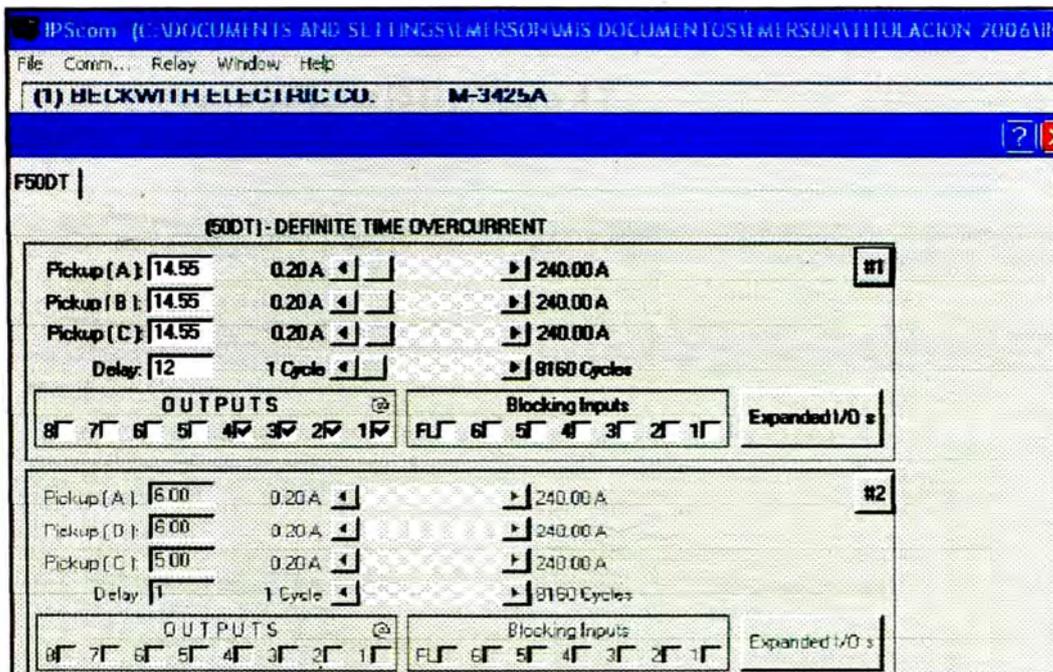


Figura 4.6, Sobrecorriente a tiempo definido [50DT]

4.2.3.6 Ajuste de protección Sobrecorriente a tiempo inverso trifásico [51V]

La norma en la sección A.2.6 recomienda: Ajuste $I(pu)$: 150%; El Dial de la curva de tiempo inverso será tal que permite hacer la selectividad aguas abajo. Esta protección se debe coordinar con líneas aguas arriba de la planta para evitar salidas intempestivas. Con estas consideraciones se tiene:

$$\text{Corriente de disparo: } I_{\text{fase}(a,b,c)} = 150\% \times I_n = 1.5 \times 4.85 = 7.28 A$$

Curva de trabajo: Dial 3, para evitar disparos indeseables, en el anexo 03 se muestra la curva de sobrecorriente de tiempo inverso.

Con estos datos tenemos el ajuste de la Protección de sobrecorriente a tiempo inverso trifásico [51] , Figura 4.7

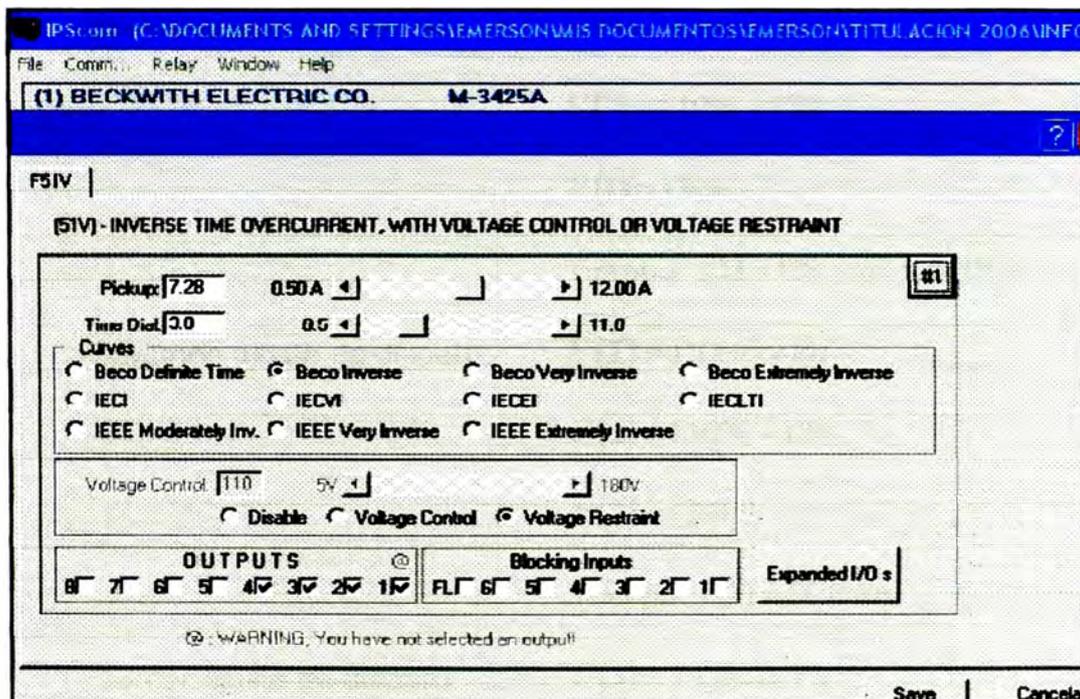


Figura 4.7, Protección de sobrecorriente a tiempo inverso trifásico [51V]

4.2.3.7 Ajuste de Protección de sobretensión de fase [59]

La norma en la sección 4.5.6 & A2.12 describe:

Relé de tiempo definido con dos estados de configuración

Disparo V(pu): 110%; Tiempo: $10 < t < 15s$

Disparo V(pu): 150%; Tiempo: 2-5 Ciclos

Disparo V(pu): 130-150%; Tiempo: Instantáneo

El Relé Beckwith Electric para la función Protección de sobretensión de fase [59] tiene 3 estados de disparo, por lo que se tendrá en cuenta para el ajuste el punto máximo, mínimo e intermedio propuesto por la norma:

Primer ajuste de disparo: $V(1) = V(pu) \times Vn$

$$V(1) = 110\% \times 120$$

$$V(1) = 132V$$

Tiempo: $t(1) = 10s \times 60 = 600Ciclos$

Segundo ajuste de disparo: $V(2) = V(pu) \times Vn$

$$V(2) = 130\% \times 120$$

$$V(2) = 156V$$

Tiempo: $t(2) = 5Ciclos$

Tercer ajuste de disparo: $V(3) = V(pu) \times Vn$

$$V(3) = 150\% \times 120$$

$$V(3) = 180V$$

Tiempo: $t(3) = Inst$

Con estos datos tenemos el ajuste de la Protección de sobretensión de fase [59], Figura 4.8

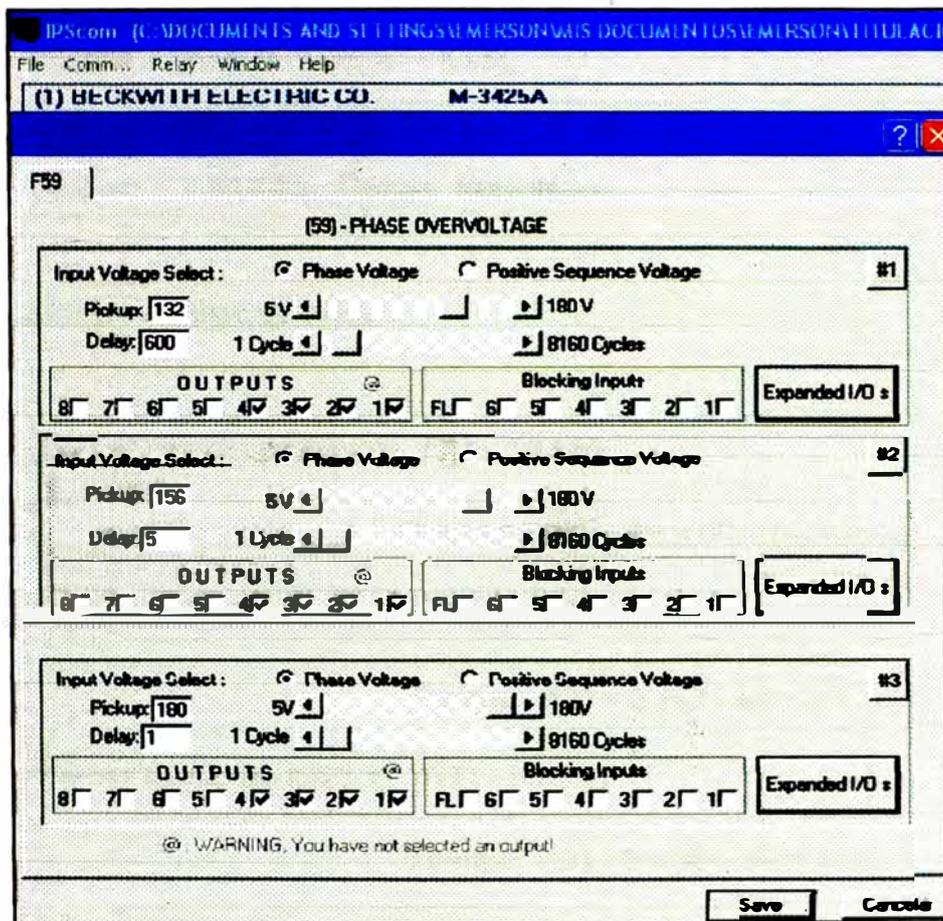


Figura 4.8, Protección de sobretensión de fase [59]

4.2.3.8 Ajuste de Protección con cuatro etapas de sobre/subfrecuencia [81]

La norma en la sección A.2.14 describe:

Subfrecuencia 81 U

Alarma f : 59.5 Hz; Tiempo: < 10s

Disparo f : 58.4 – 59.5 Hz; Tiempo: < 90 s

Disparo f : 57.7 – 58.4 Hz; Tiempo: < 30

Disparo f : < 57.1 Hz; Tiempo: < 0.167s

Sobrefrecuencia 81O

Alarma f : 60.5Hz; Tiempo: < 5 sec.

Disparo f : 60.5 – 61.8 Hz; Tiempo < 10 min

Disparo f : > 61.8 Hz; Tiempo: Instantáneo

Con estos valores se tiene:

Primer ajuste de alarma: $f(1) = 59.5\text{Hz}$

Tiempo: $t(1) = 10\text{s} \times 60 = 600\text{Ciclos}$

Segundo ajuste de disparo: $f(2) = 57.1\text{Hz}$

Tiempo: $t(2) = 0.167 \times 60 = 10\text{Ciclos}$

Tercer ajuste de alarma: $f(3) = 60.6\text{Hz}$

Tiempo: $t(3) = 5 \times 60 = 300\text{Ciclos}$

Cuarto ajuste de disparo: $f(4) = 61.7\text{Hz}$

Tiempo: $t(4) = 0.167 \times 60 = 10\text{Ciclos}$

Con estos datos tenemos el ajuste de la Protección con cuatro etapas de sobre / subfrecuencia [81], Figura 4.9

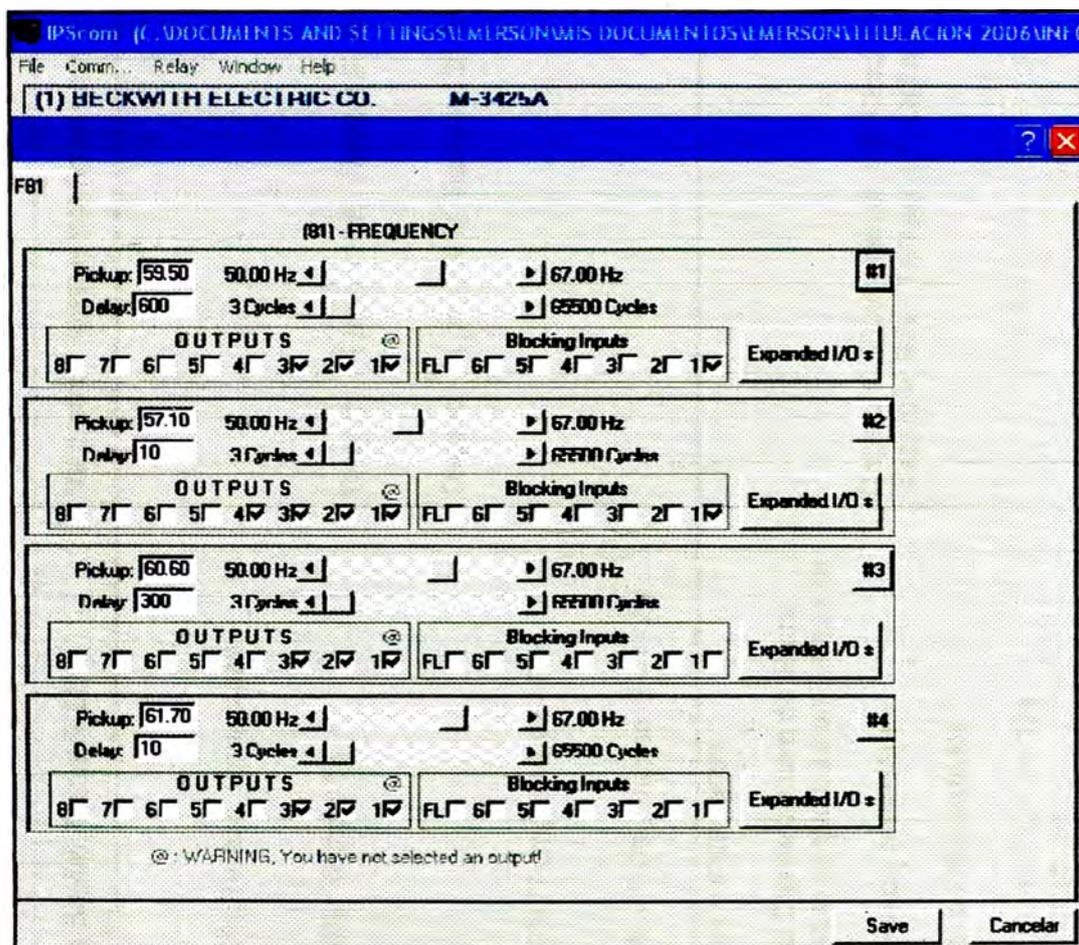


Figura 4.9, Protección con cuatro etapas de sobre / subfrecuencia [81]0

En la tabla 4.10 se tiene el resumen las funciones activadas para la protección del Generador Escher Wyss, y los ajustes sugeridos por la Norma IEEE PC.37.102.

Tabla 4.10, Recomendaciones de Ajuste de Protección del Generador Escher Wyss

IEEE N°	Función	Sección IEEE	Ajuste de Protección Según Norma IEEE	Valores de Ajustes configurados
24	Sobre Excitación	4.5.4.2	<p><i>Relé Simple</i></p> <p>Alarma $\frac{V}{f}$ (pu) : 110%; Tiempo: Instantáneo</p> <p>Disparo $\frac{V}{f}$ (pu) : 110%; Tiempo: 6s</p> <p><i>Relé de dos estados</i></p> <p>Disparo $\frac{V}{f}$ (pu) : 110%; Tiempo: 45 < t < 60s</p> <p>Disparo $\frac{V}{f}$ (pu) : 118% - 120%; Tiempo: 2 < t < 6s</p>	<p>Disparo $\frac{V}{f}$ (pu) : 110%; Tiempo: 2700 Ciclos (45s)</p> <p>Disparo $\frac{V}{f}$ (pu) 118%; Tiempo: 120 Ciclos (2s)</p>
27	Sub. Voltaje	A.2.13	<p><i>Relé con tiempo inverso e instantáneo</i></p> <p>Disparo V(pu) : 90%; el Dial de la curva de tiempo inverso a seleccionar será tal que para un Tiempo de 9.0 s el relé dispare.</p> <p>Disparo V(pu): 70%; Tiempo: Instantáneo</p> <p><i>Relé de tiempo definido de dos estados</i></p> <p>Disparo V(pu) : 90%; Tiempo: 10 < t < 15s</p> <p>Disparo V(pu) : 80%; Tiempo: 2s</p>	<p>Disparo V: 108V; Tiempo: 600 Ciclos (10s)</p> <p>Disparo V: 96V ; Tiempo: 120 Ciclos (2s)</p>

IEEE N°	Función	Sección IEEE	Ajuste de Protección Según Norma IEEE	Valores de Ajustes configurados
32	Potencia Inversa	4.5.5.3 & A.2.9	<p><i>El Ajuste por Potencia Inversa estará dentro de los siguientes límites según el Tipo de Motor Primo:</i></p> <p>Turbina a Gas P(pu): 50%; Tiempo < 60s Motor Diesel P(pu): 25%; Tiempo < 60s Turbina Hidráulica P(pu): 0.2 - 2%; Tiempo < 60s Turbina a Vapor P(pu): 0.5 - 3%; Tiempo < 30s</p>	<p>Disparo P(pu): -0.005; Tiempo: 1800 Ciclos (30s) Disparo P(pu): -0.015; Tiempo: 120 Ciclos (2s) Disparo P(pu): -0.030; Tiempo: 10 Ciclos(0.167s)</p>
46	Secuencia Negativa Sobrecorriente	4.5.2	<p><u><i>El ajuste de la Corriente I2 expresado en porcentaje debe de estar por debajo de los límites siguientes:</i></u></p> <p>Rotor de Polos Salientes Con devanado amortiguador conectado I2(pu): 10% Sin devanado amortiguador conectado I2(pu): 5%</p> <p>Rotor Cilíndrico Refrigeración Indirecta I2(pu): 10% Refrigeración directa (S < 350 MVA); I2(pu): 8% Refrigeración directa (351 < S < 1250MVA); I2(pu): 8% Refrigeración directa (1251 < S < 1600MVA); I2(pu): 5%</p> <p>Donde S: Potencia aparente del generador</p> <p>Permisible $K(I_2^2 \times t)$ Generador de polo Saliente; I2(pu): 40% Generador de Rotor Cilíndrico Refrigeración Indirecta; I2(pu): 30% Refrigeración directa; I2(pu): 10%</p>	<p>Alarma I2(pu): 5 %; Tiempo: 10 Ciclos (0.167s)</p> <p>Ajuste de Tiempo Inverso Disparo I2(pu): 10%, K : 30 Curva: Tiempo Inverso (Anexo B) Disparo Tiempo Máximo: 600 Ciclos (10s)</p>
50 DT	Protección de sobrecorriente tiempo definido	4.3.2.5.1	<p>La corriente instantánea configurada en el relé será por debajo de la corriente admisible por la TC para evitar que se dañe durante la falla</p>	<p>Disparo I(fase a): 15A; Tiempo: 12 Ciclos (0.2s) Disparo I(fase b): 15A; Tiempo: 12 Ciclos (0.2s) Disparo I(fase c): 15^a; Tiempo: 12Ciclos (0.2s)</p>

IEEE N°	Función	Sección IEEE	Ajuste de Protección Según Norma IEEE	Valores de Ajustes configurados
51V	Protección de sobrecorriente a Tiempo Inverso	A.2.6	Ajuste $I_{(pu)}$: 150%; El Dial de la curva de tiempo inverso será tal que permite hacer la selectividad aguas abajo. Esta protección se debe coordinar con líneas aguas arriba de la planta para evitar salidas intempestivas.	<i>Ajuste de Tiempo Inverso</i> Disparo I(fase: a,b,c): 7.5 A, Dial: 3 Curva: Tiempo Inverso (Anexo C)
59	Protección de sobretensión de fase	4.5.6 & A.2.12	<i>Relé de tiempo definido con dos estados de configuración</i> Disparo V(pu): 110%; Tiempo: $10 < t < 15s$ Disparo V(pu): 150%; Tiempo: 2-5 Ciclos Disparo V(pu): 130-150%; Tiempo: Instantáneo	Disparo V: 132V; Tiempo: 600 Ciclos (10s) Disparo V: 156V; Tiempo: 5 Ciclos (0.083s) Disparo V: 180V; Tiempo: Instantáneo
81	Protección con cuatro etapas de sobre/ subfrecuencia	A.2.14	<i>Subfrecuencia 81 U</i> Alarma f : 59.5 Hz; Tiempo: < 10s Disparo f : 58.4 – 59.5 Hz; Tiempo: < 90 s Disparo f : 57.7 – 58.4 Hz; Tiempo: < 30 Disparo f : < 57.1 Hz; Tiempo: < 0.167s <i>Sobrefrecuencia 81O</i> Alarma f : 60.5Hz; Tiempo: < 5 sec. Disparo f : 60.5 – 61.8 Hz; Tiempo < 10 min Disparo f : > 61.8 Hz; Tiempo: Instantáneo	Alarma f: 59.5 Hz; Tiempo: 600 Ciclos (10s) Disparo f: 57.1 Hz; Tiempo: 10 Ciclos (0.167s) Alarma f: 60.6 Hz; Tiempo: 300 Ciclos (5s) Disparo f : 61.7 Hz; Tiempo: 10 Ciclos (0.167s)

CONCLUSIONES

- El rango de ajustes indicados en la Norma IEEE PC37.102-2006 son de efectiva aplicación práctica.
- Para Generadores antiguos donde solo se dispone de datos de placa, la Norma IEEE PC37.102-2006 es un valioso documento para efectuar los ajustes de la protección de los Generadores.
- Los relés de protección actuales usan la misma terminología que la Norma IEEE PC37.102-2006, lo cual facilita la identificación de las protecciones de los generadores.
- Para la determinación del ajuste deberá tenerse en cuenta si el Sistema es aislado o interconectado.
- Por ser de gran importancia el buen funcionamiento del relé de protección, es recomendable que cada año se verifique su funcionamiento en un banco de pruebas; adicional se revise todo el cableado de las conexiones del relé.
- En generadores antiguos es difícil hallar su reactancia síncrona, por lo que se puede tomar como dato la reactancia síncrona de otro generador semejante en potencia.

BIBLIOGRAFIA

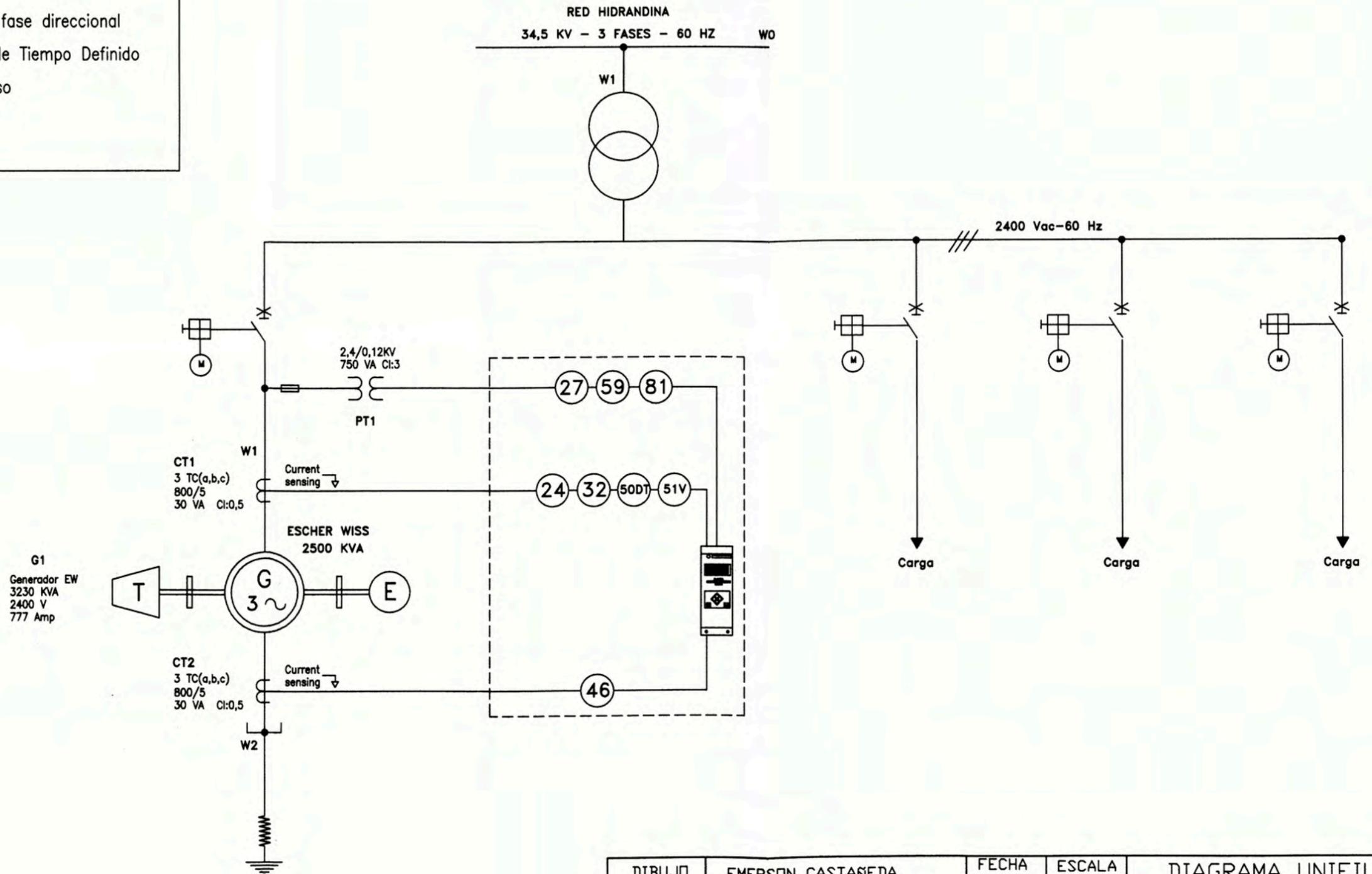
- **Draft Guide for AC Generator Protection IEEE PC37.102-2006**
- **“Protección Eléctrica de Alternadores Síncronos de 50-200MVA, mediante Relés Estáticos en Centrales Hidroeléctricas con turbinas tipo Pelton” Pablo Raul, Lamas Noriega. M4-IE, 1546**
- **Generator Protection Application Guide, Basler Electric**
- **Libro de Instrucciones: M-3425 Protección de Generador, Beckwith Electric**
- **Ajuste y coordinación de Generación, Ing. Eduardo N. Gentile**

ANEXOS

Anexo A: Diagramas de instalación de Relé de protección del Generador

FUNCIONES DE PROTECCION DEL RELE BECKWITH M-3425D

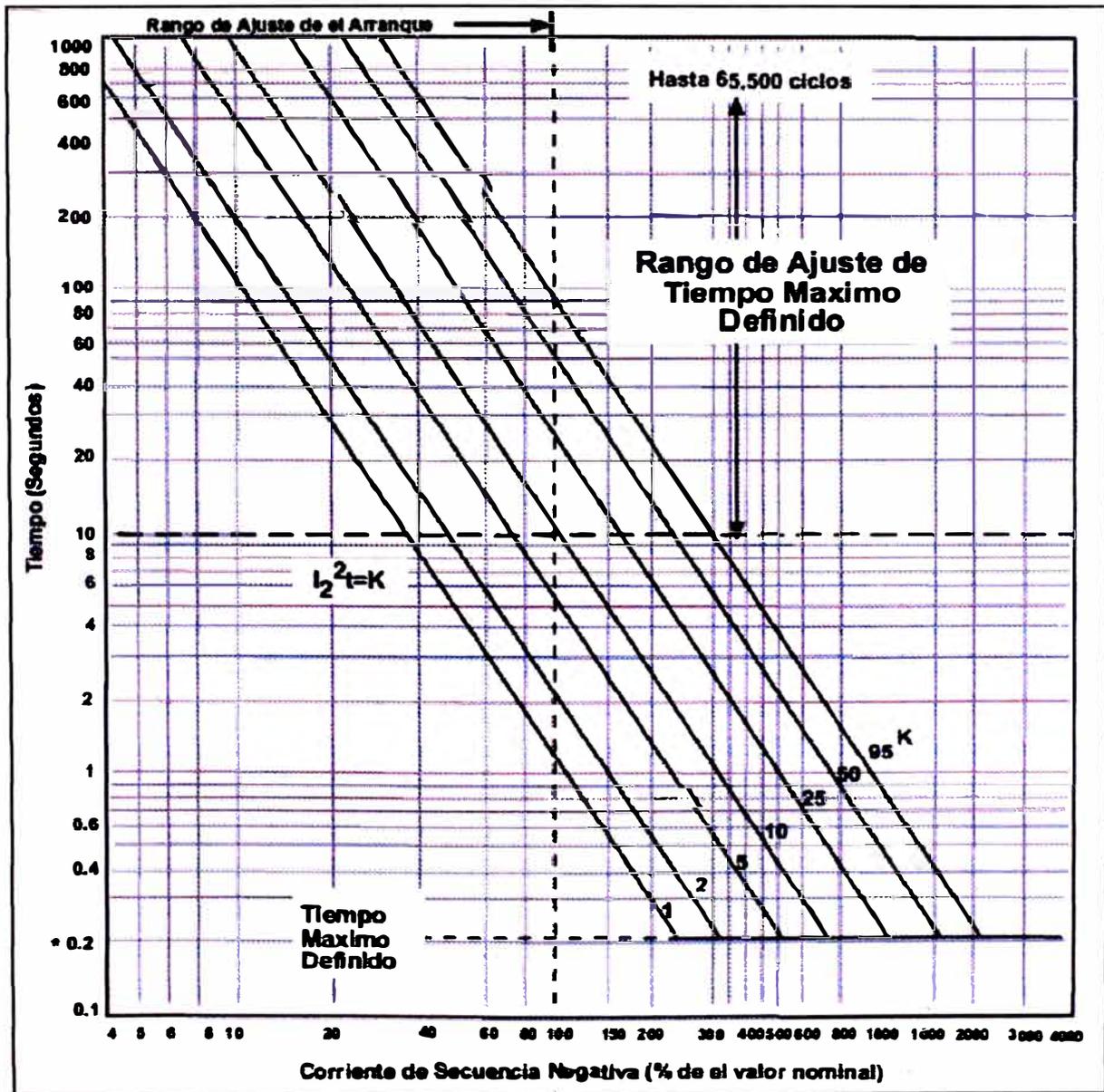
- 24 : Volts/Hz
- 27 : Bajo voltaje
- 32 : Potencia inversa
- 46 : Sobrecorriente instantánea de fase direccional
- 50DT : Protección de sobrecorriente de Tiempo Definido
- 51V : Sobrecorriente a Tiempo Inverso
- 59 : Sobre voltaje de fase
- 81 : Sobre y baja frecuencia



DIBUJO	EMERSON CASTAÑEDA	FECHA	ESCALA	DIAGRAMA UNIFILAR PROTECCION GENERADOR ESCHER WYSS
DISEÑO	EMERSON CASTAÑEDA	01-09-07	S/E	
APROBADO	CARLOS MUÑOZ			

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	PLANO N°: 1	N°
	FACULTAD DE MECANICA	1

Anexo B: Curvas de Tiempo Inverso para la Protección de Sobrecorriente de Secuencia Negativa [49]



Anexo C: Curva de Sobrecorriente de Tiempo Inverso para la Protección de Sobrecorriente de Tiempo Inverso [51V]

