

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



CONTROL Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE
POTENCIA EN UN AEROPUERTO

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

AMÉRICO GUERRERO POMA

PROMOCIÓN
2010-II

LIMA – PERÚ
2014

**CONTROL DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE
POTENCIA EN UN AEROPUERTO**

SUMARIO

El presente es un informe de control y protección para la nueva topología en la S.E. Principal de 10kV, así como la coordinación de protección entre las subestación de distribución, que se encuentran ubicadas dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional Jorge Chavez.(AIJCH)

El sistema control proporciona la capacidad de activar o desactivar la demanda de potencia según el orden de prioridad programada durante la ausencia de potencia por la empresa suministradora.

El sistema protección comprende la coordinación de protección de la S.E. Principal de 10kV y subestaciones distribución.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
ASPECTOS GENERALES	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Ubicación del proyecto	4
1.3 Objetivo:	4
1.4 Alcances del proyecto	4
1.5 Aspectos generales de subestación de 10kV	5
DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA	7
2.1 Introducción.....	7
2.2 Sistema de Distribución Eléctrica.....	7
2.3 Clasificación de los sistemas de distribución eléctrica.....	7
2.4 Modelos de elementos de servicio.....	10
2.4.1 Generadores Síncrono.....	10
2.4.2 Red Externa.....	14
2.4.3 Carga General	14
2.4.4 Motor	14
2.4.5 Líneas de transmisión	15
2.4.6 Transformador	16
2.5 Análisis de Flujo de Potencia.....	16
2.5.1 Formulación clásica del problema de flujo de carga	16
2.5.2 Clasificación de las barras.....	18
2.5.3 Criterio de convergencia.....	19
2.5.4 Métodos de Newton Raphson.....	19
2.5.5 Algunas limitaciones del método de Newton Raphson.....	23
2.5.6 Formulación del problema de flujo de carga en el programa DlgSILENT Power Factory.....	23
2.5.7 Solución algorítmica para resolver el problema de flujo de carga mediante el DlgSILENT.....	24
2.5.8 Metodología utilizada	25
2.6 Análisis de Corto Circuito.....	25
2.6.1 Áreas de Aplicación de cortocircuito	25
2.6.2 Definiciones y términos.....	26
2.6.3 Modelos de elementos.....	27
2.6.4 Método de superposición para cortocircuito.....	31
2.6.5 IEC 60909.....	32
2.7 Criterios y ajustes de coordinación	35
2.7.1 Criterios generales de las curvas de protección de sistema de Distribución.	35
2.7.2 Características de la función Instantánea y Temporizada	38
2.7.3 Criterios para la protección de equipos.....	41
2.8 Control Maestro digital <i>Power Command Model 300</i>.....	42
2.8.1. Descripción:.....	42
2.8.2. Características.....	43
2.8.3. Panel del operador.....	44
2.8.4. Componentes Internos del DMC300.....	47

2.8.5. Secuencia de funcionamiento (Secuencia típica)	48
CAPITULO III	51
APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA	51
3.1 Descripción General del Proyecto.	51
3.1.1 Configuración de la S.E. Principal de 10kV.....	52
3.1.2 Descripción de subestaciones de distribución	57
3.2 Control de la S.E. Principal de 10kV	71
3.2.1 Análisis de control de la S.E. Principal 10kV.....	71
3.3 Análisis de Flujo de Potencia	72
3.3.1 Aplicación de análisis de Flujo de potencia	72
3.4 Análisis de Corto circuito.....	78
3.4.1 Simulación del cálculo de corto circuito en la subestación Tomas Valle en la salida 707.....	78
3.4.2 Simulación del cálculo de corto circuito en la subestación de edelnor 565 que está conectada la salida de respaldo de AIJCH.....	79
3.4.3 Simulación del cálculo de corto circuito en la subestación de 10kV.	80
3.5 Coordinación de las protecciones.	85
3.5.1 Sistema de Protección Propuesto.....	85
CAPITULO IV.....	87
RESULTADOS DE LA APLICACIÓN	87
4.1 Sistema de Control.....	87
4.2 Coordinación de protección:	87
CAPITULO V.....	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
Conclusiones.....	89
Recomendación.....	90
ANEXOS:	90

ILUSTRACIONES

Fig.2.1 Sistema radial.....	8
Fig.2. 2 Sistema Anillo abierto o cerrado	9
Fig.2. 3 Sistema red o malla	10
Fig.2. 4 Modelo de Generador síncrono.	11
Fig.2. 5 Diagrama típico PQ de una máquina síncrona.	13
Fig.2. 6 Circuito equivalente de una máquina asíncrona en estado estable.	15
Fig.2. 7 Circuito equivalente de una línea aérea y el cable del circuito	15
Fig.2. 8 Se observa el diagrama unifilar en secuencia positiva del transformador en por unidad.....	16
Fig.2. 9 Balance de potencia en la barra i – ésima.....	17
Fig.2. 10 Áreas de aplicación para cálculos de cortocircuito.....	25
Fig.2. 11 Modelo de cortocircuito para la red externa	28
Fig.2. 12 Modelo de cortocircuito de las líneas	28
Fig.2. 13 Modelo de cortocircuito de un transformador de dos devanados	29
Fig.2. 14 Modelo de cortocircuito de una máquina síncrona	29
Fig.2. 15 Modelo de cortocircuito de una máquina asíncrona	30
Fig.2. 16 Modelo de cortocircuito de carga y compensadores shunt	30
Fig.2. 17 Método de superposición para los cálculos de cortocircuito	31
Fig.2. 18 Método de la fuente de tensión equivalente a la barra colectora con fallo, derivado del método de superposición.	33
Fig.2. 19 Impedancias de corrección según la IEC 60909.....	34
Fig.2. 20 Curva límite de operación del transformador.	36
Fig.2. 21 Curvas-Tiempo representativas de los relés de sobre corrientes	37
Fig.2. 22 Características de operación de los relés de sobre corriente.....	39
Fig.2. 23 Digital Master Control <i>Power Command Model 300 del AIJCh</i>.....	43
Fig.2. 24 Diagrama de sistema de animación	44
Fig.2. 25 Control de sistema del DMC 300	45
Fig.2. 26 Registro de estado de grupo electrógeno.....	46
Fig.2. 27 Monitoreo de tiempo real.....	46

Fig.3.1 Diagrama unifilar de la S.E. Principal 10 kV antes del proyecto.....	53
Fig.3. 2 Diagrama unifilar de la nueva configuracion de la S.E. Principal	54
Fig.3. 3 Interruptor en vacío VCP-W.....	56
Fig.3. 4 Rele de proteccion FP-5000-EATON	56
Fig.3. 5 Diagrama unifilar rele de proteccion FP-5000-EATON.....	57
Fig.3. 6 Interruptor de protección <i>MAGNUM DS MDS630 -DIGTRIP 520 5LSI</i>.	59
Fig.3. 7 Interruptor de protección GENERAL ELECTRIC <i>STD BREAK-MICRO VERSATRIP PLUS TRIP UNIT</i>.	60
Fig.3. 8 Interruptor proteccion GENERAL ELECTRIC <i>WAVE PRO TM LOW VOLTAGE POWER CIRCUIT BREAK- MICRO VERSATRIP PLUS TRIP UNIT</i>.....	62
Fig.3. 9 Celdas de sistema modular CGCOSMOS/ORMAZABAL.	66
Fig.3. 10 Celdas modulares GAMA SM6/<i>Schneider Electric</i>.	70

TABLAS

TABLA N° 2. 1 Voltaje factor de C como una función de la tensión nominal.....	35
TABLA N° 2. 2 Relé de sobre corriente.....	39
TABLA N° 2. 3 Margen de Tiempo agregado para la Coordinación según la IEEE...	40
TABLA N° 2. 4 Tiempo de coordinación entre dispositivos de protección [1].....	41
TABLA N° 3. 1 Características de los transformadores de la S.E. Principal 10kV	54
TABLA N° 3. 2 Cargas de la S.E. Principal de 10kV	55
TABLA N° 3. 3 Características de los interruptores de la S.E. Principal 10kV	56
TABLA N° 3. 4 Características de transformadores de la subestación Concourse 01 y 06	58
TABLA N° 3. 5 Características de equipos de protección de la subestación Concourse 01 y 06.....	58
TABLA N° 3. 6 Características de transformadores de la subestación Concourse 01 y 06	60
TABLA N° 3. 7 Características de equipos de protección de la subestación Concourse 02 al 05.....	60
TABLA N° 3. 8 Características de transformadores de la subestación Terminal 01	61
TABLA N° 3. 9 Características de equipos de protección de la subestación Terminal 01 - TE-SB-01	61
TABLA N° 3. 10 Características de equipos de protección de la subestación Terminal 01 - TE-SB-02	62
TABLA N° 3. 11 Características de equipos de protección de la subestación Terminal 01 - TE-SB-03.....	62
TABLA N° 3. 12 Características de transformadores de la subestación Perú plaza 01	63
TABLA N° 3. 13 Características de equipos de protección de la subestación Perú plaza 01.....	63
TABLA N° 3. 14 Características de transformadores de la subestación Perú Plaza 02	64
TABLA N° 3. 15 Características de equipos de protección de la subestación Perú plaza 02 PP-SB-02	64
TABLA N° 3. 16 Características de equipos de protección de la subestación Perú plaza 02 PP-SB-03	65

TABLA N° 3. 17 Configuración del DMC 300.....	72
TABLA N° 3. 18 Valores tomados en el sistema.....	73
TABLA N° 3. 19 Valores Flujo de carga condiciones normal (Caso 01).....	74
TABLA N° 3. 20 Valores de flujo de carga condición de Emergencia (caso 06).....	76
TABLA N° 3. 21 Valores de potencia y corriente de cortocircuito en la barra de la subestación Tomas Valle 60 kV	78
TABLA N° 3. 22 Valores de impedancia en la barra de la subestación tomas valle de 60 kV	79
TABLA N° 3. 23 Valores de potencia y corriente de cortocircuito en la barra de la subestación de Edelnor 565 de 10 kV.	79
TABLA N° 3. 24 Valores de impedancia en la barra de la subestación Edelnor 565 de 10 kV.....	80
TABLA N° 3. 25 Nivel de cortocircuito pico (I_p)- condición de Normal (caso 01)....	81
TABLA N° 3. 26 Nivel de cortocircuito Estado permanente (I_k)- condición de normal (caso 01).....	82
TABLA N° 3. 27 Nivel de cortocircuito Inicial (i_p) - condición de Emergencia (caso 06)	83
TABLA N° 3. 28 Nivel de cortocircuito Estado permanente (I_k) condición de Emergencia (caso 06).....	84

INTRODUCCIÓN

En el informe se describe los estudios realizados de sistemas de control y protección para el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Entre sus alcances contempla el cambio de topología del sistema de la S.E. Principal de 10kV. El cual involucra la construcción de la nueva sala, suministro e instalación de celdas *Metalclad*, independización en media tensión de 03 grupos electrógenos de 1.5MVA. Configuración del sistema de control *Master Control- DMC 300* y coordinación de protección empleando la nueva topología de la subestación 10kV y sus subestaciones de distribución en un nivel de tensión en 10kV.

Se describe la nueva configuración del sistema de control y coordinación protección en nivel de tensión 10kV en base la nueva topología, que se detalla en cuatro capítulos importantes que se menciona a continuación:

El capítulo 1.- Describe antecedentes (desarrollo las ampliaciones de la subestaciones en niveles de 10kV), objetivos, ubicación y alcances que involucran el proyecto.

El capítulo 2.- Describe el sistema de distribución (sistema radial, sistema anillo abierto o anillo cerrado, sistema red o malla), modelamientos de los elementos de servicio, equipos, red externa, transformadores, cargas generales, generadores, Motores y líneas de distribución.

Evaluación del sistema para diferentes condiciones de operación, que se realizó con el modelamiento de análisis de flujo de carga. Análisis de cortocircuito tiene como finalidad de verificar que las capacidades de cortocircuito de los equipos (celdas, interruptores, etc.) del sistema eléctrico soportan cualquier condición normal (perturbación y/o fallas) que pudieran presentarse.

Los criterios de coordinación de protección se basaron en las recomendaciones de la IEEE, empleado en los dispositivos protección como de relés (51/50, 51N/50N) que activa la irrupción en interruptores de Vacío, interruptores sumergidos en gas SF6, fusibles aislados en gas SF6 y convencionales.

El capítulo 3.- Describe la nueva configuración de la S.E. Principal de 10kV.

Se realizó el análisis de flujo de carga y cortocircuito en cada una de las barras y líneas distribución. En base a estos dos análisis se planteó un esquema de coordinación protecciones que otorgue los niveles de confiabilidad y selectividad que el sistema requiere en todo el sistema unifilar del aeropuerto de AIJCH y configuración del sistema de control del DMC-300

El capítulo 4.- describe los resultados obtenidos a través de los análisis realizados en el capítulo 03 conclusiones y recomendaciones.

Durante toda la etapa del proyecto, se agradece a los ingenieros del área de Mantenimiento e Infraestructura, por brindar su apoyo y tiempo en la información de las instalaciones existentes y levantamiento en campo.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Antecedentes

El Aeropuerto internacional Jorge Chávez fue concebido en 1960 para reemplazar al antiguo Aeropuerto de Limatambo, ubicado en el distrito de San Isidro, debido a que había quedado rodeado por las nuevas áreas residenciales de Lima. Luego de algunos años de construcción fue inaugurado oficialmente el 30 de diciembre de 1965.

El aeropuerto no recibió mayores cambios en su infraestructura durante los próximos treinta y cinco años, salvo aisladas remodelaciones y ampliaciones en diferentes sectores de la terminal. Por decisión del gobierno del Perú, en 2001 se entregó en concesión a la empresa *Lima Airport Partners* (LAP), un consorcio Germano-Estadounidense, con el fin de emprender su ampliación y remodelación integral, con el fin de convertirlo en un aeropuerto de clase mundial, la concesionaria *Lima Airport Partners* encargó el diseño de ampliación y remodelación total de la terminal de pasajeros

En el año 2004 se solicitó la elaboración y construcción del proyecto integral de nominado "Diseño y construcción de infraestructura eléctrica: líneas de transmisión de 60kV, que constituía equipamiento 60kV y 10kV, paneles de control, mandos y protección, banco de baterías, rectificadores y celdas *metal-clad* 10kV. Seguidamente se diseñó la construcción de la S.E. Principal de 10kV equipadas con doce celdas *metal clad* (interruptores en vacío), tres grupos electrógenos de 1.5MVA y sistema de control *Mastrer Control DMC -300*, banco de baterías, rectificadores, enlazándose a la subestación de 60kV,

La S.E. Principal de 10kV se considera como S.E. Principal debido a que distribuye energía a las 26 subestaciones de distribución en niveles de 10kV

En febrero de 2005 se concluyó la primera fase de remodelación del terminal, que incluyó la renovación total de la infraestructura existente, la construcción del centro

comercial Perú Plaza y el nuevo *Concourse* con dieciocho puertas de embarque, siete de las cuales con puentes de abordaje (mangas).

En enero de 2009 se inauguró la segunda fase de remodelación que incluyó la ampliación del área del *Concourse* y la instalación de doce mangas adicionales que sumadas a las siete anteriores dan un total de diecinueve, se instalaron dos pasarelas mecánicas para pasajeros, se cuenta con 5 fajas para recojo de equipajes en la zona internacional y en el área de migraciones están disponibles dieciséis posiciones de control de salida y veintidós posiciones de control de llegada. A partir de octubre del 2011 se inició el "mejoras" de la pista, con 10 centímetros más de asfalto, lo cual dará una década de vida útil a la pista del Jorge Chávez, renovación que fue concluida en febrero del 2012.

1.2 Ubicación del proyecto

La subestación Principal de 10kV forma parte del sistema actual de Aeropuerto internacional Jorge Chávez y se encuentra localizada Av. Elmer Faucett S/N Provincia constitucional del callao departamento de Lima.

1.3 Objetivo:

El objetivo es determinar los ajustes de los dispositivos de protección instalados en el sistema eléctrico de 10kV y los interruptores principales de 0.48V/0.23V de las subestaciones (Perú plaza 01, Perú plaza 02, Terminal, Concourse) de manera que permita minimizar el daño a los equipos y poder despejar los corto circuitos producidos por fallas, o malas maniobras del personal técnico de forma segura, rápida y selectiva.

Configuración el sistema de control a través del *Master Control DMC 300*, este sistema fue suministrado por *Cummins Power Generation Ltd, kent CT12 5BF England* que comanda el control el suministro principal, suministro de respaldo, Ingreso de grupos electrógenos e ingreso y salida cargas según el orden de prioridad programada para la nueva topología.

Proponer recomendaciones y mejoras ante las anomalías que se detecten en la operación del sistema eléctrico.

1.4 Alcances del proyecto

El alcance de este informe se enfocara en:

- Coordinación de Protección (51/50) relés de sobre corrientes de fases, (51N/50N) relés de sobre corrientes de tierra del sistema eléctricos del AIJCH.
- Configuración de enclavamientos y control en el *Master Control - DMC 300* de la nueva topología,

1.5 Aspectos generales de subestación de 10kV.

La S.E. Principal de 10kV está equipadas con doce celdas *metal clad* (interruptores en vacío), cada celda está equipada con dos interruptores en vacío, estas celdas están acopladas entre sí, formando dos grupos de 06 celdas, cada grupo de celdas son denominadas Barras A y Barra B. Estas barras están enlazadas por un interruptor en vacío denominado "Tie".

En la barra A está conectada el alimentador principal N°1 en 10kV llamada *Utility* (este alimentador viene de la subestación de 60kV, a través de una de las salidas en nivel de tensión 10kV), tres grupos electrógenos, cada grupo electrógeno de 1.5 MVA-0.48 kV que están conectadas en un transformador elevador de 0.48kV/10kV Dyn5 y con cinco (05) salida que derivan a cada subestación de distribución que se detallan en adelante.

En la barra B está conectada el alimentador de respaldo N°2 en 10kV este alimentador viene de la subestación Barsi (esta subestación pertenece a la subestación de la empresa suministradora Edelnor) y con ocho (08) salida que derivan a cada subestación de distribución que se detallan en adelante.

Existe un sistema *Master control -DMC 300* que controla la salida e ingreso de carga según la disponibilidad de potencia (de acuerdo a los alimentado N°1, N°2 y grupos electrógenos), sistema de servicios auxiliares, banco de batería, rectificadores y un sistema de comunicación BMS que recibe señales de estado de cada interruptor en vacío, señales del DMC-300, así como los de los servicios auxiliares.

Esta subestación fue construida con algunas limitaciones que afectan la operatividad y confiabilidad del sistema donde no permite realizar el mantenimiento en las barras mencionadas sin originar la salida de servicio de la parte de la carga importante del aeropuerto.

Dentro del proyecto de diseño se cambió a una nueva topología de la subestación de 10kV, incrementando cinco (05) celdas *Metal clad* con sus respectivos interruptores en vacío, acoplándose entre ellas formando una barra denominada Emergencia, en la barra se conectó los grupos electrógenos y permitió enlazarse con las dos barras A y B. Con esta última configuración se cambió el sistema lógico en enclavamiento de los interruptores y sistema control en el *Master Control DMC300*.

Se realizó el análisis de flujo de carga y cortocircuito, para realizar la coordinación de protección (51/50) y (51N/50N) con la nueva topología, y en las veinte seis (26) subestaciones de distribución.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

2.1 Introducción.

En este capítulo describe sistema de distribución, modelo de elementos de servicio, análisis de flujo de carga, análisis de cálculo de corto circuito, y la metodología utilizada para la coordinación y protección fue propuesta por el estándar de la *IEEE Std 242-2001* y descripciones del *master control DMC 300* para el sistema de control.

2.2 Sistema de Distribución Eléctrica.

Un sistema eléctrico de potencia (PES) está constituido por las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y niveles de calidad.

2.3 Clasificación de los sistemas de distribución eléctrica.

- **Sistema radial o radial ramificado.**

La principal característica de los sistemas radiales es que estos se encuentran alimentados solo por una fuente de energía, es un sistema satisfactorio para las instalaciones industriales pequeñas, la inversión es menor que en cualquier otro sistema ya que no hay duplicación de ningún equipo, además su operación es simple y muy flexible como se muestra en la Fig. 2.1.

Su principal inconveniente es que una falla en el transformador, en un cable o en una línea primaria, que ocasiona una suspensión en el suministro de energía, para hacer mantenimiento hay que desenergizar el sistema.

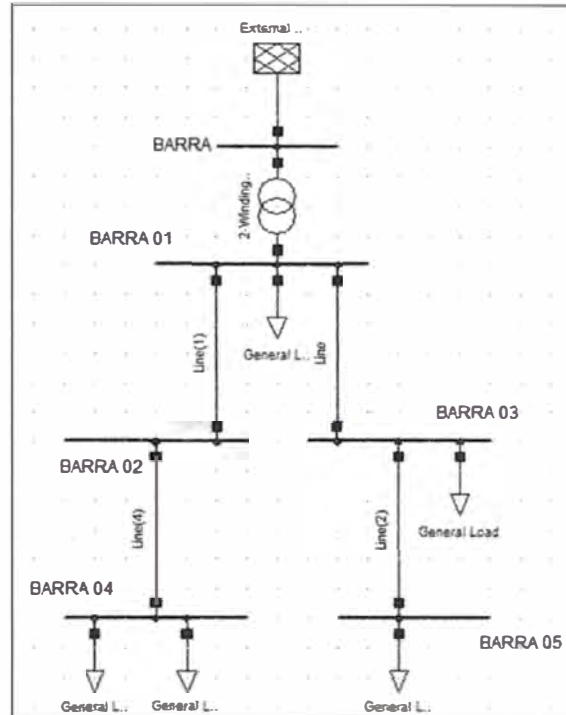


Fig.2.1 Sistema radial

- **Primario en Anillo —Abierto o Cerrado**

El sistema en anillo tiene la ventaja de aislar automáticamente una falla y restaurar el servicio, también ofrece facilidad para mantenimiento, está formado por varios alimentadores que forma un anillo separado por interruptores, como desventaja principal la complejidad en el manejo de protecciones es un sistema de alta fiabilidad, reduce sobretensiones temporales a continuación se muestra en la Fig. 2.2.

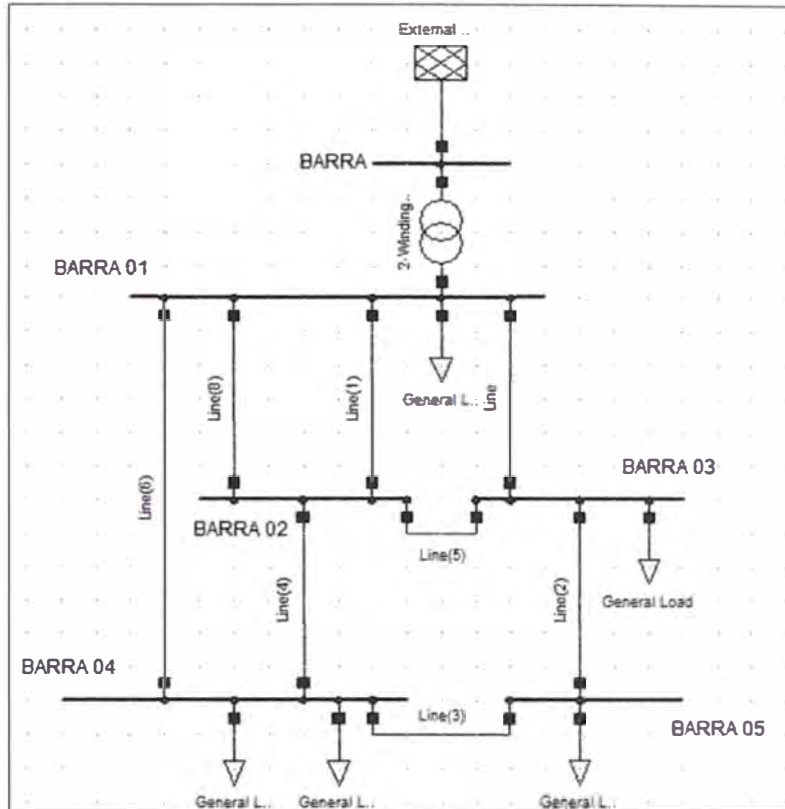


Fig.2. 2 Sistema Anillo abierto o cerrado

- **Sistema en Red o Malla**

Este sistema provee una mayor confiabilidad en el servicio que las formas de distribución radial o en anillo tiene la ventaja de aislar automáticamente una falla y restaurar el servicio, también ofrece facilidad para mantenimiento, está formado por varios alimentadores que forman un anillo separado por interruptores, como desventaja principal es la complejidad en el manejo de protección tiene alta corrientes de cortocircuito y es un sistema de alta fiabilidad y reduce las sobretensiones temporales, este sistema se muestra en la Fig. 2.3

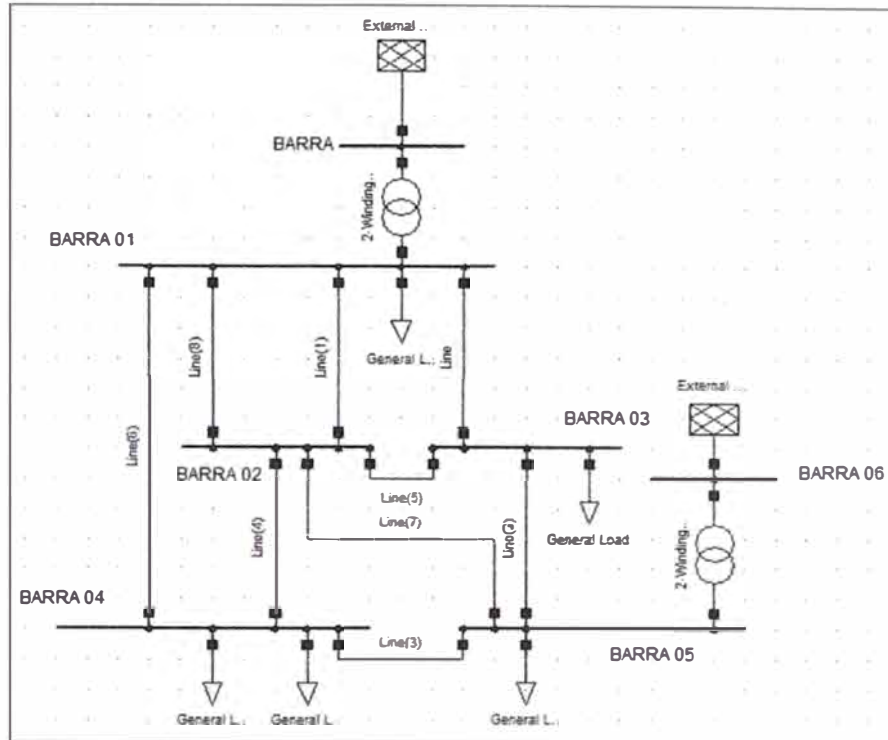


Fig.2. 3 Sistema red o malla

2.4 Modelos de elementos de servicio.¹

2.4.1 Generadores Síncrono

- **Circuito Equivalente.**

Una máquina síncrona puede ser modelada en estado estacionario por una fuente de tensión equivalente, la reactancia síncrona como una Impedancia interna. Sin embargo, para los cálculos de flujo de carga es inconveniente especificar el ángulo de fase y tensión interno, por lo general es preferible especificar la potencia activa y reactiva generada.

En la Fig. 2.4 se muestra una máquina síncrona regulada y modelada para un cálculo de flujo de carga, la potencia activa de una máquina es controlada por un gobernador de turbina en una central hidroeléctrica, que ajusta la potencia de la turbina según la velocidad, de salida de la energía eléctrica o cualquier otra señal de fuerza motriz (temperatura de escape de una turbina de gas, presión del vapor en una turbina de vapor, etc.).

Para el control de potencia reactiva, es posible distinguir entre el control de tensión y factor de potencia. En las centrales eléctricas, los generadores de gran tamaño están conectadas a un sistema de transmisión, por lo general están obligados a proporcionar potencia reactiva al sistema. Esta potencia reactiva es para controlar la tensión en los

¹ Fuente: " Loadflow Calculations - Basic Principles and Models " [7]

bornes del generador a un valor prefijado. Estos generadores pueden ser modelados por una característica de control de "PV" (control de potencia y tensión).

Los generadores de pequeñas centrales eléctricas, que se alimentan en un sistema de media tensión, generalmente funcionan con un factor de potencia constante. El factor de potencia debe ser lo más cercano posible a la unidad, así que para una potencia de turbina específica del estator corriente de la máquina es tan pequeña como sea posible y así el generador funciona en su punto óptimo. Estos generadores pueden ser representados como "PQ"-fuentes (potencia activa y reactiva).

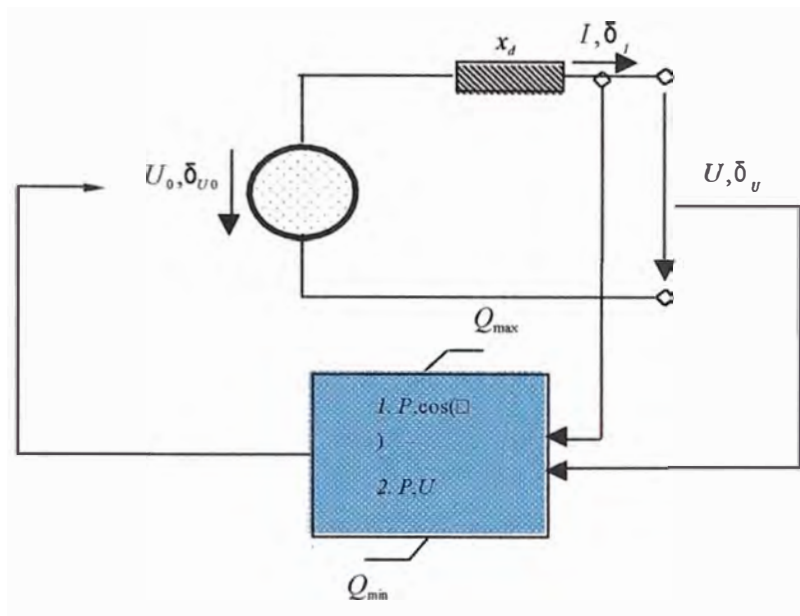


Fig.2. 4 Modelo de Generador síncrono.²

1. Maquinas grandes: P, V (o PU)
2. Maquinas pequeñas (ej. Generación de Distribuida: P,Q (o P cos φ))
3. Máquina de Referencia (slack): U, δ

Sin embargo, al menos una máquina en el sistema debe asegurar que la suma de todas las fuentes, las cargas y pérdidas es igual a cero. Este balance de energía generalmente es función del generador de referencia denominada slack o maquina swing" (SL - slack). La necesidad de una "máquina de equilibrio" se basa en el principio de la conservación de la energía.

El equilibrio de la potencia activa (secundaria control) en un sistema real se realiza normalmente sólo por unas pocas centrales, es decir, la secundarias centrales controladas o AGC unidades (control automático de generación). Por esta razón, en

² Fuente: " Loadflow Calculations - Basic Principles and Models " [7]

muchas aplicaciones es útil definir un grupo de generadores con control de potencia secundaria como la máquina de equilibrio.

- **Capacidad curva de máquinas síncronas**

El rango permitido de máquinas síncronas es generalmente definido por las siguientes limitaciones:

1. La potencia máxima de la turbina.
2. Corriente máxima del estator.
3. Corriente máxima del rotor (excitación).
4. Límite de estabilidad en estado estable.
5. Límite de menor excitación.

Para describir el rango de funcionamiento de una máquina síncrona en un diagrama de PQ, la potencia de salida se define:

$$S = P + jQ = 3UI(\cos(\delta_u - \delta_i) + j\sin(\delta_u - \delta_i)) \quad (2.1)$$

La tensión nominal y la corriente la potencia de salida puede ser representada por un círculo en el diagrama de PQ. El radio del círculo es igual a la potencia de salida específica de la máquina:

$$S_r = \sqrt{3}U_r I_r \quad (2.2)$$

Dependiendo del rotor inducido tensión (L-L) y el ángulo de carga la potencia de un generador sincrónico puede determinarse:

$$P = \frac{U_r}{X_d} U_0 \sin(\delta_{v0} - \delta_v) \quad (2.3)$$

$$Q = \frac{U_r}{X_d} (U_0 \cos(\delta_{v0} - \delta_v) - U_r) \quad (2.4)$$

Puesto que la tensión del rotor inducido en estado estacionario es proporcional a la corriente de excitación, puede añadirse una tercera condición el diagrama PQ, que representa la trayectoria de la tensión máxima del rotor inducida. Esta trayectoria es representada por un círculo con las siguientes coordenadas de centro:

$$P=0 \quad (2.5)$$

$$Q = -\frac{U_r^2}{X_d} \quad (2.6)$$

Y el radio:

$$r = \frac{U_0 U_r}{X_d} \quad (2.7)$$

Los dos círculos, corriente máxima del estator y la corriente máxima de excitación cortan entre sí en el punto de funcionamiento nominal de la máquina.

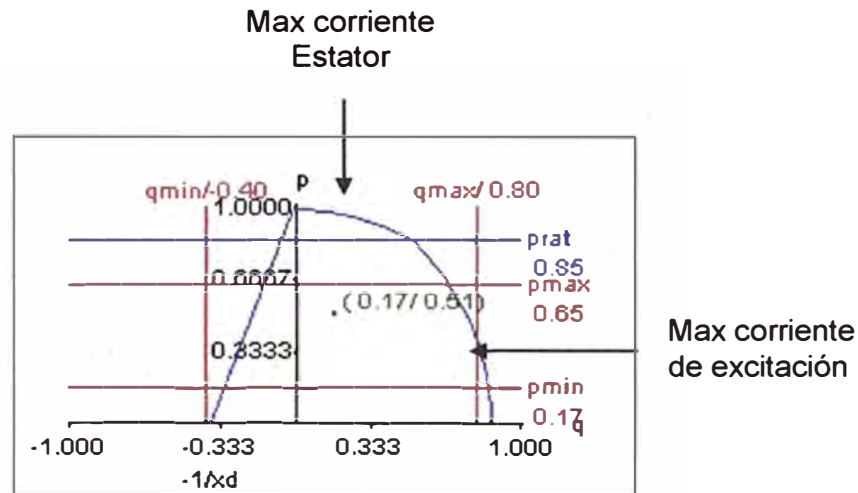


Fig.2. 5 Diagrama típico PQ de una máquina síncrona.³

Convención de colores: curva de límites físicos (Azul), límites operacionales definidos por el usuario en (Rojo), Despacho (Verde)

Por debajo de la operación de excitación es más difícil determinar los límites de funcionamiento. Por un lado el límite de estabilidad estática especifica la limitación, que depende, de los parámetros de la máquina, así como el sistema circundante. Por otra parte y generalmente más restrictiva, la operación bajo excitación esta limitada debido al calentamiento de la región del extremo de la armadura por pérdidas por corrientes de Foucault.

Sin embargo, en una condición de operación sobreexcitada Asimismo existen efectos parásitos, que resultan en el diagrama PQ actual desviarse analíticamente del diagrama. Efectos de saturación también juegan un papel, como la reactancia síncrona que no es constante, pero depende del punto de funcionamiento. Máquinas de polos salientes de la influencia de la anisotropía magnética, que se traduce en una diferencia entre las reactancias d - y q-eje, no se puede despreciar. Esto da como resultado las características círculo descritos anteriormente aparecen como una espiral.

Debido a estos efectos parásitos se acostumbra a especificar los límites de funcionamiento mediante parámetros explícitos de máximo y mínimo de potencia reactiva, que son determinados a partir de mediciones y un análisis detallado del diseño.

³ Fuente: " Loadflow Calculations - Basic Principles and Models " [7]

2.4.2 Red Externa

Una red externa representa a un sistema supuesto reducido. En principio puede ser tratado como un generador. Cabe señalar, sin embargo, que para el modelado de sistemas de alta y media tensión, el equilibrio de energía activa y reactiva ocurre generalmente en el nivel de transmisión y distribución, lo que explica por qué una red externa se define generalmente como la " slack " (o "máquina de equilibrio").

2.4.3 Carga General

Todas las cargas diferentes a los motores, son modelados como cargas generales las cuales bajo condiciones normales son modelados como cargas constantes PQ bajo condiciones anormales debe considerarse la dependencia de tensión de las cargas.

El programa utiliza un modelo exponencial para simular la dependencia de tensión:

$$P + jQ = P_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^{k_{pu}} + Q_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^{k_{qu}} \quad (2.8)$$

El especial de los casos "potencia constante", "corriente constante" y "impedancia constante" puede ser descrito por la opción de seguir los siguientes parámetros kpu y kqu:

- ✓ Kpu=kqu=0: potencia activa y reactiva constante o independiente de la tensión.

$$P + jQ = P_0 + jQ_0 \quad (2.9)$$

- ✓ Kpu=kqu=1: corriente activa y reactiva constante o dependencia de la tensión.

$$P + jQ = \frac{P_0}{U_n} U + j \frac{Q_0}{U_n} U = 3(I_{p0} - jI_{q0}) U \quad (2.10)$$

- ✓ Kpu=kqu=2: impedancia constante o dependencia cuadrática de la tensión.

$$P + jQ = \frac{P_0}{U_0^2} U^2 + j \frac{Q_0}{U_0^2} U^2 = 3(G_0 - jB_0) U^2 \quad (2.11)$$

2.4.4 Motor

En comparación con máquinas síncronas, las máquinas asíncronas no poseen un devanado de excitación. Por lo que no es posible efectuar un control de la potencia reactiva.

Por lo tanto en una maquina asíncrono no es posibles especificar la potencia activa y reactiva independientemente o controlar la tensión en bornes.

El circuito equivalente de la maquina asíncrona es mostrado en la Fig. 2.6.

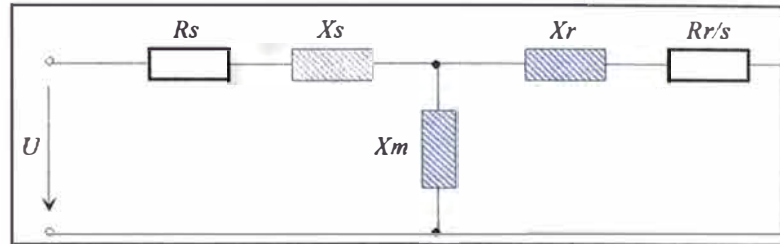


Fig.2. 6 Circuito equivalente de una máquina asíncrona en estado estable.

De este se deduce que, en estado estacionario, una máquina asíncrona puede ser modelada con una impedancia función del deslizamiento (s). Precisamente, la potencia activa depende del valor específico de esta variable. El flujo de potencia activa resultante de la máquina también influye en la necesidad de la potencia reactiva.

Desafortunadamente los valores de resistencia y reactancia de máquinas son generalmente desconocidos salvo por el fabricante.

El programa permite introducir valores de operación y es capaz de aproximarse a los parámetros del circuito eléctrico equivalente de esta información limitada

2.4.5 Líneas de transmisión

El diagrama unifilar equivalente es mostrado en la Fig. 2.7. Donde los parámetros están expresados por unidad de longitud. El programa permite dividir por tramos y secciones.

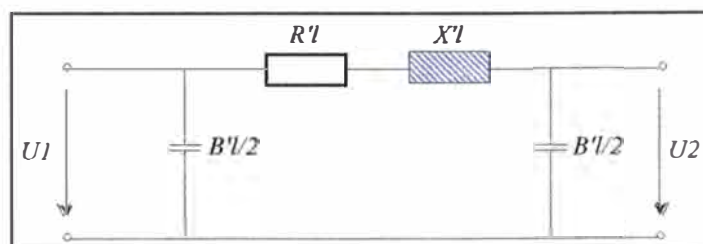


Fig.2. 7 Circuito equivalente de una línea aérea y el cable del circuito

Los tramos son empleados si se conectan más elementos, por ejemplo cargas a lo largo de la línea. Las secciones son utilizadas. Cuando existen varios tramos de diferentes impedancia por ejemplo un cable conectado a una línea de transmisión o distribución.

2.4.6 Transformador

La suma de las impedancias serie corresponde a la impedancia del transformador de cortocircuito. La impedancias r_H y r_L son proporcionales a las pérdidas de cobre. La corriente que magnetiza se modelada con b_m , y las pérdidas de hierro se modelan con conductancia g_m . El programa se determina los valores de las resistencias y reactancias automáticamente con los resultados de tensiones de cortocircuito, las pérdidas de cobre, la corriente sin carga y las pérdidas de hierro.

El transformador ideal en el lado de alta tensión, representa el cambiador de taps el cual puede ser equilibrado en magnitud y ángulo de fase.

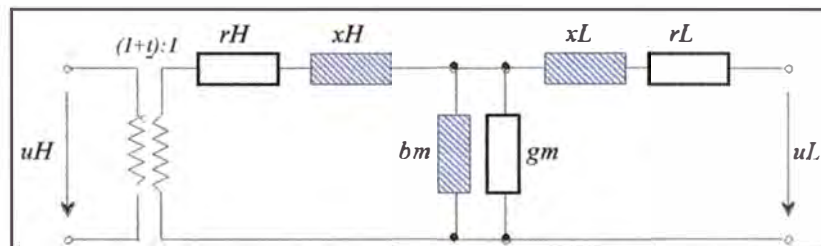


Fig.2. 8 Se observa el diagrama unifilar en secuencia positiva del transformador en por unidad.

Ajustando la parte real de \underline{t} puede controlarse la tensión o la potencia reactiva. Alterando la parte imaginaria de \underline{t} puede controlar la potencia activa.

Para el cambiador de taps, debe especificar el número de pasos, la variación de la tensión por el paso y el ángulo de " \underline{t} " dentro de los parámetros del transformador.

2.5 Análisis de Flujo de Potencia.

2.5.1 Formulación clásica del problema de flujo de carga

Para la formulación de flujo de carga se ha aplicado el método de la matriz de admitancia, aplicado a las redes de potencia, la referencia para las magnitudes y los ángulos de tensión son respectivamente tierra y el ángulo de una de las barras, el cual normalmente se fija en cero.

Una corriente de nodo, representa la corriente neta inyectada a la red en una barra dada, desde una fuente o carga externa a la red. A partir de esta definición, una corriente entrando a la red desde una fuente, es de signo positivo, mientras que una corriente saliendo de la red, a la carga, es de signo negativo y en consecuencia la corriente neta inyectada es la suma algebraica de esas. De la misma manera se podrá hacer referencia a la potencia neta inyectada en un nodo o barra. Así, de la barra mostrada en la Fig. 2.9 se obtiene el siguiente balance de potencia:

$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = (P_{Gi} - P_{Di}) + j(Q_{Gi} - Q_{Di}) = \bar{S}_{Ti} = P_{Ti} + jQ_{Ti} \quad (2.12)$$

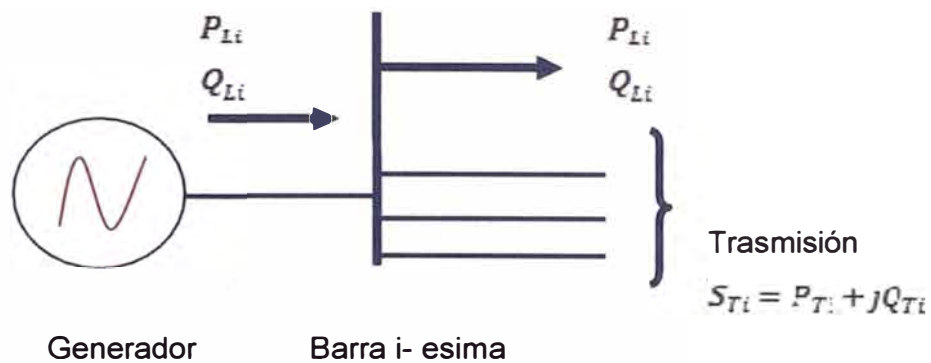


Fig.2. 9 Balance de potencia en la barra i – ésima.

\bar{S}_i : = Potencia neta inyectada en la barra i-ésima.

P_i = Potencia activa neta inyectada.

Q_i = Potencia reactiva neta inyectada.

P_{Gi} = Potencia activa generada.

Q_{Gi} = Potencia reactiva generada.

P_{Di} = Potencia activa absorbida por la carga.

Q_{Di} = Potencia reactiva absorbida por la carga.

\bar{S}_{Ti} = Potencia compleja transmitida desde la barra i - ésima.

Debido a que las cargas, generalmente son representadas por una potencia activa y reactiva constante, las corrientes inyectadas son determinadas en términos de la potencia neta inyectada en las barras del sistema, resultando un conjunto de ecuaciones no-lineales, el cual se puede formular en el modelo matemático:

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{S}_i}{\bar{V}_i} = \sum \bar{Y}_{ik} \times \bar{V}_k \quad (2.13)$$

Dónde:

\bar{I}_i = Corriente neta inyectada en la barra i – ésima.

\bar{S}_i = Potencia neta inyectada en la barra i – ésima

\bar{V}_i = Voltaje de la barra i – ésima.

\bar{V}_k = Voltaje de la barra k – ésima.

\bar{Y}_{ik} = Elemento de la matriz de admitancia.

Luego a partir de la ecuación (2.13) se puede escribir, para el conjunto de ecuaciones:

$$\dot{\vec{S}}_i = \dot{\vec{V}}_i \times \sum_{k=1}^n \bar{Y}_{ik} \times \vec{V}_k \quad (2.14)$$

En forma polar se tiene:

$$\vec{S}_i^* = V_i \angle(-\varphi_i) \cdot \sum_{k=1}^n \bar{Y}_{ik} \cdot V_k \angle(\varphi_k) \quad (2.15)$$

$$\vec{S}_i^* = V_i \cdot \sum_{k=1}^n \bar{Y}_{ik} \cdot V_k \angle(\varphi_k - \varphi_i) = V_i \cdot \sum_{k=1}^n \bar{Y}_{ik} \cdot V_k \angle(\varphi_{ki}) = V_i \cdot \sum_{k=1}^n \bar{Y}_{ik} \cdot V_k \angle(-\varphi_{ki}) \quad (2.16)$$

Igualando la parte real y la parte imaginaria en la ecuación (2.16), las potencias activas y reactivas se pueden desacoplar en la forma siguiente:

$$P^{sp} = V_i^2 \times G_{ik} + V_i \cdot \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \text{sen} \theta_{ik}) V_k \quad (2.17)$$

$$Q^{sp} = -V_i^2 \times B_{ik} + V_i \cdot \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n (G_{ik} \text{sen} \theta_{ik} - B_{ik} \cos \theta_{ik}) V_k \quad (2.18)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= G_{ik} + jB_{ik} \\ \theta_{ik} &= \theta_i - \theta_k \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} \cos \theta_{ik} &= \cos \theta_{ki} \\ -\text{sen} \theta_{ik} &= \text{sen} \theta_{ki} \end{aligned}$$

El sistema de ecuaciones no-lineales obtenido anteriormente se puede resolver por medio del método iterativo de Newton Raphson no desacoplado, el cual presenta buenas características de convergencia.

2.5.2 Clasificación de las barras.

Para la formulación clásica del problema del flujo de carga por medio de Newton Raphson, las diferentes barras de un sistema de potencia se clasifican en:

- **Barra de Carga o Barra PQ**

Parámetros especificados: P_i^{sp} y Q_i^{sp}

$$S_i^{sp} = (P_{gi}^{sp} - P_{Di}^{sp}) + j(Q_{gi}^{sp} - Q_{Di}^{sp}) = P_i^{sp} - jQ_i^{sp} \quad (2.20)$$

Parámetros desconocidos V_i y $\angle i$

- **Barras de Voltaje controlado o Barra PV.**

Parámetros especificados: P_i^{sp} y Q_i^{sp}

$$P_i^{\mathcal{P}} = (P_{Gi}^{\mathcal{P}} - P_{Di}^{\mathcal{P}}) = RE(V_i I_i^*) \quad (2.21)$$

Parámetros desconocidos Q_i y \square_i

- **Barra de Referencia o de Compensación.**

Parámetros especificados: $\square_i^{\mathcal{P}}$ y $V_i^{\mathcal{P}}$

Parámetros desconocidos Q_i y P_i

Esta barra permite compensar las pérdidas de potencia activa y reactiva en el sistema, las cuales son desconocidas en la etapa previa a la solución del problema.

2.5.3 Criterio de convergencia.

Se calculan los errores en las potencias complejas en cada barra:

$$\Delta \bar{S}_i = \bar{S}_i^{\mathcal{P}} - \bar{V}_i \bar{I}_i^* = P_i^{\mathcal{P}} + jQ_i^{\mathcal{P}} - \bar{V}_i \sum_{k=1}^n \bar{Y}_{ik}^* V_k^* \quad (2.22)$$

En forma desacoplada, se obtiene:

$$\Delta P_i = P_i^{\mathcal{P}} - V_i \cdot \sum_{k=1}^n (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \text{sen} \theta_{ik}) V_k \quad (2.23)$$

$$\Delta Q_i = Q_i^{\mathcal{P}} - V_i \cdot \sum_{k=1}^n (G_{ik} \text{sen} \theta_{ik} + B_{ik} \cos \theta_{ik}) V_k \quad (2.24)$$

En general, como criterio de convergencia se aplica:

$\Delta P_i \leq \square$ (10^{-3}) Para las barras PQ y PV.

$\Delta Q_i \leq \square$ (10^{-3}) Para las barras PQ.

Donde \square representa la tolerancia, para la cual se utiliza un valor de 10^{-3}

2.5.4 Métodos de Newton Raphson.

El uso del algoritmo del método de Newton Raphson en la solución de las ecuaciones de flujo de carga, es necesario escribir estas ecuaciones, de la forma siguiente:

$$F(X) = B \quad \text{o} \quad G(X) = F(X) - B = 0 \quad (2.25)$$

La forma conveniente y más usada es la representada en las ecuaciones (2.17) y (2.18), en las cuales la potencia activa y reactiva neta inyectada en las barras del sistema, son expresadas en forma desacopladas en función del ángulo y la magnitud de las tensiones en las barras, es decir:

$$P_i^{\mathcal{P}} = P_i(L, V) \quad (2.26)$$

$$Q_i^{\mathcal{P}} = Q_i(L, V) \quad (2.27)$$

Donde L y V representan los vectores correspondientes a los ángulos y las magnitudes de las tensiones en las barras.

El conjunto de ecuaciones no-lineales (2.26) y (2.27), pueden ser linealizadas al punto de operación y expresado como un sistema de ecuaciones lineales en diferencias finitas, tal como se muestra a continuación:

$$\Delta P_i = \sum_{k=1}^n \frac{\partial P_i}{\partial \theta_k} \Delta \theta_k + \sum \frac{\partial P_i}{\partial V_k} \Delta V_k \quad (2.28)$$

$$\Delta Q_i = \sum_{k=1}^n \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_k} \Delta \theta_k + \sum \frac{\partial Q_i}{\partial V_k} \Delta V_k \quad (2.29)$$

Donde ΔP_i y ΔQ_i en las ecuaciones anteriores físicamente representan la diferencia entre el valor especificado de P_i y Q_i y sus valores calculados, es decir, los errores en las potencias activa y reactiva en las diferentes barras del sistema de potencia.

El número de ecuaciones depende del tipo de barra en donde ellas sean aplicadas. Así, en las barras de carga donde la potencia activa y la reactiva son especificadas, resultan dos ecuaciones, en las barras de generación, en donde la potencia reactiva no es especificada, resulta solamente una ecuación en términos de P_i , mientras que en la barra de compensación o de referencia, en donde el ángulo y la magnitud de la tensión son los parámetros especificados, ninguna ecuación requerida.

Por lo tanto, el número total de ecuaciones se determina a partir de:

$$\text{No. Ecuaciones} = 2xn - 1 - g \quad (2.30)$$

Dónde:

n = Número total de barras.

g = Número total de barras de generación.

Las ecuaciones anteriores son lineales y pueden ser expresadas en la forma matricial siguiente:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

Dónde:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \text{Vector error.}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} = \text{Vector corrección.}$$

$[J]$ = Matriz Jacobina.

Los errores de potencia en las diferentes barras del sistema, pueden ser determinados a partir de:

- Para la barra PQ.

$$\Delta P_i = P_i^{sp} - V_i \cdot \sum_{k=1}^n (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \sin \theta_{ik}) V_k \quad (2.32)$$

$$\Delta Q_i = Q_i^{sp} - V_i \cdot \sum_{k=1}^n (G_{ik} \text{sen} \theta_{ik} - B_{ik} \text{cos} \theta_{ik}) V_k \quad (2.33)$$

- Para las barras PV.

$$\Delta P_i = P_i^{sp} - V_i \cdot \sum_{k=1}^n (G_{ik} \text{cos} \theta_{ik} + B_{ik} \text{sen} \theta_{ik}) V_k \quad (2.34)$$

- Para la barra Oscilante.

No es requerida ninguna ecuación.

La ecuación (2.31) también se puede escribir como:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N' \\ J & L' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

Los elementos de cada una de las sub-matrices en que ha sido dividida la matriz Jacobiana son:

$$\begin{aligned} H_{ii} &= \frac{\partial P_i}{\partial \theta_i} = -Q_i^{sp} - V_i^2 \times B_{ii} \\ H_{ik} &= \frac{\partial P_i}{\partial \theta_k} = V_i (G_{ik} \text{sen} \theta_{ik} - B_{ik} \text{cos} \theta_{ik}) V_k \\ N'_{ii} &= \frac{\partial P_i}{\partial V_i} = 2V_i \times G_{ii} + \sum_{k=1}^n (G_{ik} \text{cos} \theta_{ik} + B_{ik} \text{sen} \theta_{ik}) V_k \\ N'_{ik} &= \frac{\partial P_i}{\partial V_k} = V_i (G_{ik} \text{cos} \theta_{ik} + B_{ik} \text{sen} \theta_{ik}) \\ J_{ii} &= \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_i} = P_i^{sp} - V_i^2 \times G_{ii} \\ J_{ik} &= \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_k} = -V_i (G_{ik} \text{cos} \theta_{ik} + B_{ik} \text{sen} \theta_{ik}) V_k = -N_{ik} \\ L'_{ii} &= \frac{\partial Q_i}{\partial V_i} = -2V_i \times B_{ii} + \sum_{k=1}^n (G_{ik} \text{sen} \theta_{ik} - B_{ik} \text{cos} \theta_{ik}) V_k \\ L'_{ik} &= \frac{\partial Q_i}{\partial V_k} = V_i (G_{ik} \text{sen} \theta_{ik} - B_{ik} \text{cos} \theta_{ik}) \end{aligned} \quad (2.36)$$

Para obtener una matriz jacobiana más simple y simétrica, conservando la misma identidad, los términos N' y L' se deben multiplicar por la magnitud del tensión y las correcciones de la magnitud de los tensión divididos por el mismo factor, es decir:

$$\frac{\partial P}{\partial V} \cdot \Delta V = N' \cdot \Delta V = V \frac{\partial P}{\partial V} \cdot \frac{\Delta V}{V} = N \cdot \frac{\Delta V}{V}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial V} \cdot \Delta V = L' \Delta V = V \frac{\partial Q}{\partial V} \cdot \frac{\Delta V}{V} = L \cdot \frac{\Delta V}{V} \quad (2.37)$$

Así los nuevos términos N y L son determinantes a partir de:

$$\begin{aligned} N_{ii} &= V_i \frac{\partial P_i}{\partial V_i} = 2V_i^2 \times G_{ii} + V_i \cdot \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \operatorname{sen} \theta_{ik}) V_k = P_i^{\text{sp}} + V_i^2 \times G_{ii} \\ N_{ik} &= V_k \frac{\partial P_i}{\partial V_k} = V_i (G_{ik} \cos \theta_{ik} + B_{ik} \operatorname{sen} \theta_{ik}) V_k \\ L_{ii} &= V_i \frac{\partial Q_i}{\partial V_i} = -2V_i^2 \times B_{ii} + V_i \cdot \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n (G_{ik} \operatorname{sen} \theta_{ik} - B_{ik} \cos \theta_{ik}) V_k = Q_i^{\text{sp}} - V_i^2 \cdot B_{ii} \\ L_{ik} &= V_k \frac{\partial Q_i}{\partial V_k} = V_i (G_{ik} \operatorname{sen} \theta_{ik} - B_{ik} \cos \theta_{ik}) V_k = H_{ik} \end{aligned} \quad (2.38)$$

Las correcciones son representadas ahora por las variables $\Delta \theta$ y $\Delta V/V$ y

Por lo tanto se puede escribir la ecuación (2.35) como:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \frac{\Delta V}{V} \end{bmatrix} \quad (2.39)$$

Las ecuaciones anteriores pueden ser utilizadas para determinar en forma iterativa, la tensión compleja en las diferentes barras de un sistema de potencia a partir de un conjunto de valores iniciales. Para la barra de referencia o de compensación la tensión compleja es conocida.

Para todas las barras de carga ΔP_i y ΔQ_i son calculados. En las barras de generación, la potencia reactiva Q_i , no es especificada pero sus límites son conocidos. Si el valor calculado permanece dentro de sus límites, solamente ΔP_i es calculado. En caso se superar el límite correspondiente se asume como el valor especificado y ΔQ_i es entonces, calculado restando al valor limite el valor de Q_i calculado. Así, si en la iteración n – ésima del proceso iterativo, L^n y V^n representan una buena aproximación a la solución exacta, L^* y V^* una mejor aproximación podrá ser obtenida en la iteración $n+1$ a partir de:

Barra PQ.

$$\begin{aligned} \theta^{n+1} &= \theta^n + \Delta \theta^{n+1} \\ V^{n+1} &= V^n \left(1 + \left(\frac{\Delta V}{V} \right)^{n+1} \right) \end{aligned} \quad (2.40)$$

Barra PV.

$$\theta^{n+1} = \theta^n + \Delta\theta^{n+1} \quad (2.41)$$

Donde $\Delta\theta_i^{n+1}$ y $(\Delta V/V)^{n+1}$ representa las correcciones de los ángulos y la magnitud de tensión.

2.5.5 Algunas limitaciones del método de Newton Raphson.

Algunas limitaciones se presentan en el proceso iterativo de Newton Raphson, los elementos de la matriz jacobiana representados por un gran número de derivadas parciales deben ser calculados y almacenados, representando por lo tanto un requerimiento alto de almacenamiento.

Como esta matriz tiene una estructura similar a la matriz de admitancia, un gran número de estos elementos son nulos, los cuales ocupan espacios importantes de memoria del computador digital y su manipulación práctica también consume tiempo de computación altamente costoso.

La implementación práctica del método de Newton Raphson requiere de una gran destreza en la programación, debiendo evitar el almacenamiento de los elementos nulos y la generación, durante el proceso de cálculo de nuevos elementos no nulos.

En consecuencia, cualquier programa basado en el método de Newton Raphson deberá considerar los elementos discutidos anteriormente e incluir características tales como almacenamiento compacto de la matriz Jacobiana (almacenamiento solamente de los elementos no nulos) y esquemas de ordenamiento óptimo de las barras del sistema para minimizar la generación de nuevos elementos no nulos durante el proceso de eliminación.

2.5.6 Formulación del problema de flujo de carga en el programa DigSILENT

Power Factory.

En el DigSILENT Power Factory el problema del flujo de carga es formulado en forma diferente. En este caso, en lugar de definir características particulares para cada barra del sistema (PV, PQ Slack), se utiliza control de tensión, balance de potencia, control de frecuencia, etc. mediante la aplicación de diferentes controles al sistema de potencia, los cuales podrían regular generadores, máquinas asincrónicas, cargas, etc.

Por lo tanto, los parámetros normalmente especificados en las barras de un sistema de potencia, en programas clásicos de flujo de carga, podrían ser encontrados en el DigSILENT, en los datos de entrada correspondientes a otros elementos del sistema de potencia. Así, las máquinas sincrónicas, por ejemplo, son simuladas mediante la especificación de una de las siguientes características de control:

- ✓ Factor de potencia controlado ($\cos\phi$), potencia activa y reactiva constante (PQ).

- ✓ Voltaje constante y potencia activa constante (PV).
- ✓ Control secundario de la frecuencia (Slack, SL).

Además de estas características, pueden ser especificados los límites de potencia reactiva, los cuales pueden ser automáticamente considerados por el programa de acuerdo a la opción considerada.

La independencia de la naturaleza de las barras en el programa DlgSILENT permite modelos más realistas del sistema de potencia.

Especialmente el hecho de no requerir la especificación de la barra de compensación (Slack), lo cual representa una situación no-real, contribuye a esto.

La función de compensación en cálculos de flujo de carga, es simulada por medio de los controles, los cuales permiten balancear la carga y la generación de la potencia activa y reactiva en la red de potencia. En el programa DlgSILENT, la función de compensación es ejercida por los indiferentes generadores, controladores de tensión de barras y dispositivos de control secundario y no por una barra en particular.

Un elemento de control del tensión de una barra determinada, consiste en especificar la barra controlada y todos los generadores controlando esta barra. Además, la contribución de potencia reactiva de cada máquina a la demanda total de potencia reactiva, debe ser especificada.

Máquinas asincrónicas, cargas, cambiadores de tomas y otros elementos del sistema de potencia, son también simuladas especificando sus características funcionales de estado permanente.

2.5.7 Solución algorítmica para resolver el problema de flujo de carga mediante el DlgSILENT.

La formulación matemática del problema de flujo de carga, resulta en un conjunto de ecuaciones no-lineales de la forma:

$$\begin{bmatrix} \sum I = \vec{0} \\ f(V, I, X) = \vec{0} \end{bmatrix} \quad (2.42)$$

El primer conjunto de ecuaciones representa la Ley de Corrientes de Kirchoff, mientras que el segundo conjunto de ecuaciones define las características de cada uno de los elementos del sistema de potencia.

El conjunto de ecuaciones resultantes son resueltas mediante el método no-desacoplado de Newton Raphson. Como la convergencia del método depende altamente de la estimación de la solución inicial del vector (U,I,X), un método altamente sofisticado

para estimar inicialmente el vector desconocido ha sido desarrollado e implementado en el DIGSILENT.

2.5.8 Metodología utilizada

Para el flujo de carga se ha considerado los niveles de tensión máximos y mínimos permitidos por la norma ANSI C84.1-2006 y la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), la cual establece límite de $\pm 5\%$ de la tensión nominal de operación y para las condiciones de contingencia un rango permisible de $\pm 10\%$.

2.6 Análisis de Corto Circuito.⁴

2.6.1 Áreas de Aplicación de cortocircuito

El análisis de cortocircuito es la función de cálculo más frecuente cuando se trata con redes eléctricas (véase Fig. 2.10).

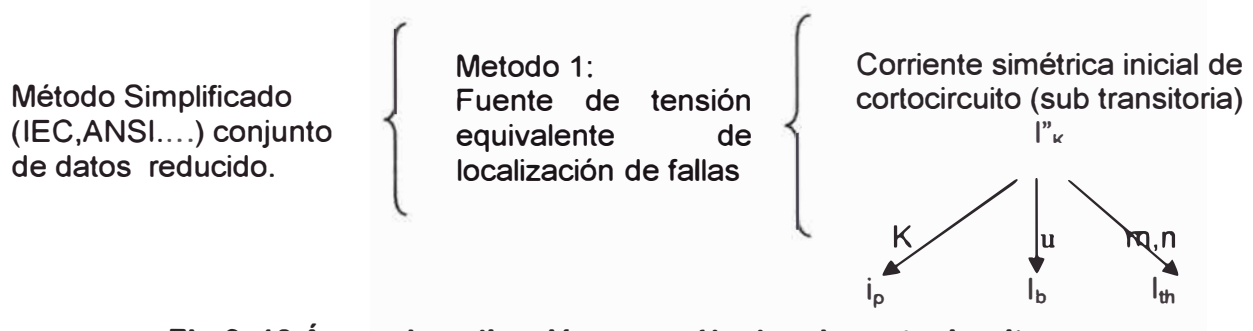


Fig.2. 10 Áreas de aplicación para cálculos de cortocircuito

Las principales aplicaciones se muestran a continuación:

- ✓ Asegurar que la capacidad de cortocircuito definido del equipo que esta supere durante la expansión y fortalecimiento del sistema.
- ✓ Coordinación de equipos de protección (fusibles, relés de sobreintensidad de corriente y la distancia).
- ✓ Dimensionamiento de mallas a tierra
- ✓ Verificación de suficiente nivel de corto circuito en determinados puntos de carga.
- ✓ Verificación de límites térmicos permitidos de cables y líneas de transmisión.

Para el cálculo de cortocircuito el método de las fuentes equivalentes de tensión en el punto de falla ha sido generalmente el más aceptado en Europa Occidental según de acuerdo a la norma IEC909 (VDE0102), una versión revisada fue publicada como la IEC 690909 en junio del 2001, Este método funciona independientemente del flujo de carga y empieza haciendo de corrección a la tensión e independización para converge a una respuesta satisfactoria.

⁴ Fuente: "Short-Circuit Calculations - Training Course Documents" [6]

Para el cálculo de cortocircuito en un entorno de operación del sistema, si la precisión del cálculo relativo a la norma IEC 690909 no es suficiente se puede utilizar el método de superposición.

Se calcula las corrientes de cortocircuito que se espera en la red sobre la base de la condición de operación de la red existente. Si los modelos de sistema son correctos, los resultados de este método son siempre más exactos que los resultados del método de acuerdo con la norma IEC 690909.

2.6.2 Definiciones y términos⁵

Los estándares IEC usan las siguientes definiciones que son muy relevantes.

- **Corriente de Corto Circuito Simétrica**

Es el valor rms de la Componente de CA de la corriente de corto circuito (que se espera o que existe) en el punto de falla despreciando la Componente de CD.

- **Corriente de Corto Circuito Simétrica Inicial ($I''k$)**

Es el valor rms de la Componente de CA de la Corriente de Corto Circuito simétrica aplicable en el instante de corto circuito, en el tiempo cero.

- **Componente de CD (Aperiodica) de la corriente de corto circuito (i_{CD})**

El valor medio entre la envolvente superior y la envolvente inferior del oscilograma de corto circuito que decae desde un valor inicial A (en el tiempo cero) hasta un valor cero.

- **Corriente de Corto Circuito Pico (ip)**

Es el valor instantáneo máximo posible de la corriente de corto circuito (que se espera o que existe) en el punto de falla. Esta corriente varía dependiendo del instante en que ocurre la falla. Así, el cálculo de ip aplica a la fase y al momento en que se presenta el valor máximo. Observe que la ip incluye la Componente de CD.

- **Corriente de Corto Circuito Simétrica de Interrupción (Ib)**

Es el valor rms de un ciclo completo de la Componente CA de la corriente de corto circuito disponible en el instante de la separación de contactos del primer polo de un interruptor.

- **Corriente de Corto Circuito en Estado Permanente (I_k)**

Es el valor rms de la corriente de corto circuito que permanece después del decaimiento del fenómeno transitorio.

- **Tiempo mínimo de retardo (t_{min}) de un interruptor de circuito (IC).**

⁵ Fuente: IEC 60909 Short-circuit Currents In three-phase A.C systems [3]

Es el tiempo más corto entre el inicio de la corriente de corto circuito y la primera separación de contactos de un polo del dispositivo de interrupción

Note que t_{min} es la suma del tiempo de operación más corto posible de un relevador instantáneo y el tiempo de apertura más corto de un IC.

- **Componente de CD (i_{CD})**

La Componente de CD de la corriente de corto circuito, para el tiempo de retardo mínimo de un dispositivo de protección, se calcula basándose en la corriente de corto circuito simétrico inicial y la relación X/R de la siguiente manera.

$$i_{CD} = I''_k \sqrt{2} e^{\left(\frac{2\pi f t_{min}}{X/R} \right)}$$

Dónde:

f: es la frecuencia del sistema.

t_{min} : es el tiempo de retardo mínimo del dispositivo de protección que se está considerando.

X/R es la relación del sistema en el punto de bus falla.

- **Fuente de Voltaje Equivalente ($C U_n / \sqrt{3}$)**

El IEC 60909 incluye el concepto de Fuente de Voltaje Equivalente como el único voltaje efectivo de la red para el cálculo de corrientes de corto circuito. Los voltajes internos de los generadores o de la red se ponen en corto circuito y el valor de la fuente equivalente es usado como el único voltaje efectivo en el punto de falla.

El Factor de Voltaje C se muestra en la **TABLA N° 2.1**.

2.6.3 Modelos de elementos.⁶

Los modelos más comunes, se utilizan valores calculado (medida real).

Los modelos se muestra presentan simplificaciones, que se realizan en el contexto de los cálculos de cortocircuito según la norma IEC.

⁶ Fuente: "Short-Circuit Calculations - Training Course Documents" [6]

• Red externa.

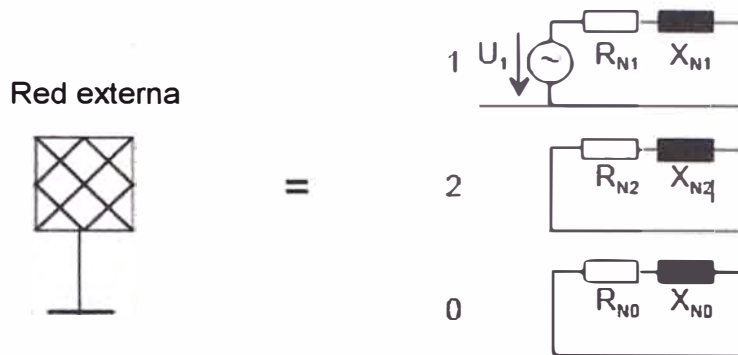


Fig.2. 11 Modelo de cortocircuito para la red externa

Parámetros y cálculos:

$$Z_{N1} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_k} \tag{2.43}$$

Datos adicionales:

$$\underline{Z}_{N2} = \underline{Z}_{N1}$$

RN1, XN1 según la relación

$$\frac{R_{N1}}{X_{N1}}$$

RN0, XN0 según $\frac{Z_{N0}}{Z_{N1}}$ und $\frac{R_{N0}}{X_{N0}}$

• Líneas de Transmisión o cables.

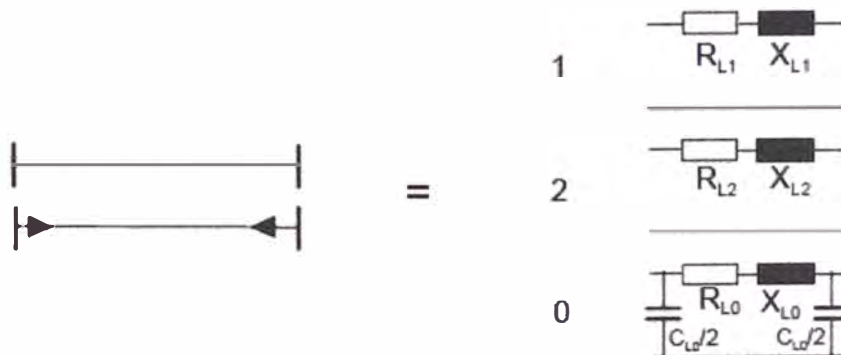


Fig.2. 12 Modelo de cortocircuito de las líneas

Parametros y calculos

RL1, XL1 de acuerdo a la geometría del fabricante

$$\underline{Z}_{L2} = \underline{Z}_{L1}$$

RL0, XL0 de acuerdo al conductor y su geometría, consideran adicionalmente conductores en paralelo.

Compensación de resistencia térmica para el cálculo de la corriente mínima de cortocircuito

$$R_L = [1 + \alpha \cdot (\vartheta_e - 20^\circ\text{C})] \cdot R_{L,20} \tag{2.44}$$

• **Transformador de dos devanados.**

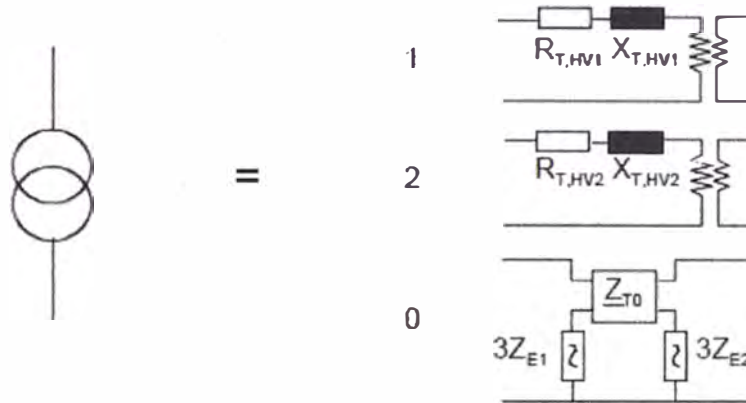


Fig.2. 13 Modelo de cortocircuito de un transformador de dos devanados
 Parametros y Calculos:

$$Z_{T,HV1} = u_{kr} \cdot \frac{U_{IT,HV}^2}{S_{rT}} \tag{2.45}$$

$$R_{T,HV1} = u_{Rr} \cdot \frac{U_{IT,HV}^2}{S_{rT}} \tag{2.46}$$

$$Z_{T,HV2} = Z_{T,HV1} \tag{2.47}$$

El circuito equivalente de secuencia cero depende del grupo vectorial del transformador.

• **Maquina Sincrona:**

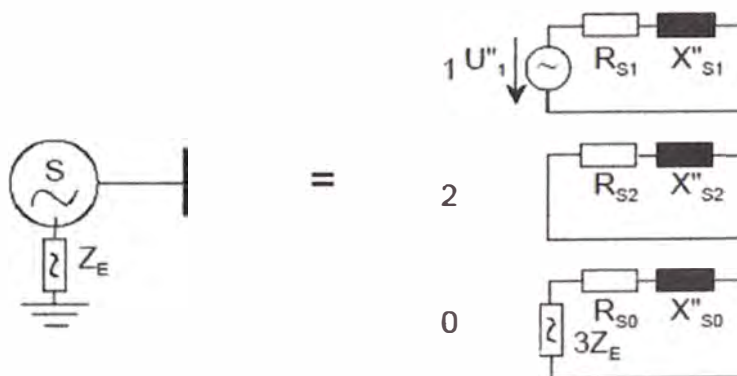


Fig.2. 14 Modelo de cortocircuito de una máquina síncrona

Parametros y calculos:

$$\underline{Z}_S = R_S + jX''_d \tag{2.48}$$

Dato adicional:

$$\underline{Z}_{S2} = R_S + jX''_2 = R_S + jX_2 \tag{2.49}$$

Normalmente se asume que $X_2 = x''_d$. Si x''_d y x''_q diferir significativamente en la magnitud, la siguiente ecuacion se puede utilizar:

$$X''_2 = X_2 = \frac{1}{2} \cdot (x''_d + x''_q)$$

• **Maquina Asincrona**

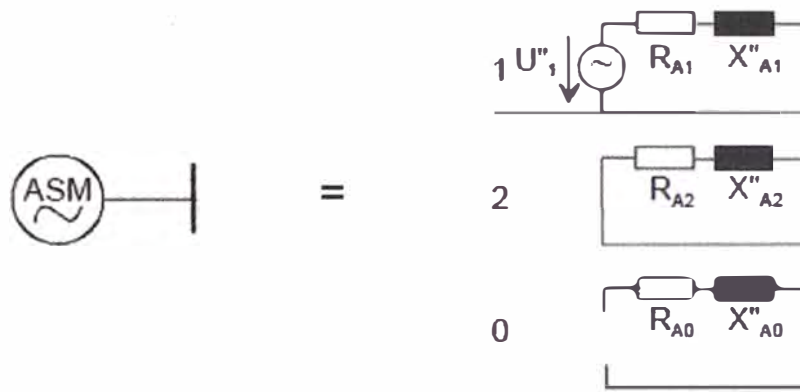


Fig.2. 15 Modelo de cortocircuito de una máquina asíncrona

Parametros y calculos:

$$\underline{Z}_{AK} = \frac{1}{\left(\frac{I_{LR}}{I_{LM}} \right)} \cdot \frac{U_{EM}^2}{S_{EM}} \tag{2.50}$$

• **Carga y compensadores Shunt estáticos**

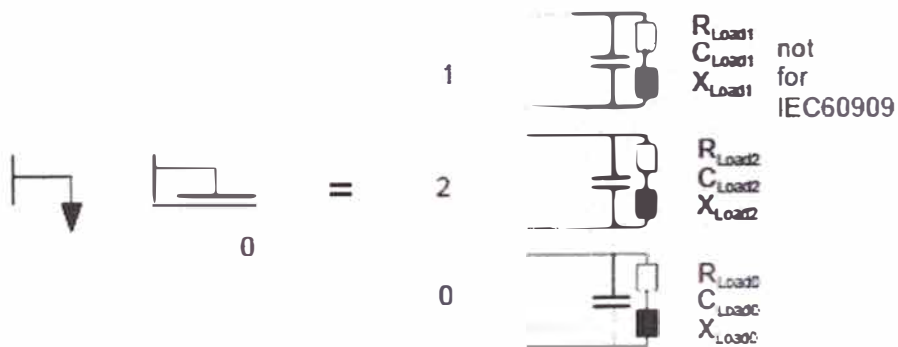


Fig.2. 16 Modelo de cortocircuito de carga y compensadores shunt

El circuito equivalente completo para cargas sólo se utiliza para el método de superposición.

Si se utiliza IEC60909, las cargas no se reflejan en las redes de secuencia positiva y negativa, pero son de importancia en la red de secuencia cero.

2.6.4 Método de superposición para cortocircuito.⁷

El método de superposición es (en términos de modelado del sistema) un método de cálculo exacto. Las corrientes de falla de la corriente de cortocircuito se determinan mediante la superposición de la condición "Flujo de carga" antes de inicio de cortocircuito con una condición en la que todas las fuentes de tensión se ponen a cero y la tensión negativa está conectado a la ubicación de la falla. El procedimiento se muestra en la Fig. 2.17 a continuación.

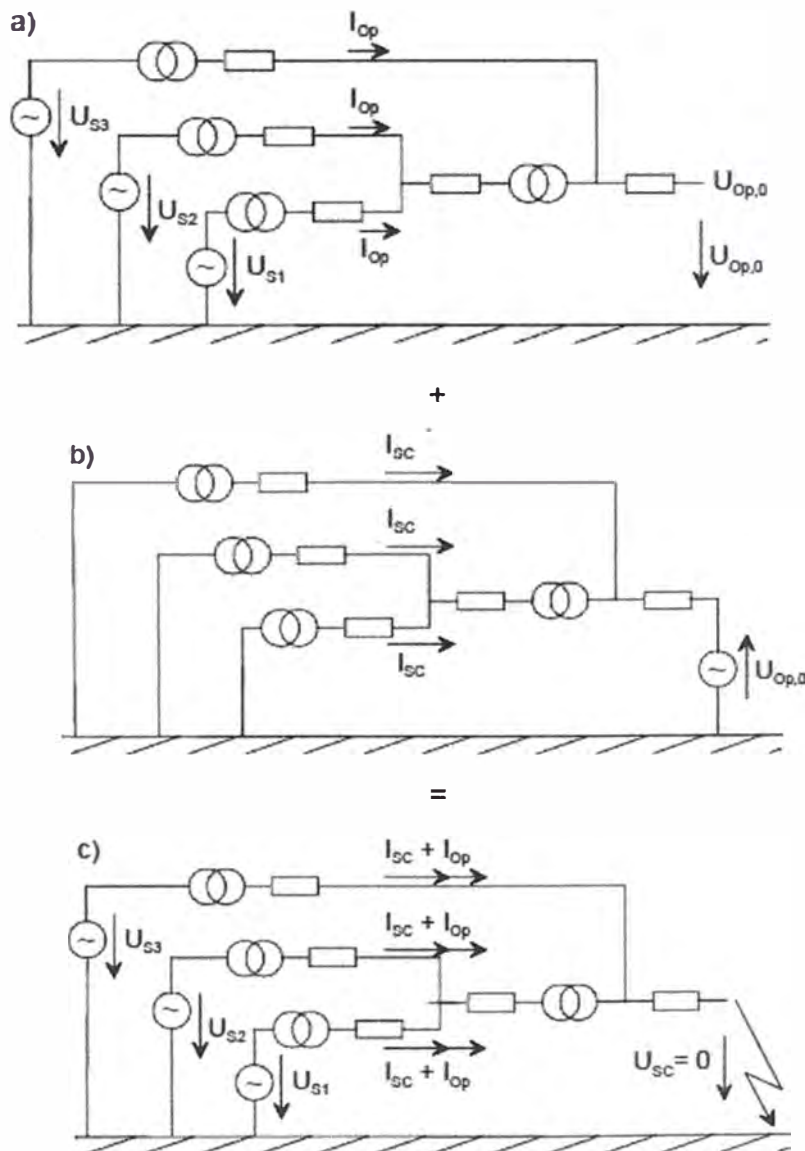


Fig.2. 17 Método de superposición para los cálculos de cortocircuito

⁷ Fuente: "Short-Circuit Calculations - Training Course Documents" [6]

El punto de partida es el estado de funcionamiento del sistema antes de inicio de cortocircuito (véase la Fig. 2.17 a). Esta condición representa las condiciones de excitación de los generadores, las posiciones de toma de los transformadores regulados y el estado del interruptor / de conmutación de la planta en funcionamiento. De esta condición de pre-falla la tensión de barras pre-falla de la barra de distribución con fallo puede ser calculado.

Para la condición de falla se calcula la condición de sistema para la situación en la que, la tensión de barras pre-falla negativo para el bus en fallo se conecta en el lugar del fallo y el resto de fuentes generadores se ponen a cero (véase la Fig. 2.17 b).

Desde impedancias de la red se supone que ser lineal, la condición del sistema después de aparición de la falta se puede determinar mediante la superposición (complejo añadiendo) tanto la pre-falla y condiciones de falla (vease la Fig. 2.17 c).

2.6.5 IEC 60909

- **Derivación del método**

El método de la fuente de tensión equivalente en el bus de falla es una simplificación del método de superposición con el objetivo de lograr de acercar a la realidad de corto - circuito de cálculo sin la necesidad para el cálculo del flujo de cargas anterior y la definición asociada de las condiciones de funcionamiento reales.

La Fig. 2.17 muestra, cómo el método de la fuente de tensión equivalente se puede derivar de la método de superposición.

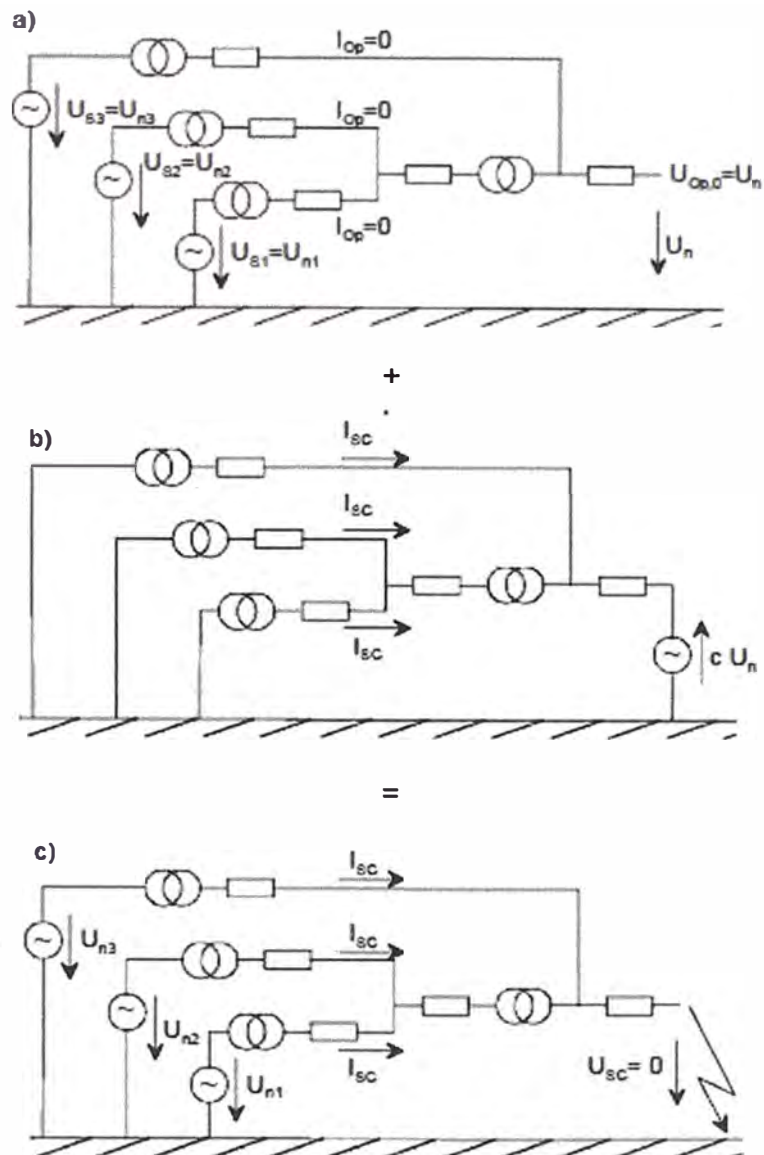


Fig.2. 18 Método de la fuente de tensión equivalente a la barra colectora con fallo, derivado del método de superposición.

En comparación, las principales simplificaciones en comparación con el método de superposición son los siguientes:

- ✓ Condiciones nominales se supone para toda la red, es decir $U_i = U_{n,i}$.
- ✓ Corrientes de carga se desprecian, es decir $I_{op,i} = 0$.
- ✓ Se utiliza una red de simulación simplificada, es decir, las cargas no se consideran en la red de secuencia positiva y negativa.
- ✓ Para asegurar que los resultados se estiman en el lado seguro, un factor de corrección c se aplica a la tensión en la barra de distribución falla. Este factor es diferente para el cálculo de la máxima y la corriente de corto-circuito mínimo de una red.

- **Los factores de corrección de la norma IEC 60909⁸**

El método de superposición siempre asume una condición sistema realista como la base para un cálculo de cortocircuito, se determina a partir de un cálculo del flujo de cargas antes del cálculo de cortocircuito. Así, se determinan las corrientes de cortocircuito exactas para esta condición sistema. Mediante el uso de la fuente de tensión equivalente de acuerdo con IEC60909, el objetivo es calcular las corrientes máximas y mínimas de cortocircuito para todas las posibles condiciones de funcionamiento con un solo cálculo. Sólo se requiere que la tensión nominal en la barra fallada.

Para este propósito IEC 60909 introduce un factor de corrección de la tensión y varios factores de corrección de impedancia. El concepto de corrección de impedancia de acuerdo con la norma IEC 60909 (véase la Fig. 2.19) es para corregir la impedancia de la fuente de tal manera, que en el caso de cálculo de la corriente de corto-circuito de un circuito con la tensión de $C \times U_n$ corregido y la impedancia de la misma valores resultados como en el caso de calcular con la tensión de defecto real y la impedancia real:

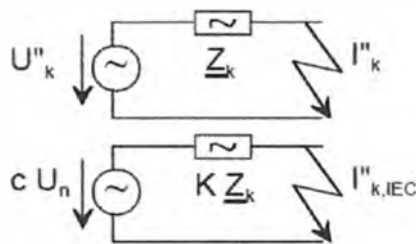


Fig.2. 19 Impedancias de corrección según la IEC 60909.

$$I''_k = \frac{U''_k}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \equiv \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot (K \cdot Z_k)} = I''_{k,IEC}$$

Los valores para el factor de tensión de C, así como la corrección de impedancia k factores se enumeran a continuación.

⁸ Fuente: "Short-Circuit Calculations - Training Course Documents" [6]

TABLA N° 2. 1 Voltaje factor de C como una función de la tensión nominal.⁹

Tensión / nominal	Cálculo de máx. corriente de cortocircuito	Cálculo de min. corriente de cortocircuito
baja Tensión $U_n \leq 1 \text{ kV}$	1.05 (con $U_{\max} \leq 1.06 U_n$) 1.10 (con $U_{\max} \leq 1.10 U_n$)	0.95
Media Tensión $1 \text{ kV} < U_n \leq 35 \text{ kV}$	1.10	1.00
Alta Tensión $35 \text{ kV} < U_n$	1.10 Si U_n no se define: $c_{\max} \cdot U_n \rightarrow U_m$	1.00 Si U_n no se define: $c_{\min} \cdot U_n \rightarrow 0.9 \cdot U_m$

En general garantizar: $c_{\max} \cdot U_n \leq U_m$

2.7 Criterios y ajustes de coordinación

2.7.1 Criterios generales de las curvas de protección de sistema de Distribución.

El ajuste de la protección está determinado por la capacidad y el comportamiento de los equipos e instalaciones del sistema eléctrico, para lo cual se debe considerar todas las condiciones de operación, ya sean temporales como permanentes. En tal sentido se debe considerar particularmente las corrientes de conexión de equipos o instalaciones como son: la corriente de inserción de los transformadores como se muestra en la Fig. 2.20, la corriente de carga de las líneas y las corrientes de arranque de los motores. Se debe considerar las posibles sobrecargas de los equipos e instalaciones, de acuerdo a sus capacidades de diseño. En tal sentido, los ajustes de la protección representan los umbrales de estas capacidades con un cierto margen de seguridad.

⁹ Fuente: "Short-Circuit Calculations - Training Course Documents" [6]

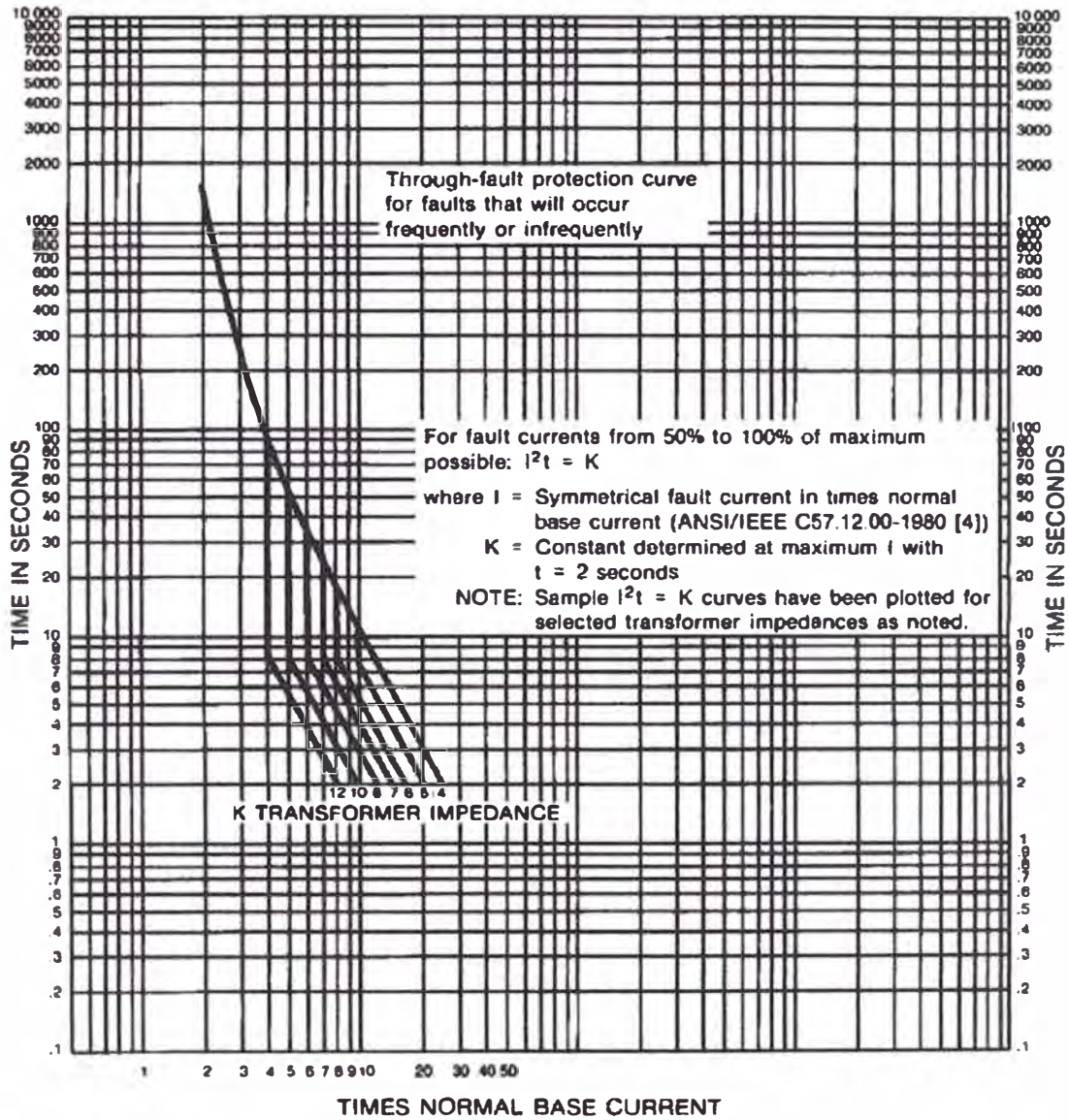


Fig.2. 20 Curva límite de operación del transformador.¹⁰

Existen diferentes tipos protección de corriente, pudiéndose clasificar los mismos de acuerdo al tipo de tecnología o al tipo de característica tiempo-corriente, ver en la Fig. 2.21.

¹⁰ Fuente: "IEEE Std 242-2001™" [1]

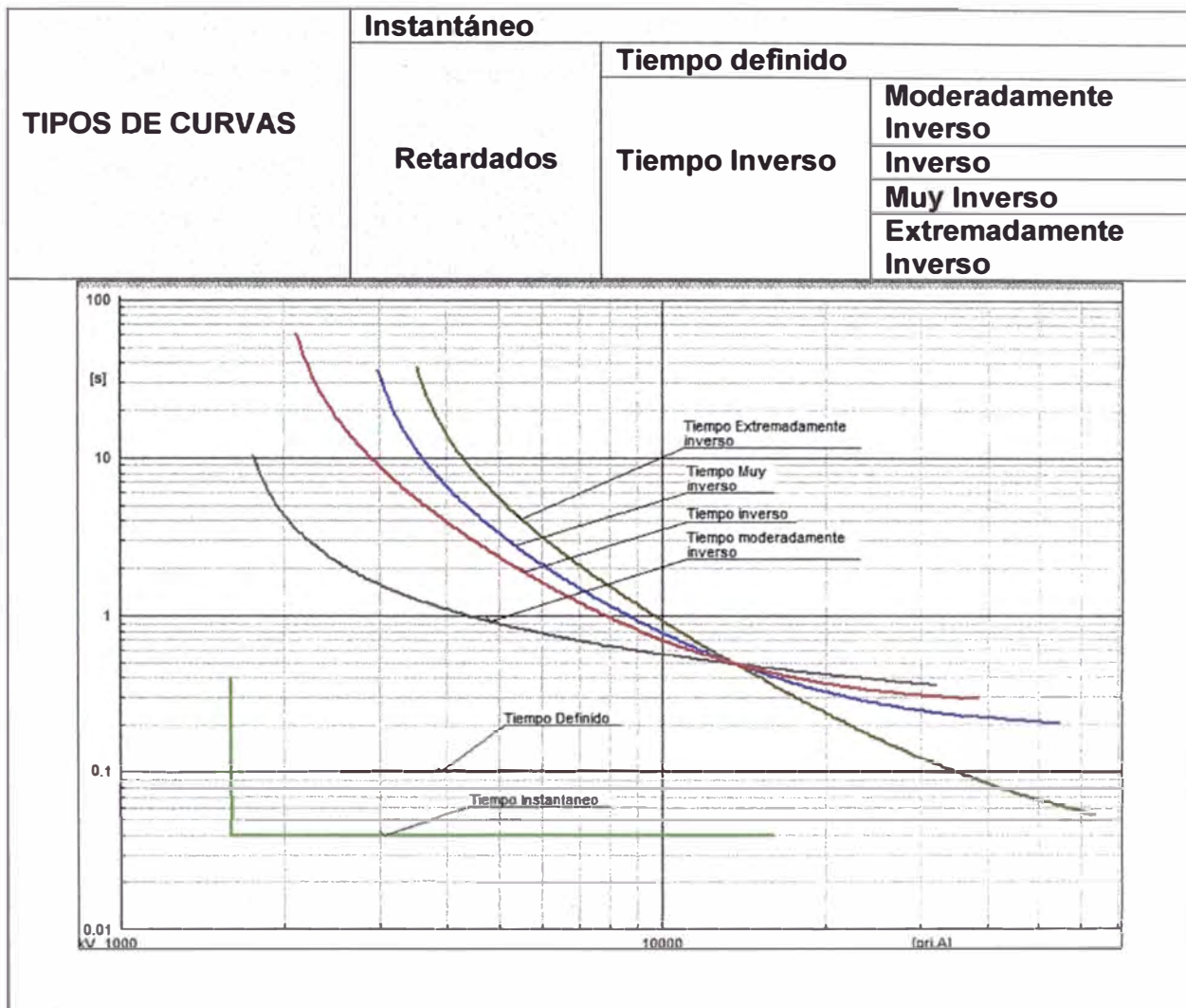


Fig.2. 21 Curvas-Tiempo representativas de los relés de sobre corrientes

- **Instantáneo**

El término instantáneo significa que no tienen retardo de tiempo inicial, generalmente los relés de atracción son instantáneos.

- **Tiempo definido**

Este tipo de curva puede aplicarse donde no hay necesidad de coordinar con otros dispositivos, y donde la corriente de cortocircuito no varía para condiciones de generación máxima y mínima ni para ubicaciones locales y remotas de la falla. En este caso el tiempo de operación del relé no cambia con la magnitud de la corriente de falla.

- **Tiempo Inverso**

- ✓ Tiempo moderadamente inverso: Su aplicación para circuitos es mínima, aun cuando se prefiere la curva es común. En este caso el tiempo de operación del relé es inversamente proporcional a la magnitud de la corriente.

- ✓ Tiempo inverso: Se usan donde hay grandes variaciones en la corriente de falla por cambios en la generación o conexión y desconexión de líneas. Al igual que el caso anterior, el tiempo de operación del relé es inversamente proporcional a la magnitud de la corriente.
- ✓ Tiempo muy inverso: Pueden utilizarse para coordinar con fusibles. Su utilización es conveniente donde existan variaciones pequeñas de corriente de falla y se requiera un tiempo rápido de despeje, en caso de falla cercana. Igualmente en este caso, el tiempo de operación del relé es inversamente proporcional a la magnitud de la corriente
- ✓ Tiempo extremadamente inverso. Es el que mejor coordina con fusibles y reconectados del mismo circuito, como podrá observarse en la coordinación de los dispositivos de protección.

2.7.2 Características de la función Instantánea y Temporizada.

- **Funciones 50/51 – 50N/51N**

La protección de corriente mide permanentemente la corriente de cada fase con la finalidad de detectar las sobre corrientes que se pueden producir en un cortocircuito. El tiempo de actuación de esta protección es una función del valor de la corriente y puede ser:

De tiempo definido cuando se supera un umbral previamente calibrado. En este caso u operación puede ser instantánea (función 50) o temporizada (función 51)

De tiempo inverso cuya operación depende del tiempo según una función exponencial establecida por la siguiente expresión:

$$t = TMS \cdot \left(\frac{K}{\left(\frac{I}{I_s} \right)^\alpha} + C \right)$$

Donde

t= Tiempo de actuación del Relé (variable dependiente)

I= Corriente que mide el Relé (variable independiente)

α = Parámetro que define la curva característica de operación del Relé

I_s = Corriente de Arranque del Relé

TMS= Constante de ajuste del Relé

K = Parámetro que define la curva característica de operación del Relé

C= Constante de ajuste del Relé

Para el ajuste del relé se debe definir lo siguiente:

Para la función (51)

- ✓ La corriente de Arranque del Relé (I_s) que viene a ser el umbral de la corriente de operación del relé.
- ✓ La constante de ajuste del Relé (TMS) que viene a ser el parámetro que permite definir los tiempos de operación según su curva característica

Para la función (50)

- ✓ La corriente de arranque del Relé (I_s) que viene a ser el umbral de la corriente de operación del relé.
- ✓ A pesar que se trata de una función instantánea por definición (ANSI 50), es posible definir una temporización de su actuación cuando resulte conveniente.

En la Fig. 2.21 se muestra los ajustes del relé de sobre corriente de tiempo inverso (51) combinado con la función instantánea (50) en comparación con un relé de sobre corriente de tiempo definido con dos umbrales de operación (50/51)

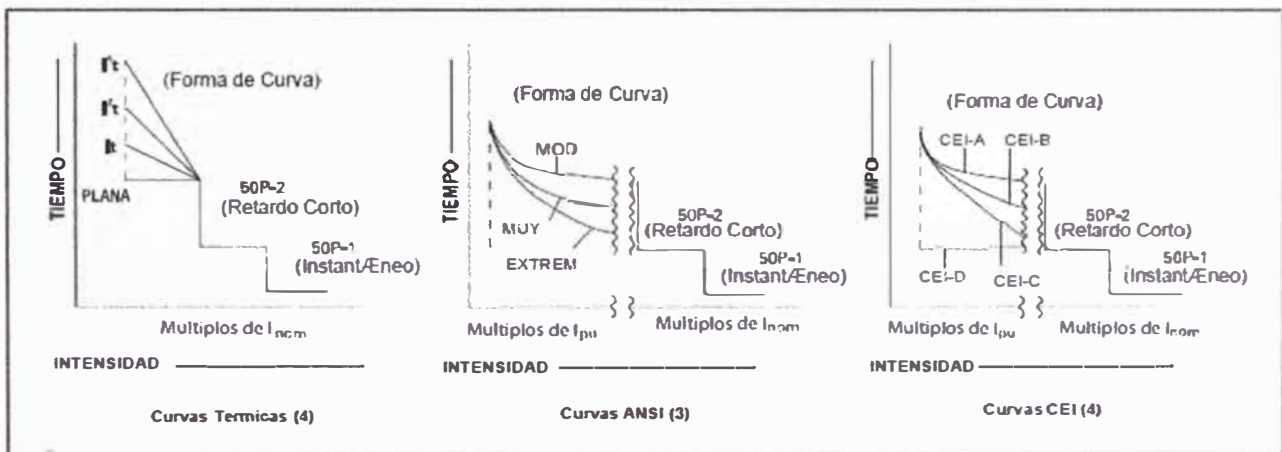


Fig.2. 22 Características de operación de los relés de sobre corriente.¹¹

TABLA N° 2. 2 Relé de sobre corriente¹²

Características		IEC/BS			ANSI/IEEE		
		α	K	C	α	K	C
Tiempo definido		-	0	1			
Normal Inverso	NI	0.02	0.14	0	2.0938	8.9341	0.17966
Muy Inverso	VI	1	13.2	0	2	3.922	0.0982
Extremadamente Inverso	EI	2	80	0	2	5.64	0.02434
Inverso de Largo Tiempo	LI	1	120	0	2	5.6143	2.18592

La característica de tiempo inverso será de acuerdo a los valores de los parámetros como son el exponente α y K, a los cuales se asocian los otros parámetros del Relé, conforme ha sido establecido por las normas. En la **TABLA N° 2.2** se indica estos valores.

¹¹ Fuente: "Relé de Protección FP-5000 –EATON "[8]

¹² Fuente: "Relé de Protección FP-5000 –EATON "[8]

- **Criterios generales de coordinación de protección de sobre corriente**

La coordinación de los dispositivos de protección se inicia desde la carga aguas abajo hasta el punto de alimentación principal, y el alimentador de mayor carga será el primero en ser coordinado y el mismo determinará el punto crítico de coordinación con los dispositivos que van hacia otras cargas.

Para los relés de fase, la corriente de arranque será mayor que la corriente a plena carga, pero menor que la corriente de cortocircuito mínima, es decir:

$$I_{cm\acute{a}x} < I_{pickup} < I_{ccmin}$$

Para los relés de neutro de falla a tierra la corriente de arranque será mayor que la máxima corriente de desbalance que pueda existir y menor que la mínima corriente de falla a tierra que pueda producirse, esto es:

$$I_{desbalance} < I_{pickup} < 3I_0$$

- **Los criterios de selectividad**

Para los sistemas de media tensión los relés de sobre corriente de tiempo proporcionan una protección primaria a los circuitos que no están protegidos por relés diferenciales. Un margen máximo de tiempo de operación de 0.3 seg, es típicamente permitido entre las características de tiempo de los relés de sobre corriente que son requeridas para operar selectivamente entre ellas. Este margen de tiempo es agregado al tiempo de operación del relé de los dispositivos aguas abajo en la corriente de falla máxima que el circuito producirá, o la corriente donde los dispositivos instantáneos que lo acompañan son puestos a operar. El margen de tiempo lo podemos ver desglosado en la

TABLA N° 2.3

TABLA N° 2. 3 Margen de Tiempo agregado para la Coordinación según la IEEE.¹³

Componentes	Relés	
	Electromecánicos	Estáticos
Tiempo de operación del breaker (5 ciclos)	0.08 seg	0.08 seg
Sobreviaje del relé (inercia del relé)	0.10 seg	0.00 seg
Tolerancia y ajustes de error	0.12 seg	0.12 seg
Tiempo total	0.30 seg	0.20 seg

Los 0.12 seg del error de tolerancia y ajustes de los relés son basados en la calibración y pruebas por instrumentos. Los 0.1 seg de sobreviaje son aplicados sólo a los relés electromecánicos. Por ello es fiable usar márgenes de tiempo más pequeños cuando sea posible. Los márgenes mínimos de tiempo, para la coordinación de

¹³ Fuente: "IEEE Std 242-2001™" [1]

protecciones, recomendados para los sistemas de media tensión pueden ser observados en la **TABLA N° 2.4**

Los mínimos intervalos de tiempo para la coordinación en Sistema de medida tensión

TABLA N° 2.4 Tiempo de coordinación entre dispositivos de protección [1].¹⁴

Aguas Abajo	Aguas Arriba		
	Fusibles	Relé Electromecánicos	Relés Estáticos
Fusible	CS ^{b,c}	0.22 seg	0.12 seg
Relé Electromecánicos	0.20 seg	0.30 seg	0.20 seg
Relés Estáticos	0.20 seg	0.30 seg	0.20 seg

^b CS =El espacio en blanco entre las curvas con la curva mínima de fusión ascendente ajustar la precarga.

^c Algunos fabricantes también pueden recomendar un factor de seguridad. Consulte las curvas de tiempo-corriente de los fabricantes.

2.7.3 Criterios para la protección de equipos.¹⁵

- **Protección de transformadores.**

Las condiciones que debe cumplir la característica del fusible para proteger al transformador son los siguientes:

- La corriente nominal del fusible debe ser aproximadamente igual o levemente mayor que la corriente nominal primaria del transformador
- La protección debe ser tal que para cualquier falla, el fusible se funda e interrumpa la corriente en el primario del transformador, es decir, la característica de tiempo total de despeje del fusible debe ser más rápida que la curva de daño del transformador.
- No deberá operar para corriente transitoria de energización en vacío del transformador (primer pico de corriente de Inrush). Este punto se tomara para una corriente de 25 veces la corriente nominal del transformador durante un tiempo de 0.01 segundos.
- No debe operar al censar la corriente transitoria de energización en vacío del transformador (corriente inrush). Para ello debe asegurarse que el punto de inrush quede por debajo de la curva de tiempo mínimo de fusión del fusible. Como criterio este punto se tomará para una corriente eficaz de 12 veces la corriente nominal durante 0.1 segundos.

¹⁴ Fuente: "IEEE Std 242-2001™" [1]

¹⁵ Fuente: "IEEE Std 242-2001™" [1]

- **Protección del conductor**

Al momento de realizar estudios de coordinación de dispositivos de protección es importante observar la duración y magnitud de las corrientes de falla, ya que la falla de acuerdo al calibre y tipo de conductor debe despejarse antes de que el calor lo afecte y haga que cambie sus características mecánicas lo suficiente como para que la línea se rompa. Los dispositivos de protección deben operar con curvas más rápidas que la curva de daño del conductor.

2.8 Control Maestro digital *Power Command Model 300*.¹⁶

2.8.1. Descripción:

El sistema de control proporciona flexibilidad para satisfacer aplicaciones específicas requisitos, la facilidad de uso del operador, avanzaron funcionalidad y fiabilidad óptima del sistema y capacidad de servicio.

El Master Control puede ser ya sea instalado por separado en un lugar conveniente o integrado en las secciones de potencia del sistema cuando requerida.

¹⁶ Fuente: "Paralleling Equipment Power Command Model 300 –Digital Master Control" [4]



Fig.2. 23 Digital Master Control *Power Command Model 300* del AIJCh.

2.8.2. Características.

El control cuenta con una amplia gama de control estándar y pantalla digital, con configuraciones de control de modo personalizado, como se describe a continuación:

- **Control Maestro de la función completa de Infinito Barras**

Sistemas de control maestro de paralelismo. Sistema establece disposiciones para el uso de la energía en el lugar sistema tanto de emergencia / respaldo (barra aislada) el funcionamiento, y la operación en paralelo con una utilidad (red) de servicios para aplicaciones que van desde el corto transferencia de poder largo plazo para puesta en paralelo continua situaciones.

- **Pantalla táctil en color de alta resolución.**

Pantallas de información gráfica y completa del sistema y de generadores de datos, la capacidad de la tira de gráficos, manuales integrales, y muchas otras características.

- **Control Automático - agregar y eliminar cargas.**

El sistema incluye "inteligente" secuenciación automáticamente de agregar y eliminar de carga de acuerdo a la capacidad del sistema, está gobernada por la cantidad de grupos electrógeno disponibilidad.

- **Interfaz de usuario remota.**

El control sistema está configurado para permitir el uso de un control remoto desde el BMS (Sistema de gestión de edificios).

2.8.3. Panel del operador.

Proporciona al usuario un completo paquete de fácil de ver y utilizar la información como se detalla a continuación.

- **Panel de operador con pantalla táctil**

Se proporciona panel de interfaz de operador con pantalla táctil (HMI) de alta resolución de 15 pulgadas para permitir al operador monitorear y controlar el sistema de energía.

- **Diagrama de línea.**

El estado de una línea se muestra a través de un diagrama del sistema de combinación de animación, cambio de color de la pantalla, el texto indicador de mensajes.

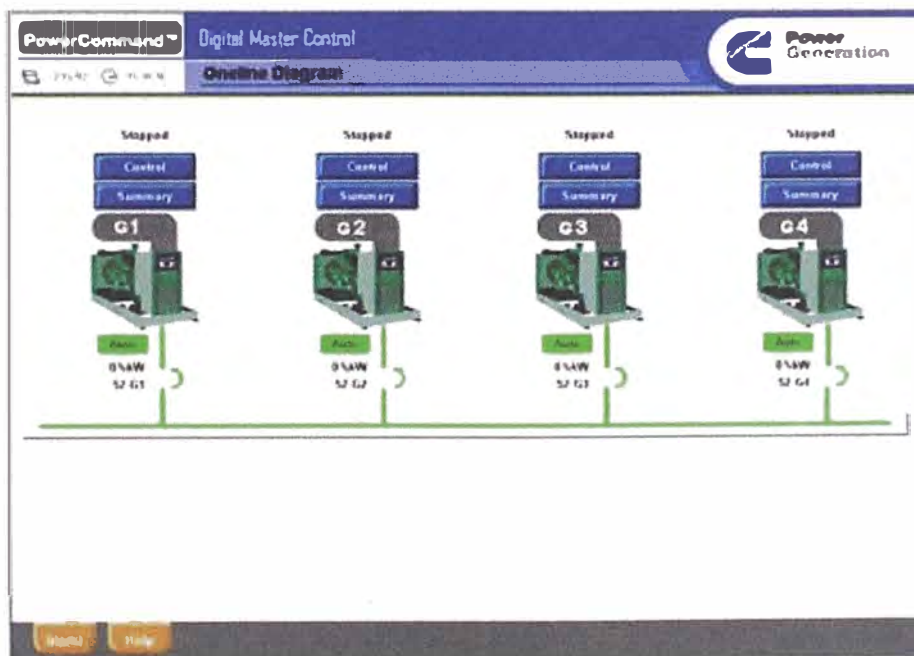


Fig.2. 24 Diagrama de sistema de animación

- **Control del sistema**

La pantalla del sistema de control (ver Fig. 2.25) proporciona la capacidad de activar o desactivar la demanda de carga operación, ver los valores de temporizador y la carga

secuencia de la demanda; iniciar la prueba (con o sin carga), el control de la secuencia de apagado para el grupos electrógenos en el modo de demanda de carga, ajuste el cargar retrasos de tiempo de demanda, establecer la demanda de carga puntos de ajuste operación, y visualizar y modificar el carga automática añadir y verificación de secuencia.

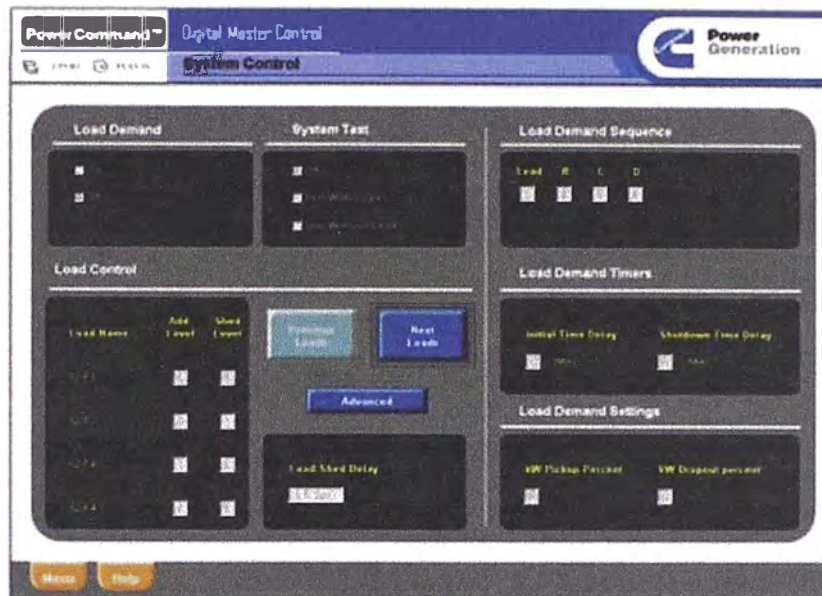


Fig.2. 25 Control de sistema del DMC 300

- **Sistema de Registro de Datos.**

La pantalla táctil de control maestro registra la fecha, tiempo, alarmas y apagado condiciones reportadas en el sistema. Este registro incluye todas las alarmas reportadas en el grupo electrógeno y todo el control maestro y conectado a la red funciones.

- **Resumen del estado del grupo electrógeno**

El resumen de estado del grupo electrógeno proporciona una visualización gráfica de generador crítico establecido operativo parámetros.

La pantalla incluye grupo electrógeno pantalla de estado (detenido, inicio, tiempo, la velocidad de estado inactivo, voltios nominales / Hz, sincronización, reparto de carga, o carga de gobernar); medición AC analógica para el grupo electrógeno, incluyendo voltios de corriente alterna de 3 fases y corriente, frecuencia, kW y factor de potencia y la tensión del bus de AC de 3 fases y la frecuencia. También ofrece una completa visualización de todos los datos del motor y del alternador presente en el grupo electrógeno de control, el estado del bus y el grupo electrógeno automático, visualizar en la Fig. 2.26.

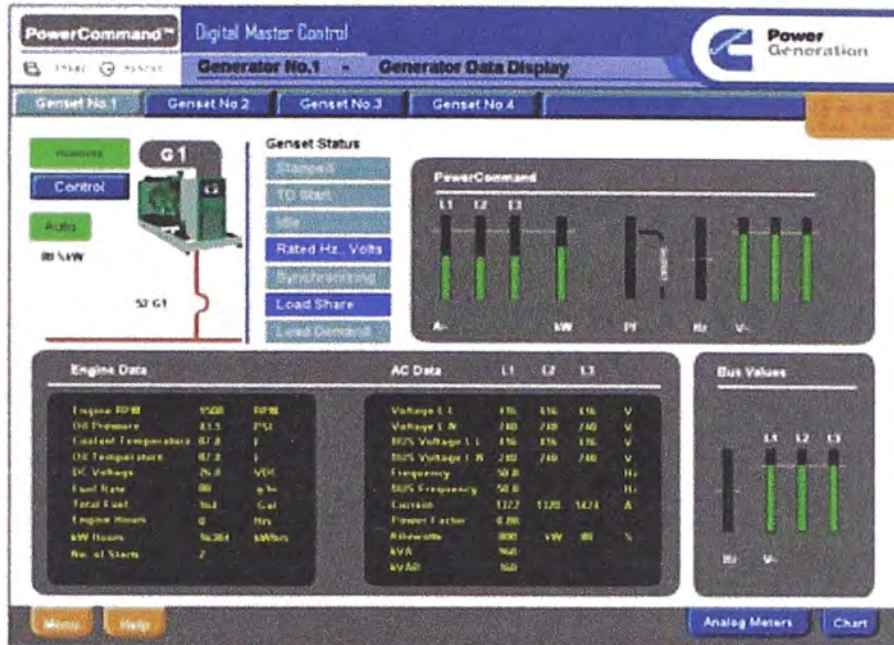


Fig.2. 26 Registro de estado de grupo electrógeno.

- **Carga control.**

Proporciona una pantalla analógica de la carga del sistema como un porcentaje de la capacidad disponible de los grupos electrógenos que operan en paralelo en el bus y ofrece una alfanumérica visualización de estos datos.

También permite al operador para agregar y eliminar cargas manualmente en cualquier secuencia deseada, ofrece gráficos de tendencias en tiempo real para cualquier valor monitorizado en el sistema, con hasta 8 puntos supervisados en cualquier momento de potencia y corriente.

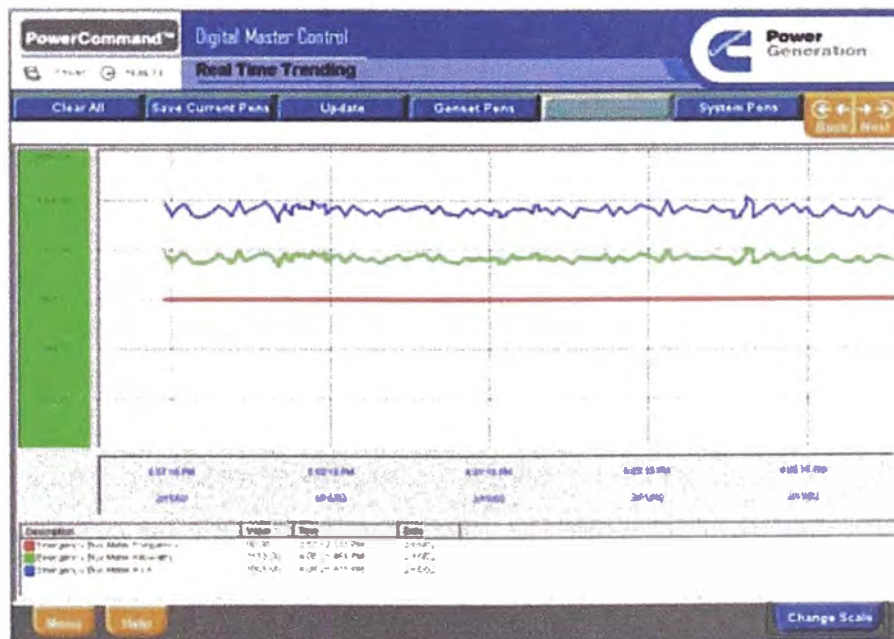


Fig.2. 27 Monitoreo de tiempo real.

- **Alarmas.**

Cualquier alarma en cualquier grupo electrógeno o en el sistema causará una alarma y advertencia pantalla de estado para que aparezca en la pantalla táctil.

2.8.4. Componentes Internos del DMC300.

- **Sistema PLC**

La lógica de control se lleva a cabo por un controlador lógico programable (PLC).

- **Cambio de línea.**

El PLC puede ser interconectado a una computadora y el control personal secuencias pueden ser modificados sin apagar el sistema.

- **EEPROM Almacenamiento de programas.**

El programa de PLC es almacenado en la memoria EEPROM no volátil, con batería de respaldo adicional de la memoria RAM del PLC para almacenar los valores de configuración del sistema.

- **Los indicadores LED de estado.**

El PLC y entrada / Salida (I / O) bloquea incluyen LED de estado. Indicadores para su uso en el estado del sistema de visualización y diagnóstico de fallas.

- **supresores de sobretensiones I O Block I.**

Entradas y salidas del PLC se conectan a través integral Supresores para proporcionar protección contra sobre daños de tensión en el sistema y proporcionar mayor fiabilidad.

- **Funciones de Protección**

Funciones de protección del *MasterControl* digital son proporcionadas por los controles de grupos electrógenos *PowerCommand*.

Estas funciones incluyen el sobre y caída de tensión de bus, baja frecuencia, sobre carga, y la secuencia de fases protección. Dado que estas funciones son importantes en los controles de grupos electrógenos, por lo que cada vez que un grupo electrógeno se cierra con el bus de la funciones de protección están disponibles.

El ingreso de la potencia, el software permite ajustes rápidos y consistentes para todos los sistemas de funciones de protección y que pueden ajustar a través de los paneles de operador del sistema.

En una condición de advertencia del sistema de control indica un criticar al mostrar el nombre y código de fallo. La naturaleza de la falla y el momento del suceso se registra en el de control del grupo electrógeno (basado en las horas de funcionamiento del motor) y en el control principal sobre la base de un reloj de tiempo real del sistema.

- **Sistema de Control de Potencia**

La potencia de control para el sistema se deriva del grupo electrógeno baterías de arranque de 24 V CC. Un estado sólido no romper se proporciona "mejor batería" sistema de selección de manera que tensión de control está disponible siempre que cualquier banco de baterías en el sistema que está disponible. Todos los bancos de baterías están aisladas para evitar que el fallo de una batería de la desactivación de la sistema entero. Una batería de la estación y cargador de copias de seguridad el generador de establecer sistemas de energía de control de modo que el control maestro tiene poder de control múltiple redundante.

El control PowerCommand (en cada grupo electrógeno en el sistema) supervisa continuamente la carga de la batería sistema de baja y alta tensión de corriente continua, y se ejecuta una batería prueba de carga el motor se pone en marcha cada vez. Funciones y los mensajes en el control del generador en paralelo incluye:

- ✓ Bajo tensión de DC (tensión de la batería a menos de 24 V CC, excepto durante el arranque del motor)
- ✓ Alto tensión de DC (tensión de la batería superior a 32 VCC).
- ✓ Batería baja (tensión de batería inferior a 14,4 V CC durante más de 2 segundos durante el arranque del motor).

2.8.5. Secuencia de funcionamiento (Secuencia típica).

- **La pérdida de la energía normal:**

Sistema da la señal para comenzar la recepción de señal de inicio desde el control de transferencia de potencia (s) (PC Maestro o PLC) u otro dispositivo remoto. Al recibir esta señal, los grupos electrógenos de forma automática y de forma independiente empezar, acelerar hasta la frecuencia nominal y tensión nominal.

El primer sistema de arranque controla este proceso, y en la búsqueda de un grupo electrógeno en el 90% de la tensión nominal y la frecuencia, desactiva automáticamente todos los demás unidades, se cierre al bus.

En esos momento se abren los interruptores principales de servicios públicos, cargas no importantes se desprenden, y el principal generador de interruptores de bus conectan grupos electrógenos al bus del sistema (barra de emergencia).

Después de la primera unidad está cerrada al bus, el control de las unidades restantes se conmuta al sincronizador en cada generador paralelo de control, que hace que el grupo electrógeno para sincronizar con el bus del sistema, y a continuación, cierre a la misma en el momento adecuado.

Cada unidad al bus, la unidad asume que es parte proporcional de la carga total en el bus, y el sistema de control añade automáticamente las cargas en el bus del generador por cierre de los interruptores de alimentación.

El sistema de control controla la capacidad total de carga a la bus y la demanda de carga de cada fase, y gestiona automáticamente la carga añadiendo y quitando, dependiendo de la prioridad y de la capacidad del grupo electrógeno disponibles para servir la carga.

- **El fallo de una unidad para iniciar o sincronizar:**

Si un grupo electrógeno no se inicia, después de la falla de inicio con un retardo de tiempo, la unidad se cierra, y suena una alarma. La prioridad sistema de control gestiona cargas en el sistema para mantener el servicio en orden de prioridad a las cargas sobre la base de generador disponible ajustado a su capacidad. El cambio de prioridad controles en el panel pueden ser utilizados por un operador agregar manualmente cargas de baja prioridad para el bus, si determina que la capacidad del generador está disponible para servir las cargas. Control de sobrecarga bus protege la primera cargas de prioridad en el caso de que el bus está inadvertidamente sobrecargado debido a un error del operador.

Si una unidad no se sincroniza, después de un intervalo de tiempo predefinido, sonará una alarma, pero la unidad seguirá intentando para sincronizar hasta que se señala que parar por el manual funcionamiento de los interruptores de control del grupo electrógeno.

- **Sobrecarga de la barra:**

Si se produce una sobrecarga de bus por cualquier razón, se dará inicio a la desconexión de carga en el sistema. Si el bus no regresa a la frecuencia adecuada dentro de un período de tiempo predeterminado (ajustable a través el HMI), se generarán señales adicionales de cobertizo de carga hasta que el grupo electrógeno retornos de bus a la frecuencia normal. Las cargas que se desprenden debido a la sobrecarga requieren manual de restablecer a través del HMI.

- **Modo de demanda de carga:**

Cuando el sistema está funcionando en el modo de emergencia con el interruptor de "demanda de carga" en la HMI en el "on" localización, mandos controlarán continuamente el total de cargar en el bus. Si la carga total en el bus cae por debajo límites preestablecidos para un período de 15 minutos, el controlador apaga automáticamente cada grupo electrógeno en orden predeterminado, hasta el mínimo número de grupos electrógeno se requiera para operar la carga permanecerá en el bus.

El propósito de esta función es la de permiten a los grupos electrógenos que operan más cerca de sus corrientes nominales capacidad, disminuyendo de ese modo el consumo de combustible, y reduciendo el desgaste en el sistema.

- **Retorno de la energía normal**

Cuando todas las señales de arranque en el sistema se eliminan del generador, el sistema comenzará una re transferencia proceso, en un modo de transición abierta o cerrada.

Si se ejecuta en el modo de transición cerrada, el sistema deberá sincronizar el bus generador a la primera utilidad fuente, Se cierra el interruptor de servicio, y comienza la disminución de rampa de carga en el interruptor del generador a un valor mínimo, hasta que se abre interruptor de barra del generador. Se repetirá este proceso secuencialmente a través de cada par de transferencia automático.

Si se ejecuta en el modo de transición abierta, el sistema deberá secuencialmente traslado a la utilidad mediante la apertura de cada interruptor de barra del generador, el cierre está asociado al interruptor de utilidad en un periodo de tiempo programado por el operador. Este proceso se repetirá de forma secuencial a través de cada par de transferencia automático. Cuando todas las cargas han sido trasladadas de nuevo a la utilidad, el grupo electrógeno en paralelo interruptores deberán estar abiertos, y los grupos electrógenos deben operar sin carga durante un periodo de enfriamiento. Cuando el período de enfriamiento ha sido completado, los grupos electrógenos se apagarán.

CAPITULO III

APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

3.1 Descripción General del Proyecto.

Dentro de sus planes de desarrollo de la ampliación y remodelación del aeropuerto Jorge Chávez (AIJCH), el proyecto contempla de cambio de topología del sistema eléctrico de la S.E. Principal 10kV.

El proyecto se desarrolló la nueva configuración sistema de control, analizando los casos probables de funcionamiento, que se programó en el *Master control digital Power Command Model 300* con la nueva topología y coordinación de protección de la S.E. Principal de 10 kV y demás subestaciones de distribución (concurse, terminal, Perú Plaza, y periféricas ubicadas dentro de sus instalaciones). Para realizar los trabajos de control y coordinación de protección, se procedió a analizar las cargas más primordiales y críticas según el orden de prioridad signada, también contribuyeron lecturas de demanda máxima, información de equipos (transformadores, interruptores y alimentadores de media tensión), para poder realizar la coordinación de protección del sistema eléctrico.

- **La función del sistema de control**

Es de agregar o eliminar cargas según el orden de prioridad y la disponibilidad de potencia en el sistema, (por falla de suministro normal, falla de suministro de respaldo, Falla simultanea de ambos suministros normales y respaldo, falla uno de los grupos electrógenos).

- **La función del sistema de protección**

Es sacar de servicio, aquellos elementos cuando empieza a interferir con la operación normal del resto del sistema tan pronto como sea posible, para estas tareas se requiere de la actuación de los interruptores de potencia y fusibles en media tensión.

Se procedió a realizar la coordinación de protección las subestaciones en nivel de tensión 10kV y enlaces que forman un sistema de anillo abierto, en nivel 480V y 230V que permiten establecer y mantener la continuidad del servicio.

Se procedió a realizar el flujo de carga completo, las distintas condiciones de operación y el análisis de cortocircuito. Nos sirvió para evaluar las capacidades de interrupción en los equipos de protección en niveles 10kV y de los interruptores principales de 480V y 230 (solo en las subestaciones de concurso, terminal, Perú plaza01 y 02). Nos sirvió para coordinar el sistema de protección de todas las subestaciones incluyendo las subestaciones periféricas.

3.1.1 Configuración de la S.E. Principal de 10kV.

La configuración inicial de la subestación de 10 kV que se encuentra ubicada dentro de las instalaciones del AIJCH, es un centro de distribución principal.

La alimentación para esta S.E. Principal de 10kV es alimentada a través de una acometida que viene de un transformador de potencia del 12MVA de 60/10kV YnD5 ubicada de la subestación de 60 kV.

La subestación de 60 kV es alimentada de una de las salidas de la subestación de tomas Valle de 60 kV que está a cargo de la empresa de suministro eléctrico Edelnor.

Esta subestación fue construida con limitaciones, que afectan la operación y confiabilidad del sistema eléctrico del AIJCH, el sistema no permite realizar el mantenimiento de los sistemas de las barras A Y B, el cual es imposible desenergizar cualquiera de los dos sistemas sin originar la salida fuera de servicio de la parte de la carga importante del AIJCH (ver Fig. 3.1).

La alimentación principal en 10kV llega a la barra A de la Sub estación de 10KV que estaba enlazada a través de un Tie a la barra B. Existen 03 grupos electrógenos de 1.5MVA que están instalados en un ambiente llamada sala de grupos electrógenos, el cual tiene Transformadores secos de 2MVA que los mismos han registrado temperaturas hasta 175 °C, estos transformadores 0.48/10KV –DYN5 elevan el nivel de tensión de los grupos conectadas en la barra A, el cual es imposible alimentar las cargas de la barra B sin desenergizar la barra A para cualquier mantenimiento, en la barra B se encuentran conectadas las cargas de los servicios auxiliares que son vitales. y una alimentación de respaldo que viene de la subestación 565 de la subestación Barsi que está a cargo de la empresa de suministro eléctrico Edelnor con una potencia de 2MVA

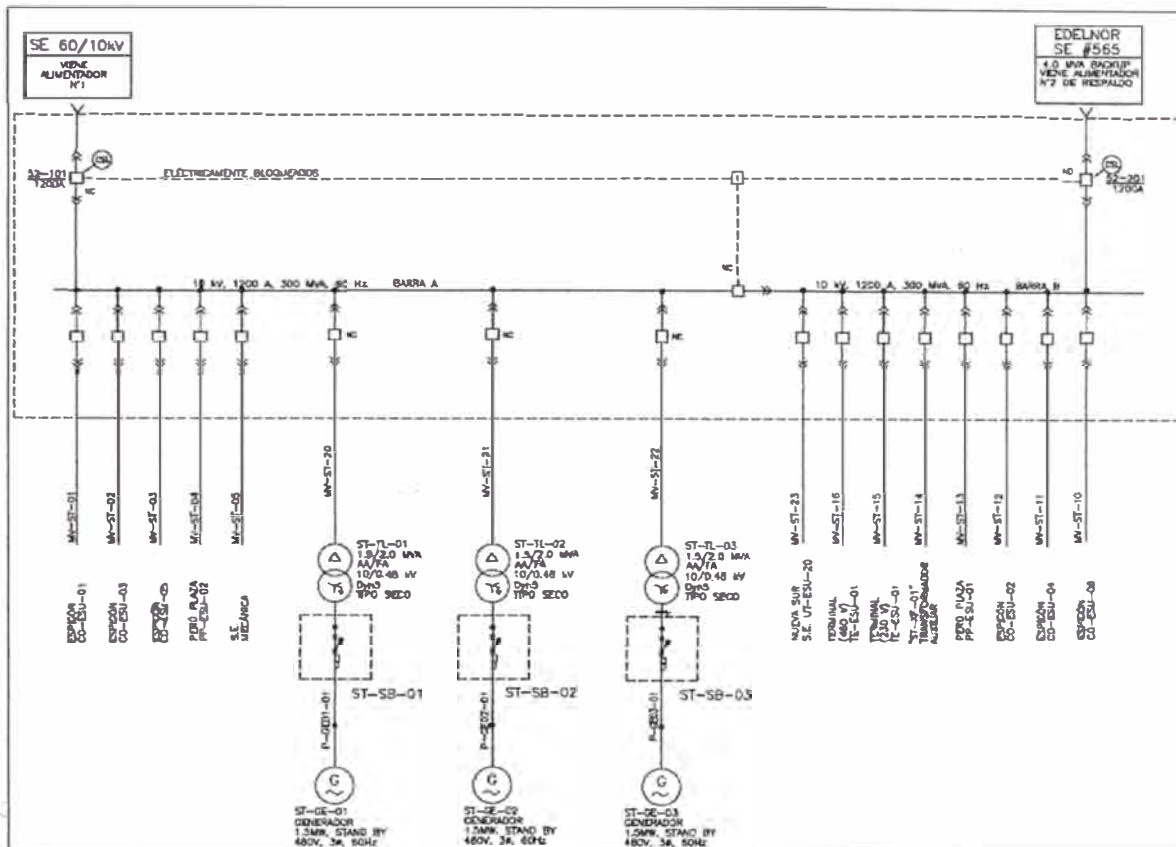


Fig.3.1 Diagrama unifilar de la S.E. Principal 10 kV antes del proyecto

Los serios problemas presentados en los alcances, nos llevó a realizar los trabajos de ingeniería eléctrica que permita tener un sistema seguro y confiable, flexibilidad para los trabajos de mantenimiento a la subestación principal.

- **Nueva configuración de la S.E. Principal 10kV**

Él se procedió a realizar la siguiente configuración.

Independizar el tablero de emergencia denominado ST-SG-01E que esta enlazado en los Celdas eléctricas ST-SG-01A (Conectados a la barra A) y ST-SG-01B (conectados a la Barra B) mediante sus respectivos enlaces. Reubicación de los 03 Transformadores Secos de Clase H de 2MVA de 10/0.48V serán reubicadas a la sala de emergencia, en su instalación electromecánica contara con el diseño del sistema de ventilación natural, como se muestra en la Fig. 3.2

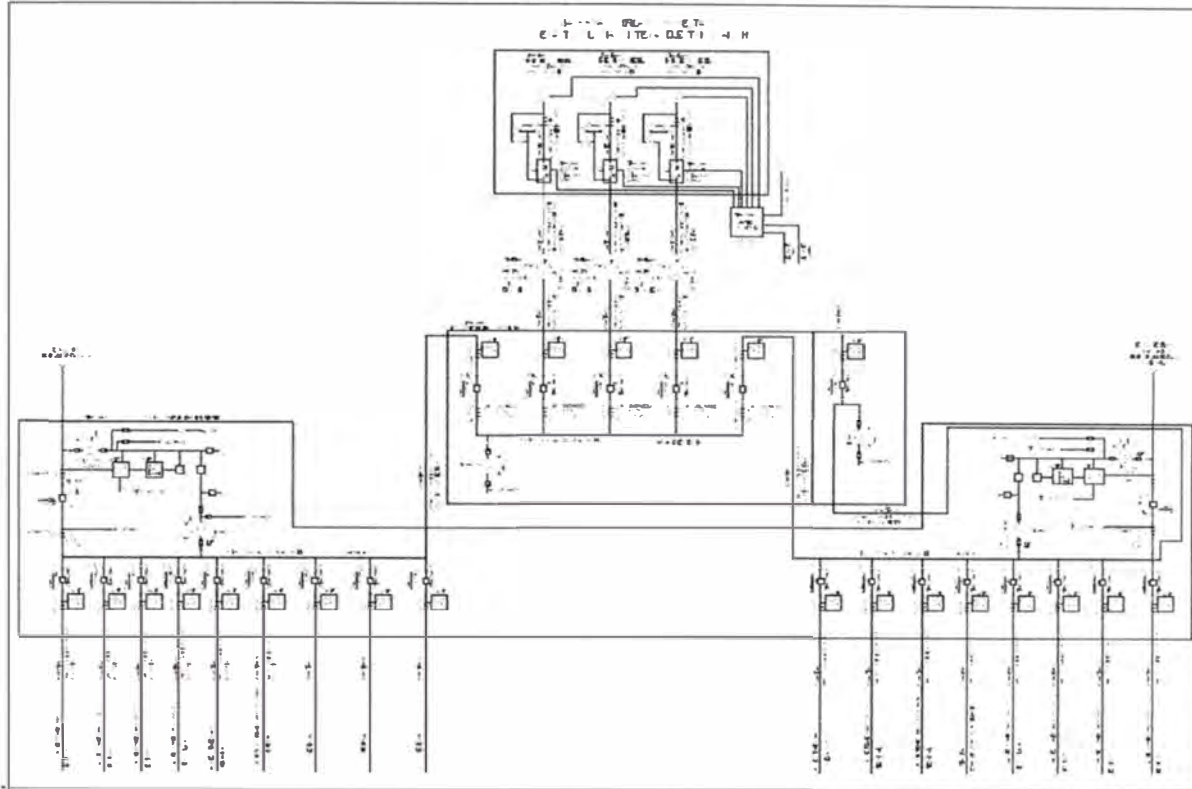


Fig.3. 2 Diagrama unifilar de la nueva configuración de la S.E. Principal
En el Anexo C se detallara el Nuevo diagrama unifilar.

La S.E. Principal cuenta con 04 transformadores, las características se muestran en la **TABLA N° 3.1** con un arreglo de barras como se muestra en la Fig. 3.2 con diecisiete (17) celdas *Metal Clad – Eaton* y con veinte seis (26) Interruptores denominados ST-CB-01 hasta ST-CB-24 y ST-CB-A y ST-CB-B. Con cuatro reservas para futuras Ampliaciones Es supervisada remotamente desde el BMS desde el despacho de mantenimiento y en forma local.

TABLA N° 3. 1 Características de los transformadores de la S.E. Principal 10kV

Nombre	Marca	Tensión (kV)		Conexión	TAP	Impedancia Z(%)	Capacidad (MVA)	
		PRIM	SEC				AA	FA
ST-TL-01.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.76	1.5	2
ST-TL-02.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.74	1.5	2
ST-TL-03.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2
ST-XF-01	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.23	Dyn5	+5	5.72	0.113	0.11 3

- **Cargas eléctricas Asociadas.**

Se encarga de alimentar normalmente las cargas mostradas en la siguiente **TABLA N° 3.2**

TABLA N° 3.2 Cargas de la S.E. Principal de 10kV

Cargas de la barra A		
Circuito	Interruptor	Cargas.
MV-ST-01	ST-CB-01	S/E CO-ESU-01 (CONCOURSE01)
MV-ST-02	ST-CB-02	S/E CO-ESU-03 (CONCOURSE03)
MV-ST-03	ST-CB-03	S/E CO-ESU-05 (CONCOURSE05)
MV-ST-04	ST-CB-04	S/E PP-ESU-02 (PERU PLAZA 02)
MV-ST-05	ST-CB-05	S/E UT-ESU-30 (MECANICA)
MV-ST-06	ST-CB-06	S/E TE-ESU-01 (TERMINAL 01 -230V-B)
MV-ST-07	ST-CB-07	RESERVA
MV-ST-08	ST-CB-08	RESERVA
MV-ST-09	ST-CB-17	RESERVA
Cargas de la barra B		
Circuito	Interruptor	Cargas.
MV-ST-10	ST-CB-16	S/E CO-ESU-06 (CONCOURSE06)
MV-ST-11	ST-CB-15	S/E CO-ESU-04 (CONCOURSE04)
MV-ST-12	ST-CB-14	S/E CO-ESU-02 (CONCOURSE02)
MV-ST-13	ST-CB-13	S/E PP-ESU-01 (PERU PLAZA 01)
MV-ST-14	ST-CB-12	ST-XF-01 (TRANSFORMADOR S. AUXILIARES)
MV-ST-15	ST-CB-11	S/E TE-ESU-01 (TERMINAL 01 -230V-A)
MV-ST-16	ST-CB-10	S/E TE-ESU-01 (TERMINAL 01 -480V)
MV-ST-23	ST-CB-09	S/E UT-ESU-20 (NUEVA SUR)
Cargas de la barra Emergencia		
Circuito	Interruptor	Cargas.
MV-ST-18	ST-CB-A	ENLACE DE LA BARRA-A
MV-ST-19	ST-CB-B	ENLACE DE LA BARRA-B
MV-ST-20	ST-CB-18	ST-TL-01 (TRANSFORMADOR - GRUPO ELECTROGENO 01)
MV-ST-21	ST-CB-19	ST-TL-02 (TRANSFORMADOR - GRUPO ELECTROGENO 02)
MV-ST-22	ST-CB-20	ST-TL-03 (TRANSFORMADOR - GRUPO ELECTROGENO 03)

- **Equipos, esquemas y ajustes de protección.**

Los interruptores en vacío de tipo *VCP-W* y equipo de protección que forman parte de las celdas *Metal Clad – Eaton* ubicadas en la subestación Principal, estas poseen características y son mostradas en la **TABLA N° 3.3** y en la **Fig. 3.2**, **Fig. 3.3** y **Fig. 3.4**.

TABLA N° 3.3 Características de los interruptores de la S.E. Principal 10kV

Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15	1200	37	<i>Eaton-Cutler Hammer</i>	<i>150VCP-W1000</i>	Subestación Principal

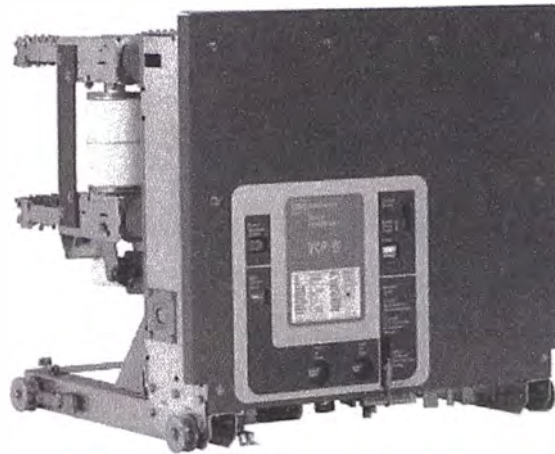


Fig.3. 3 Interruptor en vacío VCP-W¹⁷

Todos interruptores son controlados con relé de protección FP5000/Eaton - 51/50y 51N/50N y con relación de transformador de corriente (CT-200/5)



Fig.3. 4 Relé de protección FP-5000-EATON

¹⁷ Fuente: "Instrucciones del Relé de Protección FP-5000 –EATON" [8]

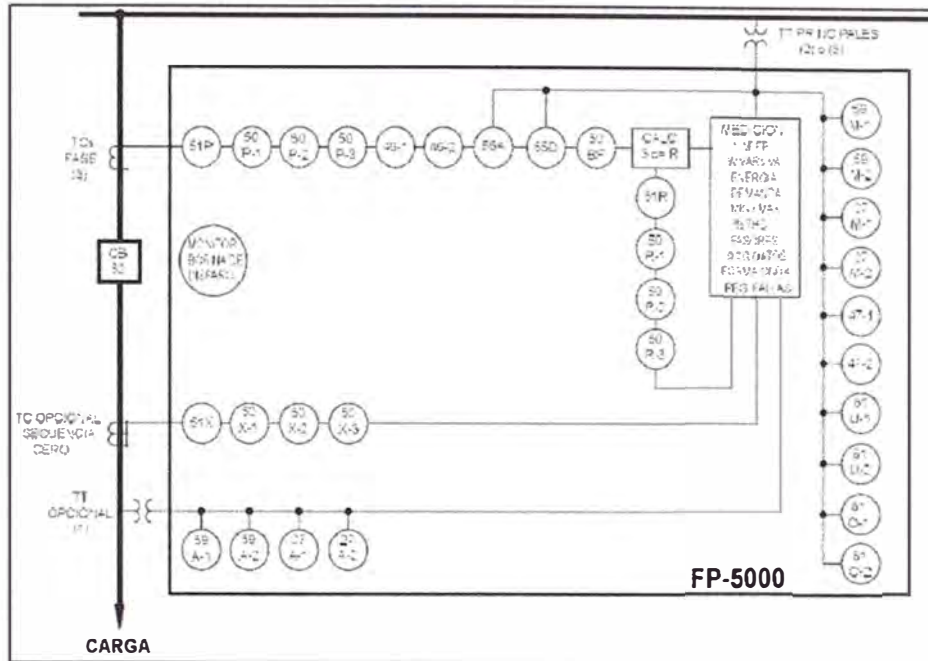


Fig.3. 5 Diagrama unifilar relé de protección FP-5000-EATON

3.1.2 Descripción de subestaciones de distribución

Cada subestación del Aeropuerto internacional Jorge Chávez cumple con una función importante, como se describe en la **TABLA N° 3.2**, estas a su vez son controladas por el sistema de control DMC 300.

- **Sub estación Concourse 01 y 06.**

Su función principal es de suministrar energía a las pasarelas (mangas -PLB) de acceso a aeronaves es una pasarela móvil, generalmente cubierta, que se extiende desde la puerta de embarque de la terminal del aeropuerto (en una posición de estacionamiento de aeronaves de contacto) hasta la puerta de una aeronave, permitiendo el acceso sin necesidad de descender a la plataforma.

Equipos de aire acondicionado (*ROOF TOP*), es para mantener la temperatura adecuada de todo la área del concourse, escaleras mecánicas y sala de servidores es donde mantiene la comunicación en todo el aeropuerto.

La subestación Concourse01 se enlaza con la Concourse 02 y La subestación Concourse 06 se enlaza con e Concourse 05, en nivel de tensión de 0.48kV. Estas subestaciones toman la alimentación de la S.E. Principal 10kV por medios de las líneas MV-ST-01, con 0.53 km de longitud y MV-ST-10, con 0.97 km de longitud, ver más detalle en el Plano unifilar ST-E-0802 Anexo C llegando a cada seccionador de potencia y fusibles y deriva a una barra simple que supe energía a un transformador de potencia cuyas características son similares para ambas subestaciones que se mostraran a continuación.

Las Subestaciones es supervisada remotamente desde el BMS desde el despacho de mantenimiento y en forma local.

Las características de los transformadores, fusibles e interruptor se muestran en la **TABLA N° 3.4, TABLA N° 3.5 y Fig. 3.6**

TABLA N° 3. 4 Características de transformadores de la subestación Concourse 01 y 06

Nombre	Marca	Tensión (kV)		Conexión	TAP	Impedancia Z(%)	Capacidad (MVA)	
		PRIM	SEC				AA	FA
CO-TL-01.	<i>ABB (Asea Brow Boveri)</i>	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2
CO-TL-06.	<i>ABB (Asea Brow Boveri)</i>	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2

TABLA N° 3. 5 Características de equipos de protección de la subestación Concourse 01 y 06

Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15.5	125	-	<i>Eaton/Cutler Hammer</i>	<i>Fuse – CLE MVS Metal enclosed</i>	llegada del alimentador en 10kV - CO-PS-01 y CO-PS-06
0.635	3000	65kA	<i>Eaton/Cutler Hammer</i>	<i>Magnum DS MDS630 - Digtrip 520 5LSI</i>	Salida del transformador de 2MVA
0.635	800	65kA	<i>Eaton/Cutler Hammer</i>	<i>NGS Interrupting Capacity-RMS Symmetrical</i>	Derivación de enlace de la barra CO-SB-01 y CO-SB-06

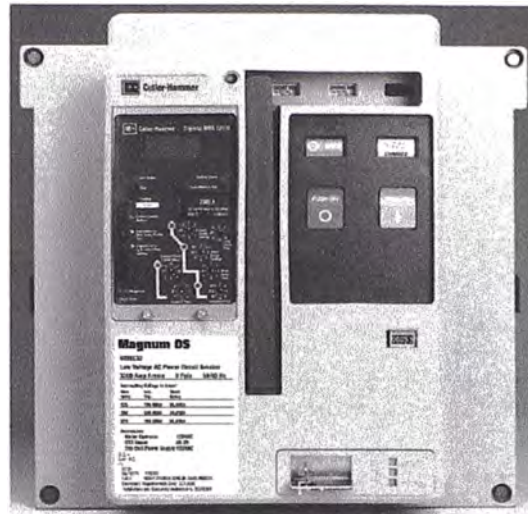


Fig.3. 6 Interruptor de protección *MAGNUM DS MDS630 -DIGTRIP 520 5LSI*.¹⁸

- **Sub estación Concourse 02 al 05.**

Su función principal es de suministrar energía a Pasarela (mangas -PLB) de acceso a aeronaves es una pasarela móvil, generalmente cubierta, que se extiende desde la puerta de embarque de la terminal de un aeropuerto (en una posición de estacionamiento de aeronaves de contacto) hasta la puerta de una aeronave, permitiendo el acceso sin necesidad de descender a la plataforma del aeropuerto.

Equipos de aire acondicionado (ROOF TOP), es para mantener la temperatura adecuada de todo la área del concourse, escaleras mecánicas y sala de servidores es donde mantiene la comunicación en todo el aeropuerto.

La subestación Concourse 02 se enlaza con la Concourse01, La subestación Concourse03 se enlaza con la Concourse04 y la subestación Concourse05 se enlaza con la Concourse06 en nivel de tensión de 0.48kV.

Estas subestaciones toman la alimentación de la S.E. Principal 10kV por medios de las líneas MV-ST-02, MV-ST-03, MV-ST-04, MV-ST-05, con 0.65 km, 0.88 km, 0.77 km, 0.53 km, de longitud respectivamente ver más detalle en el Plano unifilar ST-E-0802 Anexo C llegando a cada seccionador de potencia con fusibles y deriva a una barra simple que supe energía aun transformador de potencia cuyas características son similares para las cuatro subestaciones que se mostraran a continuación.

Las subestaciones es supervisada remotamente desde el BMS desde el despacho de mantenimiento y en forma local.

Las características de los trasformadores, fusibles e interruptor se muestran en la **TABLA N° 3.6, TABLA N° 3.7 y Fig. 3.7**

¹⁸ Fuente: "Guide for Magnum DS Low Voltage Air Circuit Breakers – EATON"[12]

TABLA N° 3. 6 Características de transformadores de la subestación Concourse 01 y 06

Nombre	Marca	Tensión (kV)		Conexión	TAP	Impedancia Z(%)	Capacidad (MVA)	
		PRIM	SEC				AA	FA
		CO-TL-02.	ABB (Asea Brow Boveri)				10	0.48
CO-TL-03.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2
CO-TL-04.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2
CO-TL-05.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2

TABLA N° 3. 7 Características de equipos de protección de la subestación Concourse 02 al 05

Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15.5	125	-	<i>Eaton/Cutler Hammer</i>	<i>Fuse – CLE MVS Metal enclosed</i>	llegada del alimentador en 10kV - CO-PS-01 al CO-PS-06
0.635	2500	65kA	<i>General Electric</i>	<i>General Electric STD BREAK-Micro VersaTrip Plus Trip Unit</i>	Salida del transformador de 2MVA
0.635	800	65kA	<i>General Electric</i>	<i>General Electric STD BREAK-Micro VersaTrip Plus Trip Unit</i>	Derivación de enlace de la barra CO-SB-02 al CO-SB-05

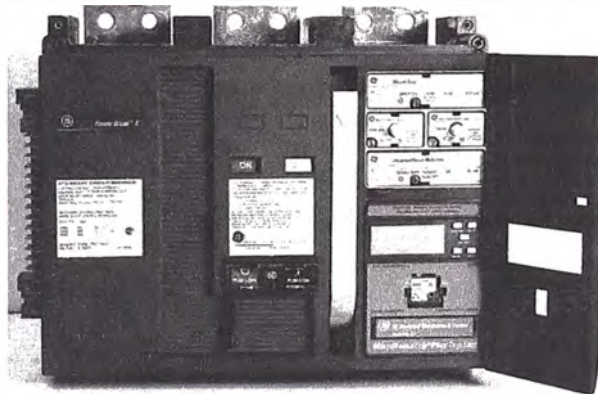


Fig.3. 7 Interruptor de protección GENERAL ELECTRIC STD BREAK-MICRO VERSATRIP PLUS TRIP UNIT.¹⁹

- **Sub estación Terminal 01.**

Su función principal es de suministrar energía a Electrobombas en sótano Ascensores, Iluminación, tomacorrientes, salidas de fuerza, aire acondicionado para todas las oficinas de la torre central que está conformada por 10 pisos.

¹⁹ "Guide for protection Low voltage MicroVersaTrip Plus™ and MicroVersaTrip PM™"[11]

Sistema de alumbrado del gran techo.

Alimentación eléctrica para la torre de control que organiza el movimiento de aeronaves en tierra y en el espacio aéreo cuando éstas se aproximan al aeródromo, y autorizan operaciones de aterrizaje y despegue. Estas torres de control se sitúan en un lugar que permita una amplia visión del aeródromo, así como una amplia visión de aeronaves en aproximación, sistema de aire acondicionado (ROOF TOP).

Esta Subestación esta enlazada con las subestación Perú plaza 01 en un nivel de tensión de 230V y Perú plaza 02, con un nivel de tensión 480 V.

Estas subestaciones toman la alimentación de tres salidas de la S.E. Principal 10kV por medios de las líneas MV-ST-06, MV-ST-15, MV-ST-16, con 0.58 km de longitud cada salida, ver más detalle en el Plano unifilar ST-E-0802 Anexo C llegando a cada seccionador de potencia con fusibles y deriva a una barra simple que sule energía aun transformador de potencia cuyas características son similares para ambas subestaciones que se mostraran a continuación.

La subestación es supervisada remotamente desde el BMS desde el despacho de mantenimiento y en forma local.

Las características de los trasformadores, fusibles e interruptor se muestran en la **TABLA N° 3.8, TABLA N° 3.9, Fig. 3.7 y Fig. 3.8**

TABLA N° 3. 8 Características de transformadores de la subestación Terminal 01

Nombre	Marca	Tensión (kV)		Conexión	TAP	Impedancia Z(%)	Capacidad (MVA)	
		PRIM	SEC				AA	FA
		CO-TL-01.	ABB (Asea Brow Boveri)				10	0.23
CO-TL-02.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.23	Dyn5	+5	5.75	1.5	2
CO-TL-03.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2

TABLA N° 3. 9 Características de equipos de protección de la subestación Terminal 01 - TE-SB-01

Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15.5	125	-	Eaton/Cutler Hammer	Fuse – CLE MVS Metal enclosed	llegada del alimentador en 10kV
0.254	5000	100kA	General Electric	Wave Pro TM Low Voltage Power Circuit Break- Micro VersaTrip Plus Trip Unit	Salida del transformador de 2MVA
0.254	1600	100kA	General Electric	STD BREAK-Micro VersaTrip Plus Trip Unit	Derivación de enlace

**TABLA N° 3. 10 Características de equipos de protección de la subestación
Terminal 01 - TE-SB-02**

Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15.5	125	-	<i>Eaton/Cutler Hammer</i>	<i>Fuse – CLE MVS Metal enclosed</i>	llegada del alimentador en 10kV
0.254	5000	100kA	<i>General Electric</i>	<i>Wave Pro TM Low Voltage Power Circuit Break- Micro VersaTrip Plus Trip Unit</i>	Salida del transformador de 2MVA
0.254	1600	100kA	<i>General Electric</i>	<i>STD BREAK-Micro VersaTrip Plus Trip Unit</i>	Derivación de enlace

**TABLA N° 3. 11 Características de equipos de protección de la subestación
Terminal 01 - TE-SB-03**

Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15.5	125	-	<i>Eaton/Cutler Hammer</i>	<i>Fuse – CLE MVS Metal enclosed</i>	llegada del alimentador en 10kV
0.254	3000	100kA	<i>General Electric</i>	<i>General Electric STD BREAK-Micro VersaTrip Plus Trip Unit</i>	Salida del transformador de 2MVA
0.508	1200	80kA	<i>General Electric</i>	<i>General Electric -Spectra RMS circuit breaker current ratings SF-, SG- and SK-Frame breakers-</i>	Derivación de enlace

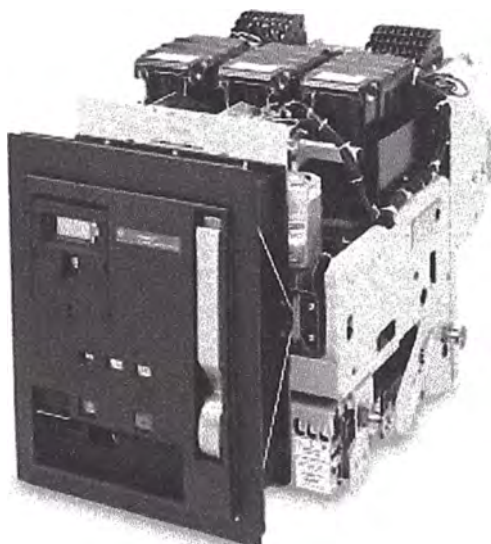


Fig.3. 8 Interruptor proteccion GENERAL ELECTRIC WAVE PRO TM LOW VOLTAGE POWER CIRCUIT BREAK- MICRO VERSATRIP PLUS TRIP UNIT.²⁰

- **Sub estación Perú Plaza 01.**

²⁰ Fuente: "Low voltage MicroVersaTrip Plus™ and MicroVersaTrip PM™" [11]

Su función principal es de suministrar energía BHS (Bagage Handling Sistem,) sistema de recojo de equipaje, Elevadores, Escaleras eléctricas, Salida de alumbrado u tomacorrientes del área de Perú plaza, Equipos de Aire Acondicionado (ROOF TOP) del área Perú plaza.

Esta Subestación esta enlazada con las subestación terminal 01 en un nivel de tensión de 230V y Perú plaza 02, con un nivel de tensión 480 V, toman la alimentación de la S.E. Principal 10kV por medios de las líneas MV-ST-13, con 0.45 km de longitud, ver más detalle en el Plano unifilar ST-E-0802 Anexo C llegando a cada seccionador de potencia con fusibles y deriva a una barra simple que supe energía aun transformador de potencia.

La subestación es supervisada remotamente desde el BMS desde el despacho de mantenimiento y en forma local.

Las características de los trasformadores, fusibles e interruptor se muestran en la **TABLA N° 3.12, TABLA N° 3.13, Fig. 3.7 y Fig. 3.8**

TABLA N° 3. 12 Características de transformadores de la subestación Perú plaza 01

Nombre	Marca	Tensión (kV)		Conexión	TAP	Impedancia Z(%)	Capacidad (MVA)	
		PRIM	SEC				AA	FA
PP-TL-01.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2

TABLA N° 3. 13 Características de equipos de protección de la subestación Perú plaza 01

Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15.5	125	-	Eaton/Cutler Hammer	Fuse – CLE MVS Metal enclosed	llegada del alimentador en 10kV
0.254	5000	100kA	General Electric	Wave Pro TM Low Voltage Power Circuit Break- Micro VersaTrip Plus Trip Unit	Salida del transformador de 2MVA
0.254	1600	100kA	General Electric	General Electric STD BREAK-Micro VersaTrip Plus Trip Unit	Derivación de enlace

- **Sub estación Perú Plaza 02.**

Su función principal es de suministrar energía BHS (Bagage Handling Sistem,) sistema de recojo de equipaje, Elevadores, Escaleras eléctricas, Salida de alumbrado o tomacorrientes del área de Perú plaza, Equipos de Aire Acondicionado (ROOF TOP) del área Perú plaza.

Esta Subestación esta enlazada con las subestación terminal 01 y Perú plaza 01, con un nivel de tensión 480 V, toman la alimentación de la S.E. Principal 10kV por medios de las líneas MV-ST-13, con 0.58 km de longitud, ver más detalle en el Plano unifilar ST-E-0802 Anexo C llegando a cada seccionador de potencia con fusibles y deriva a una barra simple que supe energía aun transformador de potencia.

La subestación es supervisada remotamente desde el BMS desde el despacho de mantenimiento y en forma local.

Las características de los trasformadores, fusibles e interruptor se muestran en la **TABLA N° 3.14, TABLA N° 3.15, Fig. 3.7 y Fig. 3.8.**

TABLA N° 3. 14 Características de transformadores de la subestación Perú Plaza 02

Nombre	Marca	Tensión (kV)		Conexión	TAP	Impedancia Z(%)	Capacidad (MVA)	
		PRIM	SEC				AA	FA
PP-TL-01.	ABB (Asea Brow Boveri)	10	0.48	Dyn5	+5	5.75	1.5	2

TABLA N° 3. 15 Características de equipos de protección de la subestación Perú plaza 02 PP-SB-02

Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15.5	125	-	<i>Eaton/Cutler Hammer</i>	<i>Fuse – CLE MVS Metal enclosed</i>	llegada del alimentador en 10kV
0.508	3000	85kA	<i>General Electric</i>	<i>Wave Pro TM Low Voltage Power Circuit Break-Micro VersaTrip Plus Trip Unit</i>	Salida del transformador de 2MVA
0.508	1200	85kA	<i>General Electric</i>	<i>General Electric - Spectra RMS circuit breaker current ratings SF-, SG- and SK-Frame breakers</i>	Derivación de enlace

TABLA N° 3. 16 Características de equipos de protección de la subestación Perú plaza 02 PP-SB-03

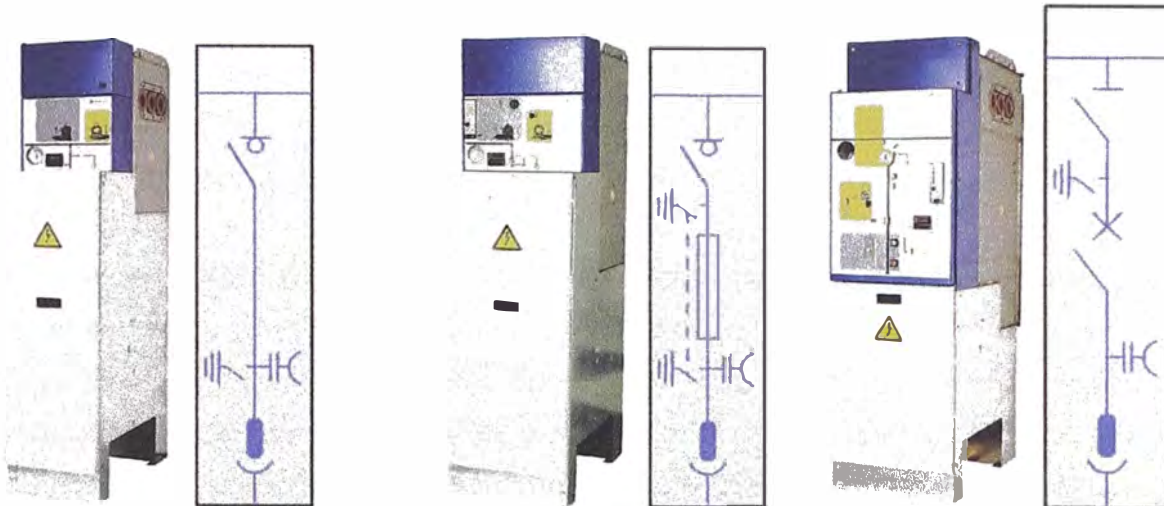
Vn(kV)	Im(Amp)	KAcc	Fabricante	Modelo	Ubicación
15.5	125	-	<i>Eaton/Cutler Hammer</i>	<i>Fuse – CLE MVS Metal enclosed</i>	llegada del alimentador en 10kV
0.508	3000	85kA	<i>General Electric</i>	<i>Wave Pro TM Low Voltage Power Circuit Break-Micro Versa Trip Plus Trip Unit</i>	Salida del transformador de 2MVA
0.508	800	85kA	<i>General Electric</i>	<i>General Electric STD BREAK-Micro VersaTrip PM Trip UniSF-, SG- and SK-Frame breakers</i>	Derivación de enlace

- **Sub estación Mecánica.**

Su función principal es de suministrar energía a Corpac 02, Lote 14 (almacenes), Talleres de mantenimiento, Grupo Aéreo 08 se enlaza con las subestaciones Flores Esmeralda, Antena radar, Caza Fuerza en nivel de tensión de 10kV.

Esta subestación toma la alimentación de la S.E. Principal 10kV por medios de las líneas MV-ST-05, con 0.55 km de longitud, ver más detalle en el Plano unifilar ST-E-0802 Anexo C. Está equipada con 02 transformadores en Aceite de 500 kVA-10kV/0.23kV 3φ Yd5 y 15 kVA-10kV/0.23kV 1φ y seis celdas de sistema modular de dimensiones reducidas para distintas configuraciones eléctricas hasta 24kV, poseen aislamiento integral de gas SF6 que constan:

- ✓ 01 Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra) e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-L ver Fig. 3.9-a).
- ✓ 04 Celdas modulares con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de potencia de tres posiciones, y protección con fusibles limitadores, seccionador de puesta a tierra e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-P ver Fig. 3.9-b).
- ✓ 01 Celda modular con función de protección con interruptor automático, provista de un interruptor automático de corte en vacío en serie con Interruptor-seccionador de tres posiciones (celda con mando AV/AMV) , provisto de contactos auxiliares de mando y control a distancia y relé de protección ekorRPG (módulo CGMCOSMOS-V ver Fig. 3.9c).



a) CGMCOSMOS-L b) CGMCOSMOS-P c) CGMCOSMOS-V

Fig.3. 9 Celdas de sistema modular CGCOSMOS/ORMAZABAL.²¹

- **Sub estación Nueva sur.**

Su función principal es de suministrar energía a Sistema de alumbrado de las Áreas de plataforma Sur, Áreas de los Romperos, Edificio del CIAC (centro de instrucción de aviación civil) se enlazan con las subestaciones Frio Aéreo, Avianca, Caza Fuerza en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

Esta subestación está equipada con 02 transformadores en Aceite de 200 kVA-10kV/0.23kV 3φ Yd11 y 400 kVA-10kV/0.48kV 3φ Dyn5 y están equipadas con 06 celdas Aislada en SF6 de protección de:

- ✓ 01 Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra) e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-L ver Fig. 3.9-a).
- ✓ 04 Celdas modulares con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de potencia de tres posiciones, y protección con fusibles limitadores, seccionador de puesta a tierra e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-P ver Fig. 3.9-b).
- ✓ 01 Celda modular con función de protección con interruptor automático, provista de un interruptor automático de corte en vacío en serie con interruptor-seccionador de tres posiciones (celda con mando AV/AMV) , provisto de contactos auxiliares de mando y control a distancia y relé de protección ekorRPG (módulo CGMCOSMOS-V ver Fig. 3.9c).

²¹ Fuente: Guía CGMCOSMOS de Ormazábal [9]

- **Sub estación Caza fuerza.**

Su función principal es de suministrar energía a Edificio de Corpac, Bombas del pozo 01, Las instalaciones de caza Fuerza se enlazan con las subestaciones Edificio radar, Aduanas, frio Aéreo, Mecánica, Nueva Sur, Cisterna Playa en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 01 transformador en Aceite de 1000 kVA-10kV/0.23kV 3φ y están equipadas con 03 celdas Aislada en SF6 de protección de las cuales:
- ✓ 01 Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra) e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-L ver Fig. 3.9-a).
- ✓ 01 Celda modular con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de potencia de tres posiciones, y protección con fusibles limitadores, seccionador de puesta a tierra e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-P ver Fig. 3.9-b).
- ✓ 01 Celda modular con función de protección con interruptor automático, provista de un interruptor automático de corte en vacío en serie con interruptor-seccionador de tres posiciones (celda con mando AV/AMV) , provisto de contactos auxiliares de mando y control a distancia y relé de protección ekorRPG (módulo CGMCOSMOS-V ver Fig. 3.9c).

- **Sub estación Flores Esmeralda.**

Su función principal es de suministrar energía a Bloque Sanitario (reciclaje de desecho de basura) y otras cargas, Las instalaciones de Flores Esmeralda se enlazan con las subestaciones Antena radar, Mecánica en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 01 transformador en Aceite de 200 kVA-10kV/0.23kV 3φ Dyn5, 60Hz y están equipadas con 03 celdas Aislada en SF6 de protección de las cuales:
- ✓ 01 Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra) e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-L ver Fig. 3.9-a).
- ✓ 02 Celdas modulares con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de potencia de tres posiciones, y protección con fusibles limitadores, seccionador de puesta a tierra e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-P ver Fig. 3.9-b).

- **Sub estación Antena Radar.**

Su función principal es de suministrar energía a antena Radar y otras cargas, Las instalaciones de Antena radar de corpac se enlazan con las subestaciones Mecánica, planta de tratamiento 02 Flores Esmeralda, en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 01 transformador en Aceite de 37.5 kVA-10kV/0.48kV 3φ Dyn5, 60Hz y están equipadas con 05 celdas Aislada en SF6 de protección de las cuales:
- ✓ 02 Celdas modulares con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra) e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-L ver Fig. 3.9-a).
- ✓ 03 Celdas modulares con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de potencia de tres posiciones, y protección con fusibles limitadores, seccionador de puesta a tierra e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-P ver Fig. 3.9-b).

- **Sub estación Planta Tratamiento 01.**

Su función principal es de suministrar energía a las bombas de aireación hacia las plantas de tratamiento, otras cargas, Las instalaciones de Tratamiento 01 se enlazan con las subestaciones planta de tratamiento 2 en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 01 transformadores en Aceite de 150 kVA-10kV/0.23kV 3φ Dyn5, 60Hz están equipados con 01 celdas convencionales de protección con fusibles de llegada:

- **Sub estación Planta Tratamiento 02.**

Su función principal es de suministrar energía a Planta de tratamiento (lodo activado) y otras cargas, Las instalaciones de planta de tratamiento 02 se enlazan con las subestaciones Antena radar, Radio Sonda en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 01 transformador en Aceite de 200 kVA-10kV/0.23kV 3φ Dyn5, 60Hz y están equipadas con 04 celdas Aislada en SF6 de protección de las cuales:
- ✓ 02 Celdas modulares con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra) e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-L ver Fig. 3.9-a).
- ✓ 02 Celdas modulares con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de potencia de tres posiciones, y protección con fusibles limitadores, seccionador de puesta a tierra e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo CGMCOSMOS-P ver Fig. 3.9-b).

- **Sub estación Aduanas.**

Su función principal es de suministrar energía a edificio OACI, cargas de la subestación Aeronautica y otras cargas, Las instalaciones de Aduanas se enlazan con las subestaciones Casa Fuerza, en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 02 transformadores en Aceite de las cuales dos de 200 kVA-10kV/0.23kV 3φ Yd11, y están equipadas con 02 celdas convencionales de protección de las cuales:
- ✓ 01 llegada con seccionador de potencia con base porta fusible y con fusibles.
- ✓ 01 salidas con seccionador de potencia con base porta fusibles y con fusibles.

- **Sub estación Cisterna Playa.**

Su función principal es de suministrar energía a Bomba Contra Incendio, bombas de cisterna, Playa de estacionamiento y otras cargas, Las instalaciones de Cisterna playa se enlazan con las subestaciones Casa Fuerza en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 02 transformadores en Aceite de 630 kVA-10kV/0.48kV 3φ Dyn5, 60Hz y 400 kVA-10kV/0.23kV 3φ Dyn5, 60Hz están equipadas con 03 celdas convencionales de protección de las cuales:
- ✓ 01 llegada con seccionador de potencia, con fusibles.
- ✓ 02 salidas con seccionador de potencia, con fusibles.

- **Sub estación Marriot.**

Su función principal es de suministrar energía a Alumbrado de la zona de plataforma Norte, edificio cobranza e identificaciones y otras cargas, Las instalaciones de Marriot se enlazan con las subestaciones Casa Fuerza, en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 01 transformadores en Aceite de las cuales dos de 300 kVA-10kV/0.23kV 3φ Dyn5, y están equipadas con 02 celdas convencionales de protección de las cuales:
- ✓ 01 llegada con seccionador de potencia con base porta fusible y con fusibles.
- ✓ 01 salidas con seccionador de potencia con base porta fusibles y con fusibles.

- **Sub estación Frio Aereo.**

Su función principal es de suministrar energía a Rampa de carga, Congeladoras para almacenamientos de productos importados y otras cargas, Las instalaciones de Frio aereo se enlazan con las subestaciones Casa Fuerza, Nueva Sur en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 03 transformadores en Aceite de las cuales dos de 400 kVA-10kV/0.48kV 3φ Dyn5, 60Hz y una de 250 kVA-10kV/0.23kV 3φ Dyn5, 60Hz están equipadas con 05 celdas convencionales de protección de las cuales:

- ✓ 02 llegada con seccionador de potencia, con fusibles.
- ✓ 03 salidas con seccionador de potencia, con fusibles.

- **Sub estación Avianca.**

Su función principal es de suministrar energía a concesionario de ATSA, LAN, Alumbrado de plataforma y otras cargas, Las instalaciones de Avianca se enlazan con las subestación Nueva Sur en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 01 transformadores en Aceite de 1000 kVA-10kV/0.23kV 3φ Dyn5, 60Hz y están equipadas con 03 celdas con sistema modular de dimensiones reducidas para distintas configuraciones eléctricas hasta 24kV, poseen aislamiento integral de gas SF6 que constan:
- ✓ 01 Celdas modulares con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de potencia de tres posiciones, y protección con fusibles limitadores, seccionador de puesta a tierra e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo gama QM ver Fig. 3.10-b).
- ✓ 02 Celdas modulares con función de protección con interruptor automático, provista de un interruptor automático de corte en vacío en serie con interruptor-seccionador de tres posiciones (celda con mando AV/AMV) , provisto de contactos auxiliares de mando y control a distancia y relé de protección Sepam 20 (módulo DM1 –D ver Fig. 3.10-c).

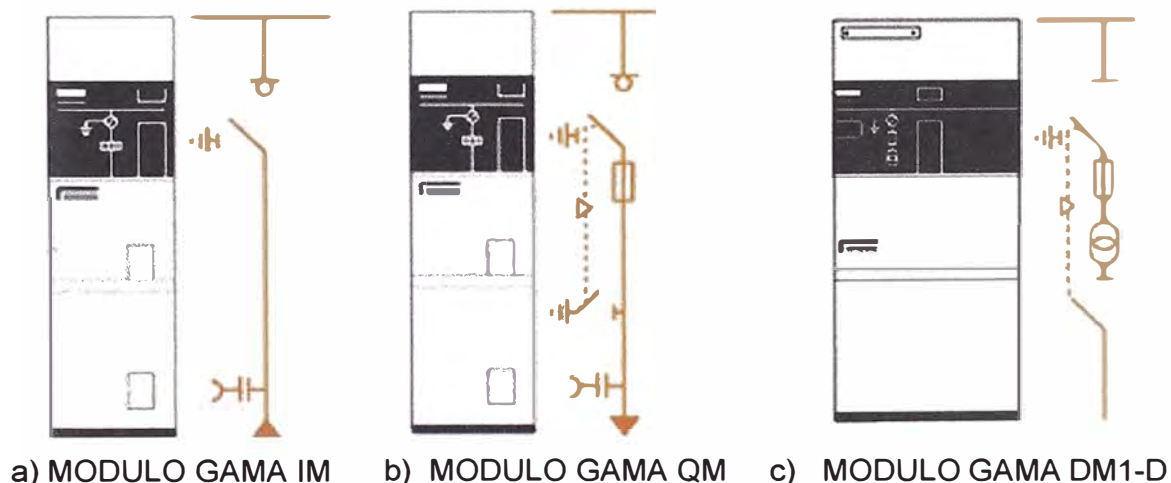


Fig.3. 10 Celdas modulares GAMA SM6/Schneider Electric.²²

²² Fuente: "Guía GAMA SM6/Schneider Electric"[10]

- **Sub estación Pozo Bomba 2.**

Su función principal es de suministrar energía a ILS, cargas de Pozo 02 (bombas de agua) y otras cargas, Las instalaciones de Pozo Bomba 02 se enlazan con las subestaciones Avianca en nivel de tensión de 10kV cuenta con:

- ✓ 02 transformadores en Aceite de 35 kVA-10kV/0.23kV 3φ Dyn5, 60Hz y están equipadas con 04 celdas Aislada en SF6 de protección de las cuales:
- ✓ 02 Celdas modulares con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra) e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo gama IM ver Fig. 3.10-a).
- ✓ 02 Celdas modulares con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de potencia de tres posiciones, y protección con fusibles limitadores, seccionador de puesta a tierra e indicador capacitivo de presencia de tensión (módulo gama QM ver Fig. 3.10-b).

3.2 Control de la S.E. Principal de 10kV

3.2.1 Análisis de control de la S.E. Principal 10kV.

Se analizó la configuración en el DMC 300 Master Control de los casos posibles por disponibilidad de potencia hacia las cargas ya mencionadas, teniendo en cuenta el orden de prioridad.

TABLA N° 3. 17 Configuración del DMC 300

CASOS DE ESTUDIO	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Caso # 1	Condiciones Normales.	El sistema opera en condición normal, bajo demanda total
Caso # 2	Mantenimiento de la barra A.	Se transfiere la carga de la Barra A” hacia la Barra B (Según el nivel de tensión de la carga)
Caso # 3	Mantenimiento de la barra B.	Se transfiere la carga de la Barra B hacia la Barra A (Según el nivel de tensión de la carga)
Caso # 4	Falla simultanea de Ambos Suministros.	Falta de suministro normal (Utility) y Respaldo, Solo los Grupos Electrógenos están trabajando a plena carga y alimentando las principales cargas del sistema del aeropuerto de acuerdo a la disponibilidad de potencia de los grupos. si se excede el DMC desconectará las cargas de más baja prioridad para exceder la capacidad de los Grupos Electrógenos
Caso # 5	Falla Suministro Respaldo	En el caso de que falle el suministro Respaldo, pero se cuente todavía con el Suministro Principal, siguiendo la secuencia de eventos programada
Caso # 6	Falla del Suministro Principal, Suministro Respaldo disponible.	Los Grupos Electrógenos se sincronizan con el suministro Respaldo si se excede el DMC desconectará las cargas de más baja prioridad para no sobrecargar el suministro Respaldo ni exeder la capacidad de los Grupos Electrógenos
Caso # 7	Suministro restringido ambos Lados 1- No requerida.	No requerido
Caso # 8	Suministro restringido ambos Lados 2.	En este caso se tendrán restricciones en ambos suministros y se requerirá que la carga se comparta , el Suministro Principal alimentará solo a la barra “A” y la barra “B” será alimentada por el Suministro Respaldo y los Grupos Electrógenos

En el anexo A se detallara cada secuencia de operación del *Master Control DMC-300*.

3.3 Análisis de Flujo de Potencia

3.3.1 Aplicación de análisis de Flujo de potencia

El sistema eléctrico del AIJCH es un sistema radial y sistema de anillo abierto dada la necesidad de conocer el comportamiento del sistema eléctrico y detectar anomalías ante distintas condiciones de operación, realizó un estudio completo de flujo de carga.

Esta parte del trabajo se realizó con la ayuda del módulo de flujo de carga “Load Flow Analysis” del programa computacional Power Factory 14.1. Esta herramienta brinda la posibilidad de hacer la corrida de flujo de carga mediante tres métodos numéricos. El método que se consideró y se utilizó para los cálculos fue el Newton-Raphson.

Las consideraciones más importantes que se tomaron en cuenta para el estudio de flujo de carga fueron las siguientes:

- ✓ La tensión inicial para la corrida fue la tensión nominal en barras. Para ello se ajustó en la Interfaz del programa la opción de la tensión nominal en 100 %.
- ✓ Se realizó el flujo de carga tomado como consideración máxima demanda medida por un periodo de 6 meses (ver **TABLA N° 3.18**), de las siguientes subestaciones y con un factor de potencia de 0.9 promedio

TABLA N° 3.18 Valores tomados en el sistema

BARRA A				
ITEM	NOMBRE DE CARGA	kW	FP	kVA
1	CO-ESU-01	116	0.9	128.89
2	CO-ESU-03	395	0.9	438.89
3	CO-ESU-05	232	0.9	257.78
4	PP-ESU-02	483	0.9	536.67
5	S.E. MECANICA	966	0.9	1073.3
6	RESERVA			
7	RESERVA			
8	RESERVA			
9	RESERVA			
BARRA B				
ITEM	NOMBRE DE CARGA	kW	FP	kVA
1	CO-ESU-06	169	0.9	187.78
2	CO-ESU-04	483	0.9	536.67
3	CO-ESU-02	328	0.9	364.44
4	PP-ESU-01	322	0.9	357.78
5	T. AUXILIARES	73	0.9	81.111
6	TE-ESU-01-230V	632	0.9	702.22
7	TE-ESU-01-480V	295	0.9	327.78
8	UT-ESU-20	265	0.9	294.44
9				

- ✓ El valor para la máxima caída de tensión permitida fue del 5% del valor nominal en casos de condiciones normales y 10% en casos de contingencia como se menciona en la metodología empleada.

Así mismo, se realizó el análisis de flujo de carga de los dos casos distintos en que puede operar el sistema eléctrico en condiciones normales (caso 01 se describe en la **TABLA N° 3.17**) y condiciones de emergencia (caso 06 se describe en la **TABLA N° 3.17**), Dichos casos se listan en la **TABLA N° 3.19** y **TABLA N° 3.20**.

TABLA N° 3. 19 Valores Flujo de carga condiciones normal (Caso 01)

Subestación	Barra	Nominales		Calculados			Salidas de Barra						
		kV	Amp	%V	Amp	%fp	Circuito	Amp					
Principal 10kV	A	10	1200	0.98	388.98	0.95	MV-ST-18	183.78					
							MV-ST-01	17.6					
							MV-ST-02	31.02					
							MV-ST-03	19.33					
							MV-ST-04	41.29					
							MV-ST-05	66.89					
	B	10	1200	0.98	184.07	0.95	MV-ST-23	21.08					
							MV-ST-16	23.68					
							MV-ST-15	27.53					
							MV-ST-14	5.74					
							MV-ST-13	26.67					
							MV-ST-12	27.32					
EMERG.	10	1200	0.98	183.93	0.94	ENLACE 305	183.93						
						ST-PS-01	10	600	0.98	5.74	0.95	ST-XF-01	5.74
						ST-PB-01	0.230	1600	0.98	249.60	0.95	ST-PB-01	249.60
Concourse0 1	CO-PS-01	10	600	0.98	17.66	0.95	CO-TL-01	17.66					
	CO-BS-01	0.480	3000	0.98	367.99	0.95	Carga CO-01	367.99					
Concourse0 2	CO-PS-02	10	600	0.98	27.39	0.95	CO-TL-02	27.39					
	CO-BS-02	0.480	3000	0.97	570.68	0.95	Carga CO-02	570.68					
Concourse0 3	CO-PS-03	10	600	0.98	31.11	0.95	Enlace CO-ESU-01	0					
	CO-BS-03	0.480	3000	0.98	648.14	0.95	CO-TL-03	31.11					
Concourse0 4	CO-PS-04	10	600	0.98	34.76	0.94	Carga CO-03	648.14					
	CO-BS-04	0.480	3000	0.97	724.17	0.95	CO-TL-04	34.76					
Concourse0 5	CO-PS-05	10	600	0.98	19.44	0.95	Carga CO-04	724.17					
	CO-BS-05	0.480	3000	0.98	405.03	0.95	Enlace CO-ESU-03	0					
Concourse0 6	CO-PS-06	10	600	0.98	17.8	0.95	CO-TL-05	19.44					
	CO-BS-06	0.480	3000	0.97	370.83	0.95	Carga CO-05	405.03					
Terminal 01	TE-PS-01	10	600	0.98	27.63	0.95	CO-TL-06	17.8					
	TE-PS-02	10	600	0.98	29.8	0.95	Carga CO-06	370.83					
	TE-PS-03	10	600	0.98	23.75	0.95	Enlace CO-ESU-05	0					
	TE-BS-01	0.230	5000	0.98	1201.24	0.95	TE-TL-01	27.63					
	TE-BS-02	0.230	5000	0.98	1295.79	0.95	TE-TL-02	29.8					
							TE-TL-03	23.75					
							Carga TE-01	1201.24					
	TE-BS-03	0.480	3000	0.97	494.86	0.95	Enlace TE-01 Y TE	0					
Carga TE-02							1295.79						
Perú plaza 01	PP-PS-01	10	600	0.98	23.15	0.95	Enlace TE-02 Y PP	0					
	PP-BS-01	0.240	4000	0.97	1162.34	0.95	Enlace TE-01 Y TE	0					
							Carga TE-03	494.86					
						Enlace TE-03 Y PP	0						
						PP-TL-01	23.15						
						Carga PP-01	1162.34						
						Enlace TE-02 Y PP	0						

Subestación	Barra	Nominales		Calculados			Salidas de Barra	
		kV	Amp	%V	Amp	%fp	Circuito	Amp
Perú plaza 02	PP-PS-02	10	600	0.98	41.38	0.94	PP-TL-02	41.38
	PP-BS-02	0.480	3000	0.98	862.17	0.95	Carga PP-01	862.17
Mecánica	1	10	630	0.98	67.03	0.87	CARGA M 01	11.75
							CARGA M 02	0
							MV-UT30-05	38.42
							MV-UT30-03	7.45
							MV-UT30-02	9.47
Nueva sur	1	10	630	0.98	21.36	0.87	CARGA NS 01	3.55
							CARGA NS 02	2.96
							MV-UT20-02	0
							MV-UT20-03	0
							MV-UT20-01	14.86
Caza fuerza	1	10	630	0.98	38.68	0.88	SE EDF. RADAR	2.94
							CARGA POZO1 Y CARG	2.94
							MV-UT20-02	0
							MV-UT10-04	12.21
							MV-UT10-02	5.85
							MV-UT10-	5.72
							MV-UT10-05	9.03
Flores Esmeralda	1	10	630	0.98	7.56	0.85	CARGA F.E	2.94
							MV-UT30-01	4.63
Antena Radar	1	10	630	0.98	14.15	0.88	SE ANTENA RAD	2.94
							CARGA AR	2.94
							MV-UT32-01	8.41
Aduanas	1	10	630	0.98	12.42	0.88	CARGA AD	2.94
							SE AERONAUTICA	2.94
							OACI	6.54
Planta de Tratamiento 01	1	10	630	0.98	2.26	0.86	CARGA PT 01	2.26
Planta de Tratamiento 02	1	10	630	0.98	8.82	0.86	CARGA PT 02 - SE R	2.94
							MV-UT33-01	5.88
Cisterna Playa	1	10	630	0.98	5.88	0.86	CARGA CP	2.94
							BCI	2.94
Avianca	1	10	630	0.98	15	0.86	CERCO PERIMETRICO	4.87
							CARGA DE AVIANCA	4.18
							MV-UT21-01	2.86
Pozo Bomba 02	1	10	630	0.98	6.15	0.85	LOCALIZADOR - CARG	3.55
							Carga Pozo2	2.6
Frio Aéreo	1	10	630	0.98	9.12	0.86	CARGA F.A.01	2.94
							CARGA F.A.02	2.94
							CARGA FA 03	3.24
							MV-UT20-03	0
Marriot	1	10	630	0.97	5.88	0.85	CARGA M.	2.94
							SE AYUDAS LUMINOSA	2.94

TABLA N° 3. 20 Valores de flujo de carga condición de Emergencia (caso 06)

Subestación	Barra	Nominales		Calculados			Salidas de Barra	
		kV	Amp	%V	Amp	%fp	Circuito	Amp
Principal 10kV	A	10	1200	0.99	202.03	0.95	ST-CB-A	0
							MV-ST-01	17.32
							MV-ST-02	30.54
							MV-ST-03	19.03
							MV-ST-04	40.65
							MV-ST-05	65.81
							MV-ST-06	29.26
	B	10	1200	0.98	233.36	0.91	MV-ST-23	20.55
							MV-ST-16	23.11
							MV-ST-15	26.88
							MV-ST-14	5.6
							MV-ST-13	26.04
							MV-ST-12	26.67
EMERG.	10	1200	0.99	314.25	0.82	ENLACE 301	201.87	
						ENLACE 305	126	
						ST-PS-01	5.61	
						ST-PB-01	243.71	
						ST-XF-01	5.61	
Concourse0 1	CO-PS-01	10	600	0.99	17.39	0.95	CO-TL-01	17.39
	CO-BS-01	0.480	3000	0.99	362.32	0.95	Carga co-01	362.32
Concourse0 2	CO-PS-02	10	600	0.99	26.74	0.95	CO-TL-02	26.74
	CO-BS-02	0.480	3000	0.99	557.15	09.5	Carga co-02	557.15
Concourse0 3	CO-PS-03	10	600	0.99	26.53	0.95	Enlace CO-ESU-01	0
	CO-BS-03	0.480	3000	0.99	638.1	0.95	CO-TL-03	26.53
Concourse0 4	CO-PS-04	10	600	0.99	33.93	0.94	Carga co-03	638.1
	CO-BS-04	0.480	3000	0.99	724.17	0.95	CO-TL-04	33.93
Concourse0 5	CO-PS-05	10	600	0.99	19.14	0.95	Carga co-04	706.95
	CO-BS-05	0.480	3000	0.99	405.03	0.95	Enlace CO-ESU-03	0
Concourse0 6	CO-PS-06	10	600	0.99	17.38	0.95	CO-TL-05	19.14
	CO-BS-06	0.480	3000	0.99	362.06	0.95	Carga co-05	398.78
Terminal 01	TE-PS-01	10	600	0.99	26.97	0.95	CO-TL-06	17.38
	TE-PS-02	10	600	0.99	29.34	0.95	Carga co-06	362.06
	TE-PS-03	10	600	0.99	23.19	0.95	Enlace CO-ESU-05	0
	TE-BS-01	0.230	5000	0.99	1172.67	0.95	TE-TL-01	26.97
	TE-BS-02	0.230	5000	0.99	1275.7	0.95	TE-TL-02	29.34
							TE-TL-03	23.19
							Carga TE-01	1172.67
							Enlace TE-01 Y TE	0
Carga TE-02	1275.7							
Enlace TE-02 Y PP	0							
Enlace TE-01 Y TE	0							
TE-BS-03	0.480	3000	0.99	483.13	0.95	Carga TE-03	483.13	
Enlace TE-03 Y PP	0							
Perú plaza 01	PP-PS-01	10	600	0.99	26.1	0.95	PP-TL-01	26.1
	PP-BS-01	0.230	4000	0.99	1134.79	0.95	Carga PP-01	1134.79
							Enlace TE-02 Y PP	0

Subestación	Barra	Nominales		Calculados			Salidas de Barra	
		kV	Amp	%V	Amp	%fp	Circuito	Amp
Perú plaza 02	PP-PS-02	10	600	1	40.74	0.94	PP-TL-02	40.74
	PP-BS-02	0.480	3000	0.99	848.8	0.95	Carga PP-01	848.8
Mecánica	1	10	630	0.98	65.96	0.87	CARGA M 01	11.57
							CARGA M 02	0
							MV-UT30-05	37.81
							MV-UT30-03	7.33
							MV-UT30-02	9.31
Nueva sur	1	10	630	0.99	20.84	0.87	CARGA NS 01	3.47
							CARGA NS 02	2.89
							MV-UT20-02	0
							MV-UT20-03	0
							MV-UT20-01	14.49
Caza fuerza	1	10	630	0.99	38.07	0.88	SE EDF. RADAR	2.9
							CARGA POZO1 Y CARG	2.9
							MV-UT20-02	0
							MV-UT10-04	12.01
							MV-UT10-02	5.76
							MV-UT10-	5.63
							MV-UT10-05	8.89
Flores Esmeralda	1	10	630	0.99	7.44	0.85	CARGA F.E	2.89
							MV-UT30-01	4.55
Antena Radar	1	10	630	0.99	9.38	0.9	SE ANTENA RAD	2.89
							CARGA AR	2.89
							MV-UT32-01	8.27
Aduanas	1	10	630	0.99	12.22	0.88	CARGA AD	2.9
							SE AERONAUTICA	2.9
							OACI	6.44
Planta de Tratamiento 01	1	10	630	0.99	5.79	0.86	CARGA PT 01	5.79
Planta de Tratamiento 02	1	10	630	0.99	8.68	0.86	CARGA PT 02 - SE R	2.9
							MV-UT33-01	5.79
Cistema Playa	1	10	630	0.99	5.79	0.86	CARGA CP	2.9
							BCI	2.9
Avianca	1	10	630	0.99	14.64	0.86	CERCO PERIMETRICO	4.76
							CARGA DE AVIANCA	4.08
							MV-UT21-01	5.81
Pozo Bomba 02	1	10	630	0.99	6.01	0.85	LOCALIZADOR	3.47
							Carga Pozo2	2.54
Frio Aéreo	1	10	630	0.99	8.98	0.86	CARGA F.A.01	2.9
							CARGA F.A.02	2.9
							CARGA FA 03	3.19
							MV-UT20-03	0
Marriot	1	10	630	0.99	5.79	0.86	CARGA M.	2.9
							SE AYUDAS LUMINOSA	2.9

3.4 Análisis de Corto circuito

El módulo del programa para el estudio de corrientes de cortocircuito contempla el análisis de cortocircuitos trifásicos, bifásicos, monofásicos a tierra y bifásicos línea-tierra.

Existen tres diferentes impedancias son formados para calcular las Corriente de Corto Circuito Pico (i_p), Corriente de Corto Circuito Simétrica Inicial (I''_k), Corriente de Corto Circuito en Estado Permanente (I_k) después ocurrido la falla.

3.4.1 Simulación del cálculo de corto circuito en la subestación Tomas Valle en la salida 707.

Se consideró como base del SEIN del 2012-2016 y con la ayuda del módulo de cortocircuito "Short-Circuit Analysis" del programa computacional *Power Factory 14.1*.

Esta herramienta brinda la posibilidad de calcular los niveles de corrientes de cortocircuito mediante la norma americana ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares) y la norma IEC (Comisión Electrotécnica Internacional).

Para este estudio se seleccionó la norma IEC. Esta norma aplica las siguientes consideraciones:

- ✓ Todos los equipos (transformadores, generadores, etc.) se representan con su impedancia interna.
- ✓ Se desprecian las cargas estáticas.
- ✓ Los cambiadores de toma de los transformadores se ajustan a su valor nominal.
- ✓ Se asume sistema trifásico balanceado y se usa el método de componentes simétricas
- ✓ Los alimentadores de la red, máquinas síncronas y síncronas se representan por sus impedancias internas.

Se realizó los caculos de cortocircuito, monofásico y trifásico en la barra de 60 kVA de la subestación de Tomas Valles que está a cargo de la empresa Edelnor. Donde se encuentra el punto de salida de la 707 de la alimentación eléctrica del AIJCH,

Los valores obtenidos en la barra de Tomas Valle se muestran en la **TABLA N° 3.21** y **TABLA N° 3.22:**

TABLA N° 3. 21 Valores de potencia y corriente de cortocircuito en la barra de la subestación Tomas Valle 60 kV

TVALLE60 - CORTOCIRCUITO TRIFASICO					
V nom.	c	Sk''	Ik''		R/X
[kV]	Factor	[MVA]	[kA]	[deg]	
60	1.1	2182.6	21	-79.6	0.184

Donde:

Sk'' = Potencia de cortocircuito simetrica inicial.

Ik'' = Corriente de cortocircuito simetrica inicial.

c = Factor de tension.

R/X= Relacion.

TABLA N° 3. 22 Valores de impedancia en la barra de la subestación tomas valle de 60 kV

TVALLE60 - CORTOCIRCUITO MONOFASICO									
Voltaje Nominal	Impedancia Equivalente						Corriente Simetrica (E/Z)		Potencia Aparente
[kV]	R0[Ohm]	X0[Ohm]	R1[Ohm]	X1[Ohm]	R2[Ohm]	X2[Ohm]	[kA]	[deg]	[MVA]
60	0.181	1.945	0.329	1.784	0.343	1.800	20.43	-80.740	707.724

R0 = Resistencia de secuencia cero.

X0 = Reactancia de secuencia cero.

R1 = Resistencia de secuencia Positiva.

X1 = Reactancia de secuencia Positiva.

R2 = Resistencia de secuencia Negativa.

X2 = Reactancia de secuencia Negativa.

Atraves de estos valores obtenidos de realizaron cálculos de cortocircuito en todo el sistema eléctrico del Aeropuerto.

3.4.2 Simulación del cálculo de corto circuito en la subestación de edelnor 565 que está conectada la salida de respaldo de AIJCH.

Se consideró como base del SEIN del 2012-2016 y con la ayuda del módulo de cortocircuito "Short-Circuit Analysis" del programa computacional *Power Factory 14.1*. Esta herramienta brinda la posibilidad de calcular los niveles de corrientes de cortocircuito mediante la norma americana ANSI y la norma IEC.

Se realizó los caculos de cortocircuito, monofásico y trifásico en la barra de 10 kVA de la subestación 565 que está a cargo de la empresa Edelnor. Donde se encuentra el punto de salida de respaldo de la alimentación eléctrica del AIJCH,

Los valores obtenidos en la barra de Tomas Valle se muestran en la **TABLA N° 3.21** y **TABLA N° 3.22**:

TABLA N° 3. 23 Valores de potencia y corriente de cortocircuito en la barra de la subestación de Edelnor 565 de 10 kV.

EDELNOR 565- CORTOCIRCUITO TRIFASICO					
V nom.	c-	Sk"	Ik"		R/X
[kV]	Factor	[MVA]	[kA]	[deg]	
10	1.1	114.58	6.62	-72.73	0.315

Donde:

Sk" = Potencia de cortocircuito simetrica inicial.

Ik" = Corriente de cortocircuito simetrica inicial.

c = Factor de tension.

R/X= Relacion.

TABLA N° 3. 24 Valores de impedancia en la barra de la subestación Edelnor 565 de 10 kV

EDELNOR - CORTOCIRCUITO MONOFASICO									
Voltaje Nominal	Impedancia Equivalente						Corriente Simetrica (E/Z)		Potencia Aparente
[kV]	R0[Ohm]	X0[Ohm]	R1[Ohm]	X1[Ohm]	R2[Ohm]	X2[Ohm]	[kA]	[deg]	[MVA]
10	2.237	3.216	0.285	0.916	0.285	0.917	3.293	-61	19.03

R0 = Resistencia de secuencia cero.

X0 = Reactancia de secuencia cero.

R1 = Resistencia de secuencia Positiva.

X1 = Reactancia de secuencia Positiva.

R2 = Resistencia de secuencia Negativa.

X2 = Reactancia de secuencia Negativa.

3.4.3 Simulación del cálculo de corto circuito en la subestación de 10kV.

El programa Power Factory Digsilent 14.1 brinda el cálculo de corto circuito (I''_k, I_b, I_k, I_p) estas posibilidades de las cuales se consideró únicamente el Corriente de Corto Circuito Pico (i_p) y estado permanente (I_k) en condición normal (caso 01) y condición de emergencia (caso 06)

- ✓ **Condición Normal (caso 01)**, Esta condición corresponde al sistema eléctrico soportado por el alimentador alimentador N°1 (utility) que viene de las subestación de 60 kV)
- ✓ **Condición Emergencia (caso 06)**, Esta condición corresponde al sistema eléctrico soportado el alimentador N°2 (respaldo) y los grupos electrógenos.

Estas dos condiciones presentan la mayor capacidad de corriente de cortocircuito.

Las Corriente de Corto Circuito Pico (i_p) y estado permanente (I_k) se muestran en las siguientes Tablas

- En la **TABLA N° 3.25** y **TABLA N° 3.26** se presenta los niveles de cortocircuito Pico (I_p) y estado permanente (I_k) en condiciones Normales.

TABLA N° 3. 25 Nivel de cortocircuito pico (Ip)- condición de Normal (caso 01)

BUS			FALLA 3-FASE	FALLA LINEA A TIERRA
Subestación	Barra	kV	(kA)	(kA)
Principal de 10kV	A	10	26.24	0.06
	B	10	15.38	0.06
	Emergencia	10	19.42	0.06
	Grupo Elect. 01	0.48	-	-
	Grupo Elect. 02	0.48	-	-
	Grupo Elect. 03	0.48	-	-
	ST-PS-01	10	15.32	0.07
	ST-PB-01	0.23	189.71	205.75
Concourse01	CO-PS-01	10	19.82	0.07
	CO-SB-01	0.48	97.39	104.12
Concourse02	CO-PS-02	10	12.88	0.06
	CO-SB-02	0.48	86.25	94.03
Concourse03	CO-PS-03	10	18.72	0.07
	CO-SB-03	0.48	96.07	102.84
Concourse04	CO-PS-04	10	11.99	0.06
	CO-SB-04	0.48	84.24	92.08
Concourse05	CO-PS-05	10	16.97	0.07
	CO-SB-05	0.48	93.72	100.56
Concourse06	CO-PS-06	10	11.33	0.06
	CO-SB-06	0.48	82.64	90.51
Terminal 01	TE-PS-01	10	13.59	0.07
	TE-PS-02	10	19.36	0.07
	TE-PS-03	10	12.68	0.06
	TE-SB-01	0.23	182.98	199.41
	TE-SB-02	0.23	202.14	216.21
	TE-SB-03	0.48	85.82	93.62
Perú plaza 01	PP-PS-01	10	13.20	0.06
	PP-SB-01	0.23	181.43	197.65
Perú plaza 02	PP-PS-02	10	21.5	0.08
	PP-SB-02	0.48	99.18	106.01
Mecánica	1	10	22.3	0.07
Nueva sur	1	10	12.78	0.06
Caza fuerza	1	10	14.20	0.06
Flores Esmeralda	1	10	18.28	0.07
Antena Radar	1	10	12.08	0.06
Aduanas	1	10	9.08	0.05
Planta de Tratamiento 01	1	10	6.26	0.05
Planta de Tratamiento 02	1	10	6.24	0.05
Cisterna Playa	1	10	13.15	0.06
Avianca	1	10	10.53	0.06
Pozo Bomba 02	1	10	6.77	0.05
Frio Aéreo	1	10	12.75	0.06
Marriot	1	10	10.01	0.06

TABLA N° 3. 26 Nivel de cortocircuito Estado permanente (Ik)- condición de normal (caso 01)

BUS			FALLA 3-FASE	FALLA LINEA A TIERRA
Subestación	Barra	kV	(kA)	(kA)
Principal de 10kV	A	10	10.54	0.03
	B	10	8.72	0.03
	Emergencia	10	7.39	0.03
	Grupo Elect. 01	0.48	-	-
	Grupo Elect. 02	0.48	-	-
	Grupo Elect. 03	0.48	-	-
	ST-PS-01	10	7.38	0.03
ST-PB-01	0.23	72.97	79.15	
Concourse01	CO-PS-01	10	9.38	0.03
	CO-SB-01	0.48	36.78	39.32
Concourse02	CO-PS-02	10	6.72	0.03
	CO-SB-02	0.48	34.35	37.46
Concourse03	CO-PS-03	10	9.12	0.03
	CO-SB-03	0.48	36.62	39.2
Concourse04	CO-PS-04	10	6.44	0.03
	CO-SB-04	0.48	34.07	37.24
Concourse05	CO-PS-05	10	8.66	0.03
	CO-SB-05	0.48	36.33	38.98
Concourse06	CO-PS-06	10	6.21	0.03
	CO-SB-06	0.48	33.83	37.06
Terminal 01	TE-PS-01	10	6.82	0.03
	TE-PS-02	10	9.28	0.03
	TE-PS-03	10	6.66	0.03
	TE-SB-01	0.23	71.76	78.21
	TE-SB-02	0.23	76.63	81.96
	TE-SB-03	0.48	34.29	37.41
Perú plaza 01	PP-PS-01	10	6.81	0.03
	PP-SB-01	0.23	71.89	78.32
Perú plaza 02	PP-PS-02	10	9.51	0.03
	PP-SB-02	0.48	36.8	39.33
Mecánica	1	10	9.61	0.03
Nueva sur	1	10	6.47	0.03
Caza fuerza	1	10	7.52	0.03
Flores Esmeralda	1	10	8.72	0.03
Antena Radar	1	10	6.96	0.03
Aduanas	1	10	5.6	0.03
Planta de Tratamiento 01	1	10	4.13	0.03
Planta de Tratamiento 02	1	10	4.12	0.03
Cisterna Playa	1	10	7.2	0.03
Avianca	1	10	5.77	0.03
Pozo Bomba 02	1	10	4.3	0.03
Frio Aéreo	1	10	7	0.03
Marriot	1	10	6.02	0.03

En la **TABLA N° 3.27** y **TABLA N° 3.28** se presenta los niveles de cortocircuito Pico (Ip) y estado permanente (Ik) en condiciones de Emergencia.

TABLA N° 3. 27 Nivel de cortocircuito Inicial (ip) - condición de Emergencia (caso 06)

BUS			FALLA 3-FASE	FALLA LINEA A TIERRA
Subestación	Barra	kV	Mag (kA)	Mag (kA)
Principal de 10kV	A	10	12.24	5.26
	B	10	16.51	7.15
	Emergencia	10	14.63	6.08
	Grupo Elect. 01	0.48	113.95	142.92
	Grupo Elect. 02	0.48	113.95	142.92
	Grupo Elect. 03	0.48	113.95	142.92
	ST-PS-01	10	16.44	7.13
	ST-PB-01	0.23	193.8	208.21
Concourse01	CO-PS-01	10	10.57	4.56
	CO-SB-01	0.48	80.62	88.37
Concourse02	CO-PS-02	10	13.63	5.91
	CO-SB-02	0.48	88.01	95.08
Concourse03	CO-PS-03	10	10.25	4.42
	CO-SB-03	0.48	79.7	87.47
Concourse04	CO-PS-04	10	12.63	5.48
	CO-SB-04	0.48	85.92	93.08
Concourse05	CO-PS-05	10	9.69	4.19
	CO-SB-05	0.48	78.04	85.86
Concourse06	CO-PS-06	10	11.89	5.17
	CO-SB-06	0.48	84.25	91.47
Terminal 01	TE-PS-01	10	14.44	6.29
	TE-PS-02	10	10.44	4.5
	TE-PS-03	10	13.41	5.81
	TE-SB-01	0.23	186.78	201.69
	TE-SB-02	0.23	167.48	183.67
	TE-SB-03	0.48	87.57	94.66
Perú plaza 01	PP-PS-01	10	14	6.07
	PP-SB-01	0.23	185.17	199.88
Perú plaza 02	PP-PS-02	10	11.06	4.78
	PP-SB-02	0.48	81.89	89.7
Mecánica	1	10	11.28	4.88
Nueva sur	1	10	13.53	5.93
Caza fuerza	1	10	8.71	3.81
Flores Esmeralda	1	10	10.3	4.46
Antena Radar	1	10	9.57	4.22
Aduanas	1	10	6.45	2.86
Planta de Tratamiento 01	1	10	5.54	2.46
Planta de Tratamiento 02	1	10	5.52	2.47
Cisterna Playa	1	10	8.3	3.63
Avianca	1	10	11.01	4.84
Pozo Bomba 02	1	10	6.93	3.08
Frio Aéreo	1	10	8.14	3.57
Marriot	1	10	6.91	3.05

TABLA N° 3. 28 Nivel de cortocircuito Estado permanente (Ik) condición de Emergencia (caso 06)

BUS			FALLA 3-FASE	FALLA LINEA A TIERRA
Subestación	Barra	kV	Mag (kA)	Mag (kA)
Principal de 10kV	A	10	6.26	2.69
	B	10	8.01	3.47
	Emergencia	10	6.33	3.05
	Grupo Elect. 01	0.48	45.81	57.46
	Grupo Elect. 02	0.48	45.81	57.46
	Grupo Elect. 03	0.48	45.81	57.46
	ST-PS-01	10	7.99	
	ST-PB-01	0.23	74.47	
Concourse01	CO-PS-01	10	5.73	2.47
	CO-SB-01	0.48	33.17	36.36
Concourse02	CO-PS-02	10	7.19	3.12
	CO-SB-02	0.48	35.04	37.86
Concourse03	CO-PS-03	10	5.62	2.42
	CO-SB-03	0.48	33.03	36.25
Concourse04	CO-PS-04	10	6.86	2.98
	CO-SB-04	0.48	34.74	37.64
Concourse05	CO-PS-05	10	5.41	2.34
	CO-SB-05	0.48	32.76	36.05
Concourse06	CO-PS-06	10	6.6	2.87
	CO-SB-06	0.48	33.17	37.45
Terminal 01	TE-PS-01	10	7.33	3.19
	TE-PS-02	10	5.68	2.45
	TE-PS-03	10	7.12	3.09
	TE-SB-01	0.23	73.21	79.05
	TE-SB-02	0.23	69.11	75.79
	TE-SB-03	0.48	34.98	37.81
Perú plaza 01	PP-PS-01	10	7.31	3.17
	PP-SB-01	0.23	73.34	79.16
Perú plaza 02	PP-PS-02	10	5.82	2.52
	PP-SB-02	0.48	33.22	36.39
Mecánica	1	10	5.88	2.54
Nueva sur	1	10	6.92	3.04
Caza fuerza	1	10	4.93	2.16
Flores Esmeralda	1	10	5.55	2.41
Antena Radar	1	10	5.42	2.34
Aduanas	1	10	3.98	1.77
Planta de Tratamiento 01	1	10	3.56	1.59
Planta de Tratamiento 02	1	10	3.55	1.59
Cisterna Playa	1	10	4.78	2.09
Avianca	1	10	6.1	2.68
Pozo Bomba 02	1	10	4.43	1.97
Frio Aéreo	1	10	4.69	2.06
Marriot	1	10	4.2	1.85

3.5 Coordinación de las protecciones.

Los dispositivos de protección representan una función importante en el sistema eléctrico, en respuesta a algún incidente por ejemplo los de sobre corriente deben de cumplir los siguientes requerimientos generales:

- ✓ Ser Automáticos
- ✓ Ser fácil remplazo y restablecidos
- ✓ Ser seguros bajo condiciones normales y de sobre corriente
- ✓ Transportar la corriente normal sin ninguna interrupción

El estudio de coordinación de protección es de terminar las características, ajustes y rangos de los dispositivos de protección, tal que, se minimicen los daños a los equipos en condiciones de funcionamiento anormal.

3.5.1 Sistema de Protección Propuesto

Este estudio contempla la coordinación de protección de los relés de sobre corriente que permite proteger las subestaciones en 10kV y subestaciones periféricas.

Los criterios para este estudio de coordinación fueron los siguientes:

- ✓ Puntos de magnetización del transformador que es el efecto de la corriente de magnetización del transformador, este valor se calcula como múltiplo de la corriente nominal del transformador y varía de acuerdo con la capacidad del mismo. Este valor puede alcanzar un rango de 8 a 25 veces la corriente nominal. Las reglas de oro para estos puntos son 12 veces la corriente de plena carga del transformador en 0,1 s y 25 veces en 0.01 s [1].
- ✓ Construcción de la curva de daño del transformador, se graficó según su categoría, se tomó como referencia los estándares.
- ✓ Criterios de protección en lado primario del transformador se tuvo en cuenta la corriente de plena carga. Los ajustes para las unidades de sobre corriente asociados al lado de alta de los transformadores fueron 0.8-1.2XFLA (Full Load Ampere) del transformador.
- ✓ Se consideró la coordino la protección asociada al lado de baja del transformador de manera tal que esta dispare antes que la protección primaria.
- ✓ El alimentador de mayor carga será el primero de ser coordinado y el mismo determinara el punto crítico de coordinación con los dispositivos que van hacia otras cargas.

- ✓ El ajuste del valor de arranque de los relés de fase se seleccionó de modo tal que sea mayor que la corriente de carga posible esperada en el circuito por ejemplo:

$$1.3I_{cm\acute{a}x} \leq I_{pickupf} \leq 1.5 I_{cm\acute{a}x}$$

$I_{cm\acute{a}x}$ = corriente de carga máxima.

$I_{pickupf}$ = corriente de arranque en los relés de fase

Los relés de neutro no miden la corriente de carga, sino la corriente residual en el terminal donde están instalados, en un sistema perfectamente balanceado la corriente residual es nula, por lo que los relés de neutro no deberían operar; sin embargo se sabe que en los sistemas reales siempre existe un cierto desbalance y la corriente residual no es cero.

- ✓ La corriente residual es menor al 10% de la corriente de carga, pero en general puede tomar valores mayores, por lo que en este estudio se considerará un rango entre 10 y 20% de la corriente de fase.

$$10\%I_{pickupf} \leq I_{pickupN} \leq 20\% I_{pickupf}$$

$I_{pickupN}$ = corriente de arranque en los relés de neutro.

La corriente de arranque para las protecciones instantáneas tanto de fase como de neutro deberá despejar sin retardo intencional la mayor corriente de falla trifásica y de línea a tierra respectivamente que pueda producirse en la barra más cercana al dispositivo de protección.

- ✓ El factor de curva (K) o dial del relé del interruptor principal fue ajustado de acuerdo a la coordinación con el relé de sobre corriente aguas abajo, de tal manera de cumplir con el intervalo de 0.30 segundos y expuesto en la **TABLA N° 2.4**.
- ✓ El instantáneo se ajustó de manera tal de cumplir con el intervalo de coordinación de 0.30 segundos, en el nivel de falla máximo.
- ✓ Al igual que para el relé aguas abajo, la unidad de tierra del relé del interruptor principal en el nivel de 10 kV se ajustó a valores mínimos que cumplieran con el intervalo de coordinación establecido, esto para asegurar rapidez y sensibilidad.

La metodología mencionada fue aplicada a los dispositivos de protección del sistema eléctrico del AIJCH,

El estudio de coordinación de protecciones que se presenta en este trabajo se realizó tomando en consideración los criterios antes definidos y con la aplicación de la herramienta computacional Power Factory 14.1 - Digsilent.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

De acuerdo con el objetivo del proyecto, se analizara la coordinación de las protecciones en el nivel de 10kV, desde la S.E. Principal hasta cada dispositivo de protección de cada subestación de distribución como se describe en el capítulo 3 – sección 3.1.2.

Entre los aspectos más importantes que pudieron ser evaluados a partir de los resultados del estudio de cortocircuito, se verificó la capacidad de interrupción de los interruptores que se encuentran instalados en la sub-estación. Este estudio contempló el análisis de las corrientes de cortocircuitos trifásicos, y monofásicos.

4.1 Sistema de Control.

El sistema de control y enclavamientos del Master Control DMC 300 se muestra en los siguientes anexos:

- ✓ El anexo A describe los posibles casos de la potencia disponible durante cualquier evento o falla de los alimentadores principales (utility), alimentación de respaldo y grupos electrógenos de respaldo
- ✓ El anexo B: muestra diagrama unifilar del sistema de control del DMC 300,
- ✓ El anexo C muestra el diagrama unifilar de la S.E. Principal de 10kV con la nueva topología

4.2 Coordinación de protección:

Se procedió a realizar las coordinaciones de protección con criterios mencionados como se describen el capítulo 02,

Estas coordinaciones se reflejan a través de las curvas de protección que se realizaron éntrelas subestaciones. Ver los siguientes documentos:

- ✓ Anexo D se refleja las curvas de protección de cada sub estación de 10kV así como la coordinación de protección de los grupos electrógenos.
- ✓ Anexo E muestra análisis de flujo de carga y análisis de cortocircuito para las dos condiciones (Normal y Emergencia).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El sistema eléctrico de las instalaciones del AIJCH cuenta a partir de ahora con una base de datos más actualizada y registrada, con el cual se puede evaluar y simular las diferentes condiciones del sistema y estudios como flujo de carga, análisis de cortocircuito, coordinación de protecciones (como este proyecto) entre otros.
2. Con el análisis de flujo de carga se determinó que el sistema no se ve afectado al entrar en operación la nueva topología en sus instalaciones eléctricas, ya que se mantienen los perfiles de tensión en las barras de las subestaciones y no se violan los límites establecidos por la norma ANSI C84.1-1995 y NTCSE (Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos) que indica el $\pm 5\%$ de la tensión nominal.
3. Con el análisis de cortocircuito se verificó la capacidad de cortocircuito de los equipos que se encuentran conectadas en cada subestación en nivel de tensión 10kV y están por encima del nivel de falla máxima esperada, pero en los dispositivos protección (interruptores principales) de baja tensión de 0.23kV y 0.48kV, estos valores están por debajo de del nivel de falla máxima esperada.
4. Las gráficas tiempo-corriente mostrados en el anexo D, que se obtuvieron del estudio de coordinación de protecciones asegura disparos selectivos cuando existan fallas ubicadas agua abajo.
5. La coordinación de protecciones realizada permite normalizar el sistema eléctrico para así hacerlo más confiable, además garantiza que se mejore la selectividad permitiendo que se aislen las fallas sin que se logre afectar en gran medida todo el sistema.
6. Los intervalos de tiempo para la coordinación se tomaron de la *IEEE Std 242-2001™-Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*, estas se muestra en la **TABLA N° 2.3** y **TABLA N° 2.4** del capítulo 2 de este informe.

7. En caso de realizar ajustes a los dispositivos de protección ubicados aguas abajo de las subestaciones deberán estar limitados por los ajustes presentados en este trabajo.

Recomendación

1. Se recomienda reemplazar los dispositivos de protección (interruptores de principales de Baja tensión 230 V y 480 V) por un poder cortocircuito mayor al valor como se indica en la **TABLA N° 3.25**.
2. Mantener los planes de mantenimiento para disminuir la probabilidad de ocurrencia de fallas o condiciones anormales, aumentando así la confiabilidad del en el sistema eléctrico del AIJCh.
3. Se deberá realizar nuevas corridas de cálculos de cortocircuito, para elegir las características adecuadas de los equipos eléctricos, al momento de realizar nuevas instalaciones o modificaciones al sistema eléctrico.
4. En caso de mantenimiento de las barras A o B, o alguna operación manual deberá tomar en cuenta la secuencia de operación que se encuentra en el **Anexo A**

ANEXOS:

- A. Secuencia de operación del Master Control DMC-300
- B. Control DMC-300
- C. Diagrama unifilar de la subestación 10kV
- ✓ D. Curvas de protección de las Subestaciones eléctricas
- E. Flujo de carga y análisis de cortocircuito.
- F. Hoja de Datos Técnicos de Grupo Electrónico – *STAMFORD-PI734D-Winding*
07

BIBLIOGRAFIA

- [1] IEEE Std 242-2001™, “Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems”, 17 December 2001.
- [2] IEEE Std C57.12.59, “Guide for Dry-Type Transformer Through-Fault Current Duration”, 10 January 2002.
- [3] IEC 60909 Short-circuit Currents In three-phase A.C systems, July 2002
- [4] Cummins Power Generation, Paralleling Equipment Power Command Model 300 – Digital Master Control, 4 December 2002.
- [5] User Manual DIgSILENT GmbH. PowerFactory V14.1, 2012.
- [6] DIgSILENT PowerFactory, “Short-Circuit Calculations *Training Course Documents*”, June, 2003.
- [7] DIgSILENT PowerFactory, “Loadflow Calculations - Basic Principles and Models”
- [8] Instrucciones del “Relé de Protección FP-5000 –EATON”, Junio 2003
- [9] Guía CGMCOSMOS de Ormazábal – “Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas”.
- [10] Guía GAMA SM6/*Schneider Electric* – “Sistema modular y compacto con aislamiento integral en gas”.
- [11] Guide for protection Low voltage MicroVersaTrip Plus™ and MicroVersaTrip PM™ Trip Units –General Electric.
- [12] Guide for Magnum DS Low Voltage Air Circuit Breakers - EATON,
- [13] NTCSE Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
- [14] Hadi Saadat Power System Analysis, 1999.

ANEXO A

SECUENCIA DE OPERACIÓN DEL MASTER CONTROL DMC-300

TÍTULO DE DOCUMENTO : SECUENCIA DE OPERACIÓN PARA DMC300

UBICACION : Aeropuerto Internacional Jorge Chávez



Cummins Power Generation Ltd
Manston Park, ColumBus Ave, Manston,
Ramsgate, Kent. CT12 5BF England.

Caso 1 > Condiciones Normales.

- El Interruptor **52-A** del Suministro Principal se encuentra cerrado y en uso además el Suministro está disponible.
- El Interruptor **52-B** de Suministro Respaldo se encuentra abierto. Este suministro se encuentra disponible.
- Los Interruptores **52-301** y **52-305** se encuentran cerrados conectando las Barras "A" y "B".
- Todas las cargas de las Barras "A" y "B" están siendo alimentadas mediante el Suministro principal.
- Las cargas se encuentran conectadas a la Barra "A" mediante los interruptores **52-101 al 52-109**. Las cargas conectadas a la barra B se encuentran conectadas mediante los interruptores **52-201 al 52-208** y **52-306**
El interruptor **52-120** (Tie) está configurado como un alimentador denominado **52-109** y es controlado por el DMC. Los interruptores de carga pueden configurarse para controlar hasta con 18 niveles de carga es decir, Agregar: del 1 al 18 / Rechazar: de 0 a 17. El sistema soporta el modo operación en barra Simple u operación barra dual como los indicados en el modo de operación.
- Los interruptores de MT(media tensión) de los Grupos Electrógenos **52-302 al 52-304** se encuentran están abiertos.
- Los interruptores de BT de los Grupos Electrógenos **52-G1 al 52- G3** se encuentran abiertos.
- En la figura 01 se muestra la configuración de la nueva topología.

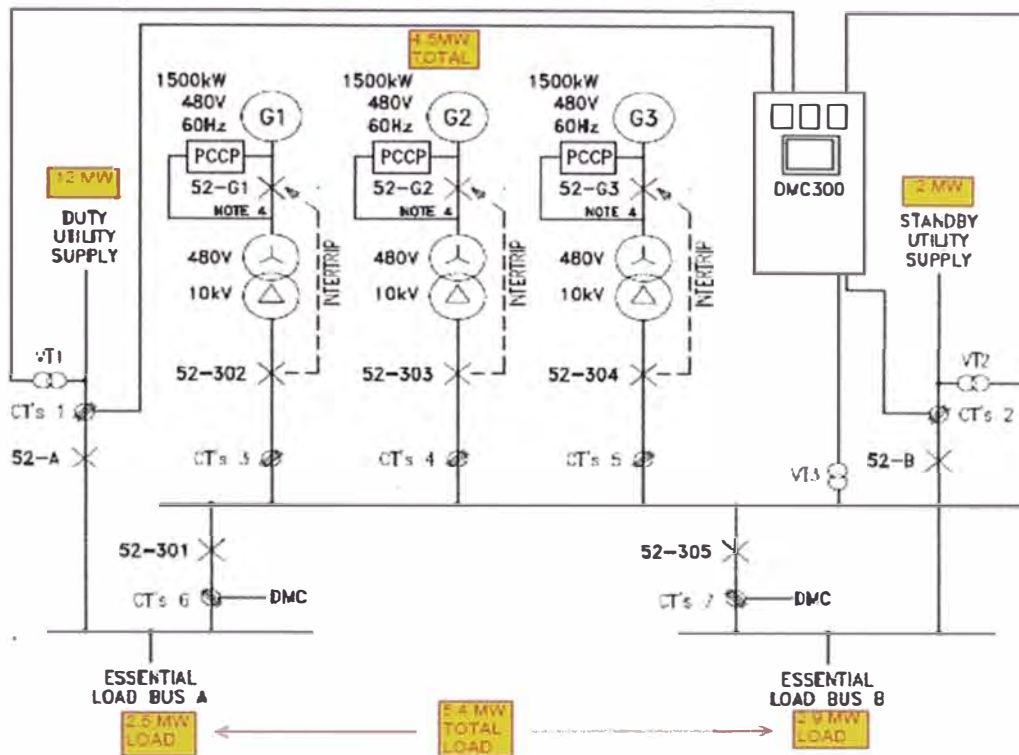


Figura 01 Configuración de la Nueva topología controlada por el DMC

Caso 2 > Mantenimiento de las barras A - 'ON'

- Manualmente, los operadores realizarán la transferencia de carga de la Barra "A" a la barra "B" (Según el nivel de voltaje de la carga) en este punto deberían decidir cuánto de carga debe ser conectada.
- El operador seleccionará la opción de Mantenimiento de la barra "A" en "ON" usando botones del HMI.
- El DMC comandará el cierre de los interruptores de MT **52-302 al 52-304**.
>> Si uno de los interruptores de MT falla en el cierre, el DMC emite una alarma visual y auditiva y no permite el arranque del Grupo Electrónico asociado al interruptor de MT que presentó falla en el cierre.
- Los interruptores de carga **52-101 a 52-109** de la barra "A" serán abiertos, pero la carga en BT de la barra "A" serán alimentadas por la barra "B".
>> Los interruptores BT de la carga no son monitoreados por el DMC.
- El DMC comandará el arranque de los Grupos Electrónicos **G1, G2 y G3**. Los equipos serán comandados para ponerse en paralelo y la barra de los Grupos Electrónicos será alimentada por el Suministro principal.

- La tarjeta Bus PT del PCC3100 permitirá sincronizar el Grupo Electrónico con la barra y luego cerrar el interruptor de BT.
 - >> Si uno de los Grupos Electrónicos falla en el arranque, el DMC emite una alarma visual, auditiva y la transferencia continua con capacidad reducida.
 - >> Si uno de los Grupos Electrónicos no sincroniza después de un intervalo de tiempo, el DMC emite una alarma visual y auditiva pero continuará intentando sincronizar hasta que el operador coloque el Switch en modo manual. La transferencia continuará con capacidad reducida.
- Las cargas no críticas son rechazadas a la barra "B" (Las barra "B" tiene conectadas las cargas de "A" en niveles LV)
 - >> Las cargas conectadas a las barras consideradas como no críticas numeradas del 1 al 9.
- Cuando el DMC transfiera la carga del Suministro principal a los Grupos Electrónicos, comandará la apertura del interruptor de MT **52-301** dejando a los Grupos Electrónicos alimentando la barra "B".
- >> Si la carga suficiente no es transferida en un tiempo configurado entonces aparecerá una falla de protección de máximo tiempo en paralelo, el DMC emitirá una alarma visual y auditiva y el interruptor de MT **52-301** se apertura con carga previamente el DMC verificó que los Grupos Electrónicos se encuentran en capacidad de asumir la carga del sistema. Si el proceso no es detenido y la falla no es corregida se requerirá que se realice un reset del sistema para continuar con el proceso. Si el interruptor **52-301** falla al abrirse el proceso es detenido hasta que la falla este corregida y se reinicie el sistema.
- El DMC enviará una señal para que los Grupos Electrónicos se pongan en paralelo con el Suministro Respaldo, cuando estén sincronizados y se cumplan con las condiciones de paralelismo se cerrará el interruptor 52-B y luego los Grupos Electrónicos serán comandados para operar en modo Peak Shave, ajustado a un valor de 2MW en el
- DMC, suministrando potencia a la carga durante los periodos de Picos de carga.
 - >> Si los Grupos Electrónicos fallan al ponerse en sincronismo con el Suministro Respaldo el DMC emite una alarma visual y auditiva y continua el intento de sincronismo.
 - >> Si el interruptor 52-B del Suministro Respaldo falla en el cierre, el DMC emite una alarma visual y auditiva y el proceso es interrumpido hasta que la falla sea

corregida y la alarma reseteada en el HMI.

- La secuencia para agregar carga (*Load Add*) es reiniciada y los interruptores de carga de la barra "B" que han sido aperturados debido a la baja potencia del suministro son cerrados de acuerdo a la secuencia de prioridades.
- EL DMC comanda la apertura del Suministro Principal **52-A**. Ahora el interruptor de acoplamiento **52-301** y el interruptor del Suministro Principal **52-A** permanecerán bloqueados.
- El operador colocará a tierra la barra "A" y luego procederá a realizar el mantenimiento de la barra.
- El sistema está ahora en Modo *Peak Shaving* Paralelo Extendido y la principal protección de desacoplamiento (G59) para este modo está conectado. Si el Suministro Respaldo falla en este modo de operación el interruptor **52-B** se abrirá y se habilitará la protección G59 en el Suministro Respaldo a través de una señal de libre voltaje en el DMC. (Cerrado cuando funciona). El DMC también envía una señal de falla al Interruptor 52-B.

Caso 2 > Mantenimiento de las barras A - 'OFF'.

- El operador retira la puesta a tierra de la barra "A".
- El operador remueve los bloqueos de los interruptores 52-A y 52-301.
- El operador seleccionará la opción de Mantenimiento de la barra "A" en "OFF" usando botones del HMI.
- El DMC comandará que el modo *Peak Shave* sea detenido y se iniciará una transferencia de carga del Suministro Respaldo a los Grupos Electrónicos.
- Los Grupos Electrónicos tomarán carga hasta su máxima capacidad de modo que el Suministro Respaldo se quede sin carga, en ese momento el DMC comandará la apertura del interruptor 52-B; y la energía a la barra "B" será suministrada por los Grupos Electrónicos.
 - >> De no lograrse reducir la carga del Suministro Respaldo el DMC dará una alarma auditiva/visual y detendrá el proceso. La carga deberá ser reducida manualmente y se requerirá un restablecimiento del sistema para continuar el proceso.
 - >> Si el interruptor falla al aperturarse, el DMC dará una alarma auditiva/visual y el proceso será detenido. Se requerirá un restablecimiento del sistema para continuar el proceso.

- El DMC comandará el cierre del interruptor de acoplamiento 52-301 y energizará la barra "A".
 - >> Si el interruptor falla en el cierre, el DMC da una alarma auditiva/visual y el proceso es detenido. Para continuar con el proceso se requerirá que la falla sea corregida y la alarma reseteada.
- El DMC sincroniza los Grupos Electrógenos con el Suministro normal, cuando esto se logra cierra el Interruptor 52-301.
 - >> Si los Grupos Electrógenos no sincronizan con el Suministro Principal, el DMC emitirá una alarma auditiva/visual y continuará tratando de sincronizar. Si la carga de las barras excede la capacidad de los Grupos Electrógenos el sistema no sincronizará y se enviará una señal de rechazo de carga.
- La carga de la barra de la "B" será retransferida al Suministro Principal, reduciendo así la carga de los Grupos Electrógenos.
- Cuando la carga de los Grupos Electrógenos este debajo de los 50 kW, se abren los interruptores de los Grupos Electrógenos 52-G1 al 52-G3 y se permitirá que los Grupos Electrógenos se enfríen y paren.
 - >> Si el interruptor del Grupo Electrógeno falla y no abre, el DMC da una alarma audible/visual.
 - Si el Grupo Electrógeno está en buenas condiciones, continuará funcionando con la alarma activa.
 - Si un Grupo Electrógeno presentó una parada los demás Grupos Electrógenos serán detenidos, y los interruptores de MT 52-302 al 52-304 serán aperturados por el DMC.
- La secuencia de conexión de carga es iniciada asegurando que cualquier interruptor de la barra "A" que este abierto se cierre de acuerdo a la secuencia determinada.
 - >> Los interruptores de carga en BT no son monitoreados por el DMC.
- Manualmente, el operador transfiere la carga de la barra "B" a la barra "A" en niveles de bajo voltaje.
- El DMC abre los interruptores 52-302 a 304, desenergizando los transformadores de los Grupos Electrógenos.
- Ahora el sistema está nuevamente en condiciones normales, tal como se describió en el Caso 1.

Caso 3 > Mantenimiento de la Barra "B" – 'ON'

- Manualmente, los operadores transfieren la carga de la barra "B" a la barra "A" (Teniendo en cuenta el nivel de tensión de la carga).
- El operador seleccionará la opción de Mantenimiento de la barra "B" en "ON" usando botones del HMI en el DMC.
- El DMC abre los interruptores 52-201 al 52-208 en las barras B. El DMC abre el interruptor de acoplamiento 52-305.
- El operador pone llave a los interruptores **52-305 y 52-B** en posición manual y abierto, permitiendo que se inicie el mantenimiento del sistema de barras B.

Caso 3 > Mantenimiento de la Barra B – 'OFF'

- Con la llave correspondiente, el operador retira los seguros y cambia la posición de comando de los interruptores de MT 52-B y 52-305, a remoto.
- El operador seleccionará la opción de Mantenimiento de la barra "B" en "OFF" usando botones del HMI en el DMC.
- El DMC comanda el cierre de los interruptores de acoplamiento **52-301 y 52-305** y energiza la barra B.
>> Si el interruptor acoplador falla en el cierre el DMC da una alarma audible/visual y el proceso de transferencia es interrumpido hasta que la falla sea corregida y la alarma reseteada en el HMI.
- El DMC comanda para que se conecten las cargas a la barra "B" de acuerdo a la secuencia requerida.
- Manualmente, el operador transfiere las cargas de la barra "A" a la barra "B" a niveles de bajo voltaje.
- Ahora el sistema está nuevamente en condiciones normales, tal como se describió en el Caso 1.

Caso 4 > Falla simultánea de ambos suministros.

- Ambos Suministros el Principal y Respaldo envían al DMC una señal de pérdida de energía mediante un contacto que cierra en caso de falla.
- El DMC detecta que existe ausencia de tensión en ambas fuentes; entonces se inicia el periodo tiempo para la transferencia (Ajustable en el HMI).
- Cumplido los tiempos de transferencia, el DMC abre ambos interruptores de los

suministros 52-A y 52-B.

>> Si alguno de los interruptores no abre, el DMC da una alarma visual/auditiva y el proceso se interrumpe hasta que la falla sea resuelta y se cancele la alarma del interruptor en el HMI.

- El DMC verifica/cierra los interruptores MT de acoplamiento **52-301 y 52-305**.
- Los interruptores de carga se abren (**52-101 a 52-109 & 52-201 a 52-208 & 52-306**).

>> Los interruptores de carga no son monitoreados por el DMC.

- El DMC cierra los interruptores MT **52-302 al 52-304**.
- Los Grupos Electrógenos se ponen en paralelo con las barras de emergencia, procediéndose a realizar el sincronismo y teniendo como base el sensor *First Start* del módulo *Bus PT*, el sincronizador del *PCC* para cerrar el interruptor en baja tensión.
- En cuanto se confirma la presencia de tensión en las barras A y B, el DMC cerrará los interruptores de MT **52-101 a 52-109 & 52-201 a 52-208 & 52-306** de manera secuencial, asimismo el DMC verifica la capacidad de carga disponible y la compara con la siguiente carga que se añade según lista de prioridad de carga, de no superarse la capacidad del Grupo Electrónico el DMC añade la siguiente carga de la lista. El proceso continua hasta completar la capacidad total de los Grupos Electrónicos.
- Si posteriormente la carga excede la capacidad de los Grupos Electrónicos se emitirá una alarma y el DMC rechazará la carga menos prioritaria.
- Los Grupos Electrónicos están trabajando a plena carga y alimentando las principales cargas del sistema.
- Una vez que todas las cargas se encuentren conectadas y la opción de "Demanda de Carga" está ajustada en "ON" y la carga es menor a la requerida entonces solo se tendrá encendidos los Grupos Electrónicos necesarios para satisfacer la demanda de carga.

Caso 4 > Retorno a la normalidad

En caso que los dos suministros retornen al mismo tiempo, se dará preferencia al suministro normal.

Este caso se analizará asumiendo las dos posibilidades de secuencia de retorno: Que retorne primero el Suministro Principal o que retorna primero el Suministro de

Respaldo.

- **Retorno del Suministro Principal:**

- Mediante la apertura de un contacto, el cual cierra cuando no hay tensión; el DMC verifica que el Suministro Principal retorne.
- El DMC espera por un corto tiempo configurable, para verificar que el retorno es confiable, que no se trata de un retorno temporal.
- El DMC comanda a los Grupos Electrónicos para que sincronicen con el Suministro Principal.
- Cuando se cumplen las condiciones de sincronismo, el DMC cierra el interruptor MT **52-A**, y luego los Grupos Electrónicos son comandados para operar en modo "Carga Base" durante un corto periodo de estabilización de dos minutos.
- El sistema se encuentra en modo Paralelo Extendido Carga Base y la protección de desacoplamiento (G59) para este modo está conectado en el Switchgear. Si el Suministro Principal falla en este modo el interruptor del suministro normal se abrirá y G59 enviará una señal libre de voltaje mediante contacto y una señal de falla de suministro normal. La apertura del interruptor MV del Suministro Principal podrá causar que se exceda la capacidad de los Grupos Electrónicos, teniendo que rechazar el exceso de carga.
- Después de dos minutos de operación en Carga Base el DMC comandará que los Grupos Electrónicos mediante una rampa de descarga transfieran la carga al Suministro de Principal, luego se retirará las señales de arranque. Los Interruptores de BT 52-G1 al 52-G3 se abrirán con un nivel de carga menor a 50 kW para luego hacer realizar la secuencia de enfriamiento y apagado de los Grupos Electrónicos.
- El DMC abre los interruptores de MT 52-302 al 52-304.

- **Retorno del Suministro Respaldo:**

- Si se detecta que el Suministro Respaldo retorna primero; el DMC espera un tiempo configurable antes de iniciar la secuencia del cambio para asegurarse que el Suministro Respaldo es confiable y que la tensión está dentro del rango aceptable.
- Se detecta que el Suministro Respaldo retorna dentro los límites permitidos y el contacto seco de falla del suministro principal permanece abierto.
- Con el tiempo de transferencia culminado (Configurable en el HMI) el DMC

comanda para que los Grupos Electrónico se sincronicen con el Suministro Respaldo.

- Cuando se cumplen las condiciones de sincronismo, el DMC cierra el interruptor **52-B**.

>> Si el interruptor del Suministro Respaldo no cierra, el DMC da una alarma visual/auditiva y el proceso de transferencia es detenido hasta que la falla sea corregida y la alarma reseteada en el HMI.

- Los Grupos Electrónicos operan en *Modo Peak Shave* con un valor ajustado en el DMC de 2MW.
- La secuencia de conexión de carga es iniciada afin de que el Suministro Respaldo tome la carga que en su momento fue rechazada debido a la baja capacidad de los Grupos Electrónicos. El DMC comanda a los Grupos Electrónicos que transfieran la carga al Suministro Respaldo hasta que la carga recibida de este suministro alcance los 2 MW.
- El Sistema se encuentra trabajando en modo Paralelo Extendido *Peak Shave* y la protección de desacoplamiento (G59) para este modo esta habilitado en el *Switchgear*. Si el Suministro Respaldo falla en este modo el interruptor de MV del Suministro Respaldo se abrirá y G59 enviará una señal libre de voltaje mediante contacto y una señal de falla de Suministro Respaldo. La apertura del interruptor de MV del Suministro Respaldo podrá causar que se exceda la capacidad de los Grupos Electrónicos, teniendo que rechazar el exceso.

>> Si uno de los Grupos Electrónicos presenta un *Shutdown* en pleno trabajo (*Peak Shave*) el Suministro respaldo se verá afectada por una sobrecarga, y posiblemente los Grupos no podrán asumir la carga. En caso de falla de Grupo Electrónico el DMC realizará una comparación del valor ajustado de 2 MW en el *Peak Shave* y los valores de la carga, si se excede esos valores el DMC rechazará la carga de menor prioridad hasta que la carga se restablezca a 2 MW.

Caso 5 > Falla Suministro Respaldo

En el caso de que falle el suministro Respaldo, pero se cuente todavía con el Suministro Principal, la secuencia de eventos programada será como sigue

- La falla del Suministro Respaldo será detectada por el DMC 300 mediante el cierre de un contacto auxiliar que se mantiene abierto cuando la tensión es correcta.

- El Interruptor 52-B está abierto, sin embargo el DMC enviará un comando de apertura para asegurarse que lo está.
- DMC da una alarma en el despliegue del sistema como un aviso de que el suministro de Respaldo no está disponible.

Caso 5 > Regreso del Suministro Respaldo (B), Suministro Principal Disponible

- Cuando Suministro Respaldo está dentro de los parámetros de operación el DMC recibirá la señal de que está disponible el suministro Respaldo desde el sistema usuario. DMC permitirá resetear la alarma en el HMI.
- Ahora el sistema está nuevamente en condiciones normales, tal como se describió en el Caso 1.

Caso 6 > Falla del Suministro Principal, Suministro Respaldo disponible.

- El DMC300 confirma que el Suministro Respaldo está disponible a través de una señal.
- La falla del suministro principal será detectada por el DMC300 mediante el cierre de un contacto auxiliar.
- El DMC detecta la falla del suministro principal y después de transcurrido un tiempo configurable en el HMI manda a abrir el interruptor 52-A.
- El DMC enviará una señal para el cierre de los interruptores de MT 52-302 al 52-304.
- El DMC enviará la señal de arranque a los grupos electrógenos G1, G2 y G3 e inhibirá el cierre de los interruptores de los Grupos Electrógenos.
- El DMC mandará a abrir los interruptores de carga de las barras "A" y "B".
- El DMC mantiene abiertos los interruptores de MT 52-301 y 52-305.
- El DMC cerrará el interruptor del suministro Respaldo 52-B energizando las barras muertas "A" y "B" y los transformadores de 440V/10kV.
- El DMC inicia el proceso de añadir según la secuencia de prioridades establecidas para la barra "A" y para la barra "B" el proceso de restablecimiento continúa hasta que la carga del suministro Respaldo llegue a los 2MW menos la carga más grande o significativa. Por ejemplo A1 luego B1, A2 luego B2, A3 luego B3 (1678 kw) con este criterio la carga A4 ya no se podría conectar porque excedería los 2MW (2161kw) El valor de cada paso se establece y fija en el DMC y el orden de conexión / desconexión es fijo y sólo funciona como se muestra en la

tabla 01

- El DMC retirará la señal de inhibición o bloqueo de los interruptores de los Grupos Electrónicos y los sincronizará con el suministro Respaldo, cuando se encuentren sincronizados cerrará los interruptores y comandará los generadores en modo *Peak Shave* de 2MW, valor ajustado en el DMC. La carga pendiente de añadir se irá conectando en orden de prioridad y manteniendo el suministro Respaldo en 2MW.

>> Si alguno de los Grupos Electrónicos presenta una parada durante la operación en modo *Peak Shave* podría causar sobrecarga del suministro Respaldo si los demás Grupos Electrónicos no pueden asumir la carga del Equipo que se apagó. En esta situación el DMC comparará el valor *Peak Shave* de 2MW con la carga del suministro Respaldo y si se excede el DMC desconectará las cargas de más baja prioridad para no sobrecargar el suministro Respaldo ni exceder la capacidad de los Grupos Electrónicos que queden trabajando.

- Si posteriormente se conecta una carga y se excede con la capacidad combinada (Suministro Respaldo y Grupos Electrónicos) la carga de menor prioridad será desconectada y una alarma será anunciada en el DMC.
- En este momento el sistema se encuentra trabajando en modo Paralelo Extendido *Peak Shave* y la protección de desacoplamiento (G59) para este modo está conectado en el *Switchgear*. Si el Suministro Respaldo falla el DMC enviara una señal de alarma y abrirá el interruptor 52-B, lo que ocasionara que los generadores se sobrecarguen, para evitar que el sistema colapse el DMC rechazará carga hasta que la potencia de las cargas conectadas sea menor a la potencia útil combinada de los generadores que estén operado en ese momento

Caso 6 > Retorno del Suministro Principal, Suministro

Respaldo disponible.

- Cuando el DMC detecta que el Suministro Principal está dentro de los parámetros disponibles, esperará un tiempo programado, transcurrido el tiempo iniciará el retorno de la carga al Suministro Principal sin interrumpir el abastecimiento de energía a las cargas prioritarias.
- El DMC comandará a los Grupos Electrónicos para que tomen la mayor carga posible del Suministro Respaldo sin sobrecargarse. Cuando la carga en el

Suministro Respaldo sea menor a 50 kW se abrirá el interruptor 52-B, si la carga es mayor a 50 kW se desconectarán las cargas de menor prioridad de las barras "A" y "B" hasta que el Suministro Respaldo esté lo suficientemente descargado para desconectar el interruptor 52-B.

>> La lista cargas no críticas numerándolas del 1 al 9 son programarlas en la sección de control de carga.

- El DMC sincronizará los Grupos Electrógenos con el Suministro Principal y cuando se cumplan las condiciones cerrará el interruptor 52-A.

>>Si el interruptor del Suministro Principal 52-A falla en el cierre, el DMC emite una alarma visual y auditiva y el proceso de transferencia es interrumpido hasta que la falla sea corregida y se resetee la alarma en el HMI.

- La secuencia de reconexión de cargas se realizará en orden de prioridades y todos los interruptores abiertos se cerraran.
- La realizará la transferencia de carga al Suministro Principal a través de una rampa de descarga de los Grupos Electrógenos.

>>Si la suficiente carga no es transferida en un tiempo programado se enviará una alarma de máximo tiempo de operación en paralelo, el DMC emite una alarma visual y auditiva, entonces se detiene el proceso hasta que la falla sea corregida y el sistema sea reseteado para que continúe el proceso.

- Cuando la carga de los Grupos Electrógenos se encuentren en 50 kW los interruptores
- 52-G1 a 52-G3 se abrirán, permitiendo que los Grupos Electrógenos realicen tiempo de enfriamiento y se detengan.
- El DMC enviará una señal de apertura a los interruptores de MT 52-302 a 52-304. Ahora el sistema está nuevamente en la condición descrita en el caso 1.

Caso 7 > Suministro restringido ambos lados 1 – No requerido

Case 8 > Suministro restringido ambos lados 2 'ON'

>>Nota: En este caso se tendrán restricciones en ambos suministros y se requerirá que la carga se comparta, el Suministro Principal alimentará solo a la barra "A" y la barra "B" será alimentada por el Suministro Respaldo y los Grupos Electrógenos.

- El operador ajusta el valor de la Carga Base en el DMC.
- El operador selecciona "Modo Restringido 2" usando el botón pulsador en el HMI

del DMC.

- El DMC envía la señal de cierre a los interruptores de MT 52-302 a 52-304.
- El DMC arranca los Grupos Electrónicos y los sincroniza con la tensión en barras de emergencia, operando en modo de transferencia los Grupos Electrónicos toman carga hasta que la carga por el interruptor de MT 52-301 se reduce a un valor pequeño y el DMC apertura este interruptor, quedando la barra "B" energizada por los Grupos Electrónicos y la barra "A" energizada por el Suministro Principal
- El DMC sincroniza los Grupos Electrónicos con el Suministro Respaldo y cuando se cumplan las condiciones de paralelismo se cierra el interruptor de MT 52-B. Los Grupos Electrónico transfieren la carga al Suministro Respaldo hasta que llegan al valor de la Carga Base fijado al inicio de la operación y la diferencia es asumida por el Suministro Respaldo
- El operador informa a la Empresa Eléctrica que ya es posible restringir la energía del Suministro y la potencia restringida esta derivada a la barra B.
- En este momento el sistema se encuentra trabajando en modo Paralelo Extendido *Peak Shave* y la protección de desacoplamiento (G59) para este modo está conectado en el *Switchgear*. Si el Suministro Respaldo falla el DMC enviara una señal de alarma y abrirá el interruptor 52-B. El DMC emite una señal de fallo del Suministro Respaldo que cuando se recibe hará que el sistema funcione como en el Caso 5, excepto por los Grupos Electrónicos que suministrarán energía a las cargas de la barra "B" (2,9 MW) con la barra "A" a través del suministro Principal (2,4MW).

Case 8 > Suministro restringido ambos lados 2 'OFF'

- Culminada la restricción de Potencia se selecciona Restricción Modo 2 en OFF en el DMC.
- Se transfiere la carga del Suministro Respaldo a los Grupos Electrónicos, cuando la carga es suficientemente pequeña se abre el interruptor de MT 52-B, con lo que la barra B se encuentra alimentada por los Grupos Electrónicos.
- El sistema sincroniza los Grupos Electrónicos con el Suministro Principal y cuando se cumplan las condiciones de sincronismo el DMC cierra el interruptor de acoplamiento 52-301.
- La carga es transferida al Suministro Principal.

- Cuando los Grupos Electrógenos tienen una carga menor a 50 kW se apertura los interruptores 52-G1, 52-G2 y 52-G3, los Equipos realizan el tiempo de enfriamiento y se apagan.
- El DMC envía señal de apertura a los interruptores de MV 52-302, 52-303 y 52-304.
- El sistema está ahora en condiciones normales, tal como se detalla en el caso 1.

Modo de Transición > Abierto o Cerrado.

- Si se selecciona en el HMI el modo "Transición Cerrada" el sistema realizará una transferencia de carga suave de una fuente de suministro a otra sin corte de energía a las cargas. Las dos fuentes de suministro son sincronizadas y conectadas entre sí.
- Si se selecciona en el HMI el modo "Transición Abierta" el sistema realizará una transferencia de carga de una fuente de suministro a otra con interrupción de energía. Los dos sistemas no se conectarán entre sí.
>> El Modo de Mantenimiento, Modo restringido son Modos de transición cerrada solo debido a la naturaleza de la operación

Test 1> Prueba de Grupos Electrógenos con opción de carga base

- Esta prueba es posible solo con el Suministro Principal: Carga Base es ajustado en el DMC
- Si se selección en el HMI prueba con modo Carga Base "ON" ó remotamente se active mediante la señal de entrada cableada, la siguiente secuencia debe ocurrir.
- El DMC envía la señal de cierre a los interruptores de MT 52-302, 52-303 y 52-304. Los Grupos Electrógenos arrancan, se sincronizan y luego se ponen en paralelo con las barras de emergencia.
- Una vez conectados a las barras los Grupos Electrógenos tomaran carga de la barra lentamente hasta llegar a la Carga Base ajustada previamente.
- Una vez completada la prueba de Carga Base seleccionar la opción "Off". Luego la carga de los Grupos Electrógenos se reducirá lentamente para apertura los interruptores de paralelismo y los Grupos Electrógenos realizan el tiempo de enfriamiento para posteriormente apagarse.
- El sistema está ahora en condiciones normales, tal como se detalla en el caso 1.

Test 2 > Grupos Electr6genos en opci3n de sincronizaci3n remota.

- El prop3sito de esta prueba es comprobar que los Grupos Electr6genos con carga y con la opci3n de prueba de sincronizaci3n remota, son capaces de entrar en paralelo accionando los interruptores 52-A, 52-B y el DMC
- Como los Grupos Electr6genos no tienen la capacidad suficiente para suministrar energía a todo el Aeropuerto, se requiere que para la prueba de sincronizaci3n remota manualmente se reduzca la carga, de acuerdo a las prioridades ajustadas. Con la finalidad de causar el menor inconveniente durante esta prueba, el operador de mantenimiento reducirá la carga manualmente del aeropuerto, reduciéndola a un valor menor de 4.5Mw.
- Después de comprobar que la carga ha sido reducida y puede ser alimentada por los tres Grupos Electr6genos en paralelo, el operador seleccionará la opci3n de *Peak Shave* con el Suministro Respaldo y comenzará la prueba en el DMC o remotamente usando la seál cableada y deberá suceder la siguiente secuencia.
- El DMC revisará que esté en condiciones adecuadas el Suministro Principal y Respaldo y se procederá a iniciar la prueba.
- El DMC cerrará los interruptores 52-302, 52-303 y 52-304.
- El DMC arranca los Grupos Electr6genos G1, G2 y G3 y los sincroniza con la barra de los Grupos Electr6genos, operando en modo de transferencia tal que se vaya reduciendo la potencia en el Suministro Principal, cuando esta es lo suficientemente baja se abre el interruptor 52-A dejando a los Grupos Electr6genos suministrando energía a ambas barras en modo Load Share.
- Después de transcurrido el tiempo configurable (tiempo de prueba de sincronizaci3n paso 1) los Grupos Electr6genos G1, G2 y G3 se sincronizan con el Suministro Respaldo luego cierra el interruptor 52-B. Los Grupos Electr6genos realizan una rampa de descarga de carga al Suministro Respaldo configurada para *Peak Shave*.
- Después de transcurrido el tiempo configurable (tiempo de prueba de sincronizaci3n paso 2) se inicia la transferencia de la carga lo suficiente como para abrir el interruptor 52-B
- El DMC envía la seál a los Grupos Electr6genos para que se sincronicen con el suministro principal y cierre el interruptor 52-A.
- Al finalizar la prueba de sincronizaci3n remota se selecciona "off" de forma automática después de transcurrido el tiempo de prueba de sincronizaci3n 2. (La prueba de sincronizaci3n puede ser cancelada cuando se selecci3n off). La

carga se transferirá al Suministro Principal hasta reducir lo suficiente como para abrir los interruptores en los Grupos Electrónicos y realizar su secuencia de enfriamiento y apagado.

- Todas las cargas desconectadas inicialmente serán reconectadas manualmente por el operador.
- El sistema quedara en condiciones de operación normal como en el caso 1.

Test 3 > Prueba de Generadores sin carga.

- Si se selecciona en el HMI "Prueba de Grupos Electrónico sin carga", la siguiente secuencia ocurrirá.
- El DMC envía la señal de cierre a los interruptores de MT 52-302, 52-303 y 52-304.
- Los Grupos Electrónicos arrancan pero no permite que cierren sus interruptores de MT 52-G1, 52-G2 o 52-G3. Solo se recomienda el funcionamiento de los Grupos Electrónicos por periodos cortos de tiempo.
- Una vez completadas las pruebas sin carga, el DMC300 quita la señal de arranque de los Grupos Electrónicos y se ejecuta la secuencia de parada con enfriamiento.
- El sistema está ahora en condiciones normales, tal como se detalla en el caso 1.

Control de Carga.

- El mínimo número de Grupos Electrónicos en la línea antes de que se conecte la carga 1.
- Existen 18 niveles de control de carga y 18 relés para accionar los interruptores de alto voltaje, como se indica en la figura 02. Estos relés permiten accionar directamente la bobina del interruptor. Nota: la apertura y cierre de los contactos están diseñada para 125VDC@0.5A

Load Bus A Priority Control			Load Bus B Priority Control		
Load Name	Add Level	Shed Level	Load Name	Add Level	Shed Level
52-109 / MV-ST-01	0	0	52-201 MV-ST-10	0	0
52-102 / MV-ST-02	0	0	52-202 52-MV-11	0	0
52-103 / MV-ST-03	0	0	52-203 MV-ST-12	0	0
52-104 / MV-ST-04	0	0	52-204 MV-ST-13	0	0
52-105 / MV-ST-05	0	0	52-205 MV-ST-14	0	0
52-106 / MV-ST-06	0	0	52-206 MV-ST-15	0	0
52-107 / MV-ST-07	0	0	52-207 MV-ST-16	0	0
52-108 / MV-ST-08	0	0	52-208 MV-ST-23	0	0
52-109 / MV-ST-09	0	0	52-306 MV-ST-24	0	0
Range: 1-18 Range: 0-17			Range: 1-18 Range: 0-17		

Figura 02 Interruptores de carga: Prioridad de conexión y desconexión de cargas.

- Cada carga de la barra tiene su propia configuración de control de carga. Las cargas son conectadas según como el operador asigne a cada interruptor un nivel en el rango del 1 al 18. Múltiples interruptores pueden asignados como un mismo nivel de conexión. La más alta prioridad es de nivel 1 y en ambas barras no se puede exceder de la salida del Grupo Electrónico más pequeño.
- Cuando el primer Grupo Electrónico está en línea, la carga asignada al nivel 1 es conectada. Las demás cargas entraran cuando los siguientes Grupos Electrónicos entren en paralelo con las barras. Por ejemplo, cuando el segundo Grupo Electrónico entre paralelo con las barras las cargas de nivel de prioridad 2 podrá ser conectada.
- Cuando todos los Grupos Electrónicos se sincronicen satisfactoriamente con la barra se podrán agregar las siguientes cargas en orden de prioridad. Si uno o más Grupos Electrónicos falla en la sincronización solo se podrán conectar las cargas hasta la capacidad de este según el nivel de prioridad. En este caso el control automático de carga se puede anular para que el operador pueda agregar cargas manualmente desde el HMI teniendo en cuenta la reserva de carga disponible. Si durante la conexión manual de cargas el sistema se sobrecargara el control automático de cargas tomara nuevamente el control y rechazara cargas en función a los niveles de prioridad hasta estabilizar el sistema.

- La característica de rechazo de carga permite al operador asignar niveles de rechazo a cada interruptor en un rango de 0 al 17. El rechazo de carga de nivel 1 es el primer nivel de rechazo de carga. El rechazo de carga de nivel 0 no se puede rechazar. Los interruptores de carga rechazan las cargas cuando una señal de sobrecarga es recibida de los Grupos Electrónicos o si la capacidad de los Grupos Electrónicos es la adecuada como para cerrar los interruptores de carga. En condiciones de sobre carga el sistema rechazará cargas hasta estabilizar el sistema, una vez estabilizado se podrá seguir adicionando cargas manualmente a través de la pantalla del DMC siempre y cuando se tenga reserva de carga. El DMC proporciona un control discreto de cargas esenciales en cada barra para el sistema de barras dual
- Solo las cargas no prioritarias podrán ser desconectadas por el operador a través del HMI
- La prioridad de cargas se muestra en la siguiente tabla: 01
- **Interruptores de carga: Prioridad de conexión y desconexión de cargas.**

BARRA A					
ITEM	CODIGO INTERRUPTOR PROYECTADO	CODIGO INTERRUPTOR ACTUAL	CODIGO ALIMENTADOR PROYECTADO	CODIGO ALIMENTADOR ACTUAL.	NOMBRE DE CARGA
1	52-101	52-102	MV-ST-01	MV-ST-01	CO ESU 01
2	52-102	52-103	MV-ST-02	MV-ST-02	CO ESU 03 395
3	52-103	52-104	MV-ST-03	MV-ST-03	CO ESU 05 232
4	52-104	52-105	MV-ST-04	MV-ST-04	PP ESU 02 483
5	52-105	52-106	MV-ST-05	MV-ST-05	S.E. MECANICA
6	52-106	52-107	MV-ST-06	MV-ST-20	RESERVA
7	52-107	52-108	MV-ST-07	MV-ST-21	RESERVA
8	52-108	52-109	MV-ST-08	MV-ST-22	RESERVA
9	52-109	52-120	MV-ST-09	TIE	RESERVA
BARRA B					
ITEM	CODIGO INTERRUPTOR PROYECTADO	CODIGO INTERRUPTOR ACTUAL	CODIGO ALIMENTADOR PROYECTADO	CODIGO ALIMENTADOR ACTUAL..	NOMBRE DE CARGA
1	52-201	52-202	MV-ST-10	MV ST 10	CO ESU 06 169
2	52-202	52-203	MV-ST-11	MV ST 11	CO ESU 04 438
3	52-203	52-204	MV-ST-12	MV ST 12	CO ESU 02 32R
4	52-204	52-205	MV-ST-13	MV ST 13	PP ESU 01 322
5	52-205	52-206	MV-ST-14	MV ST 14	T. AUXILIARES
6	52-206	52-207	MV-ST-15	MV ST 15	TE ESU 01 230V
7	52-207	52-208	MV-ST-16	MV ST 16	TE ESU 01 480V
8	52-208	52-209	MV-ST-23	MV ST 23	UT-ESU-20
9	52-306	-	MV-ST-24	-	-

- Caso 6; Con prioridad de la columna izquierda las cargas que se pueden añadir están verde, y los que no se pueden añadir en Amarillo.

N°	BUS BAR	BREAKER	FEEDER	LOAD	KW
1		52-101	MV ST 01	CO ESU 01	129
2		52-102	MV ST 02	CO ESU 03	439
3		52-103	MV ST 03	CO ESU 05	258
4		52-104	MV ST 04	PP ESU 02	537
5		52-105	MV ST 05	S.E MECANICA	1073
6		52-106	MV ST 06	RESERVA	
7		52-107	MV ST 07	RESERVA	
8		52-108	MV ST 08	RESERVA	
9		52-109	MV ST 09	RESERVA	
1	B	52-201	MV ST 10	CO ESU 06	188
2		52-202	MV ST 11	CO ESU 04	537
3		52-203	MV ST 12	CO ESU 02	364
4		52-204	MV ST 13	PP ESU 01	358
5		52-205	MV ST 14	T. AUXILIARES	81
6		52-206	MV ST 15	TE ESU 01 230V	702
7		52-207	MV ST 16	TE ESU 01 480V	328
8		52-208	MV ST 23	UT-ESU-20/NUEVA SUR	294

Sobrecarga en barra aislada.

- Si por alguna razón ocurre una condición de sobrecarga, se generará una señal de rechazo de carga para iniciar el rechazo de carga en el sistema. Si la barra no regresa a la frecuencia del sistema en un tiempo programado (ajustable en el HMI), se generará otra señal de rechazo de carga hasta que la frecuencia en el sistema vuelva a estabilizarse. Las cargas rechazadas debido a una sobrecarga requerirán reseteo manual desde el HMI.

Demanda de carga

- Cuando el sistema está operando **en Modo de Emergencia** (los generadores están suministrando energía - hay pérdida de energía en el Suministro Principal ó Respaldo o ambas) o en modo de **Prueba con Carga** con "demanda de carga" seleccionada en el HMI, el control monitoreará continuamente el total de la carga en las barras. Si el total de la demanda de carga cae debajo de los límites establecidos por más de 15 min el sistema de control apagará los Grupos Electrónicos en un orden predeterminado, hasta alcanzar un mínimo de Grupos Electrónicos necesarios. El propósito de esta función es que los Grupos Electrónicos operen cerca de su capacidad nominal, disminuyendo de ese modo el consumo de combustible, reduciendo el desgaste del sistema. Cuando se requiera un incremento de carga en las barras los Grupos Electrónicos serán arrancados automáticamente (en orden inverso al que fueron apagados) y puestos en paralelo con la barra para asumir proporcionalmente la carga de las barras. A medida que ingresan los Grupos Electrónicos a la barra se irán conectando las cargas.
- El sistema compensará automáticamente los diferentes tamaños de los Grupos Electrónicos.

Modo de Operación Manual

- El operador seleccionará el Modo de Operación Manual en el DMC desde el HMI. Cuando se selecciona el Modo Manual en el DMC se activa cuando es confirmada la orden en el HMI. Se debe tener cuidado en la operación de los interruptores de MT de 10 kV, desenergizándolos de forma segura cuando están en modo manual ya que pueden causar daños personales y a la operación. Los Grupos Electrónico se pueden arrancar manualmente desde el DMC y los interruptores se pueden cerrar manualmente para conectar con las barras en caso de se presente una falla del suministro de energía y se opere en Modo Manual en una emergencia. El operador puede operar el sistema manualmente desde el HMI seleccionando el sistema de control en la pantalla por medio de una clave de comando, seleccionando manualmente el control del arranque y parada de los Grupos Electrónicos, cerrando los interruptores de las barras y usando el sistema de sincronismo de los *Power Command* de los Grupos Electrónicos. (para esto se requiere que los Grupos Electrónico estén en modo remoto) además, hay una página de control en el DMC para la operación manual de los interruptores. Cabe

resaltar que la operación de forma segura de los interruptores será responsabilidad del operador

Operación en caso de que uno o más Grupos Electrónico fallen.

- Si un Grupo Electrónico presenta problemas en el arranque, después culminado el tiempo programado del arranque (Ajustado en el Control del PCC) es decir, termina el tiempo de arranque la unidad presentará una falla y una alarma sonara. El control de prioridad del sistema manejará las cargas poniéndolas en servicio el orden de prioridad según la capacidad de los Grupos Electrónicos en servicio. La prioridad del control en el HMI puede utilizarse por el operador para agregar manualmente cargas de baja prioridad, si se determina que la capacidad de los Grupos Electrónicos es la suficiente para asumir la carga. El sistema priorizará la cargas de mayor prioridad en caso de que inadvertidamente el sistema sea sobrecargado por el operador.
- Si uno de los Grupos Electrónicos no se sincroniza, después de un intervalo de tiempo predefinido, sonará una alarma, pero la unidad seguirá intentando sincronizar hasta que se ponga en posición de parada el conmutador de los Grupos Electrónico.
- Cuando un Grupo Electrónico falle mientras está en paralelo y asumiendo carga podría provocar que se rechace la carga si se presenta problemas de sobrecarga y como consecuencia se enviará una señal de arranque a los Grupos Electrónicos que están apagados, y cuando arranquen se pondrán en paralelo con los demás Grupos Electrónicos de la barra manteniendo estable el sistema.
- Si existe una condición de sobrecarga y no hay Grupos Electrónicos disponibles una señal de sobrecarga continua en esta condición. Bajo estas condiciones la señal de rechazo de carga continuará rechazando carga hasta que el sistema retorne hasta niveles aceptables. Si no es posible rechazar las cargas los Grupos Electrónicos que están operando se apagaran por sobrecargas individuales.

Protección de Máximo tiempo en paralelo en el DMC.

- Cada una de las Fuentes tiene una protección de máximo tiempo en paralelo en el software del DMC.
En el modo paralelo extendido, el DMC es responsable de abrir el interruptor de acoplamiento de los Grupos Electrónicos que se encuentran en paralelo con el

suministros de energía, cuando el DMC comanda que los Grupos Electrónicos sean desconectados y esto seguro , es decir no se habrá pérdida de suministro de energía a la carga. El operador necesita resetear la falla en el HMI del DMC.

Protección de Alimentador Principal – G59

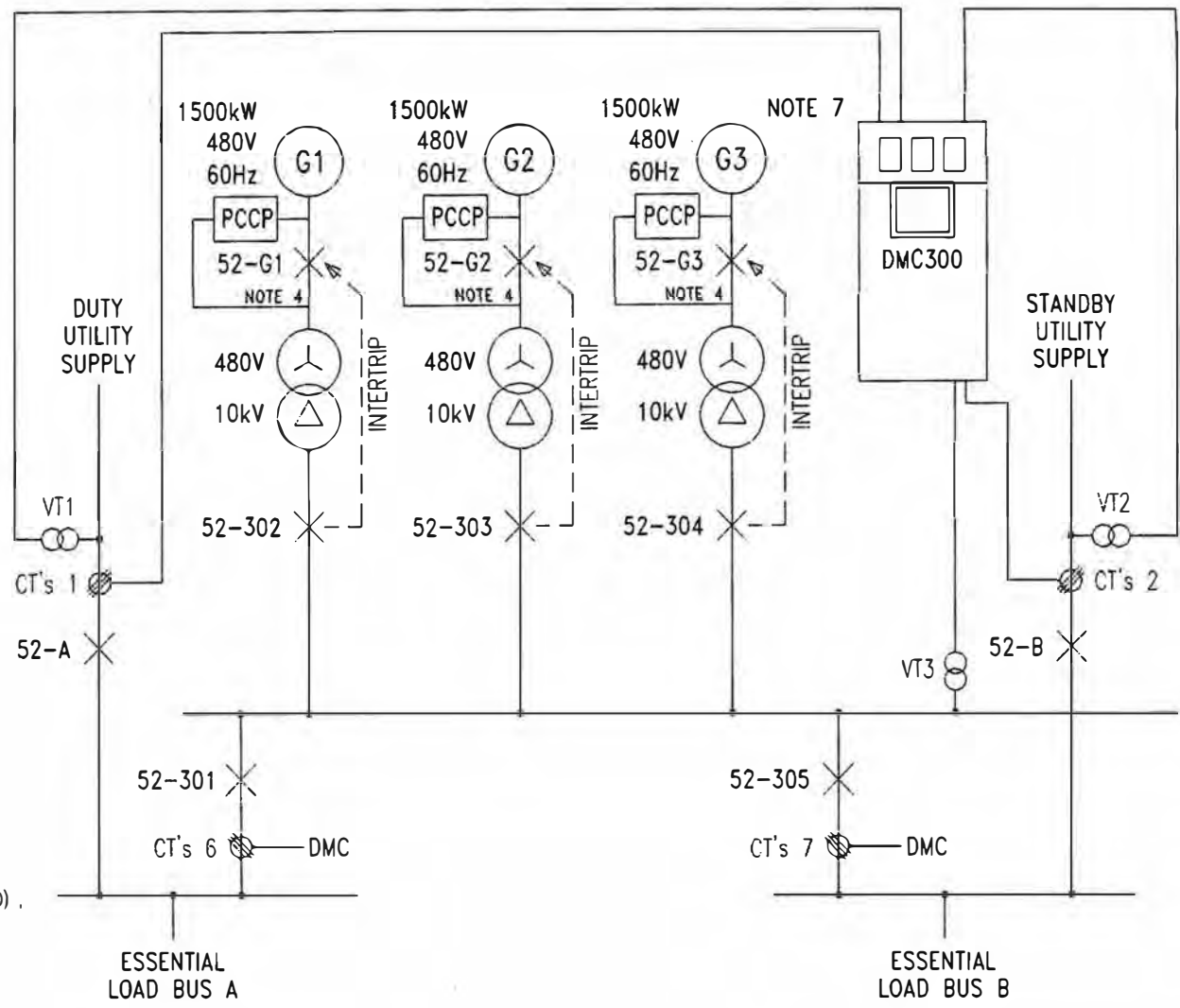
- En los modos de operación Peak Shave o Carga Base paralelo extendido surge una situación en la que podría fallar el suministro de energía principal y no podría ser detectada por los relés de falla de suministro debido a la presencia de energía del Grupo Electrónico. En ese caso será necesario un relé de protección (G59) en el switchgear
- Si Suministro falla en estos modos el Interruptor se deberá abrir directamente y enviar una señal al DMC. El DMC también enviará una señal de falla la cual cuando sea recibida será reconocida por el sistema y operará como el modo descrito previamente.

Salida ModBus BMS R485

- El DMC300 proporciona una interface BMS en la red Modbus a través de un convertidor de red RS 232/485. La información disponible en el sistema esta detallada en el documento “BMS Interface of Power Generation System” documento número PN30303ED03 & includes Utility Bus / Generator Bus / Breaker positions /Alarms & Generator NFPA annunciator data.
- Detalles de transmisión de datos:
Mode : RTU Data bits : 8
Parity : None
Stop Bits : 1
Baud Rate : 19200

ANEXO B

CONTROL DMC-300



- NOTES :
- 1) ALL VT'S TO BE 120V L-L OPEN DELTA SECONDARY FEEDS L1,L2,L3 WITH EARTHED L2. VT'S 1,2,3 TO BE OPEN DELTA (OD) . OPEN DELTA (OD) . 0 - ZERO PHASE SHIFT
 - 2) ALL CT'S TO BE 5 AMP SECONDARY
 - 3) 10kV TRANSFORMER CIRCUIT BREAKER TO INTERTRIP 480V GENERATOR CIRCUIT BREAKER AND TRIP GENERATOR IF 10kV BREAKER IS OPEN.
 - 4) LV SYNCHRONISING SUPPLY TO PCCP TO BE FUSED 3 PHASE & NEUTRAL 480V.60HZ
 - 5) SUMMATION CT (CTS) IS NOW REDUNDANT & CT NEEDS SHORTING AT SWITCHGEAR. THE SUMMATION CT IS ALSO REMOVED FROM THE DMC.
 - 6) CT 6 & 7 ARE REQUIRED FOR EXTENDED PARALLEL
 - 7) DMC HARDWARE FOR GENERATOR 4 IS SUPPLIED IN THE EVENT THAT THE GENERATOR 4 IS INSTALLED IN THE FUTURE.

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
X = ±0.5 X.X = ±0.3 X.XX = ±0.15	-	DRAWN I HAMPTON	02/03/04
		CHECKED D. MORTON	02/03/04
		APPROVED I HAMPTON	05/01/04

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB
SINGLE LINE DIAGRAM

Cummins Power Generation
Columbus Avenue, Manston, Ramsgate
Kent, CT12 5BF, England, UK

TITLE: **WD-SCHMATIC**

SITE CODE: **PGK**

DWG No. **0630 - 2778**

SHEET **1** OF **23**

DWG SIZE **A3**

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT ANGLE TOL. ±1.0° SCALE:

HOLE DIM X = ±0.5 X.X = ±0.3 X.XX = ±0.15

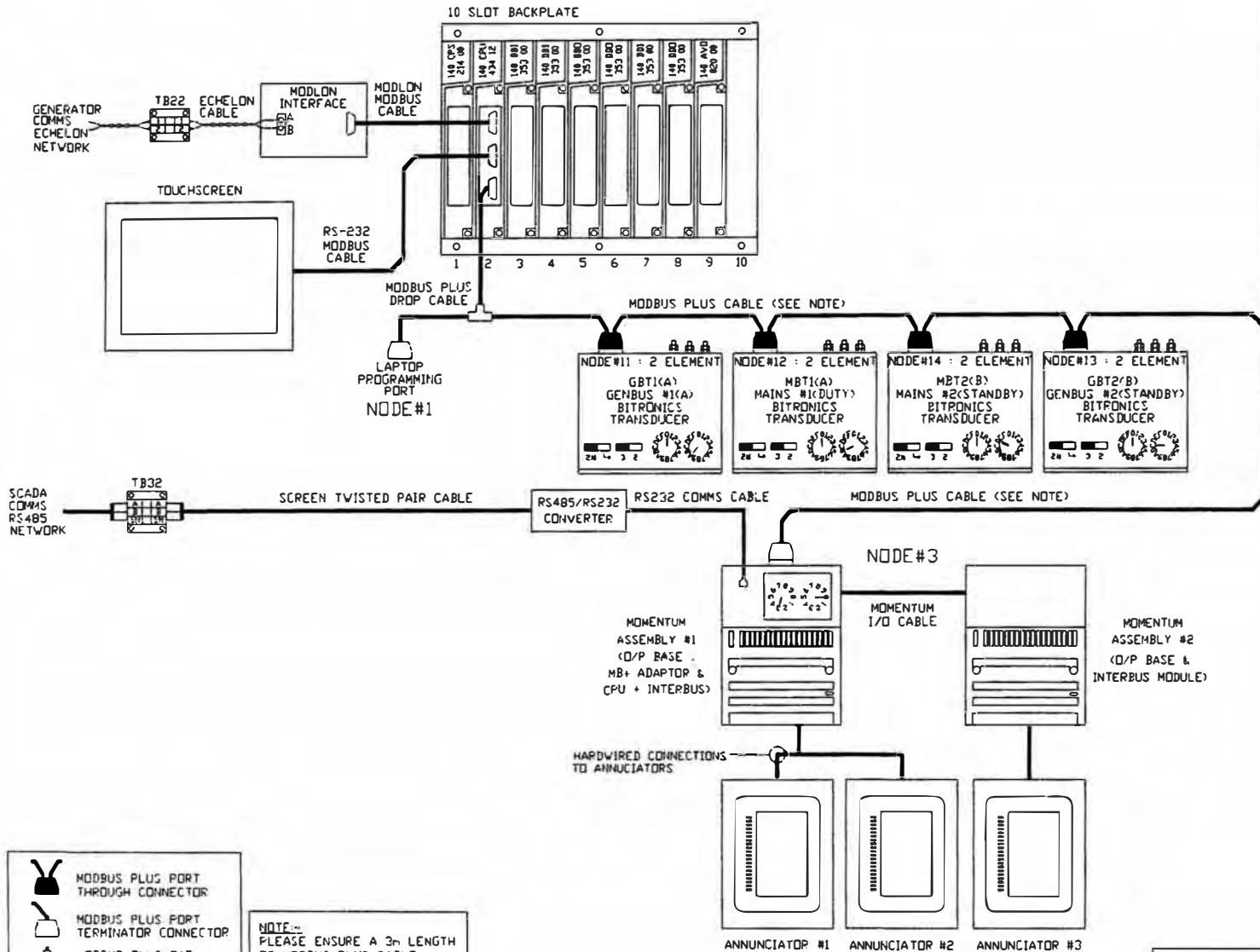
THIRD ANGLE PROJECTION

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, USED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE

FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888

FIRST USED ON **PN30303**

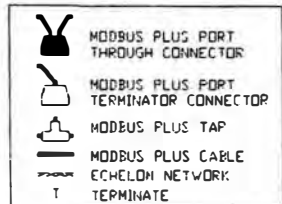
PLC
NODE#2



PARTS LIST

DESCRIPTION	PART No	QTY
PC OPERATOR INTERFACE	0300-5783	1
9 PIN MODBUS PLUG	P01567	1
9 PIN MODBUS COVER	P01583	1
MODBUS PLUS THROUGH CONNECTOR	0323173501	3
MODBUS PLUS TERMINATOR	0323173502	2
MODBUS PLUS DROPP CABLE	03260173	1
MODBUS PLUS TAP	434296	1
MODBUS CABLE	599051	*
MODBUS PLUS CABLE	599059	*
ECHOLON CABLE	03341350	*
BITRONICS TRANSDUCERS (5 AMP)	326015601	4
PLC - 140 CPS 214 00	434264	1
PLC - 140 CPU 434 12A	434657	1
PLC - 140 DDI 353 00	434265	3
PLC - 140 DDO 353 00	434266	3
MOMENTUM : 24VDC 32PT I/O BASE	434598	2
MOMENTUM : MB+ OPTION ADAPTOR	434603	1
MOMENTUM : CPU 512K + INTERBUS	434704	1
MOMENTUM : INTERBUS COMS MODULE	434705	1
MOMENTUM : I/O CABLE	434707	1
RS232/RS485 CONVERTER	434706	1
40 POINT TERMINAL STRIPS	434268	5
10 POSITION BACKPLANE	434262	1
NETWORK ANNUNCIATORS	03004511	3
MODBUS INTERFACE WITH CABLE	0326-5410	1
PLC - 140 AVO 020 00	A0045779	1

* = AS REQUIRED



NOTE:-
PLEASE ENSURE A 3m LENGTH OF MODBUS PLUS CABLE BETWEEN EACH TERMINATION. ANY EXCESS CABLE TO BE PLACED IN THE CABLE TRUNKING.

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
X = ±0.5 X.X = ±0.3 X.XX = ±0.15	-	DRAWN I HAMPTON	02/03/04
0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30 -0.13	THIRD ANGLE PROJECTION	CHECKED D. MORTON	02/03/04
		APPROVED I HAMPTON	05/01/04

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB

NETWORK WIRING DIAGRAM

Cummins Power Generation
Columbus Avenue, Monston, Ramsgate
Kent, CT12 5BF, England, UK

TITLE: **WD-SCHEMATIC**

SITE CODE: **PGK**

DMC No. **0630 - 2778**

SHEET **2 of 23** A3

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT

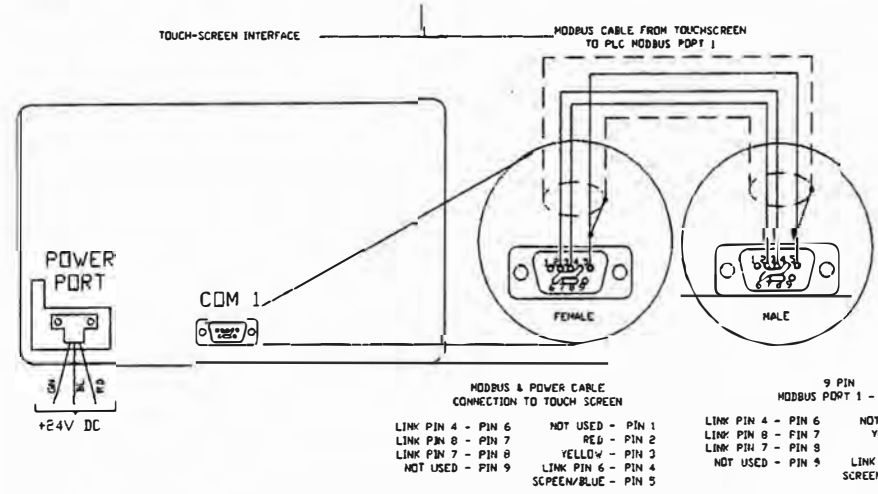
ANGLE TOL. ±1.0°
SCALE:

HOLE DIM TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

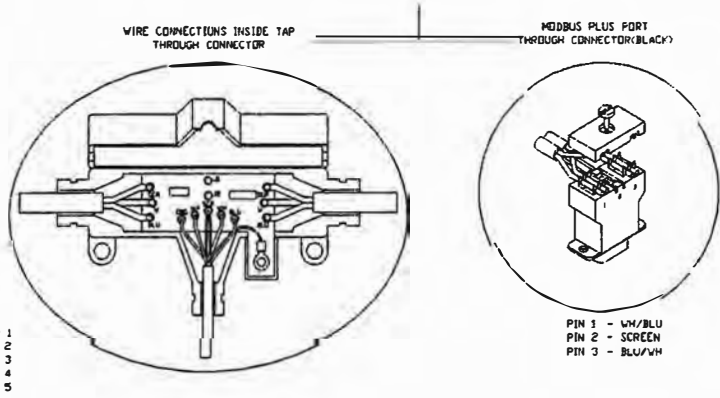
FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888

PN30303

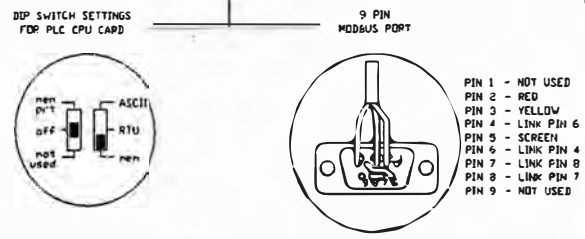
HMI / TOUCHSCREEN TO PLC



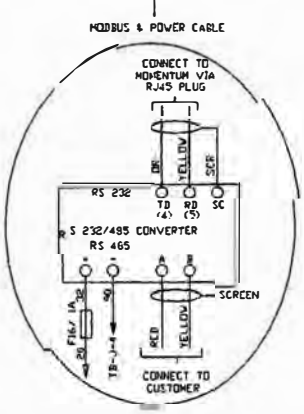
MODBUS PLUS (MB +) HARDWARE



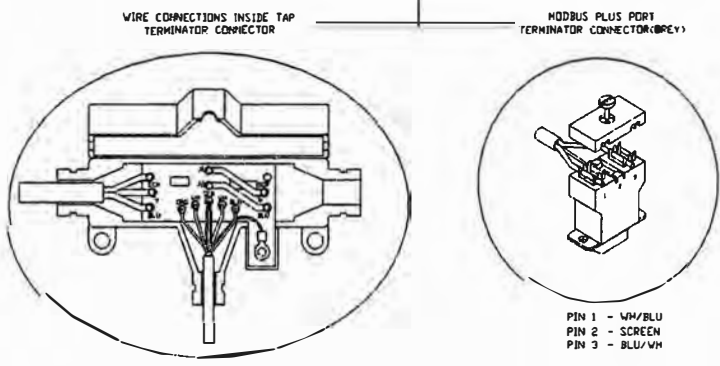
PLC & MODBUS (MB) HARDWARE



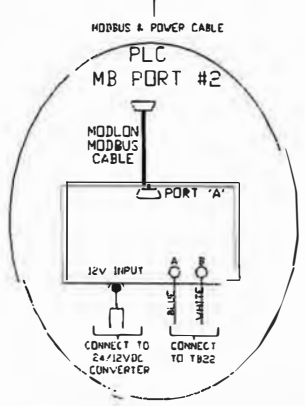
MOMENTUM TO RS232/RS485 CONVERTER



MODBUS PLUS (MB +) HARDWARE



PLC TO MODLON CONVERTER



NOTES:
1) SET BITRONICS TO 2 ELEMENT SETTING & MODBUS NODE NUMBER AS PER SHEET 4

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB
NETWORK COMPONENT WIRING

Cummins Power Generation
Columbus Avenue, Manston, Romsgate
Kent, CT12 5BF, England, UK

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO COMED FROM	NAME	DATE
X = ±0.5 X.X = ±0.3 X.XX = ±0.15	THIRD ANGLE PROJECTION	DRAWN I HAMPTON	02/03/04
HOLE	5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13	CHECKED J DUMONDUM	02/03/04
	FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888	APPROVED I HAMPTON	05/01/04
		FIRST USED ON	PN30303

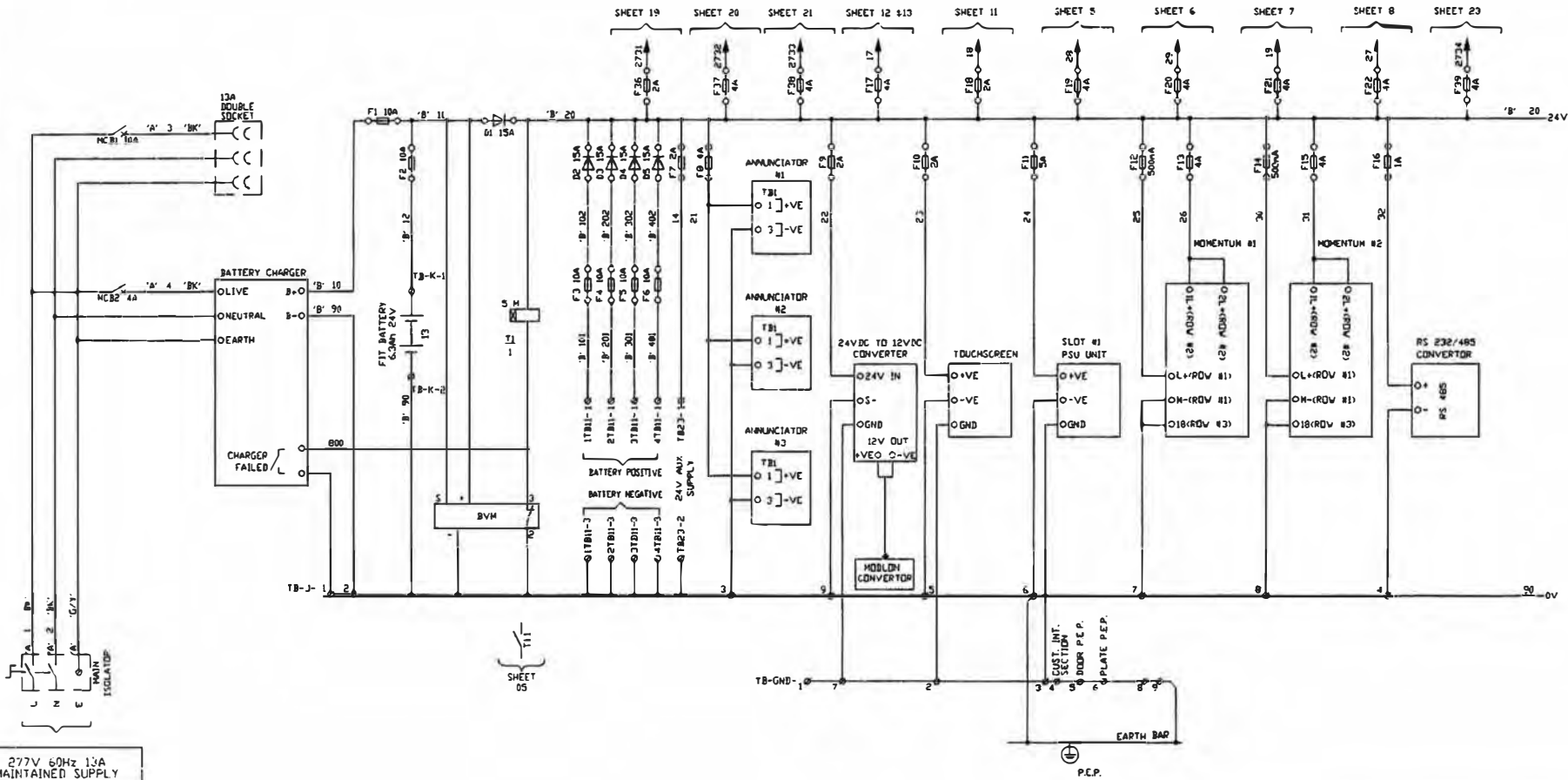
TITLE
WD-SCHMATIC

SITE CODE DCK
DWG No. 0630 - 2778
SHEET 3 of 23
DWG SIZE A3

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT ANGLE TOL. ±1.0° SCALE

D
C
B
A

D
C
B
A

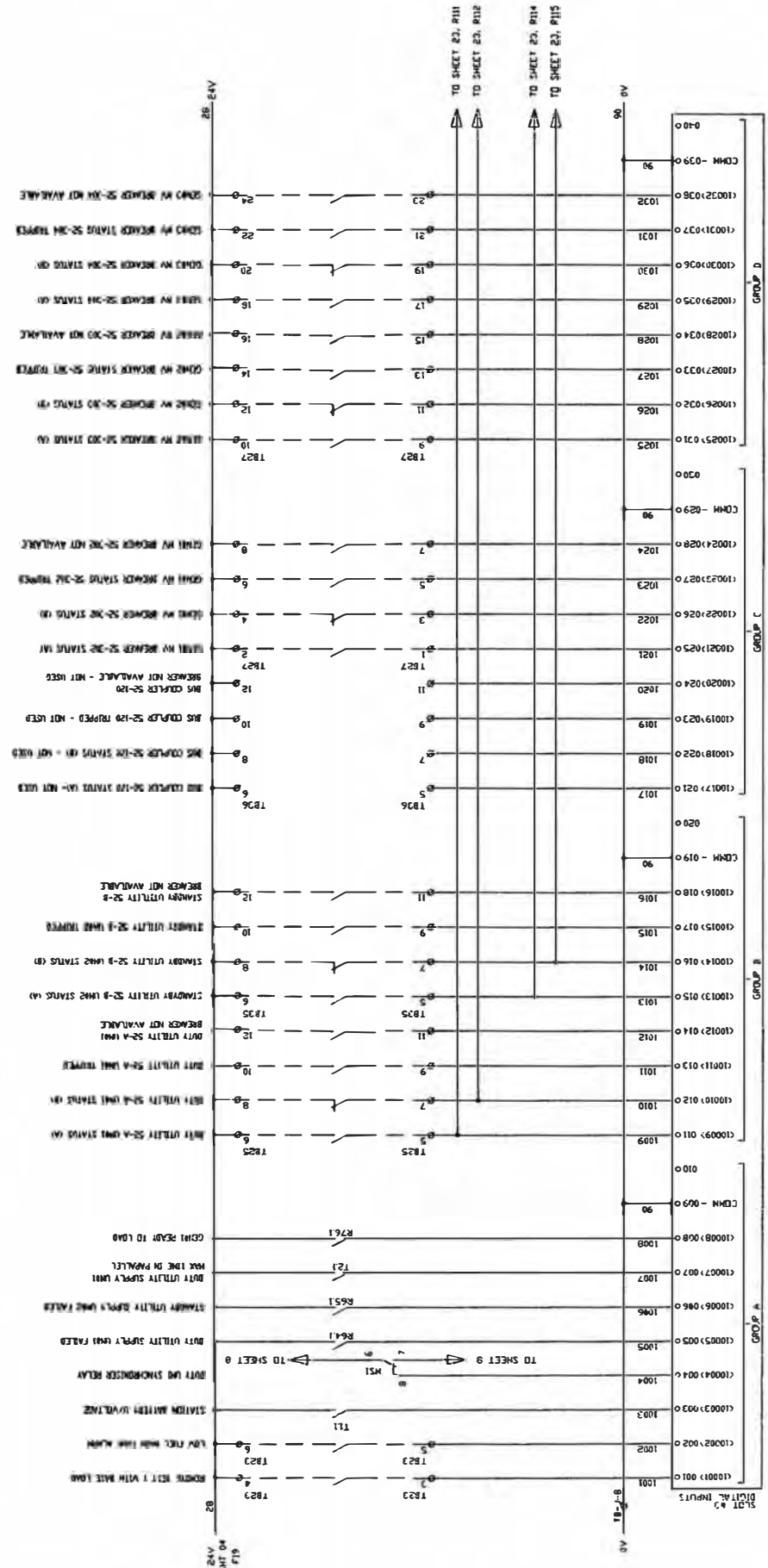


277V 60Hz 13A MAINTAINED SUPPLY

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
X = ±0.5	-	DRAWN	I HAMPTON
X.X = ±0.3	-	CHECKED	D. MORTON
X.XX = ±0.15	-	APPROVED	I HAMPTON
HOLE	THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, USED OR DISCLOSED UNLESS AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.	FIRST USED ON	PN30303

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB	
POWER SUPPLY CIRCUIT	
Cummins Power Generation Columbus Avenue, Manston, Ramsgate Kent, CT12 5BF, England, UK	
TITLE	WD-SCHEMATIC
SITE CODE	PGK
DWC No.	0630 - 2778
SHEET	4 of 23
DWC SIZE	A3

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT ANGLE TOL ±1.0° SCALE



DMC300-4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB
PLC INPUTS # 1

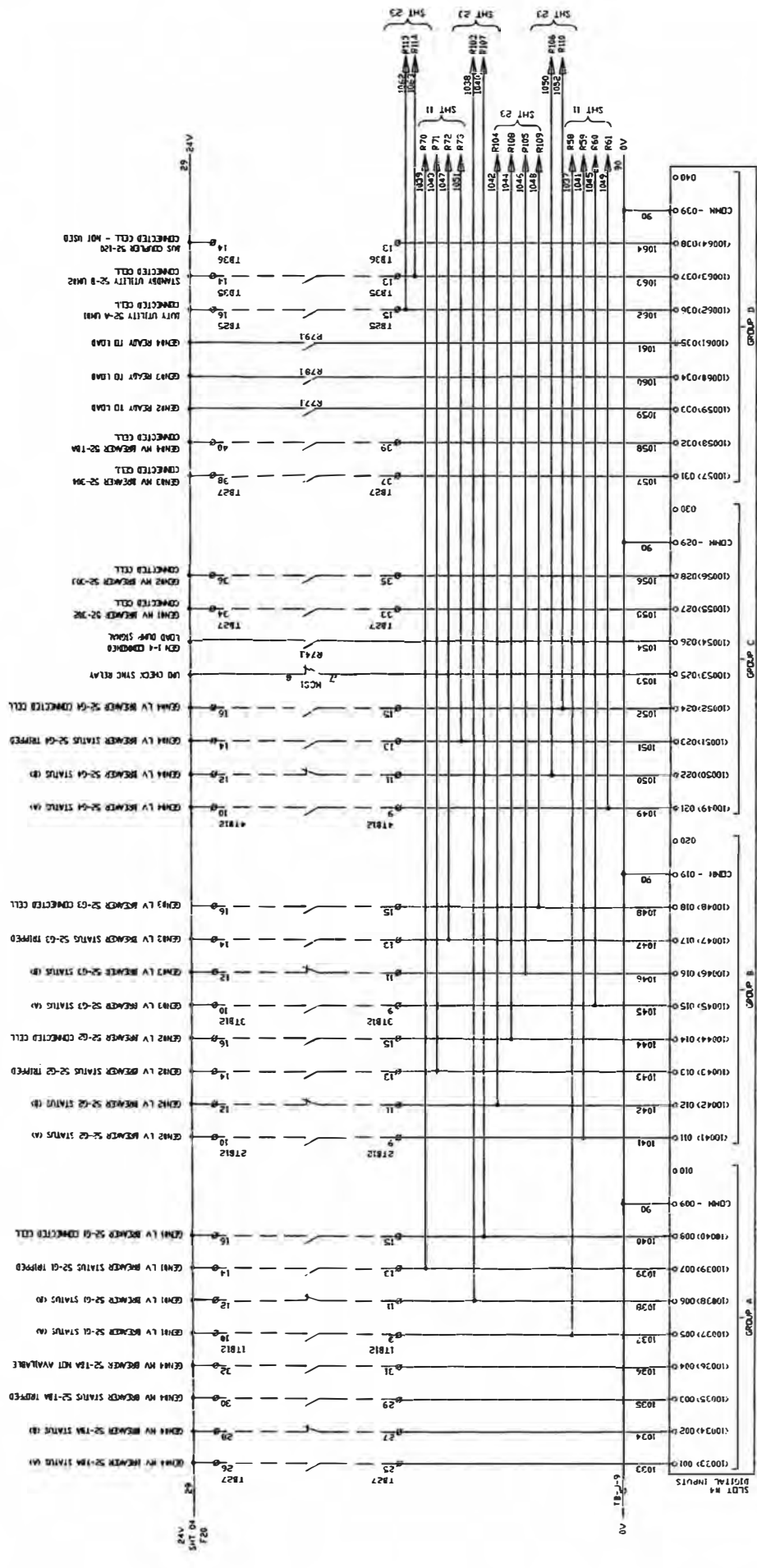
		Cummins Power Generation Columbus Avenue, Manston, Romsgate Kent, CT12 5BF, England, UK	
		WD-SCHMATIC	
TITLE WD-SCHMATIC		DMC No. 0630 - 2778	
SITE CODE PGK		SHEET 5 of 23	
DATE 02/03/04		DMC No. 0630 - 2778	
NAME I HAMPTON		SHEET 5 of 23	
DRAWN I HAMPTON		DMC No. 0630 - 2778	
CHECKED D. MORTON		SHEET 5 of 23	
APPROVED I HAMPTON		DMC No. 0630 - 2778	
FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 6888		SHEET 5 of 23	
FIRST USED ON PN30303		DMC No. 0630 - 2778	

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIM X = ±0.5
 DIM XX = ±0.3
 DIM XXX = ±0.15
 HOLE 0.98-4.99 = +0.15/-0.08
 5.99-9.99 = +0.20/-0.10
 10.00-17.49 = +0.25/-0.13
 17.50-24.99 = +0.30/-0.13

SIMILAR TO: -
 COPIED FROM: -
 THIRD ANGLE PROJECTION:

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, COPIED OR DISCLOSED WITHOUT THE EXPRESS APPROVAL OF CUMMINS POWER GENERATION ON ITS REPRESENTATIVE.

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT ANGLE TOL. ±1.0° SCALE:



DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:1SLB

PLC INPUTS # 2

Cummins Power Generation
Columbus Avenue, Manston, Ramsgate
Kent, CT12 5BF, England, UK

WD - SCHEMATIC

DWG No. 0630 - 2778

SHEET 6 of 23 A3

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO CURED FROM	NAME	DATE
DIM = ±0.5 XX = ±0.3 XXX = ±0.15 0.06-0.99 = ±0.15/-0.08 1.00-0.999 = ±0.20/-0.10 10.0-12.99 = ±0.25/-0.13 12.99-24.99 = ±0.30/-0.13		DRAWN	02/03/04
		CHECKED	02/03/04
		APPROVED	05/01/04
THE TOLERANCE IS THE PROPERTY OF CUMMINS AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY APPROVED BY CUMMINS POWER CORPORATION OR ITS REPRESENTATIVE.		FIRST USED ON PN30303	

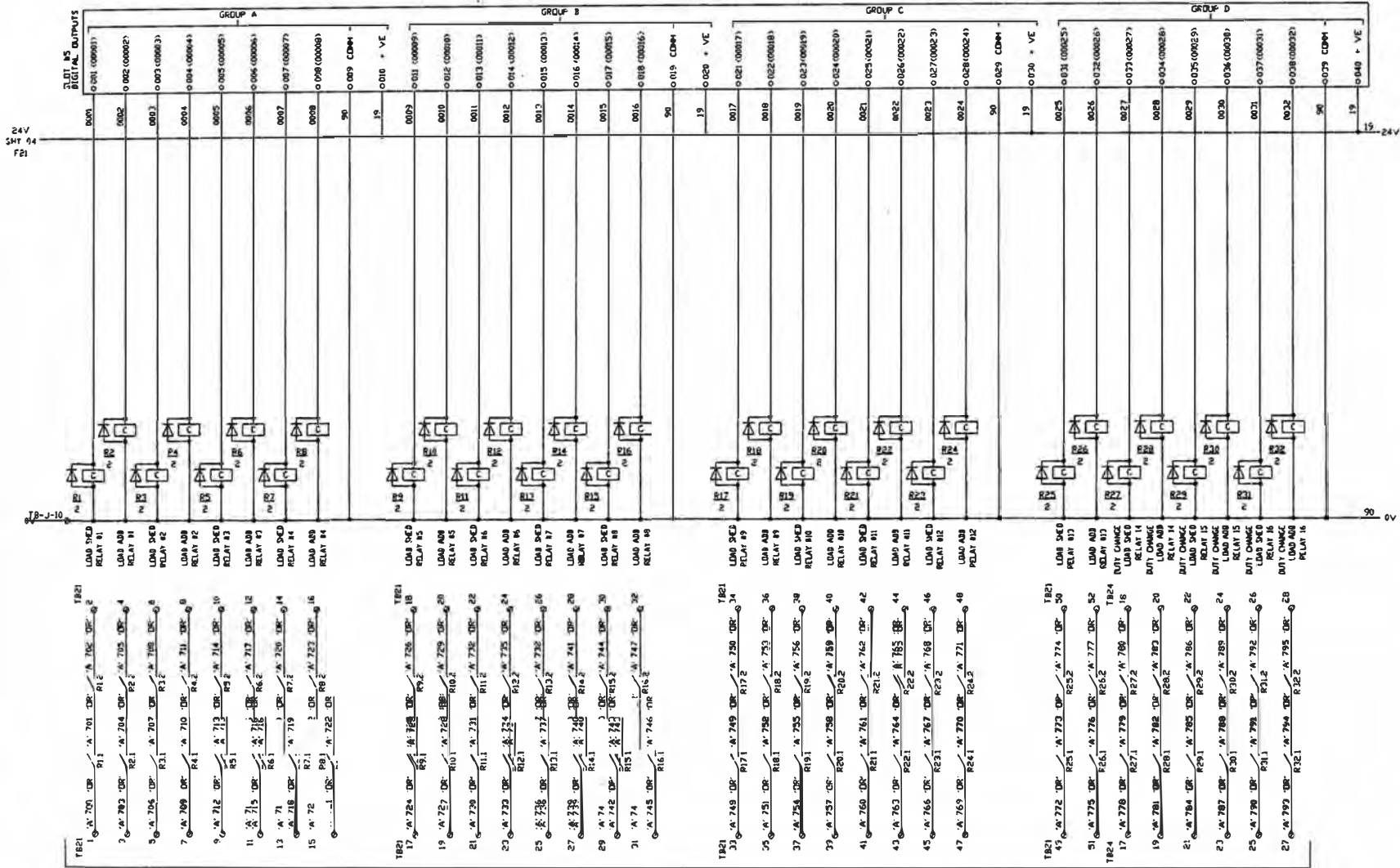
AutoCAD

DO NOT SCALE PRINT

ANGLE TOL. ± 1.0°

SCALE

1



IMPORTANT REFER TO SHEET 16 FOR SPECIFIC CONNECTIONS

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB

PLC OUTPUT # 1

Cummins Power Generation
Columbus Avenue, Monston, Romsgate
Kent, CT12 5BF, England, UK

TITLE
WD-SCHEMATIC



SITE CODE

PGK

DWC No. **0630 - 2778**

SHEET **7** OF **23**

DWC 92E A3

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED		SIMILAR TO	-	NAME	DATE
DIM X = +0.5 X.X = +0.3 X.XX = ±0.15		COPIED FROM	-	DRAWN	I HAMPTON
HOLE		THIRD ANGLE PROJECTION		CHECKED	D. MORTON
0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13		THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, COPIED, OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.		APPROVED	I HAMPTON
AutoCAD		DO NOT SCALE PRINT		FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888	FIRST USED ON
ANGLE TOL. ±1.0°		SCALE:		PN30303	

AutoCAD

DO NOT SCALE PRINT

ANGLE TOL. ±1.0°
SCALE:

HOLE
0.09-4.99 = +0.15/-0.08
5.00-9.99 = +0.20/-0.10
10.00-17.49 = +0.25/-0.13
17.50-24.99 = +0.30/-0.13

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, COPIED, OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.

FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888

PGK

DWC No. 0630 - 2778

SHEET 7 OF 23

DWC 92E A3

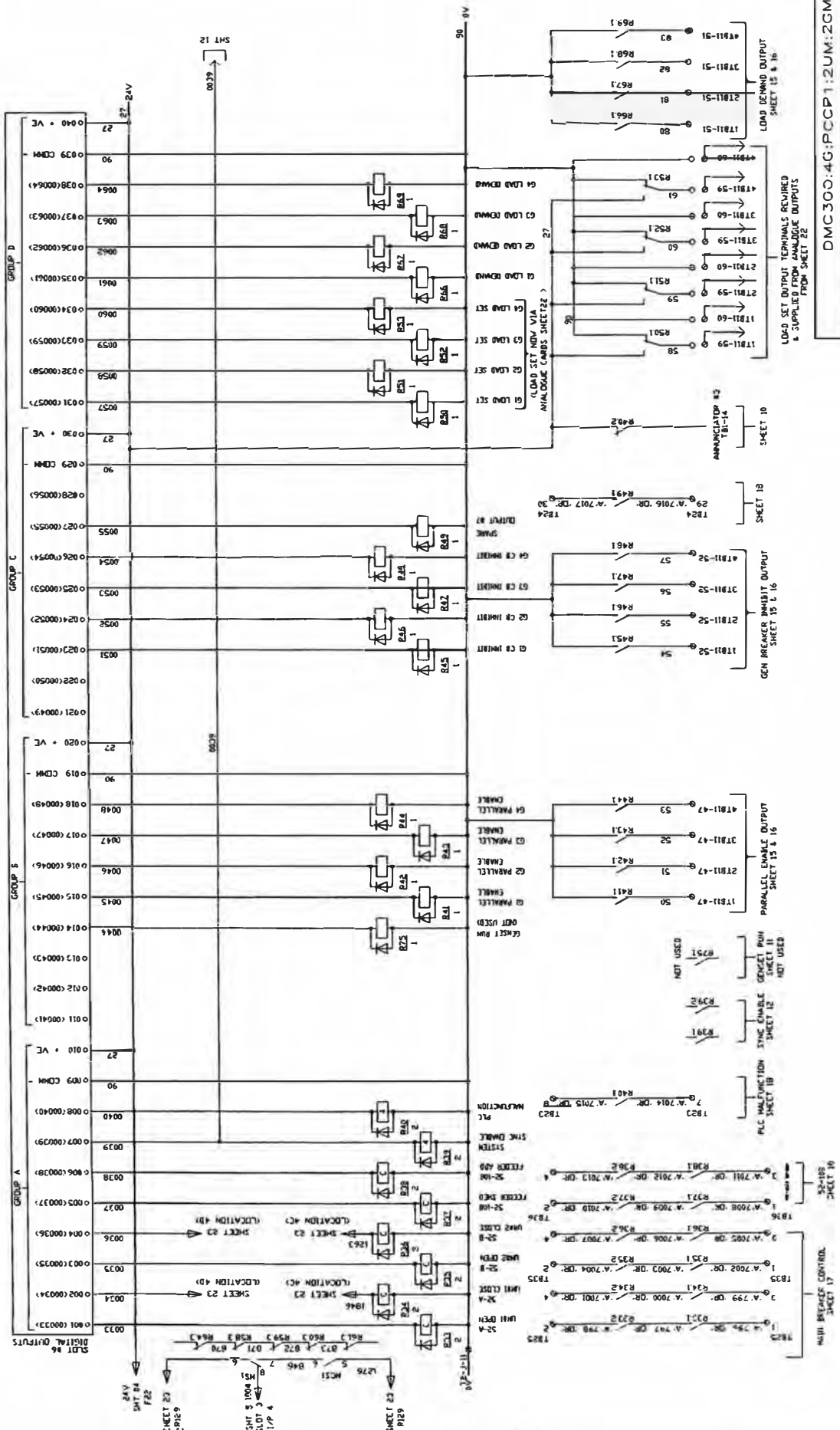
4

3

↑

2

1



Cummins Power Generation Columbus Avenue, Monston, Romsgate Kent, CT12 5BF, England, UK	
TITLE WD - SCHEMATIC	DWG No. 0630 - 2778
SITE CODE PGK	SHEET 8 of 23

SHEET 10 ANNUNCIATOR #3 TB-14	SHEET 13 GEN BREAKER INHIBIT OUTPUT SHEET 15 & 16	SHEET 16 PARALLEL ENABLE OUTPUT SHEET 15 & 16	SHEET 17 BREAKER CONTROL
DATE 02/03/04	NAME I HAMPTON	DRAWN I HAMPTON	CHECKED D. MORTON
DATE 02/03/04	APPROVED I HAMPTON	FIRST USED ON FOR INTERPRETATION AND DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 6888	DIM HOLE

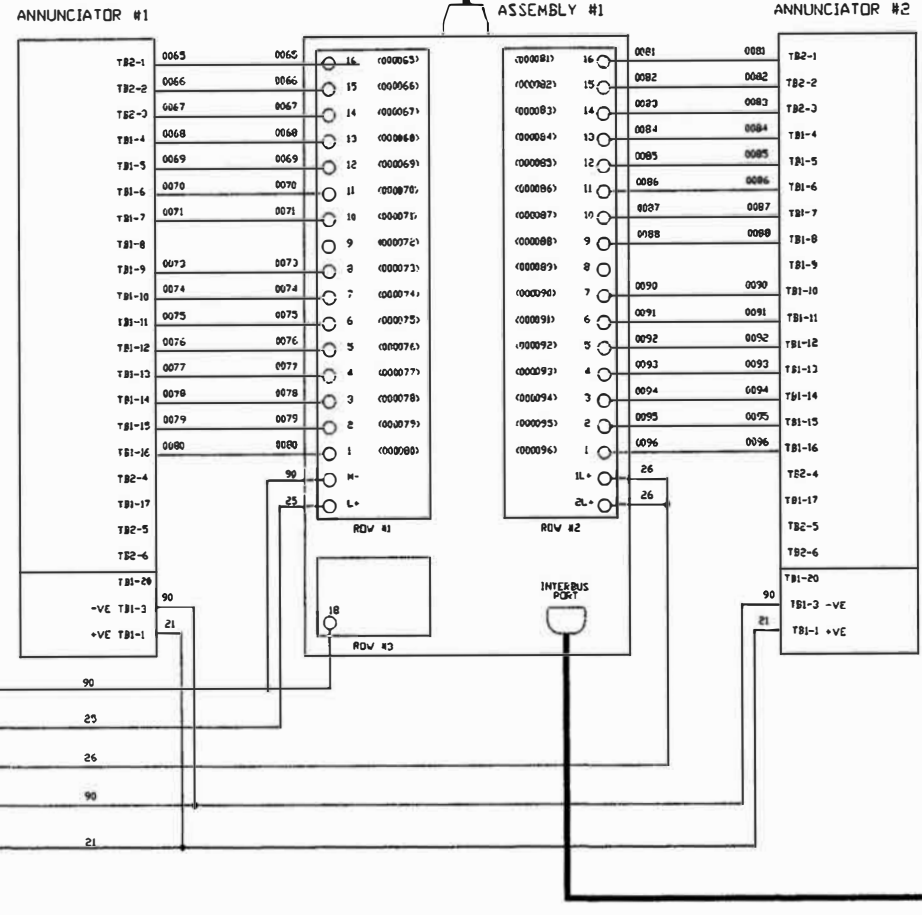
TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED X.X = ±0.5 X.XX = ±0.3 X.XXX = ±0.15	DIM HOLE	ANGLE TOL. ±1.0°	SCALE
0.05-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.99 = +0.25/-0.13 17.99-24.99 = +0.30/-0.13	DO NOT SCALE PRINT	AutoCAD	4

0630 - 2778 A3

REL. No.	LTR	No.	REVISION	ZONE	DRN	CHKR	APPROVED	DATE
ECO-125222	F	1	AS BUILT / SHIPPED - REFER TO ECO	-	VH	DM	C. SPELLMAN	23 JAN 13

MODBUS PLUS NETWORK

MOMENTUM OUTPUT UNIT ASSEMBLY #1



SHT 4

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB
MOMENTUM OUTPUTS # 1

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	-	NAME	DATE
X = ±0.5	COPED FROM	-	DRAWN	I HAMPTON
X.X = ±0.3	THIRD ANGLE PROJECTION		CHECKED	D. MORTON
X.XX = ±0.15			APPROVED	I HAMPTON
0.09-4.99 = +0.15/-0.08	THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE DUPLICATED, USED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.			
5.00-9.99 = +0.20/-0.10	FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 6886			
10.00-17.49 = +0.25/-0.13	FIRST USED ON			
17.50-24.99 = +0.30/-0.15	PN30303			

	Cummins Power Generation	
	Columbus Avenue, Manston, Ramsgate Kent, CT12 5BF, England, UK	
	TITLE WD-SCHMATIC	
SITE CODE PGK	DWG No. 0630 - 2778	SHEET 9 OF 23

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT ANGLE TOL. ±1.0° SCALE:

4

3

1

2

1

A

D

C

B

A

D

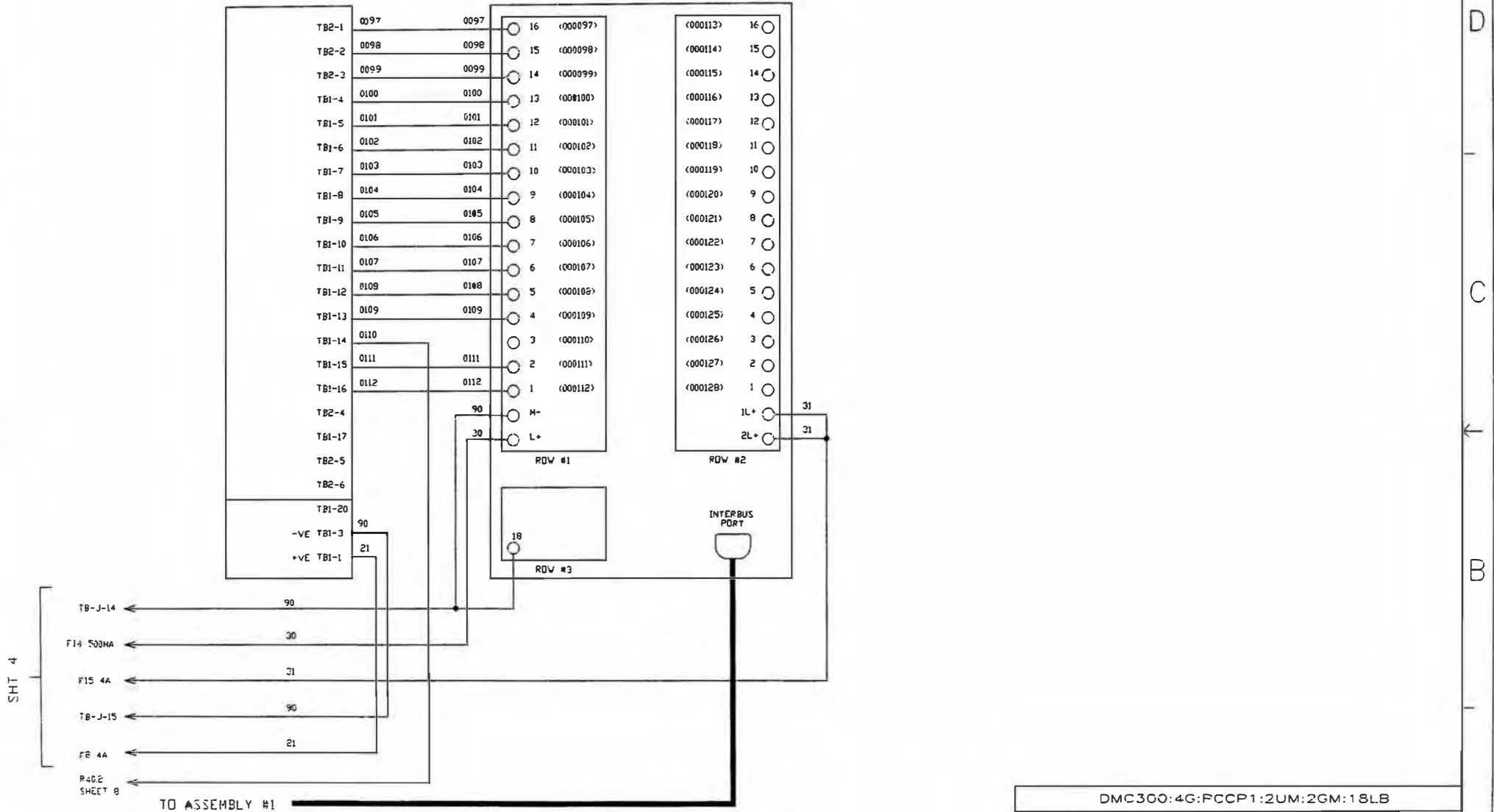
C

B

A

MOMENTUM OUTPUT UNIT
ASSEMBLY #2

ANNUNCIATOR #3



SHT 4

TO ASSEMBLY #1

DMC300:4G:FCCP1:2UM:2GM:18LB

MOMENTUM OUTPUTS # 2

Cummins Power Generation
Columbus Avenue, Manston, Ramsgate
Kent, CT12 5BF, England, UK



TITLE
WD-SCHEMATIC

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED		SIMILAR TO	NAME	DATE
X	= ±0.5	-	DRAWN I HAMPTON	02/03/04
X.X	= ±0.3	-	CHECKED D. MORTON	02/03/04
X.XX	= ±0.15	-	APPROVED I HAMPTON	05/01/04
0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13		THIRD ANGLE PROJECTION	FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888	
HOLE 17.50-24.99 = +0.30/-0.13		THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, USED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.	FIRST USED IN PN30303	PGK

SITE CODE

DWG No. 0630 - 2778

SHEET 10 of 23
DWG SIZE A3

AutoCAD

DO NOT SCALE PRINT

ANGLE TOL. ±1.0°
SCALE:

4

3

↑

2

1

A

D

I

C

J

B

A

D

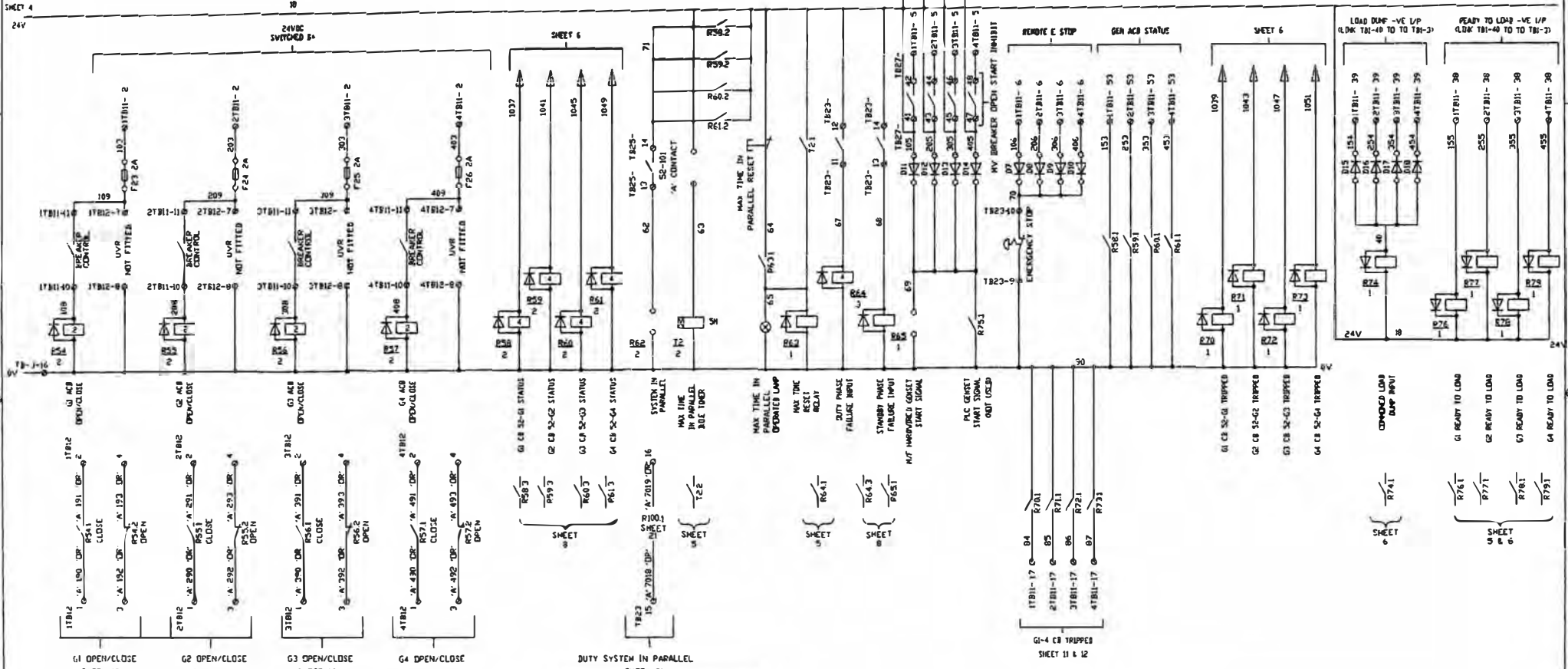
I

C

J

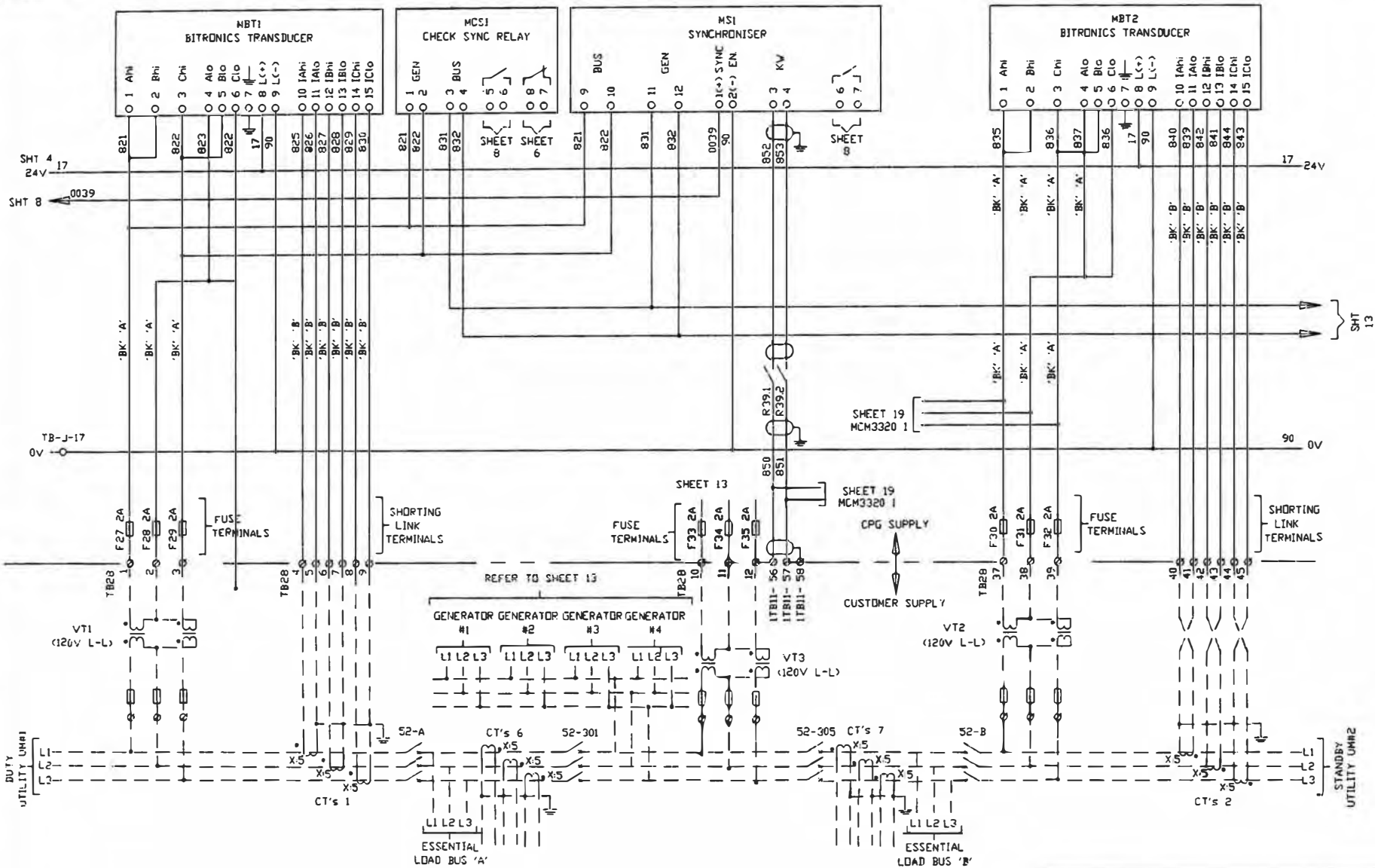
B

A



NOTE: R62 RELAY REMOVED & TB23 ISB 16 RE-WIRED TO R100.1 THE MAX TIME IN PARALLEL PROTECTION IS NOW SUPPLIED VIA PLC SOFTWARE.

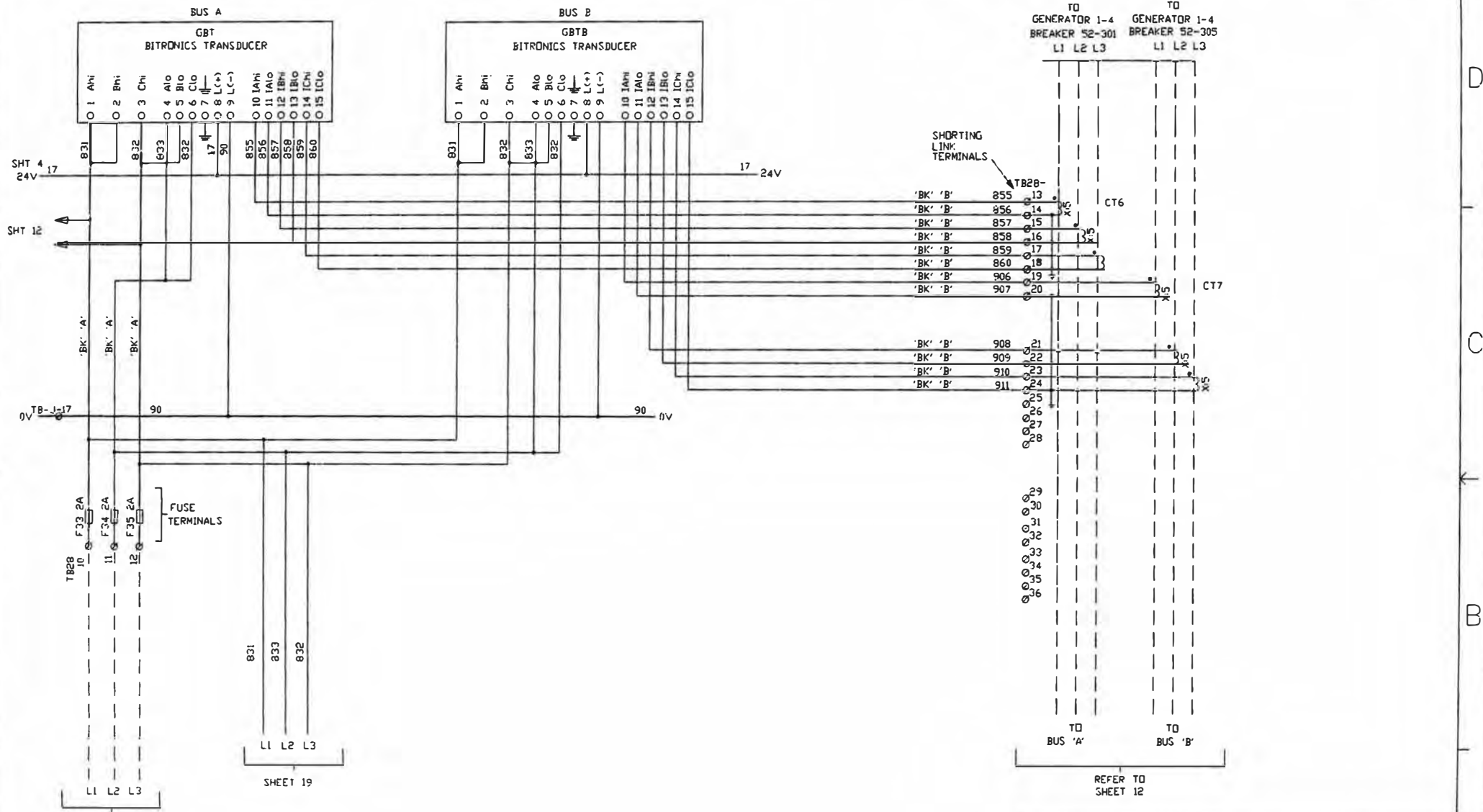
AutoCAD		DO NOT SCALE PRINT	ANGLE TOL. ±1.0°	SCALE	HOLE	0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13	TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIM X.X = ±0.5 X.X.X = ±0.3 X.XX = ±0.15 THIRD ANGLE PROJECTION THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IF CONFIDENTIAL, INFORMATION AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHEN MUST NOT BE DUPLICATED, USED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.	SIMILAR TO COPIED FROM DRAWN I HAMPTON CHECKED D. MORTON APPROVED I HAMPTON	NAME DATE 02/03/04 02/03/04 05/01/04	DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:1SLB START CIRCUIT Cummins Power Generation Columbus Avenue, Manston, Ramsgate Kent, CT12 5BF, England, UK TITLE WD-SCHEMATIC	SITE CODE DWG No. 0630 - 2778 SHEET 11 of 23 DMC 222 A3
---------	--	--------------------	------------------	-------	------	--	---	---	--	---	--



TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
X.XX = ±0.5	-	DRAWN	02/03/04
X.X = ±0.3	-	CHECKED	02/03/04
X.XX = ±0.15	-	APPROVED	05/01/04
DIM 0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13		FIRST USED ON PN30303	
HOLE THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, COPIED, OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.		FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888	

DMC3G0:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB	
DUTY & STANDBY MAINS SENSING	
Cummins Power Generation Columbus Avenue, Manston, Ramsgate Kent, CT12 5BF, England, UK	
TITLE	WD-SCHMATIC
SITE CODE	PGK
DWC No.	0630 - 2778
SHEET	12 of 23
DWG SIZE	A3

AutoCAD	DO NOT SCALE PRINT	ANGLE TOL.	±1.0°
SCALE:			



D
C
B
A

D
C
B
A

REFER TO SHEET 12 VT3

REFER TO SHEET 12

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED		SIMILAR TO	-	NAME	DATE
COPIED FROM		-	-	DRAWN	I HAMPTON
THIRD ANGLE PROJECTION				CHECKED	D. MORTON
DIM X = ±0.5 X.X = ±0.3 X.XX = ±0.15		THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE DISCLOSED, USED OR REPRODUCED IN ANY MANNER WITHOUT THE EXPRESS AUTHORIZATION OF CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE		APPROVED	I HAMPTON
HOLE 0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13		FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888		FIRST USED ON	PN30303

AutoCAD	DO NOT SCALE PRINT	ANGLE TOL.	±1.0°
4		SCALE:	

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB	
GENERATOR MAINS SENSING	
Cummins Power Generation Columbus Avenue, Manston, Ramsgate Kent, CT12 5BF, England, UK	
TITLE WD-SCHMATIC	
SITE CODE PGK	OWC No. 0630 - 2778
SHEET 13 OF 23	OWC SIZE A3

4

3

↑

2

1

FUSE PROTECTION CHART			DIODE PROTECTION CHART			RELAY/TIMER REFERENCE CHART			RELAY/TIMER REFERENCE CHART (CONT)			RELAY/TIMER REFERENCE CHART (CONT)			
MCB1	10A	13A DOUBLE SOCKET	D1	15A	PANEL 24V SUPPLY	R1	LOAD SHED RELAY #1-415082	R45	GEN#1 CB INHIBIT ENABLE-0249-0815	R89	52-302 OPEN-415082				
MCB2	4A	BATTERY CHARGER	D2	15A	GEN#1 24V BATTERY	R2	LOAD ADD RELAY #1-415082	R46	GEN#2 CB INHIBIT ENABLE-0249-0815	R90	52-302 CLOSE-415082				
F1	10A	PANEL 24V SUPPLY	D3	15A	GEN#2 24V BATTERY	R3	LOAD SHED RELAY #2-415082	R47	GEN#3 CB INHIBIT ENABLE-0249-0815	R91	52-303 OPEN-415082				
F2	10A	PANEL 24V BATTERY	D4	15A	GEN#3 24V BATTERY	R4	LOAD ADD RELAY #2-415082	R48	GEN#4 CB INHIBIT ENABLE-0249-0815	R92	52-303 CLOSE-415082				
F3	10A	GEN#1 24V BATTERY	D5	15A	GEN#4 24V BATTERY	R5	LOAD SHED RELAY #3-415082	R49	SPARE RELAY #7 - 0249-0815	R93	52-304 OPEN-415082				
F4	10A	GEN#2 24V BATTERY	D6	-	NOT USED	R6	LOAD ADD RELAY #3-415082	R50	GEN#1 LOAD SET-0249-0815	R94	52-304 CLOSE-415082				
F5	10A	GEN#3 24V BATTERY	D7	1A	GEN#1 REMOTE E STOP	R7	LOAD SHED RELAY #4-415082	R51	GEN#2 LOAD SET-0249-0815	R95	52-TBA OPEN-415082				
F6	10A	GEN#4 24V BATTERY	D8	1A	GEN#2 REMOTE E STOP	R8	LOAD ADD RELAY #4-415082	R52	GEN#3 LOAD SET-0249-0815	R96	52-TBA CLOSE-415082				
F7	2A	AUX SUPPLY	D9	1A	GEN#3 REMOTE E STOP	R9	LOAD SHED RELAY #5-415082	R53	GEN#4 LOAD SET-0249-0815	R97	STANDBY SYT IN PAR-0249-0815				
F8	4A	NETWORK ANNUNCIATORS	D10	1A	GEN#4 REMOTE E STOP	R10	LOAD ADD RELAY #5-415082	R54	GEN#1 ACB OPEN/CLOSE-415539	R99	STANDBY SYT PAR ENBL-0249-817				
F9	2A	24V/12V CONVERTER	D11	1A	GEN#1 REMOTE START	R11	LOAD SHED RELAY #6-415082	R55	GEN#2 ACB OPEN/CLOSE-415539	R99	MCM#1 RESET-0249-0815				
F10	2A	TOUCH SCREEN	D12	1A	GEN#2 REMOTE START	R12	LOAD ADD RELAY #6-415082	R56	GEN#3 ACB OPEN/CLOSE-415539	R100	DUTY SYT IN PAL-0249-0815				
F11	5A	PSU SLOT#1	D13	1A	GEN#3 REMOTE START	R13	LOAD SHED RELAY #7-415082	R57	GEN#4 ACB OPEN/CLOSE-415539	R101	DEAD BUS ENBL A1(A)-0249-0813				
F12	500mA	MOMENTUM #1	D14	1A	GEN#4 REMOTE START	R14	LOAD ADD RELAY #7-415082	R58	GEN#1 ACB STATUS-0249-817	R102	DEAD BUS ENBL A2(B)-0249-0813				
F13	4A	MOMENTUM #1	D15	1A	GEN#1 LOAD DUMP	R15	LOAD SHED RELAY #8-415082	R59	GEN#2 ACB STATUS-0249-817	R103	GILV - 0-0249-0813				
F14	500mA	MOMENTUM #2	D16	1A	GEN#2 LOAD DUMP	R16	LOAD ADD RELAY #8-415082	R60	GEN#3 ACB STATUS-0249-817	R104	G2LV - 0-0249-0813				
F15	4A	MOMENTUM #2	D17	1A	GEN#3 LOAD DUMP	R17	LOAD ADD RELAY #9-415082	R61	GEN#4 ACB STATUS-0249-817	R105	G3LV - 0-0249-0813				
F16	1A	RS232/485 CONVERTER	D18	1A	GEN#4 LOAD DUMP	R18	LOAD SHED RELAY #9-415082	R62	SYSTEM IN PARALLEL-0249-817	R106	G4LV - 0-0249-0813				
F17	4A	BITRONICS UNITS	FUSE PROTECTION CHART			R19	LOAD ADD RELAY #10-415082	R63	MAX TIME RESET-0249-0815	R107	GILV - P-0249-0813				
F18	2A	START CIRCUIT				F36	2A	MCM 3320 1 INPUT	R20	LOAD SHED RELAY #10-415082	R64	DUTY PHASE FAILURE-0249-0817	R108	G2LV - R-0249-0813	
F19	4A	PLC DIGITAL INPUTS SLOT#3	F37	4A	PLC DI SLOT # 7	R21	LOAD ADD RELAY #11-415082	R65	STANDBY PHASE FAILURE-0249-0815	R109	G3LV - R-0249-0813				
F20	4A	PLC DIGITAL INPUTS SLOT#4	F38	4A	PLC DO SLOT # 8	R22	LOAD SHED RELAY #11-415082	R66	GEN#1 LOAD DEMAND-0249-0815	R110	G4LV - R-0249-0813				
F21	4A	PLC DIGITAL OUTPUTS SLOT#5	F39	4A	RELAY CONTROL	R23	LOAD SHED RELAY #12-415082	R67	GEN#2 LOAD DEMAND-0249-0815	R111	UM1 -A-0249-0813				
F22	4A	PLC DIGITAL OUTPUTS SLOT#6				R24	LOAD ADD RELAY #12-415082	R68	GEN#3 LOAD DEMAND-0249-0815	R112	UM1 -B-0249-0813				
F23	2A	GEN#1 BREAKER CONTROL				R25	LOAD SHED RELAY #13-415082	R69	GEN#4 LOAD DEMAND-0249-0815	R113	UM1 -R-0249-0813				
F24	2A	GEN#2 BREAKER CONTROL				R26	LOAD ADD RELAY #13-415082	R70	GEN#1 BREAKER TRIPPED -0249-0815	R114	UM2 -A-0249-0813				
F25	2A	GEN#3 BREAKER CONTROL				P27	SPARE RELAY #1-415082	R71	GEN#2 BREAKER TRIPPED-0249-0815	R115	UM2 -B-0249-0813				
F26	2A	GEN#4 BREAKER CONTROL				R28	SPARE RELAY #2-415082	R72	GEN#3 BREAKER TRIPPED-0249-0815	R116	UM2 -P-0249-0813				
F27	2A	VT1 PROTECTION				R29	SPARE RELAY #3-415082	R73	GEN#4 BREAKER TRIPPED-0249-0815	R117	GM1 -A-0249-0813				
F28	2A	VT1 PROTECTION				P30	SPARE RELAY #4-415082	R74	LOAD DUMP COMMON INPUT-0249-0815	R118	GM1 -B-0249-0813				
F29	2A	VT1 PROTECTION				R31	SPARE RELAY #5-415082	R75	PLC GENSET RUN SIGNAL-0249-0815	R119	GM1 -R-0249-0813				
F30	2A	VT2 PROTECTION				R32	SPARE RELAY #6-415082	R76	GEN#1 READY TO LOAD -0249-0815	R120	GM2 -A-0249-0813				
F31	2A	VT2 PROTECTION				R33	52-A UM#1 OPEN RELAY-415082	R77	GEN#2 READY TO LOAD-0249-0815	R121	GM2 -B-0249-0813				
F32	2A	VT2 PROTECTION				R34	52-A UM#2 CLOSE RELAY-415082	R78	GEN#3 READY TO LOAD-0249-0815	R122	GM2 -R-0249-0813				
F33	2A	VT3 PROTECTION				R35	52-B UM#2 OPEN RELAY-415082	R79	GEN#4 READY TO LOAD-0249-0815	R123	DEAD BUS A2(B)-0249-0813				
F34	2A	VT3 PROTECTION				R36	52-B UM#2 CLOSE RELAY-415082	R80	MCM COMMON WARNING-0249-0815	R124	DEAD BUS A1(A)-0249-0813				
F35	2A	VT3 PROTECTION				R37	52-108 OPEN RELAY-415082	R81	MCM GEN BUS AVAILABLE-0249-0815	R125	UM1 -0-0249-817				
NOTES (APPLY TO ALL DRAWINGS) 1. PANEL WIRING TO BE IN BS4808 0.5mm.sq GREY CABLE, OR BS6231 WHEN SHOWN AS FOLLOWS:- 'A' SIZE = 1.0mm.sq. 'B' SIZE = 2.5mm.sq. 'C' SIZE = 4.0mm.sq. 'D' SIZE = 6.0mm.sq. 'OP' = ORANGE (VOLT FREE) 'BK' = BLACK (AC) FIELD CABLING TO BE SUITABLY PROTECTED & ROUTED TO COMPLY WITH NATIONAL STANDARDS WHEN SHOWN AS FOLLOWS :- 'AD' TYPE = ANALOG DATA CABLE / SCREENED 'MD' TYPE = MODBUS PLUS COMMUNICATION CABLE 'MB' TYPE = MODBUS COMMUNICATION CABLE 'ND' TYPE = NETWORK DATA: 22 AWG EIA CAT 4 'LS' TYPE = LOAD SHARE, 18 AWG O/ALL SCREEN 'AF' SIZE = 1.0mm.sq. 'RF' SIZE = 2.5mm.sq. 'CF' SIZE = 4.0mm.sq. 'DF' SIZE = 6.0mm.sq. 2. AC CABLE TO BE BLACK, DC CABLE TO BE FIRE & VOLT FREE CABLE TO BE ORANGE 3. SEGREGATE VOLT FREE TERMINALS FROM AC/DC 4. SEGREGATE AC & DC WIRING & TERMINALS. 5. IDENTIFY AC TERMINALS & IDENTIFY WITH A 'DANGER LIVE TERMINALS' LABEL						R38	52-108 CLOSE RELAY-415082	R82	MCM UTILITY AVAILABLE-0249-0815	R126	GM1 -0-0249-817				
						R39	SYSTEM SYNC ENABLE-0249-817	R83	MCM SYNCH OK-0249-0817	R127	UM2 -0-0249-817				
						R40	PLC MALFUNCTION-0249-817	R84	MCM OK-0249-0815	R128	GM2 -0-0249-817				
						R41	GEN#1 PARALLEL ENABLE-0249-0815	R85	52-301 OPEN-415082	R129	UM1 - SYNCH OK-0249-817				
						R42	GEN#2 PARALLEL ENABLE-0249-0815	R86	52-301 CLOSE-415082	R130	INGOL-0249-817				
						R43	GEN#3 PARALLEL ENABLE-0249-0815	R87	52-305 OPEN-415082	R131	G1 REMOTE START-0249-0815				
						R44	GEN#4 PARALLEL ENABLE-0249-0815	R88	52-305 CLOSE-415082	R132	G2 REMOTE START-0249-0815				
												T1	BATTERY LOW TIMER-403507	R133	G3 REMOTE START-0249-0815
												T2	MAX TIME IN PARALLEL TIMER-403507	R134	G4 REMOTE START-0249-0815
															R135
									R136	52-107 ADD-415082					

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB

WIRING NOTES

Cummins Power Generation
Columbus Avenue, Manston, Ramsgate
Kent, CT12 5BF, England, UK

TITLE: WD-SCHMATIC

SITE CODE: PGK

DWG No. 0630 - 2778

SHEET 14 OF 23

DWG SIZE A3

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
X = ±0.5 X.X = ±0.3 X.XX = ±0.15	LOPPED FROM	DRAWN I HAMPTON	02/03/04
	THIRD ANGLE PROJECTION	CHECKED D. MORTON	02/03/04
		APPROVED I HAMPTON	05/01/04

FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888

FIRST USED ON: PN30303

AutoCAD	DO NOT SCALE PRINT	ANGLE TOL. ±1.0°
SCALE:		

D

D

C

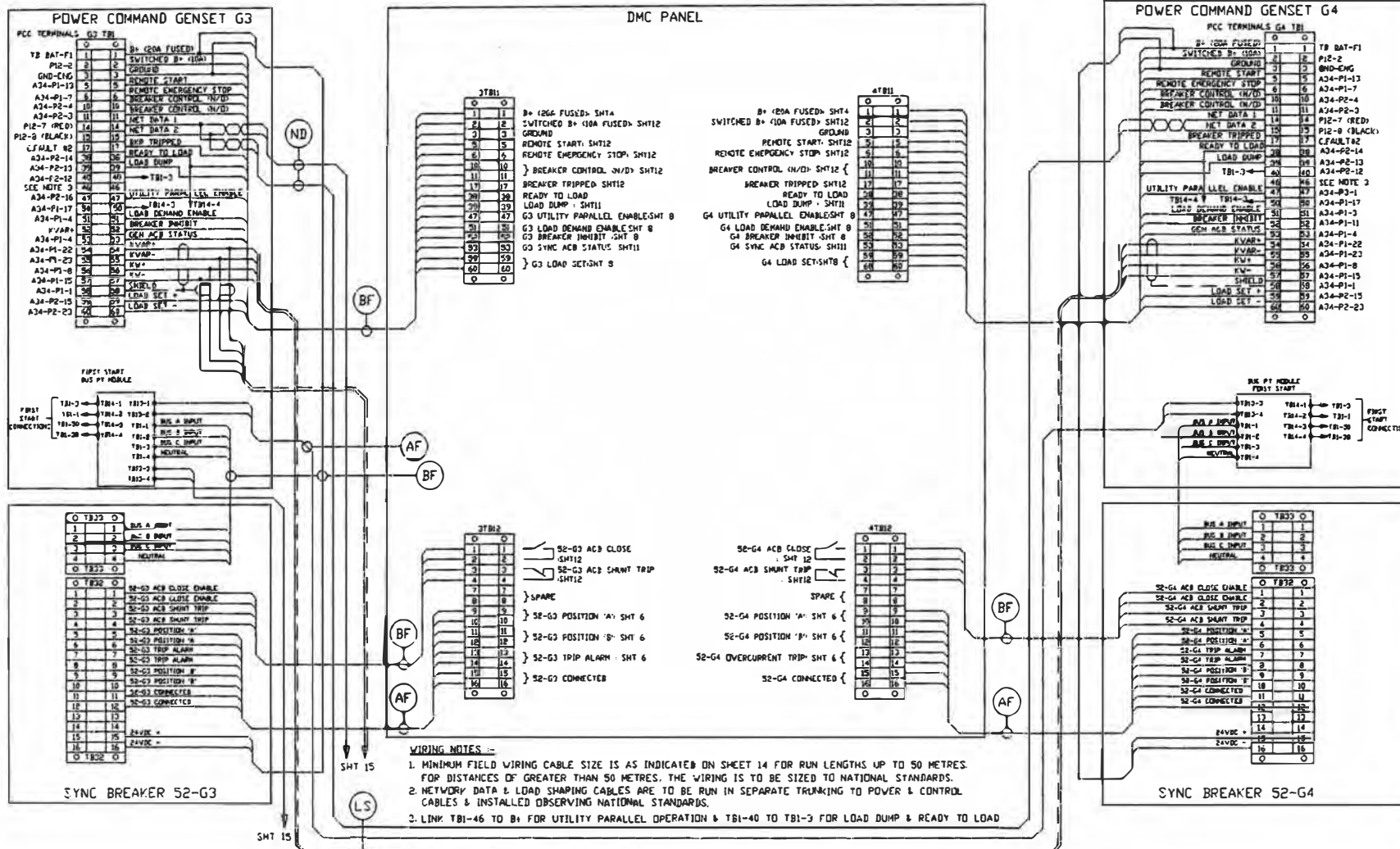
C

B

B

A

A



DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB
 GENERATOR INTERCONNECTION DIAGRAM #2

Commins Power Generation
 Columbus Avenue, Manston, Ramsgate
 Kent, CT12 5BF, England, UK

TITLE: **WD-SCHMATIC**

SITE CODE: **PGK**

DWG No. **0630 - 2778**

SHEET **16** OF **23**

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
COPED FROM	-	DRAWN	1 HAMPTON
0.09 - 4.99 = ±0.15 / -0.08	THIRD ANGLE PROJECTION	CHECKED	O. MORTON
5.00 - 9.99 = ±0.20 / -0.10		APPROVED	1 HAMPTON
10.00 - 17.49 = ±0.25 / -0.13		FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888	FIRST USED ON
17.50 - 24.99 = ±0.30 / -0.13			PN30303

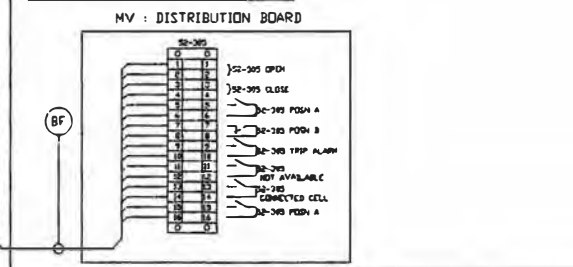
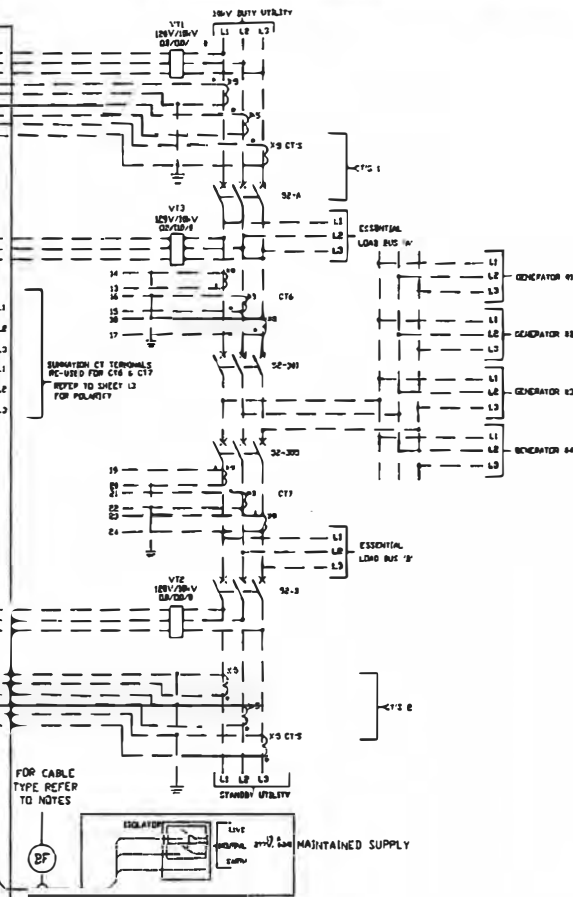
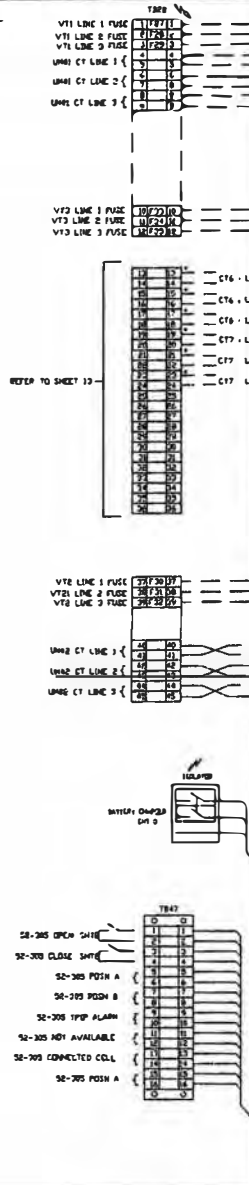
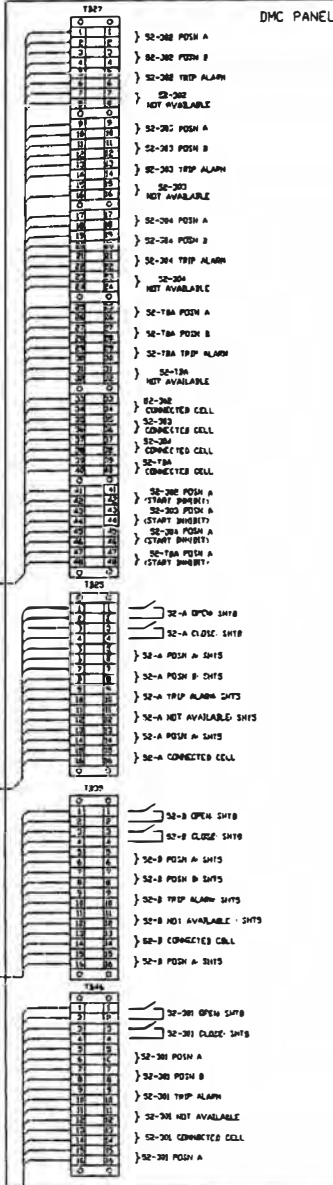
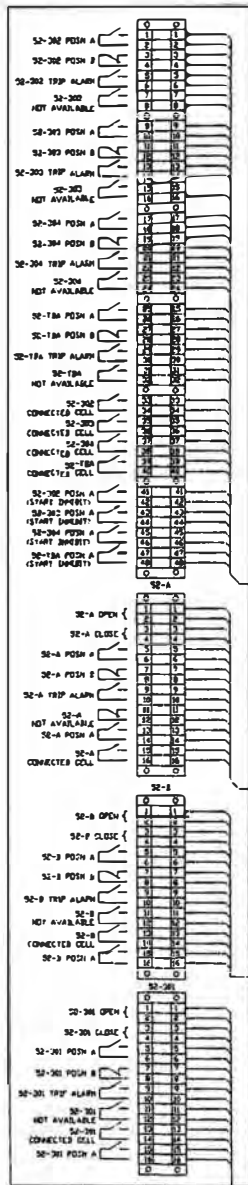
AutoCAD	DO NOT SCALE PRINT	ANGLE TOL.	±1.0°
		SCALE:	

D
C
B
A

WIRING NOTES

1. MINIMUM FIELD WIRING CABLE SIZE IS AS INDICATED ON SHEET 16 FOR RUN LENGTHS UP TO 50 METRES. FOR DISTANCES OF GREATER THAN 50 METRES, THE WIRING IS TO BE SIZED TO NATIONAL STANDARDS.
 2. NETWORK DATA & LOAD SHARING CABLES ARE TO BE RUN IN SEPARATE TRUNKING TO POWER & CONTROL CABLES & INSTALLED OBSERVING NATIONAL STANDARDS.

MV - DISTRIBUTION BOARD



DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB
 CUSTOMER INTERCONNECTION DIAGRAM #1

Cummins Power Generation
 Columbus Avenue, Monston, Ramsgate
 Kent, CT12 5BF, England, UK

TITLE: **WD-SCHEMATIC**

SHEET: 17 of 23
 DWG No: 0630 - 2778
 SITE CODE: PGK

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
COPED FROM	-	DRAWN I HAMPTON	02/03/04
THIRD ANGLE PROJECTION		CHECKED O. MORTON	02/03/04
		APPROVED I HAMPTON	05/01/04

FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING. SEE BS 8888

FIRST USED ON: PN30303

AutoCAD	DO NOT SCALE PRINT	ANGLE TOL.	±1.0°
		SCALE:	

D
C
B
A

D
C
B
A

4

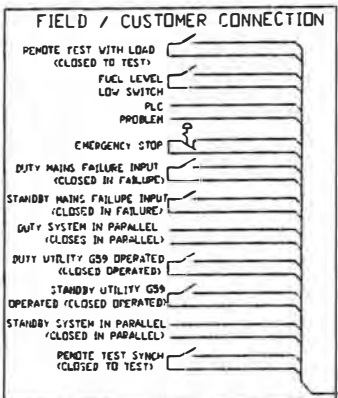
3

1

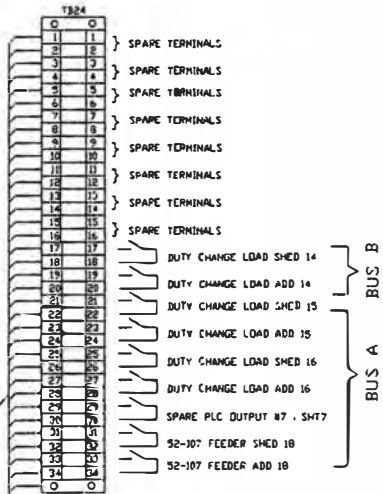
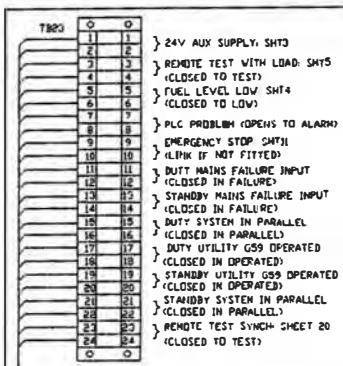
2

1

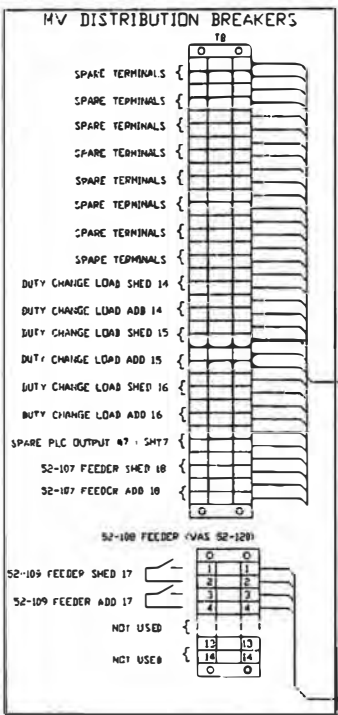
WIRING NOTES :-
 1. MINIMUM FIELD WIRING CABLE SIZE IS AS INDICATED ON SHEET 8 FOR RUN LENGTHS UP TO 50 METERS FOR DISTANCES OF GREATER THAN 50 METRES. THE WIRING IS TO BE SIZED
 2. NETWORK DATA & LOAD SHARING CABLES ARE TO BE RUN IN SEPARATE TRUNKING TO POWER & CONTROL CABLES & INSTALLED OBSERVING NATIONAL STANDARDS.



FOR CABLE TYPE REFER TO NOTES



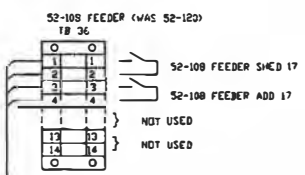
BUS B
 BUS A



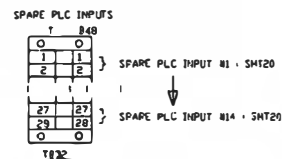
BF

BF

MBF



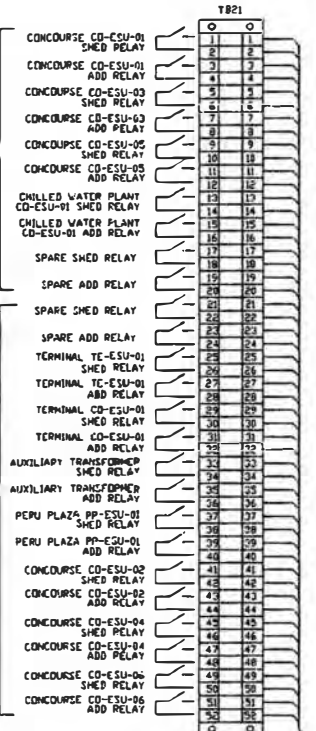
BUS A



SCADA COMMS MODBUS RS232/485 CONVERTOR

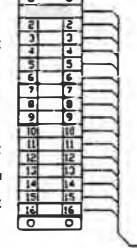
BUS A
 REFER TO SHEET 7

BUS B
 REFER TO SHEET 7

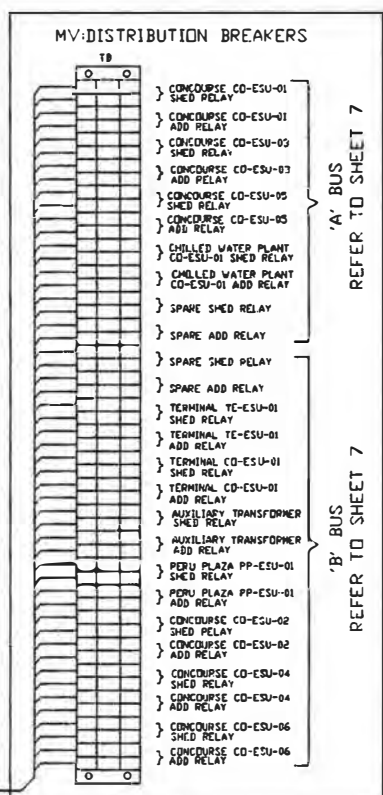


BF

TR 49

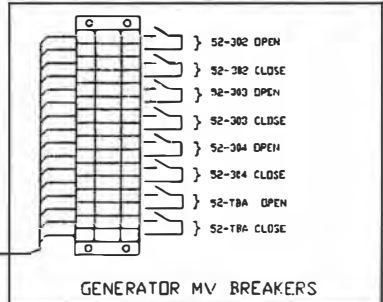


BF



'A' BUS
 REFER TO SHEET 7

'B' BUS
 REFER TO SHEET 7



DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB

CUSTOMER INTERCONNECTION DIAGRAM #2

Cummins Power Generation
 Columbus Avenue, Monston, Ramsgate
 Kent, CT12 5BF, England, UK

TITLE: **WD-SCHMATIC**

SITE CODE: **PGK**
 DMC No. **0630 - 2778**
 SHEET **18** OF **23**

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
COPED FROM	-	DRAWN	02/03/04
X = ±0.5 X.X = ±0.3 X.XX = ±0.15	THIRD ANGLE PROJECTION	CHECKED	02/03/04
0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13		APPROVED	05/01/04
THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, USED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.		FIRST USED ON	
		PN30303	

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT
 ANGLE TOL. ±1.0°
 SCALE:

D
 C
 B
 A

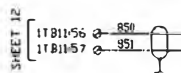
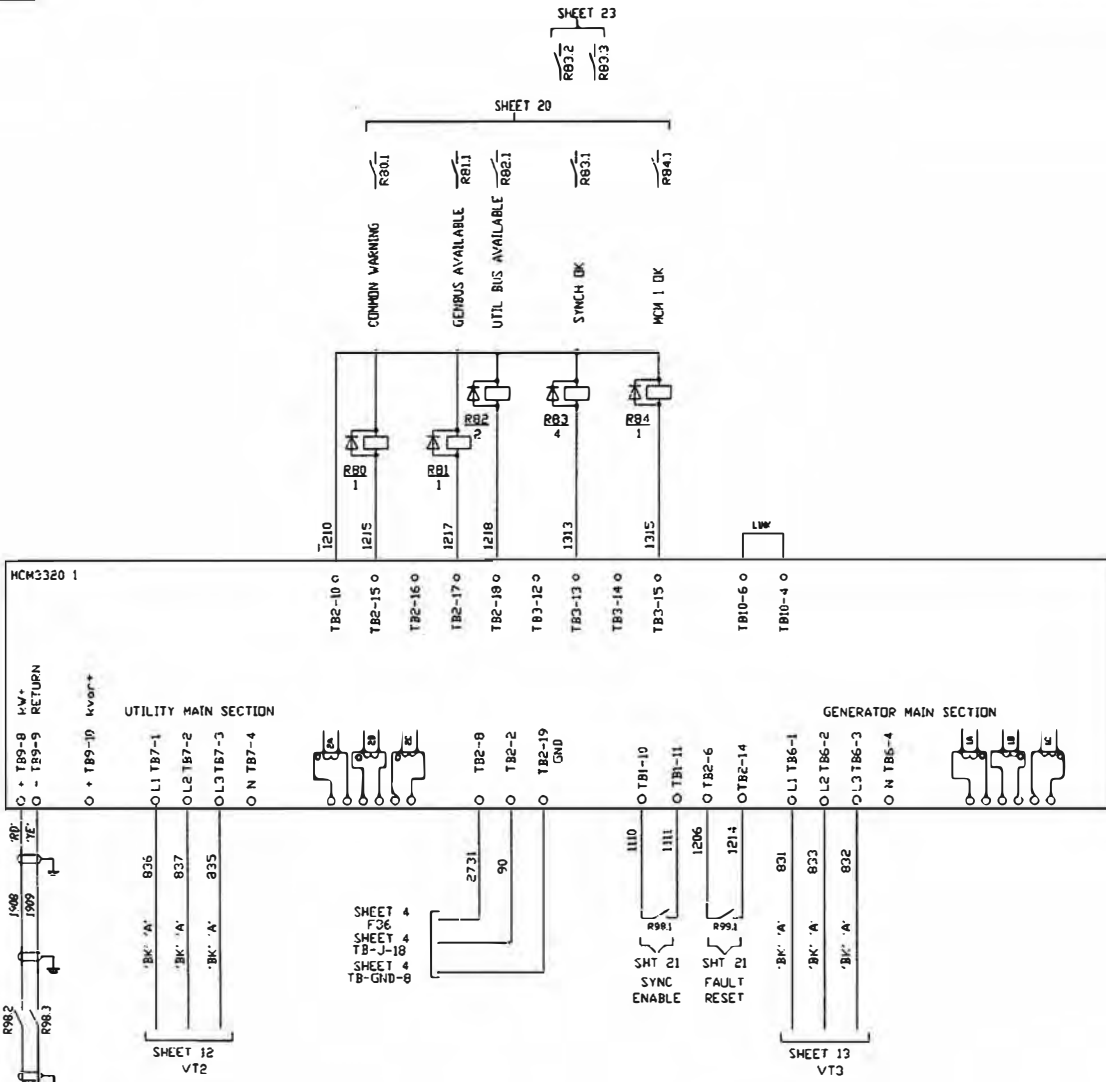
D
 C
 B
 A

0630 - 2778 | A3

REL. No.	LTR	No.	REVISION	ZONE	DRN/CHKR	APPROVED	DATE
ECO-128222	F	1	AS BUILT / SHIPPED - REFER TO ECO	-	VH	DM	C. SPELLMAN 23 JAN 13

D
C
B
A

D
C
B
A



TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
DIM	COPED FROM	DRAWN	I HAMPTON
X = ±0.5	THIRD ANGLE PROJECTION	CHECKED	D. MORTON
XX = ±0.3		APPROVED	I HAMPTON
X.XX = ±0.15			
0.09-4.99 = +0.15/-0.08			
5.00-9.99 = +0.20/-0.10			
10.00-17.49 = +0.25/-0.13			
17.50-24.99 = +0.30/-0.13			

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPLICATED, USED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE.

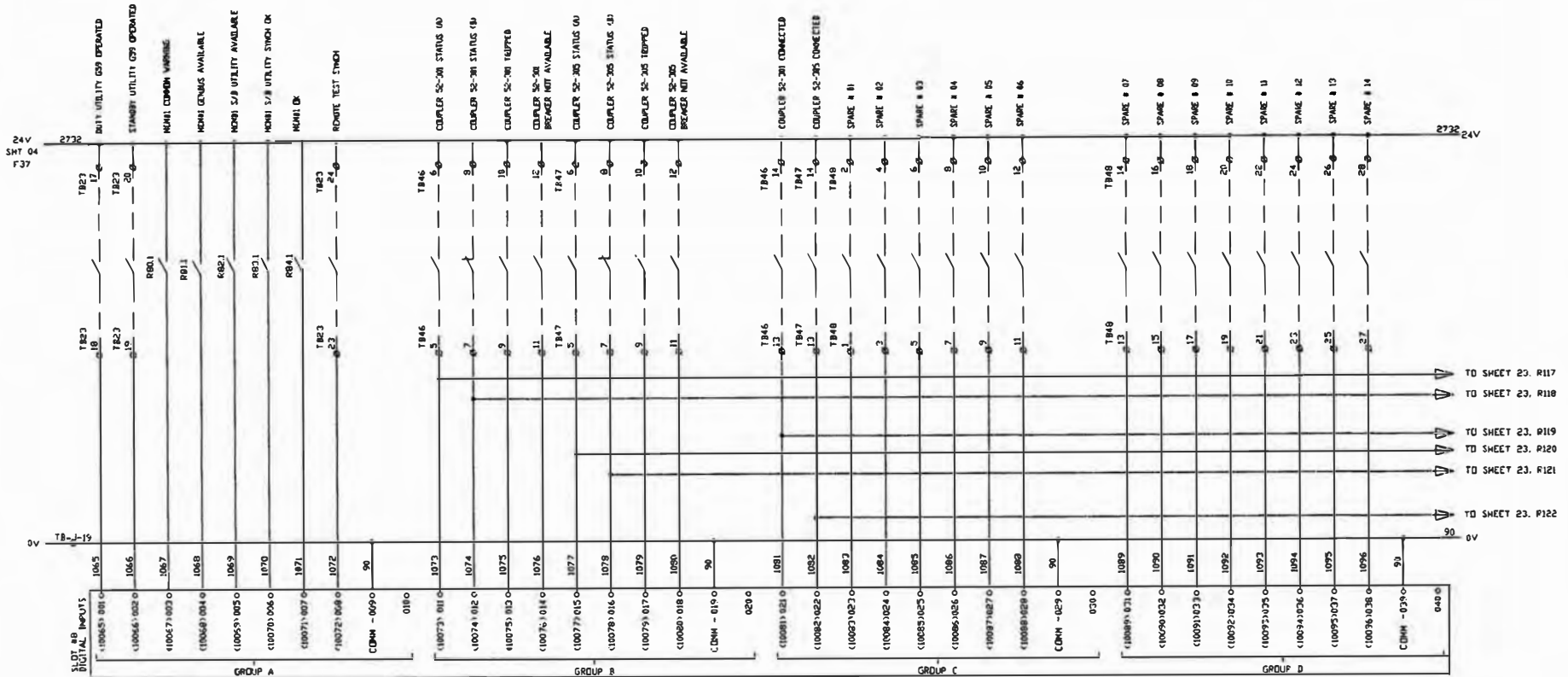
FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB	
STANDBY UTILITY SYNCHRONISING	
	Cummins Power Generation Columbus Avenue, Manston, Ramsgate Kent, CT12 5BF, England, UK
	TITLE
SITE CODE	WD-SCHEMATIC
DWG No.	0630 - 2778
SHEET	19 of 23
DWG SIZE	A3

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT

ANGLE TOL. ±1.0°
SCALE:

4 3 2 1

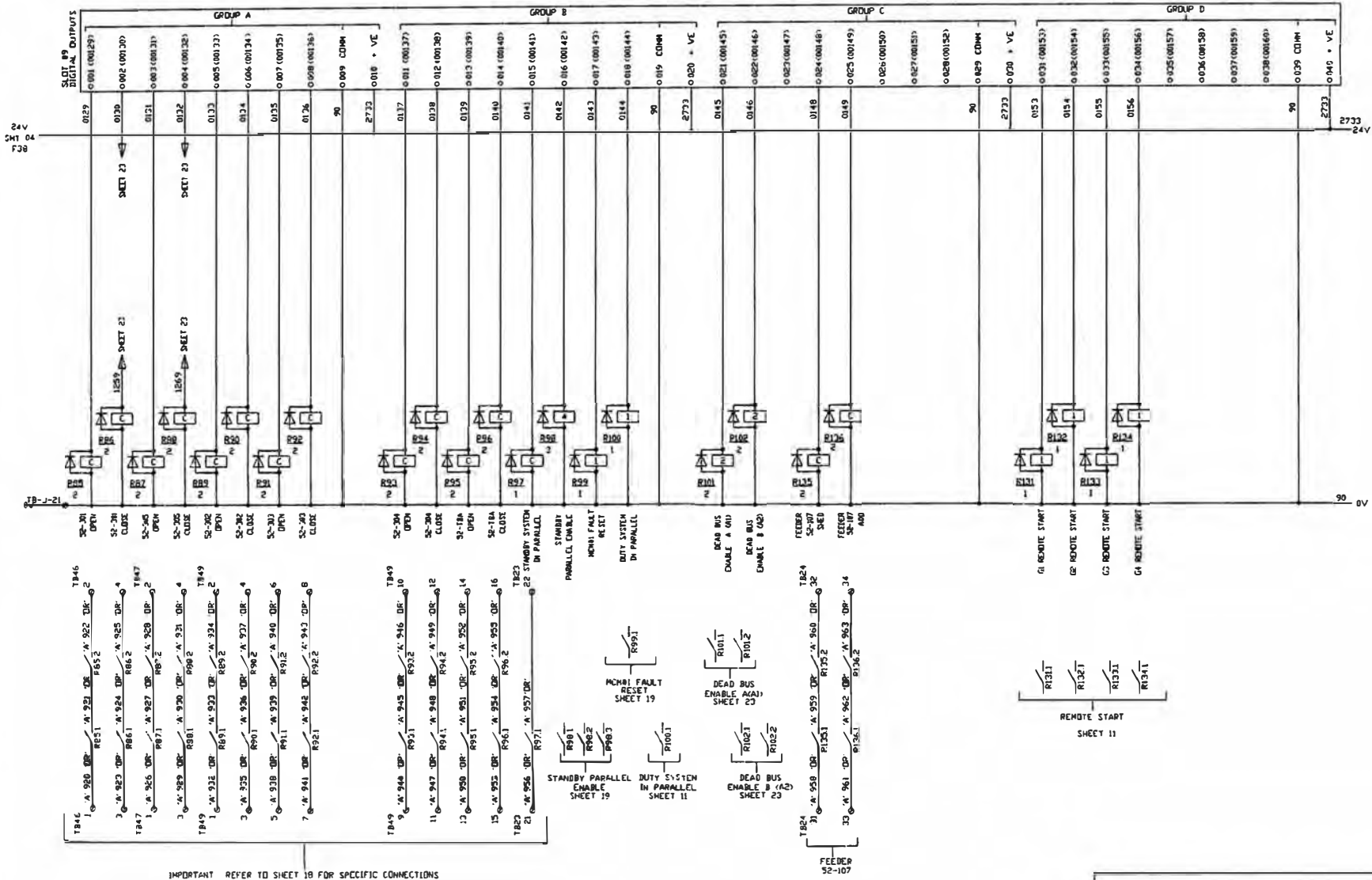


AutoCAD	DO NOT SCALE PRINT	ANGLE TOL.	±1.0°
4		SCALE:	

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	-
X.X.XX ±0.5 X.XX ±0.3 X.XX ±0.15	COPIED FROM	-
0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13	THIRD ANGLE PROJECTION	
THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER GENERATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, COPIED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER GENERATION OR ITS REPRESENTATIVE		

DRAWN	I HAMPTON	DATE	02/03/04
CHECKED	D. MORTON	DATE	02/03/04
APPROVED	I HAMPTON	DATE	05/01/04
FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888		FIRST USED ON	PN30303

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB	
PLC INPUTS # 3	
<p>Cummins Power Generation Columbus Avenue, Monstion, Ramsgate Kent, CT12 5BF, England, UK</p>	
TITLE	WD-SCHMATIC
DWG No.	0630 - 2778
SHEET	20 of 23
CWG SIZE	A3



IMPORTANT REFER TO SHEET 18 FOR SPECIFIC CONNECTIONS

AutoCAD DO NOT SCALE PRINT

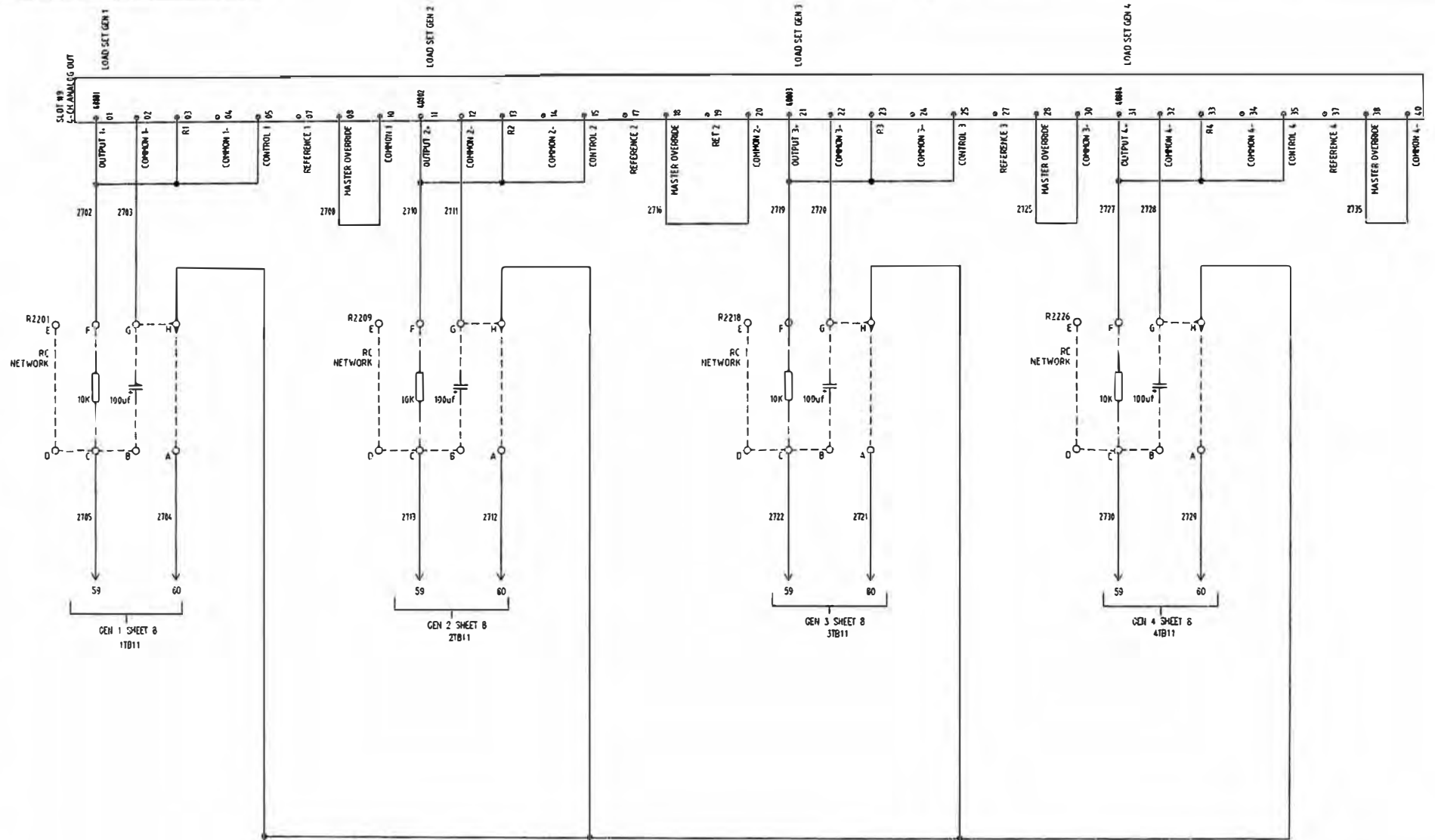
ANGLE TOL. ±1.0°
SCALE.

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
K ±0.5 X.X ±0.3 X.XX ±0.15	COPED FROM	DRAWN I HAMPTON	02/03/04
HOLE	THIRD ANGLE PROJECTION	CHECKED D. MORTON	02/03/04
0.09-4.99 = +0.15/-0.08 5.00-9.99 = +0.20/-0.10 10.00-17.49 = +0.25/-0.13 17.50-24.99 = +0.30/-0.13	FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 6888	APPROVED I HAMPTON	05/01/04

DATE	NAME
02/03/04	I HAMPTON
02/03/04	D. MORTON
05/01/04	I HAMPTON

FIRST USED ON
PN30303

DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:1SLB	
PLC OUTPUT # 3	
Cummins Power Generation Calumbus Avenue, Monstan, Romsgate Kent, CT12 5BF, England, UK	
TITLE	WD-SCHMATIC
SITE CODE	PGK
DWG No.	0630 - 2778
SHEET	21 of 23
DWG SIZE	A3



AutoCAD DO NOT SCALE PRINT ANGLE TOL. ±1.0° SCALE:

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO	NAME	DATE
X.X = ±0.5	COPIED FROM	I HAMPTON	02/03/04
X.XX = ±0.3		D. MORTON	02/03/04
X.XXX = ±0.15		I HAMPTON	05/01/04

THIRD ANGLE PROJECTION	FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 6858	FIRST USED ON
		PN30303

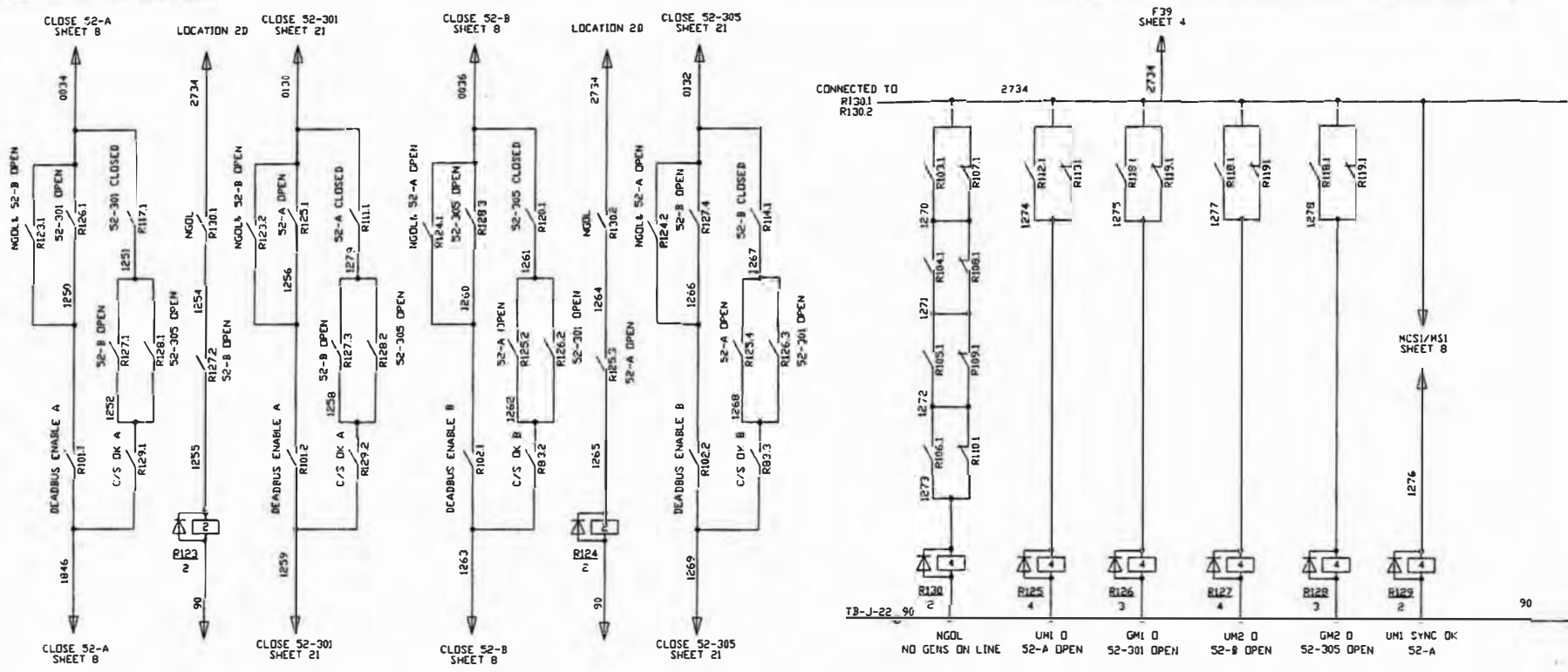
DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB	
PLC ANALOGUE OUTPUTS	
Cummins Power Generation Columbus Avenue, Manston, Ramsgate Kent, CT12 5BF, England, UK	
TITLE	WD-SCHMATIC
SITE CODE	PGK
DWG No.	0630 - 2778
SHEET	22 of 23
DWG SIZE	A3

4

3

2

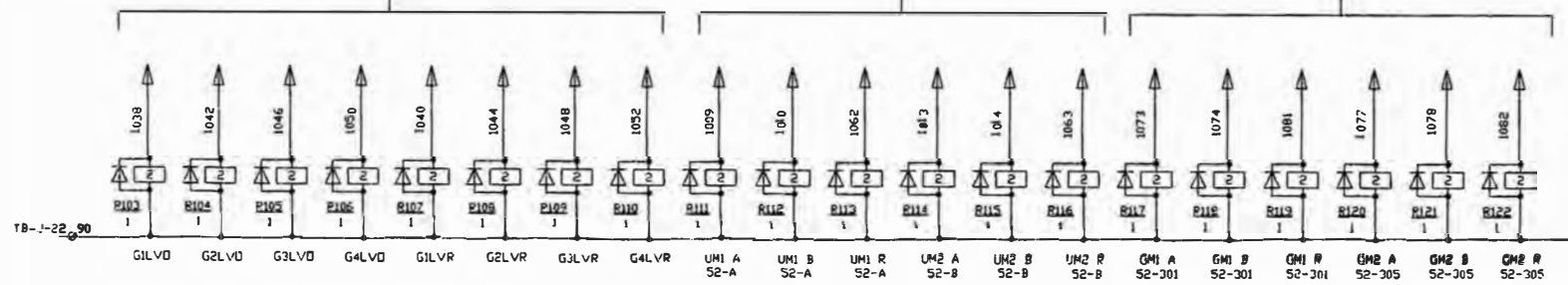
1



52-G1 to 52-G4 POSITION SLAVE RELAYS SHEET 6 (O = OPEN / R = RACKED/CONNECTED)

52-A / 52-B POSITION SLAVE RELAYS SHEET 5 & 6 (O = OPEN / R = RACKED/CONNECTED)

52-301 / 52-305 POSITION SLAVE RELAYS SHEET 20 (O = OPEN / R = RACKED/CONNECTED)



DMC300:4G:PCCP1:2UM:2GM:18LB

MISCELLANEOUS CONTROL

Cummins Power Generation
 Columbus Avenue, Manston, Ramsgate
 Kent, CT12 5BF, England, UK

TITLE: **WD-SCHMATIC**

SITE CODE: **PGK**

DWG No. **0630 - 2778**

SHEET **23** OF **23**

DWG SIZE **A3**

TOLERANCE UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	SIMILAR TO COMED FROM	NAME	DATE
0.09-4.99 = +0.15/-0.08		DRAWN I HAMPTON	02/03/04
5.00-9.99 = +0.20/-0.10		CHECKED D. MORTON	02/05/04
10.00-17.49 = +0.25/-0.13		APPROVED I HAMPTON	05/01/04
17.50-24.99 = +0.30/-0.13			

THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF CUMMINS POWER CORPORATION. IT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH MUST NOT BE REPRODUCED, USED OR DISCLOSED OTHER THAN AS EXPRESSLY AUTHORIZED BY CUMMINS POWER CORPORATION OR ITS REPRESENTATIVE.

FOR INTERPRETATION OF DIMENSIONING AND TOLERANCING, SEE BS 8888

FIRST USED ON **PN30303**

AutoCAD

DO NOT SCALE PRINT

ANGLE TOL. ±1.0'

SCALE:

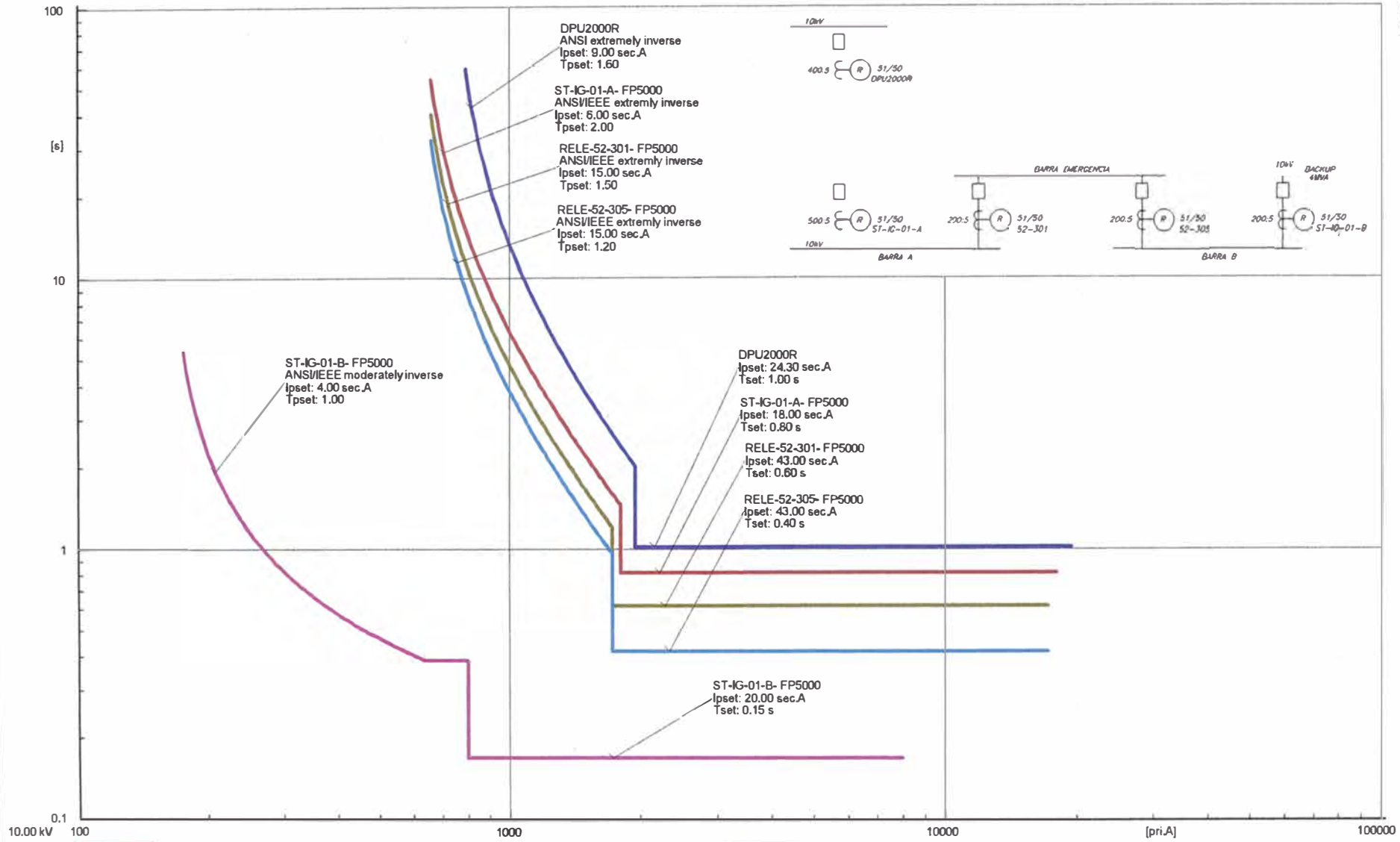
ANEXO C

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACIÓN 10KV

VER:
PLANO 01

ANEXO D

CURVAS DE PROTECCIÓN DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS



RELES DE PROTECCION PRINCIPALES Y ENLACES

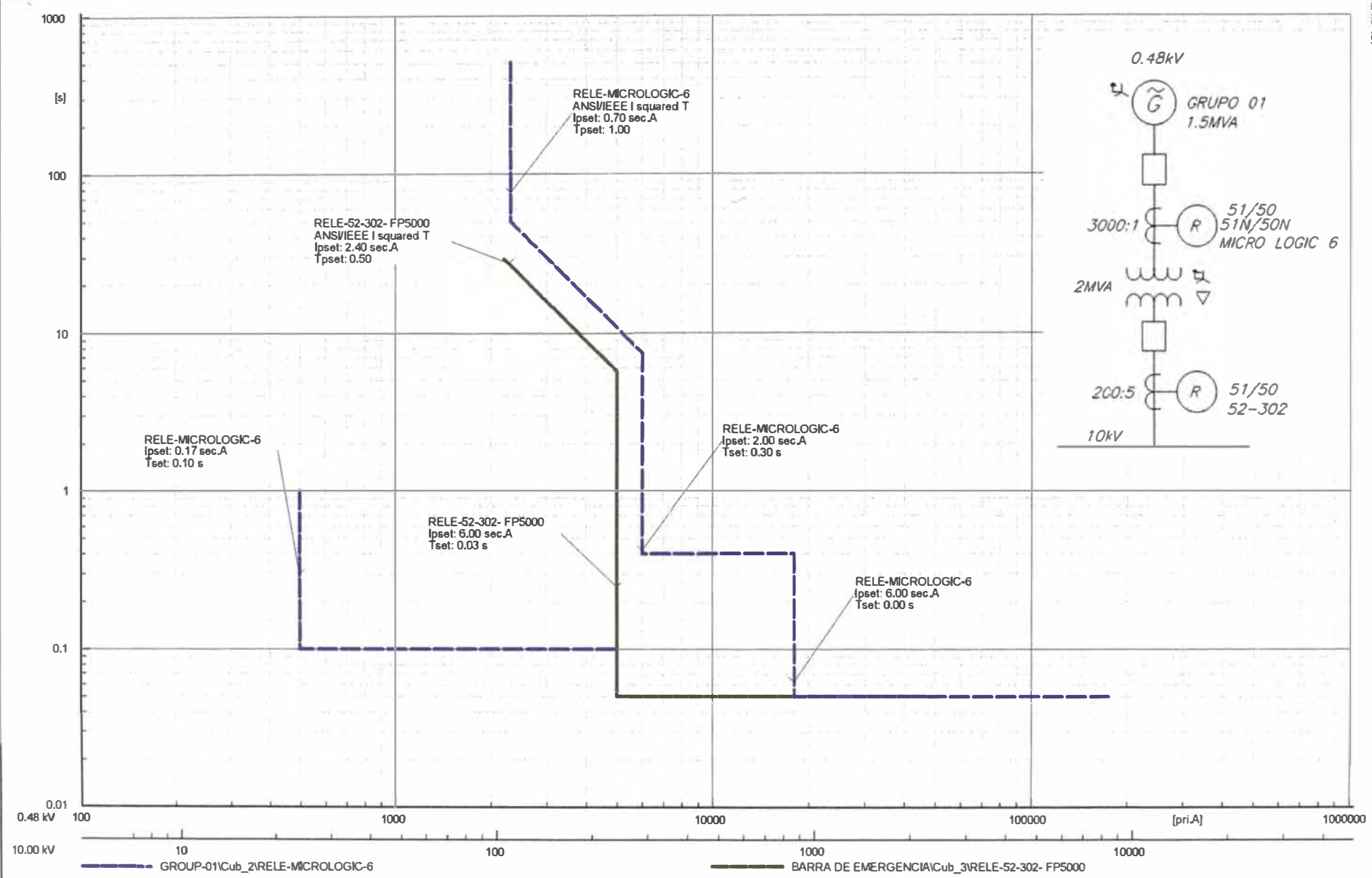
CURVAS DE SOBRECORRIENTE FASES

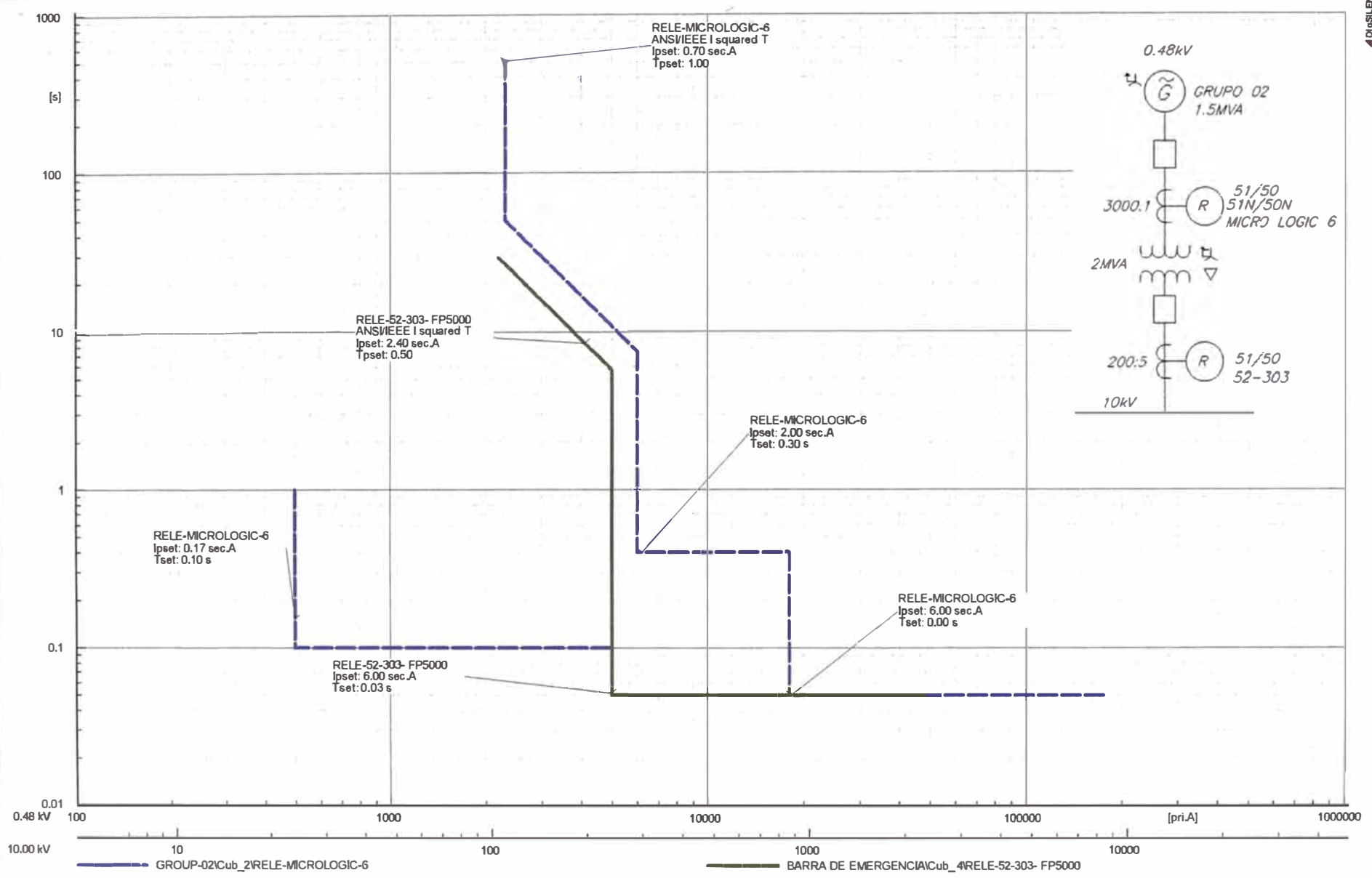
10kV

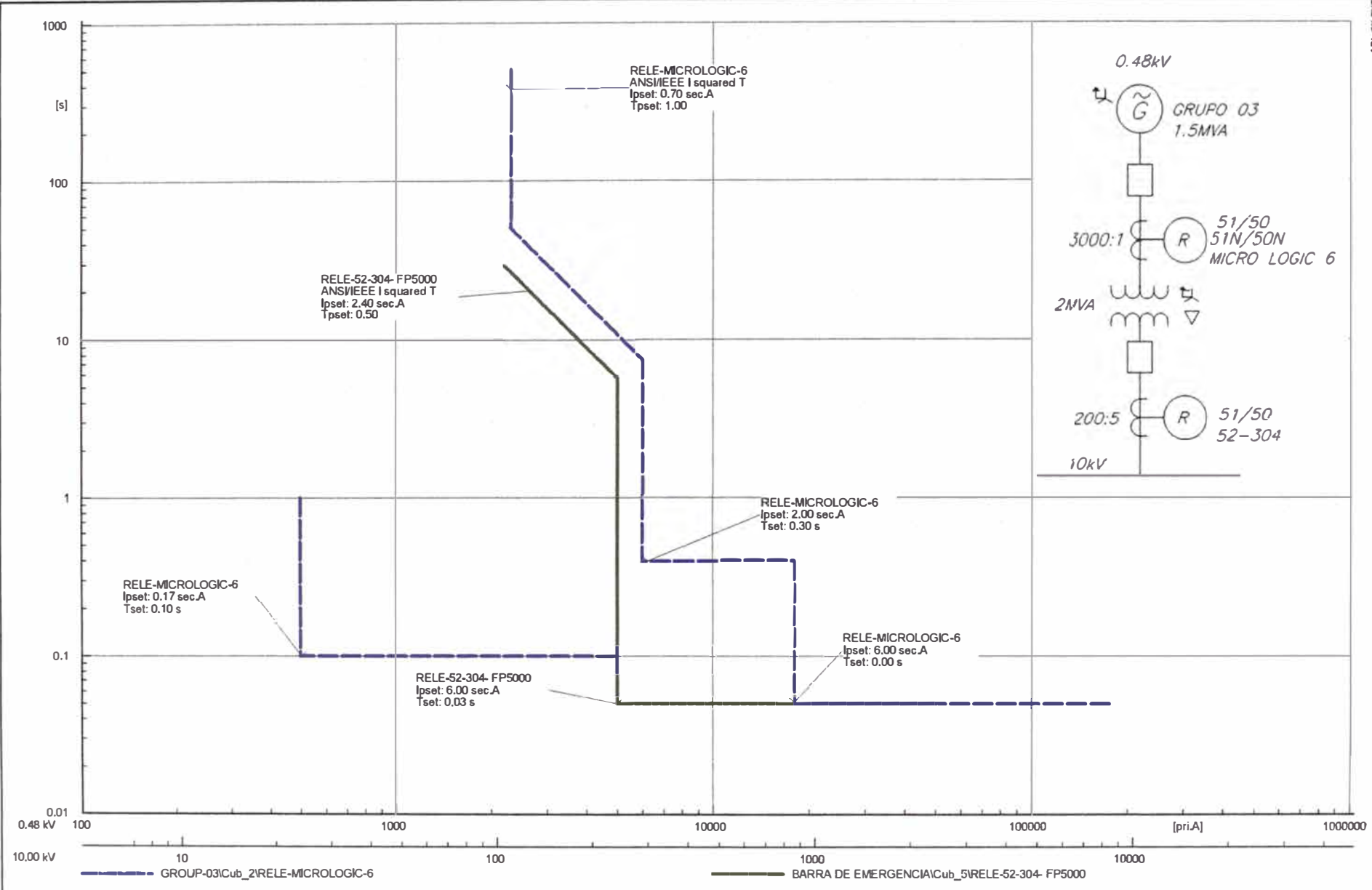
IG-EATON-OPU200

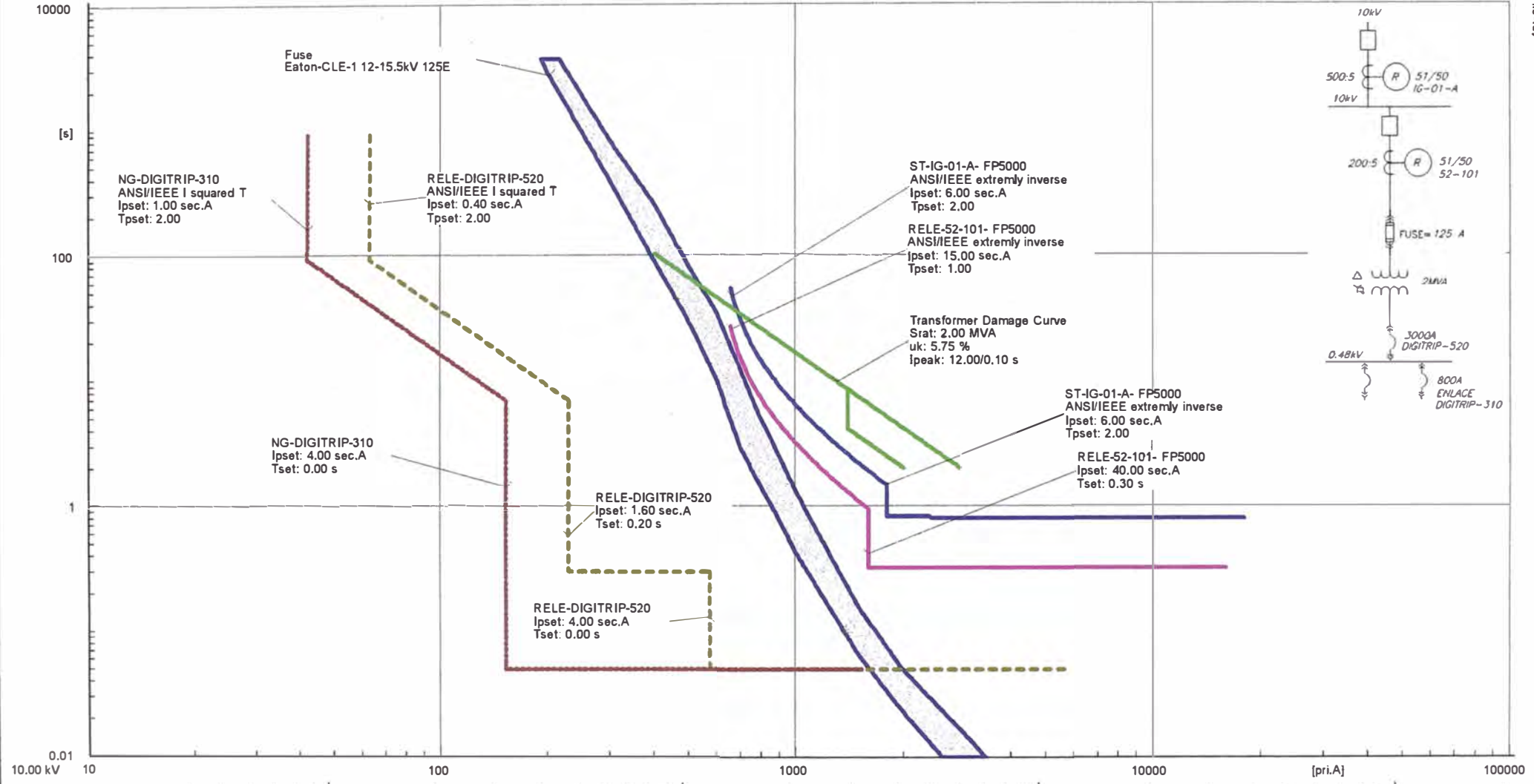
Date:

Annex:









- BARRA-AIST-CB-AIST-IG-01-A- FP5000
- Transformer Damage Curve
- BARRA-AIST-CB-01 RELE-52-101- FP5000
- CO-PS-01\Cub_2\Fuse
- - - CO-BS-01\Cub_1\RELE-DIGITRIP-520
- - - CO-BS-01\Cub_3\NG-DIGITRIP-310

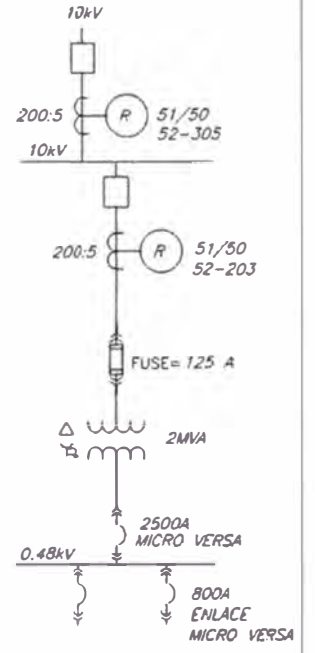
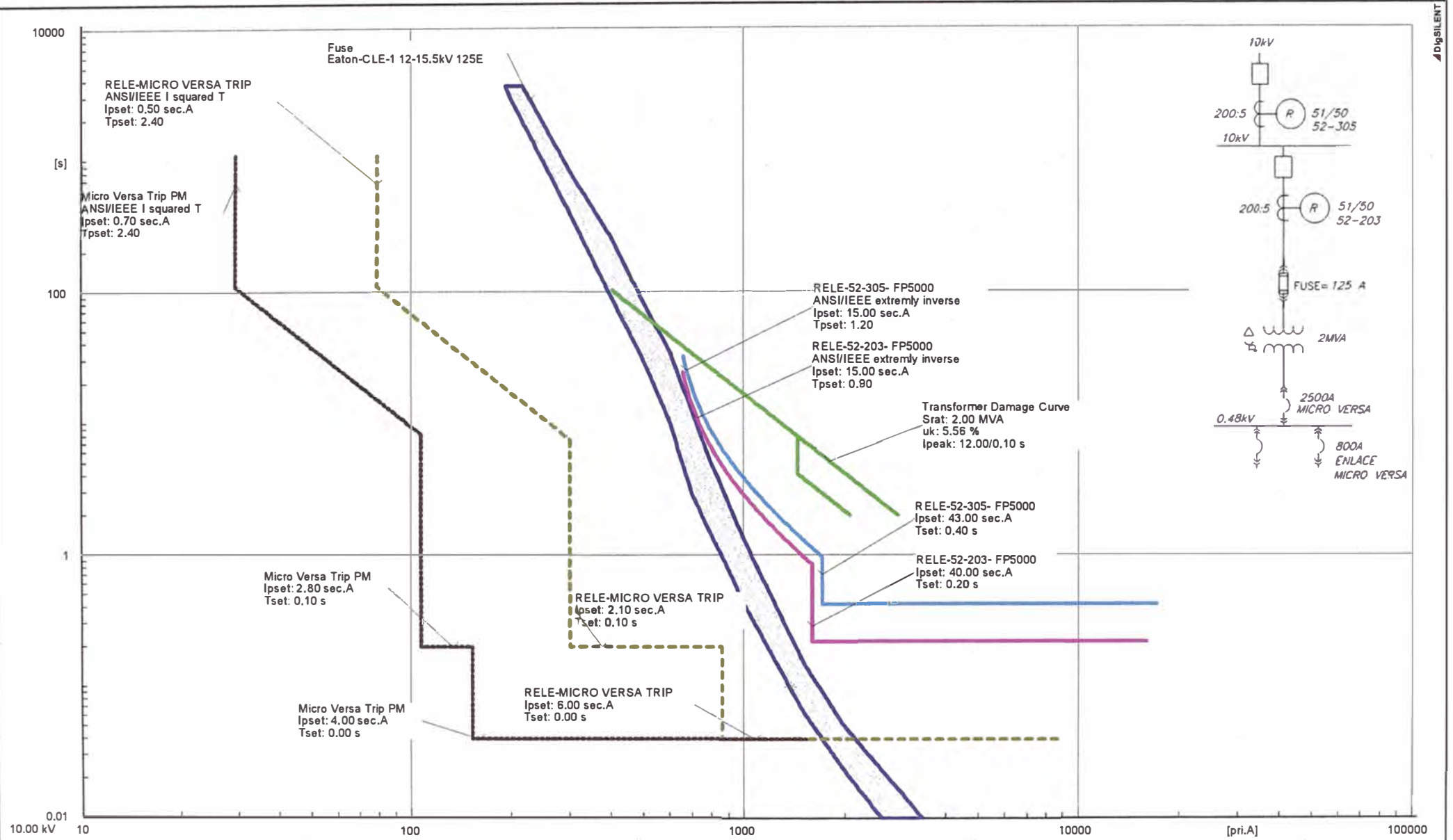


CONCOURSE 01

CURVAS DE SOBRECORRIENTE FASES

0.48/10 kV

CO-SB-01 Date: Annex:



CONCOURSE 02

CURVAS DE SOBRECORRIENTE FASES

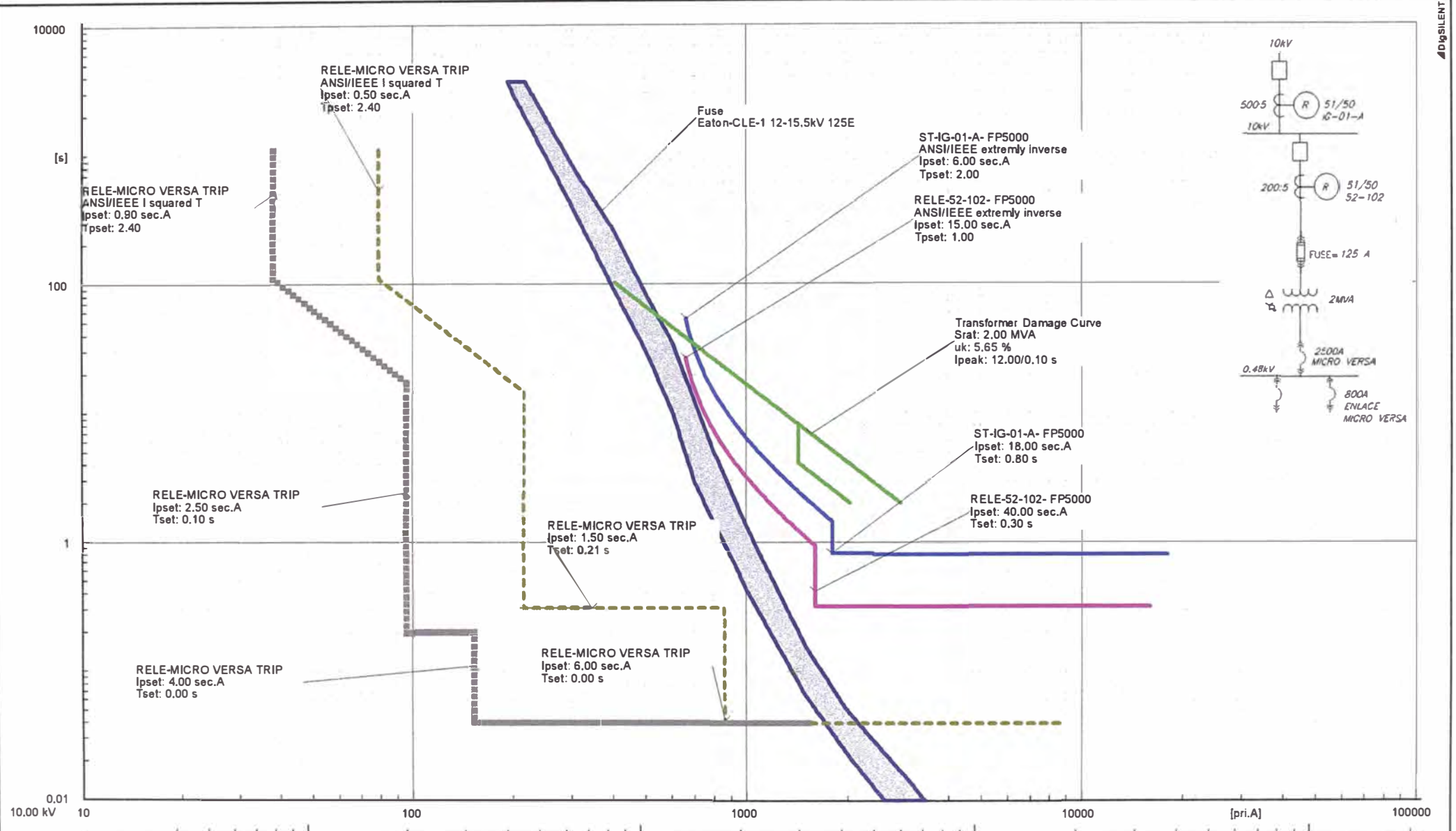
0,48/10 kV

CO-SB-02

Date: 3/2/2014

Annex:

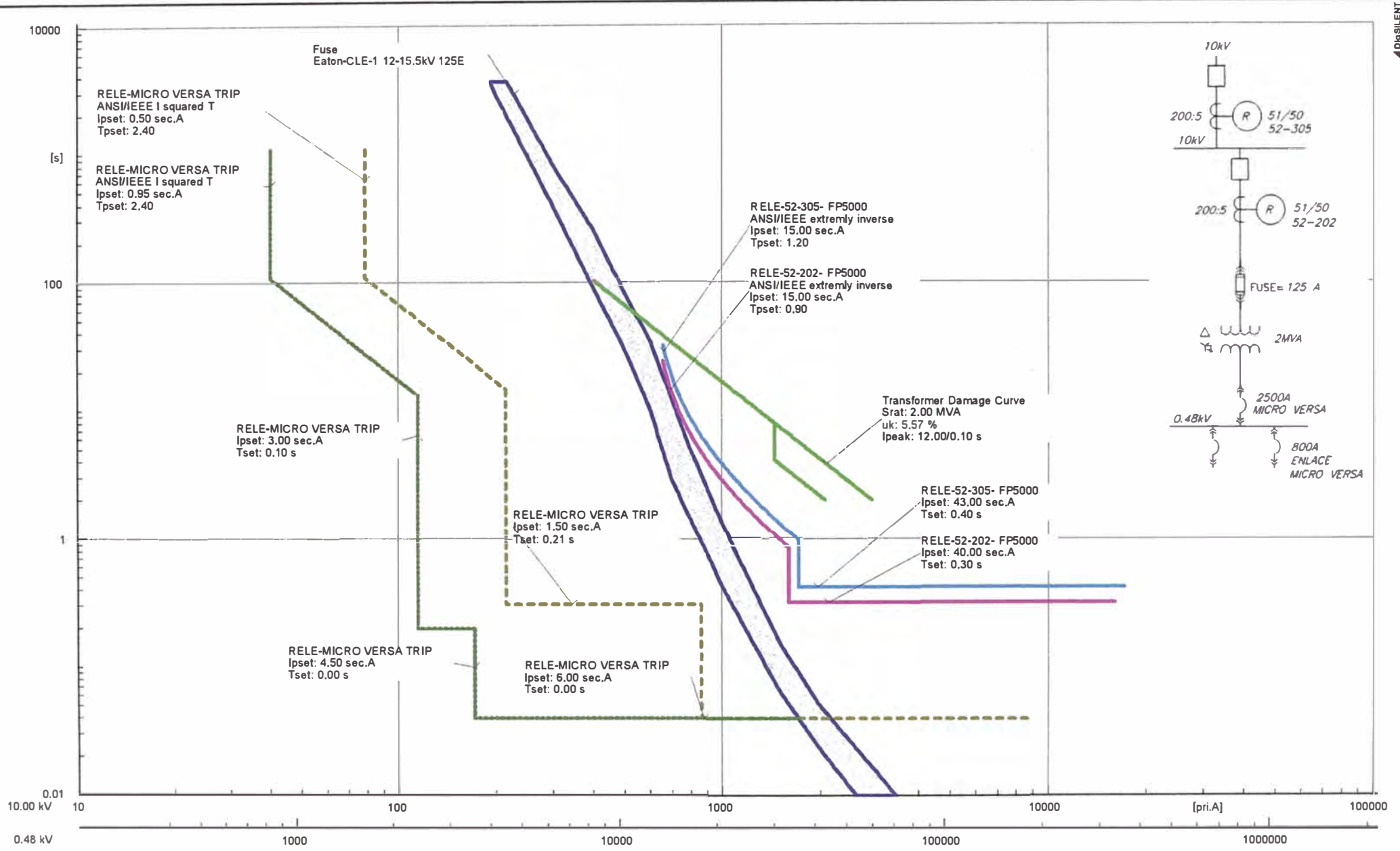




- BARRA-A1ST-CB-02\RELE-S2-102- FP5000
- CO-PS-03\Cub_2\Fuse
- - - CO-BS-03\Cub_1\RELE-MICRO VERSA TRIP
- BARRA-A1ST-CB-A1ST-IG-01-A- FP5000
- Transformer Damage Curve
- - - - - CO-BS-03\Cub_4\RELE-MICRO VERSA TRIP

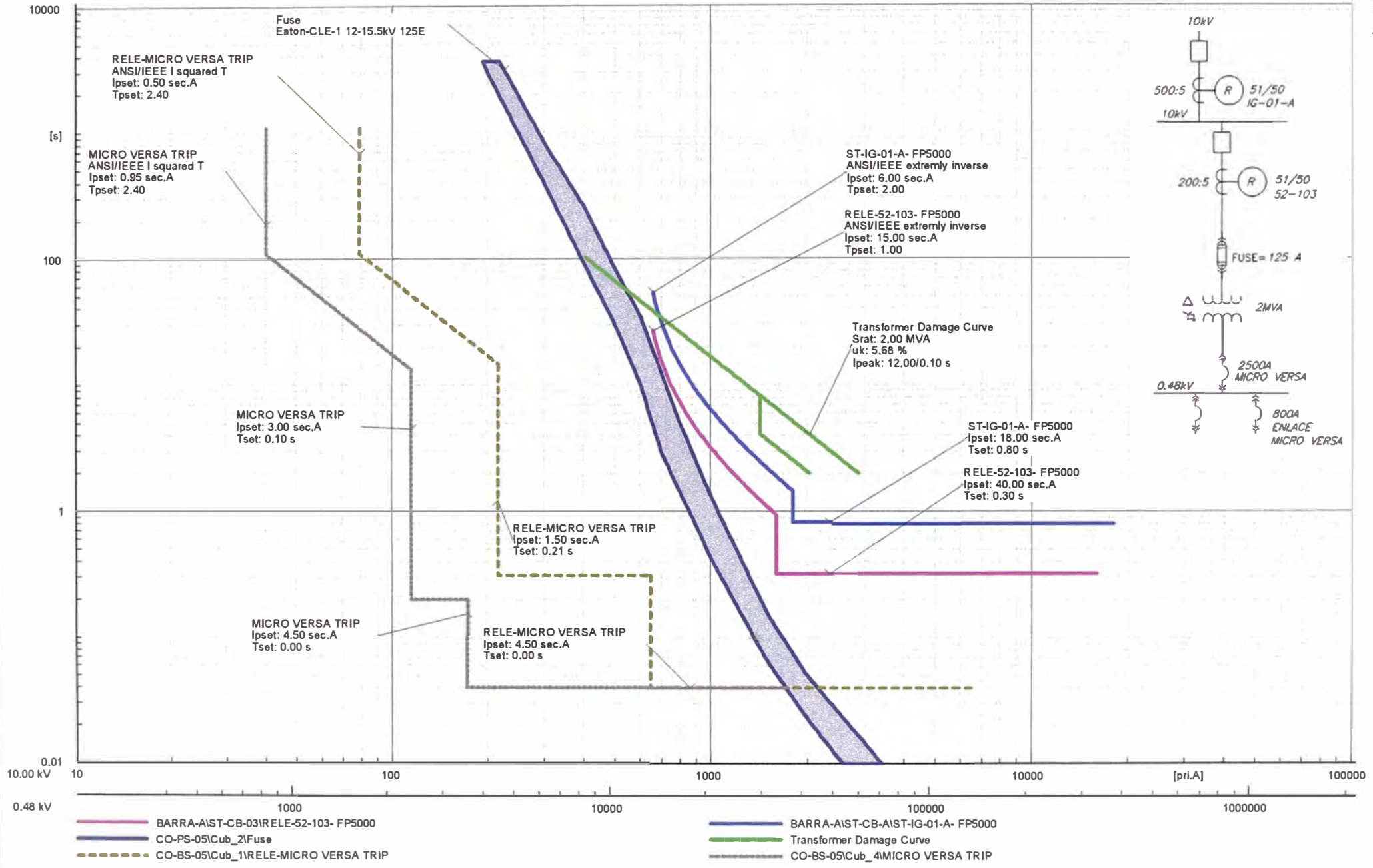


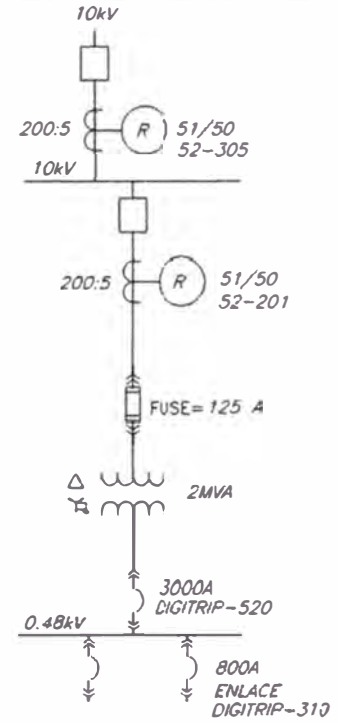
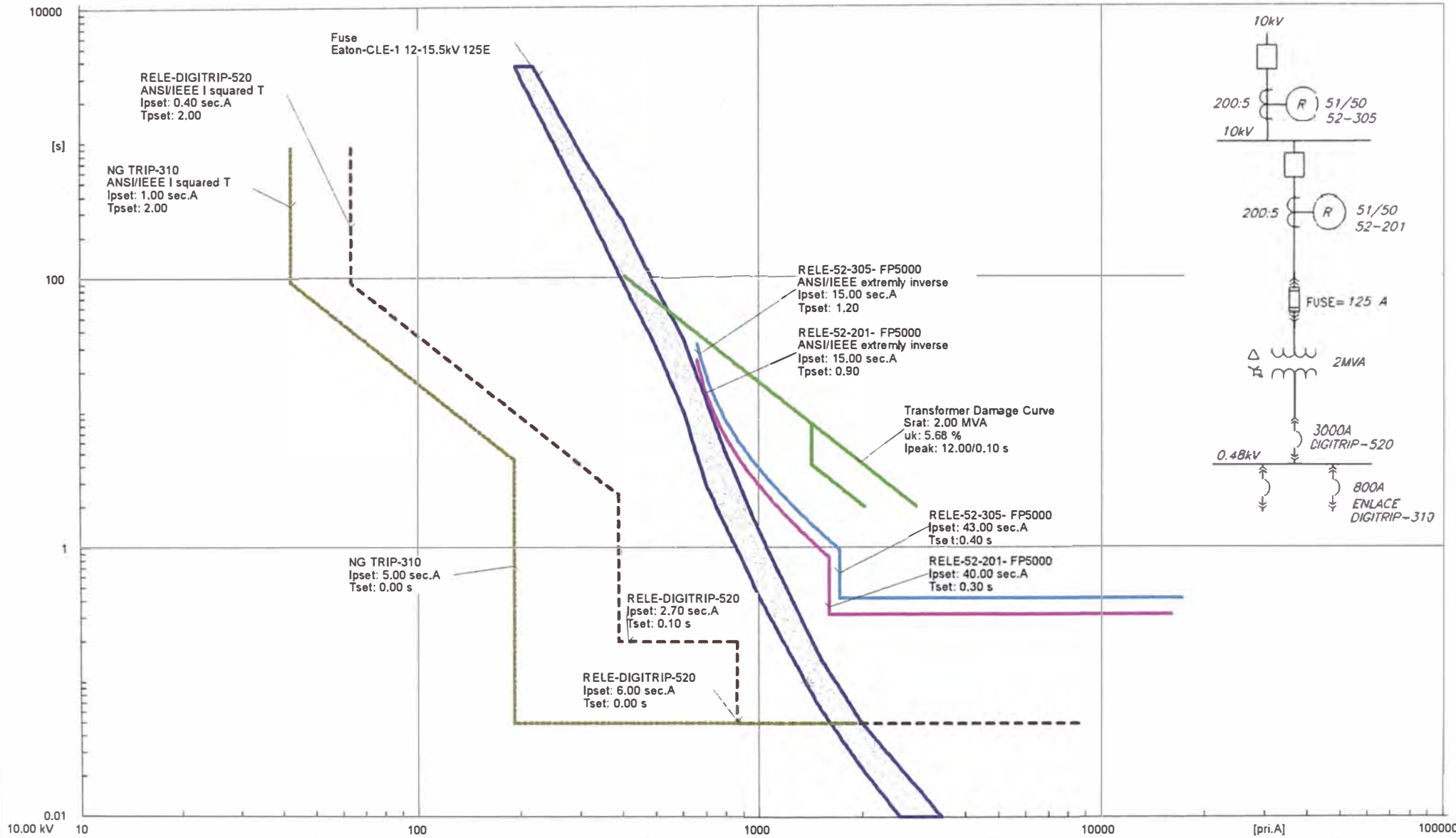
CONCOURSE 03



- BARRA B\Cub_7\RELE-52-202- FP5000
- - - CO-BS-04\Cub_1\RELE-MICRO VERSA TRIP
- BARRA DE EMERGENCIA\Cub_2\RELE-52-305- FP5000
- CO-PS-04\Cub_2\Fuse
- Transformer Damage Curve
- - - CO-BS-04\Cub_4\RELE-MICRO VERSA TRIP

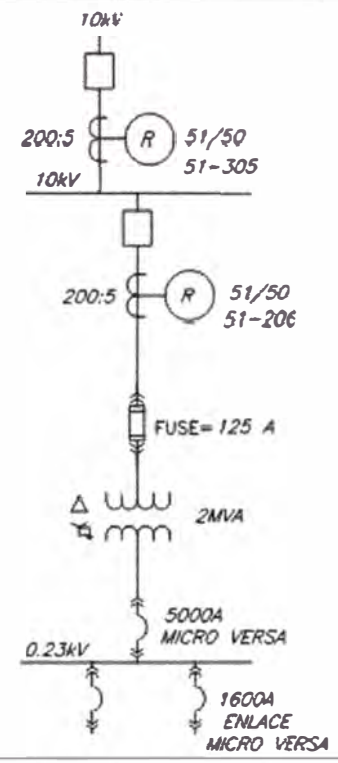
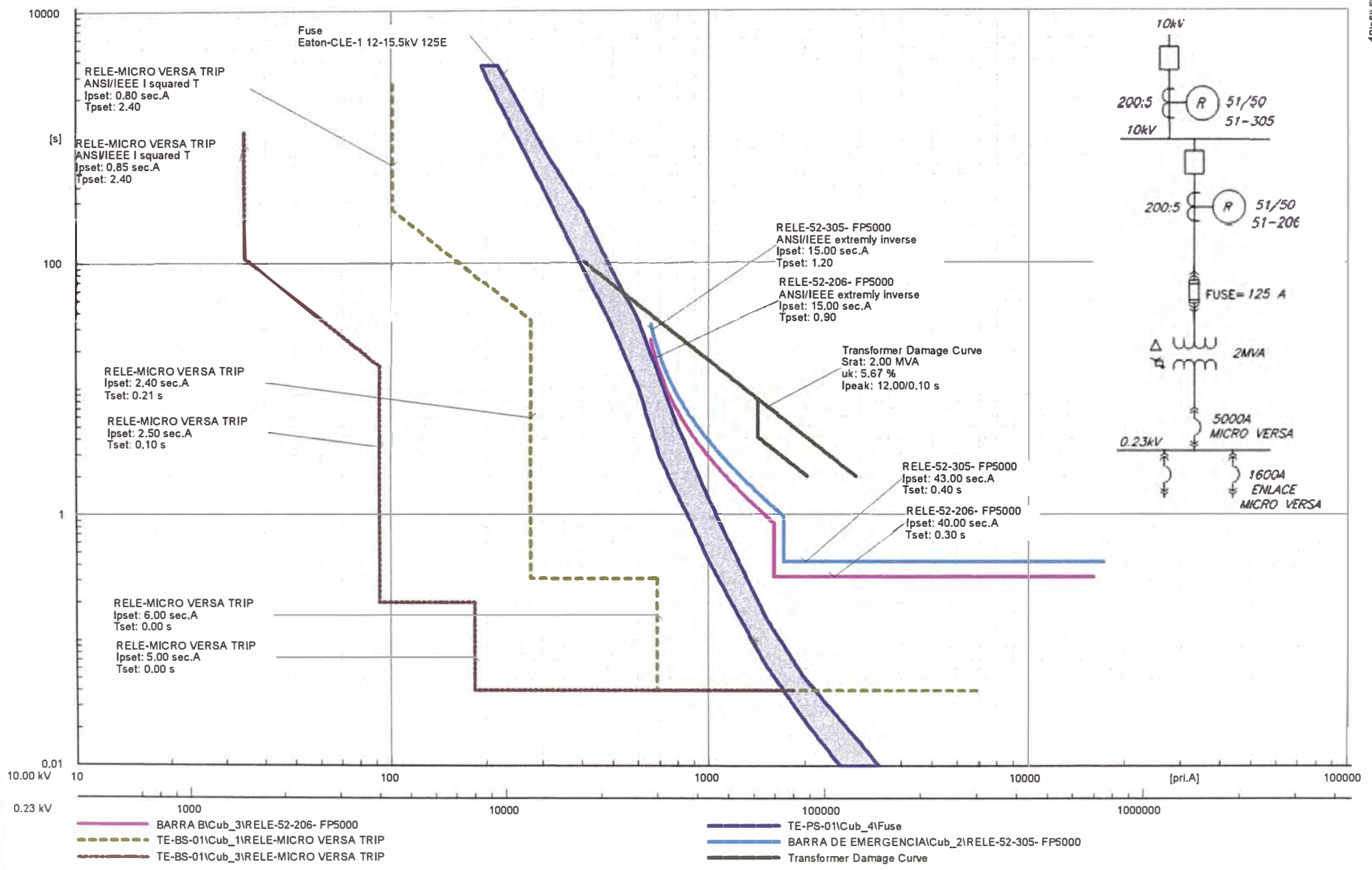


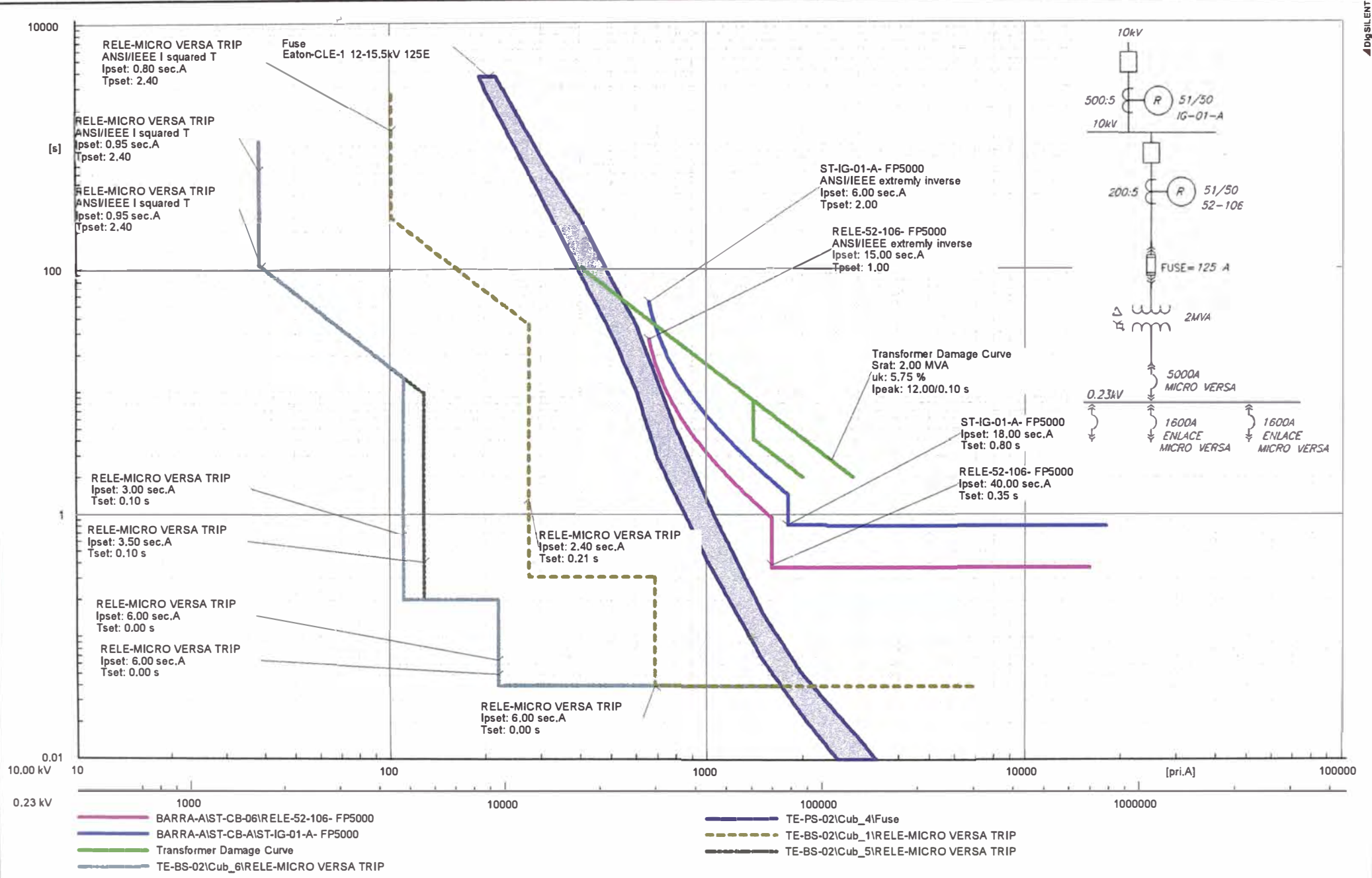


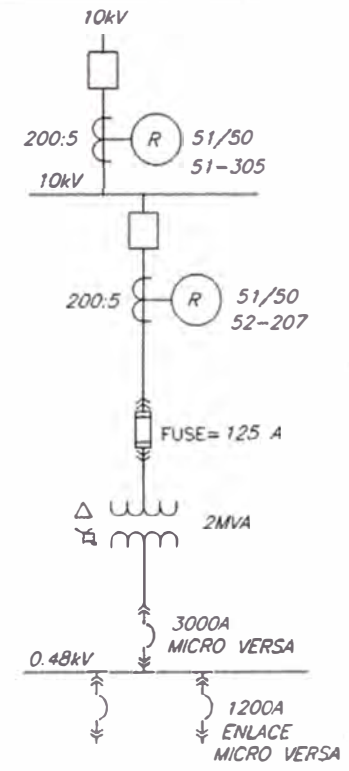
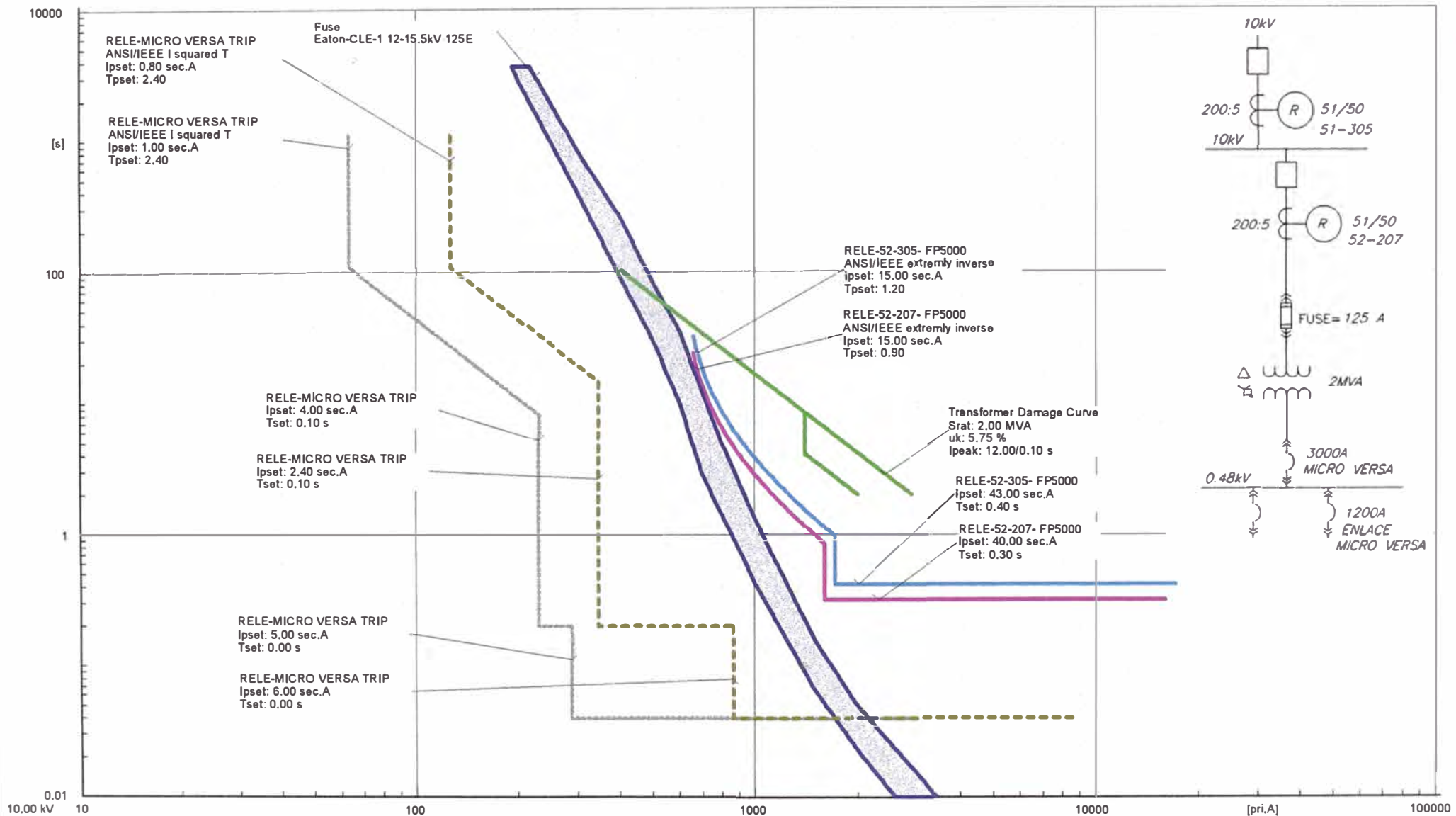


- BARRA B\Cub_8\RELE-52-201- FP5000
- - - CO-BS-06\Cub_1\RELE-DIGITRIP-520
- · - · CO-BS-06\Cub_4\NG TRIP-310
- CO-PS-06\Cub_2\Fuse
- BARRA DE EMERGENCIA\Cub_2\RELE-52-305- FP5000
- Transformer Damage Curve



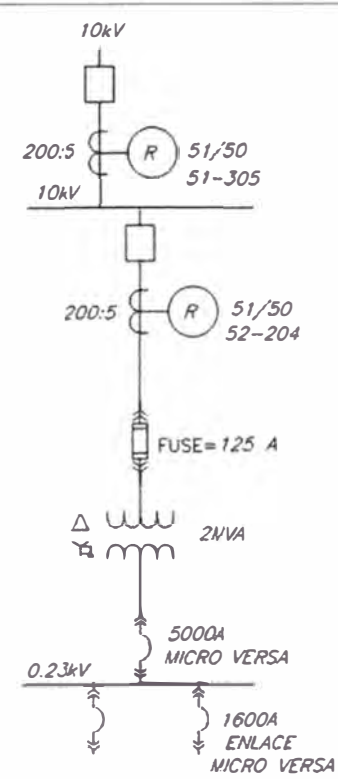
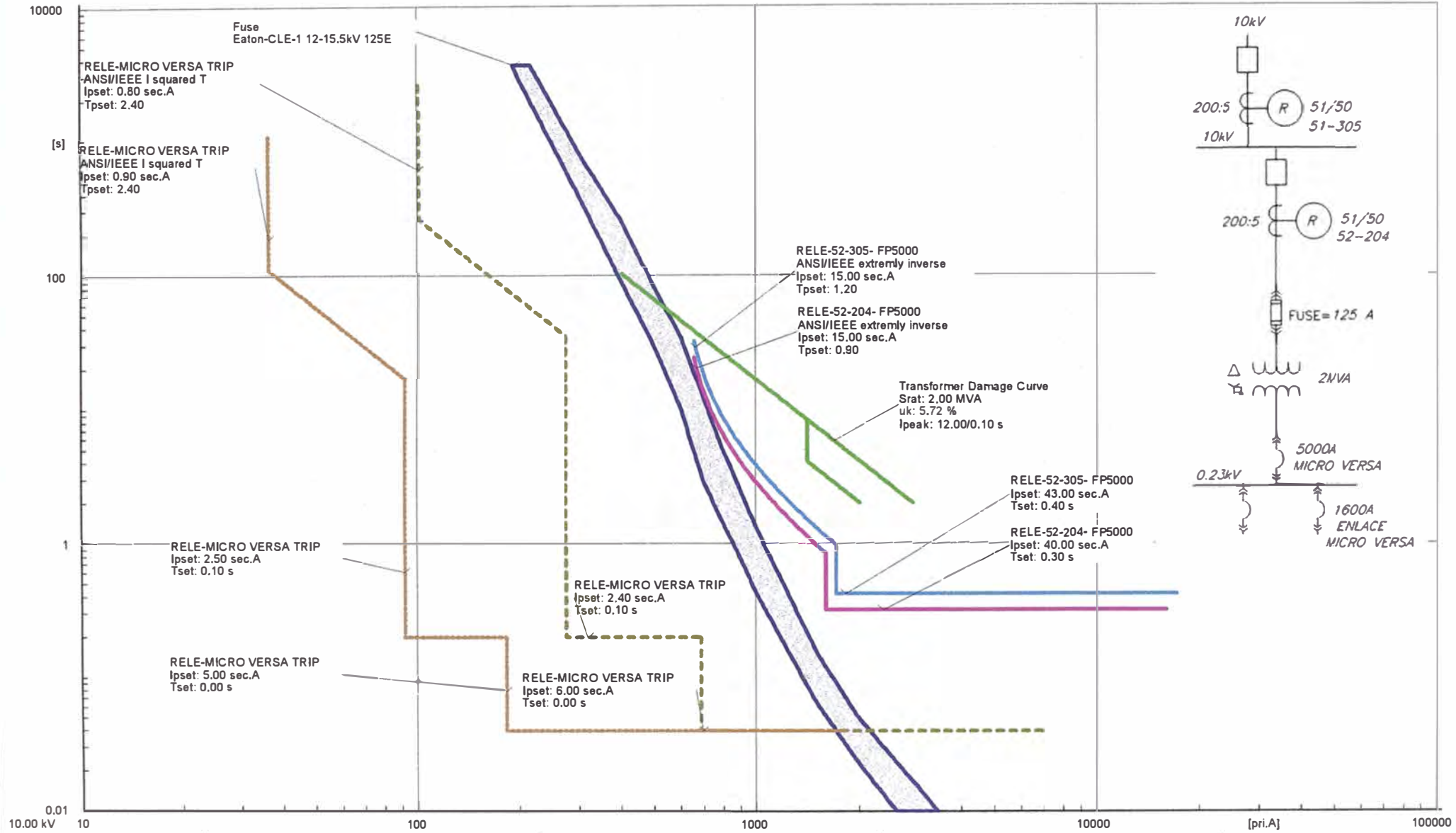






- BARRA B\Cub_2\RELE-52-207- FP5000
- TE-SB-03\Cub_1\RELE-MICRO VERSA TRIP
- BARRA DE EMERGENCIA\Cub_2\RELE-52-305- FP5000
- TE-PS-03\Cub_4\Fuse
- Transformer Damage Curve
- TE-SB-03\Cub_4\RELE-MICRO VERSA TRIP





- BARRA BICub_5IRELE-52-204- FP5000
- Transformer Damage Curve
- BARRA DE EMERGENCIAIcub_2IRELE-52-305- FP5000
- PP-PS-01Icub_2IFuse
- PP-BS-01Icub_1IRELE-MICRO VERSA TRIP
- PP-BS-01Icub_5IRELE-MICRO VERSA TRIP

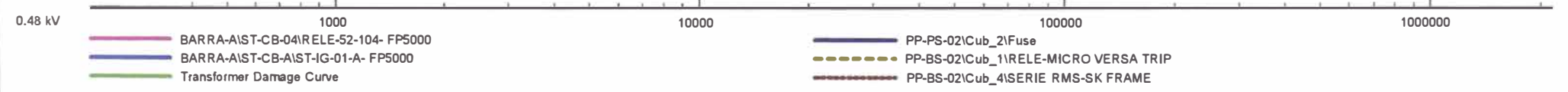
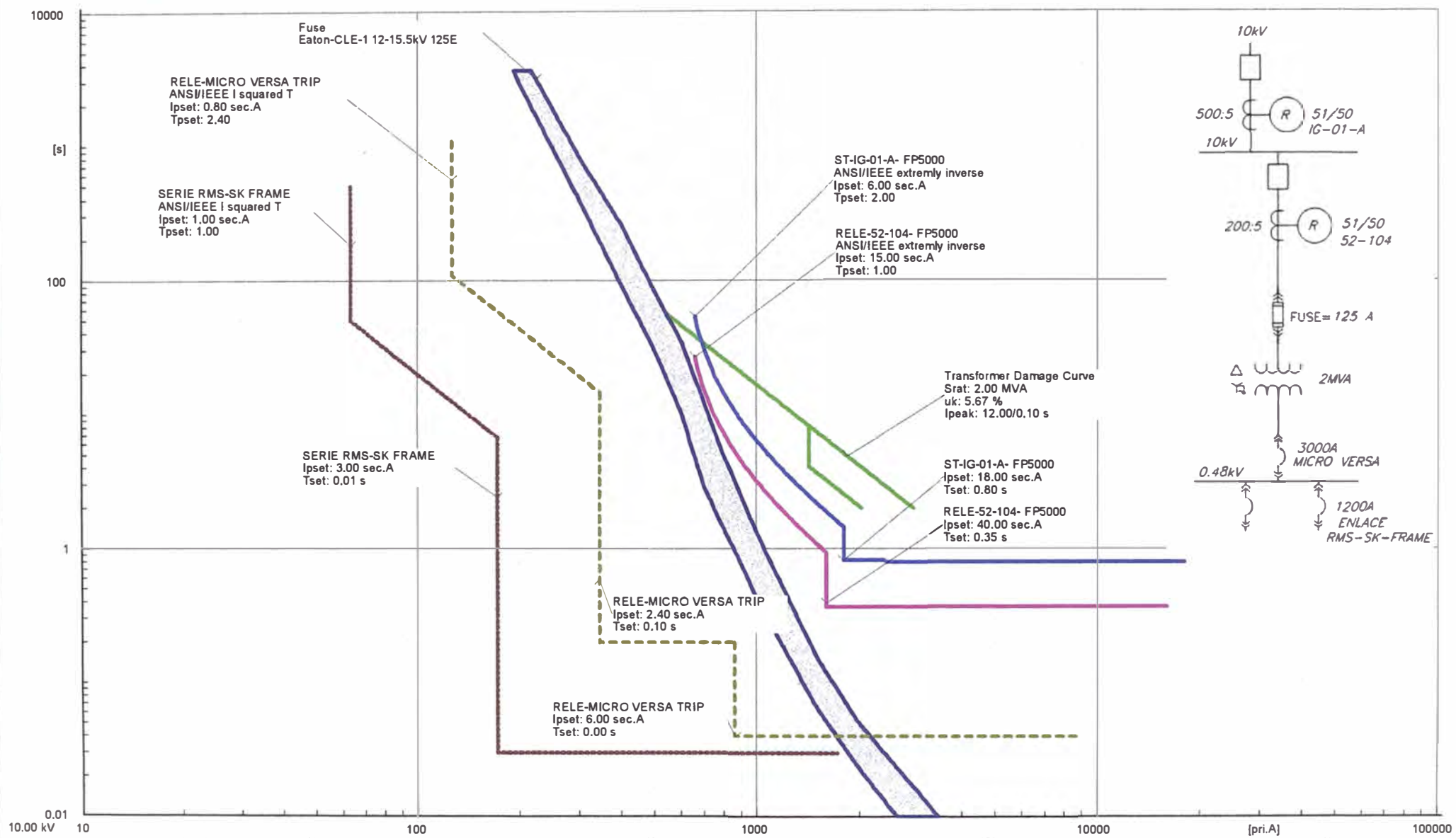


PERU PLAZA 01

CURVAS DE SOBRECORRIENTE FASES

0.23/10kV

PP-SB-01 Date:
Annex:



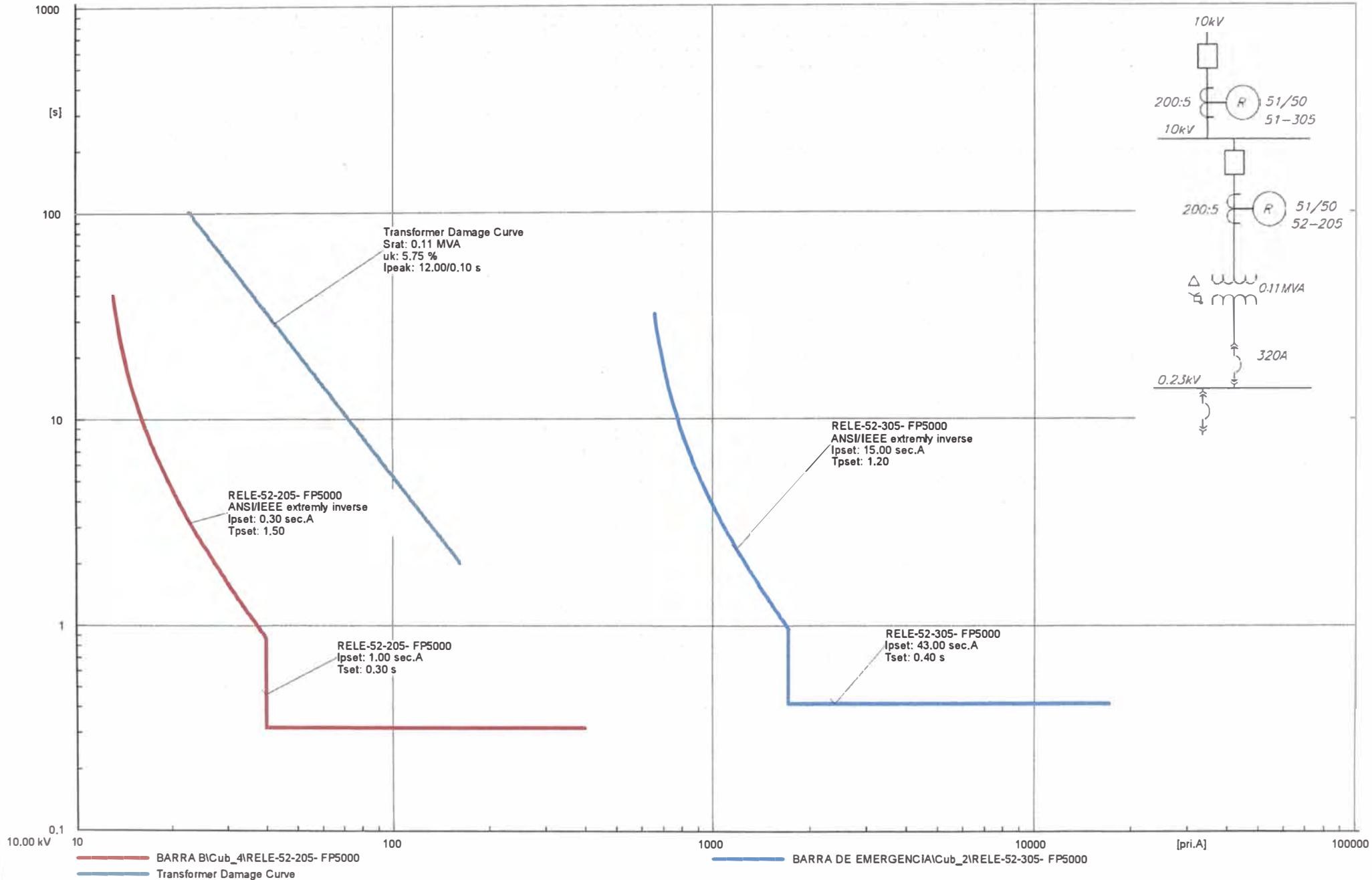
PERU PLAZA 02

CURVAS DE SOBRECORRIENTE FASES

0.48/10 kV

PP-SB-02 Date: 3/2/2014

Annex:

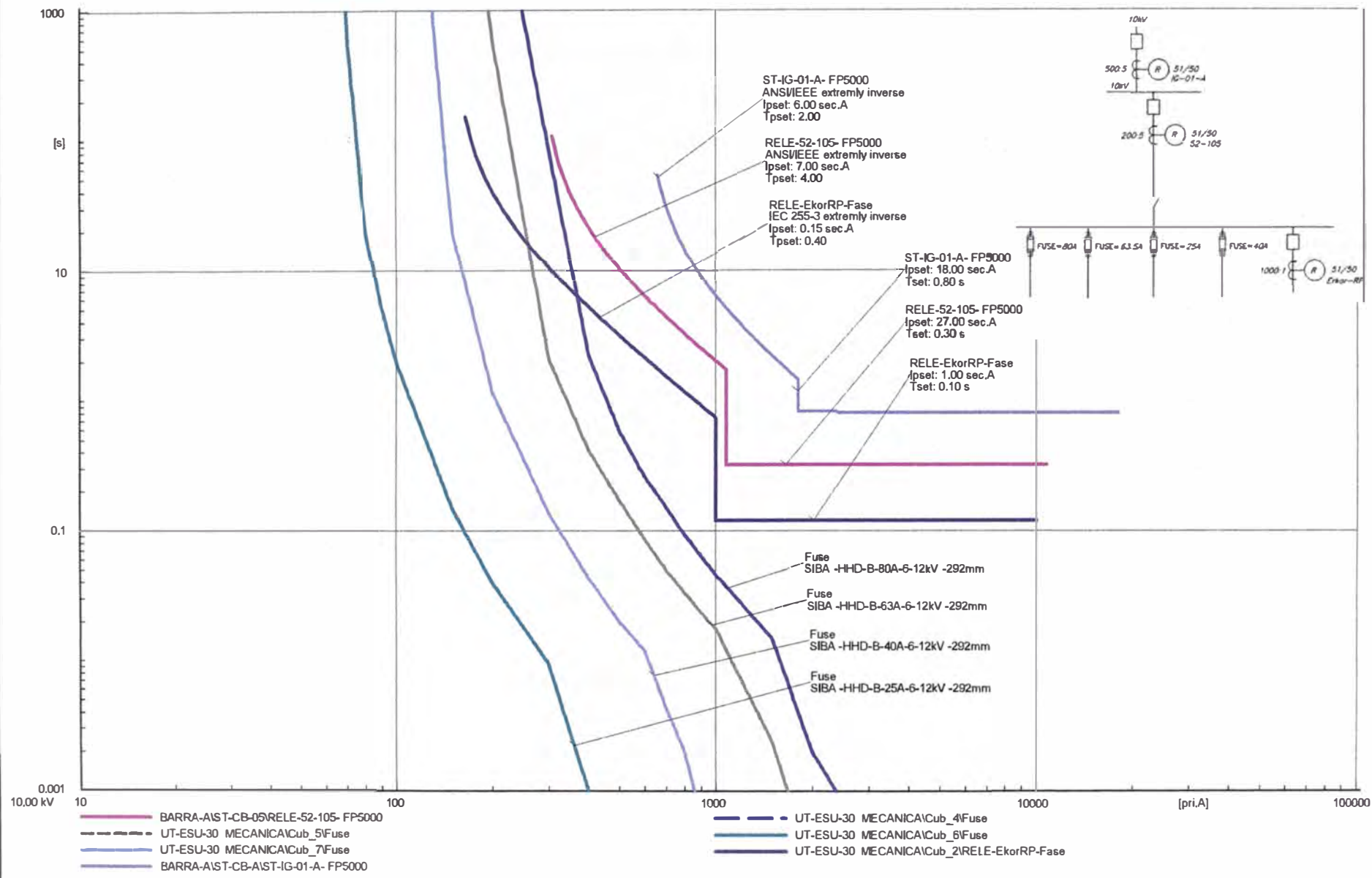


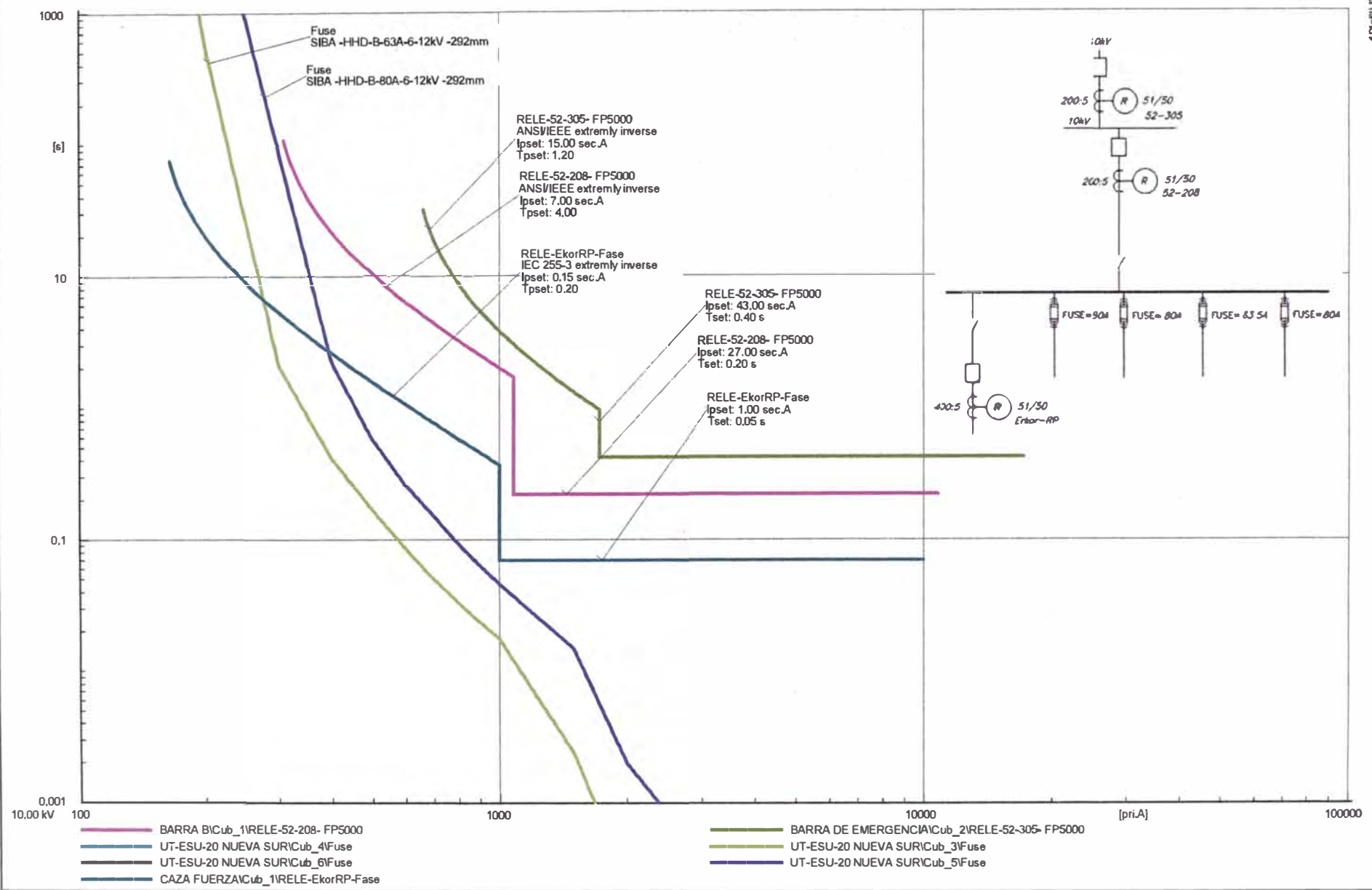
TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

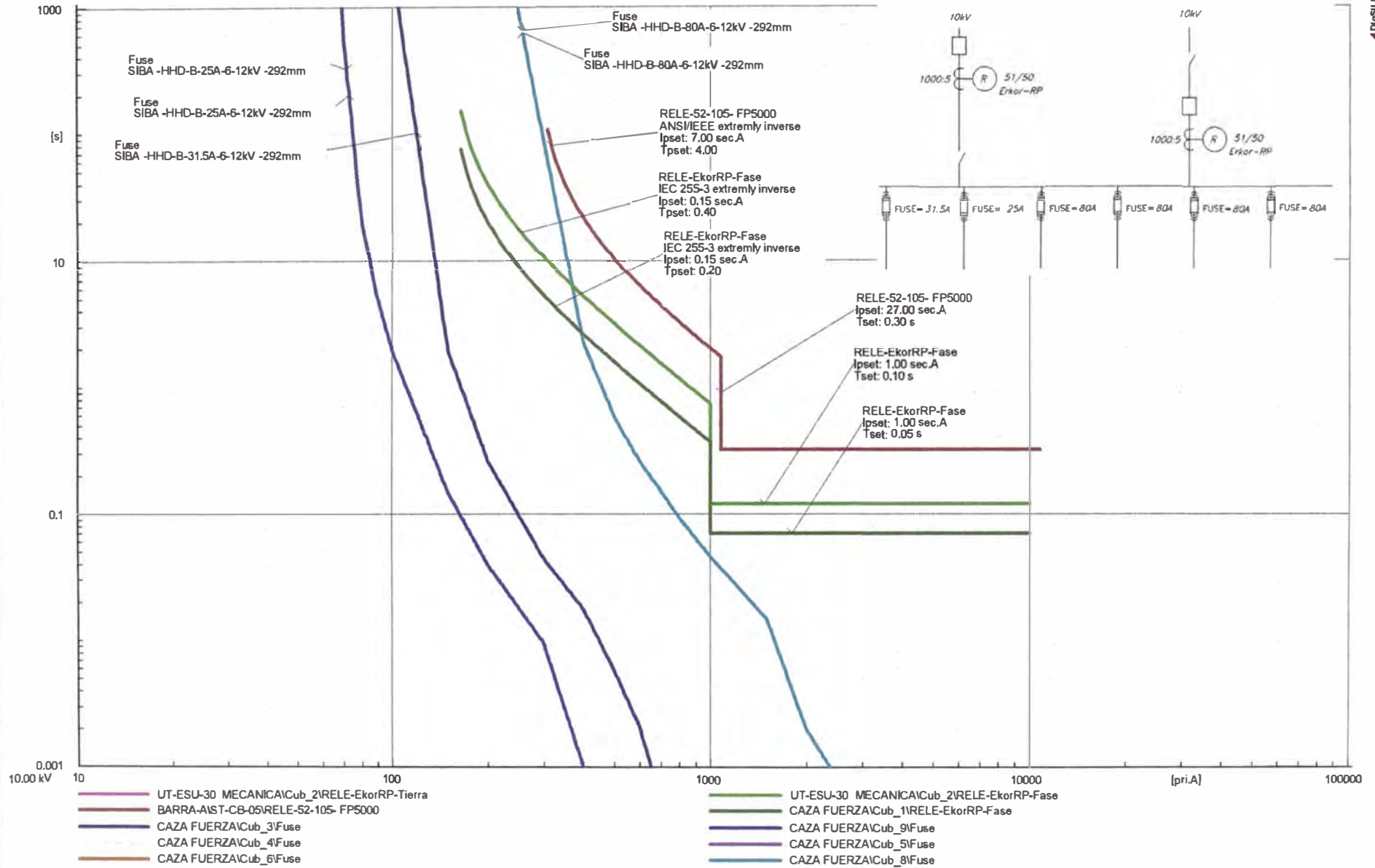
CURVAS DE SOBRECORRIENTE FASES

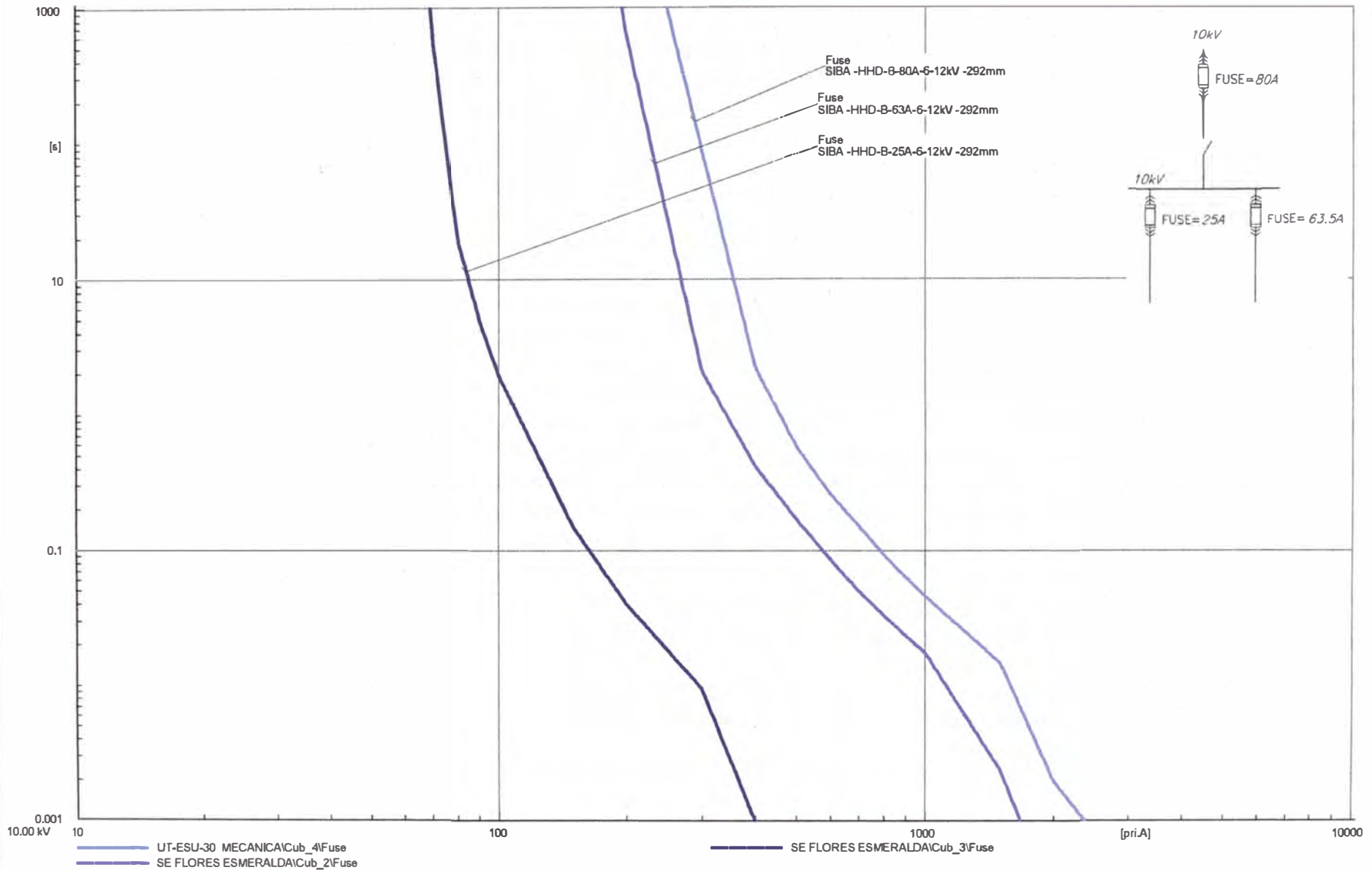
0.23/10kV

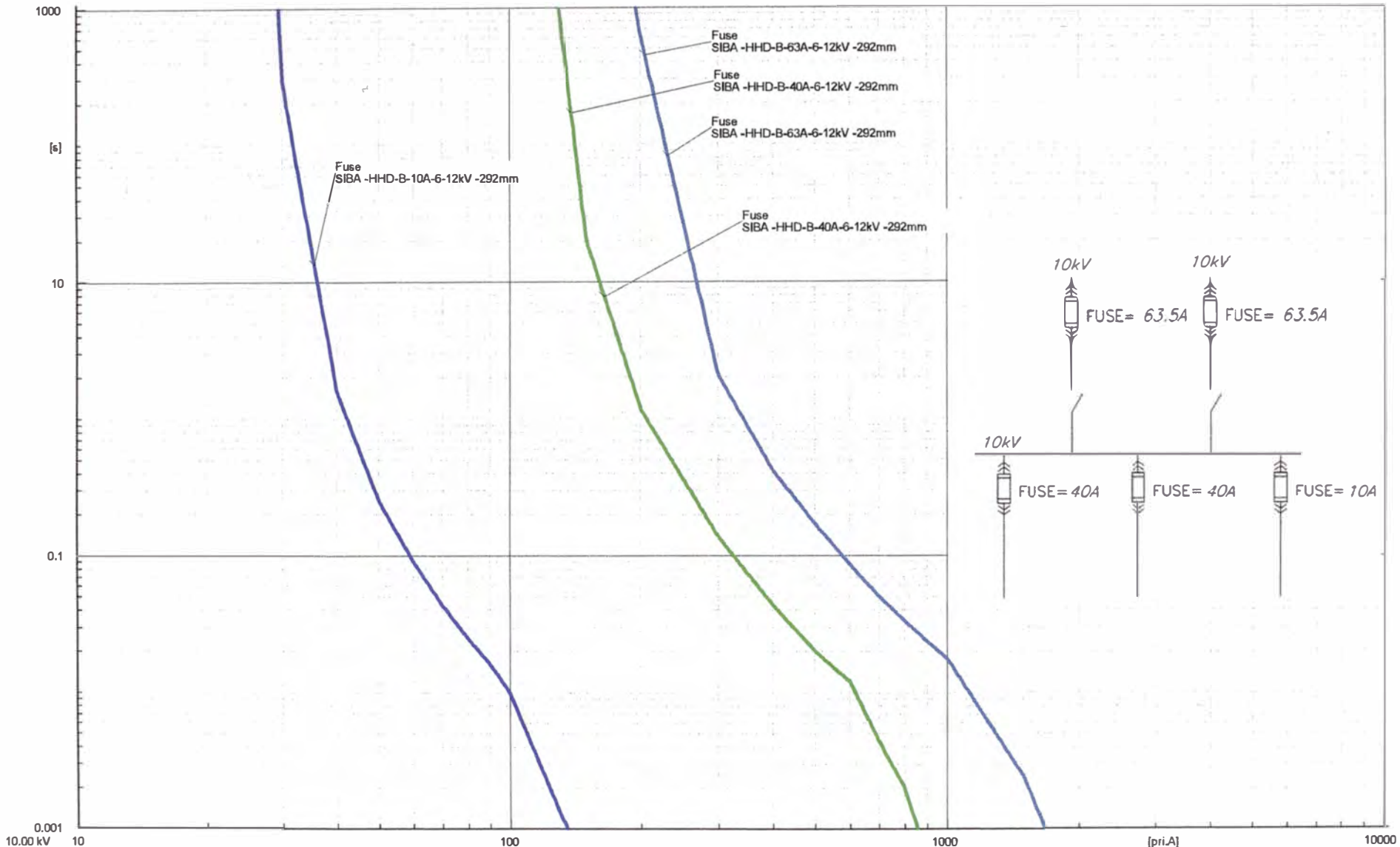
SB-TS-01 Date:
 Annex:

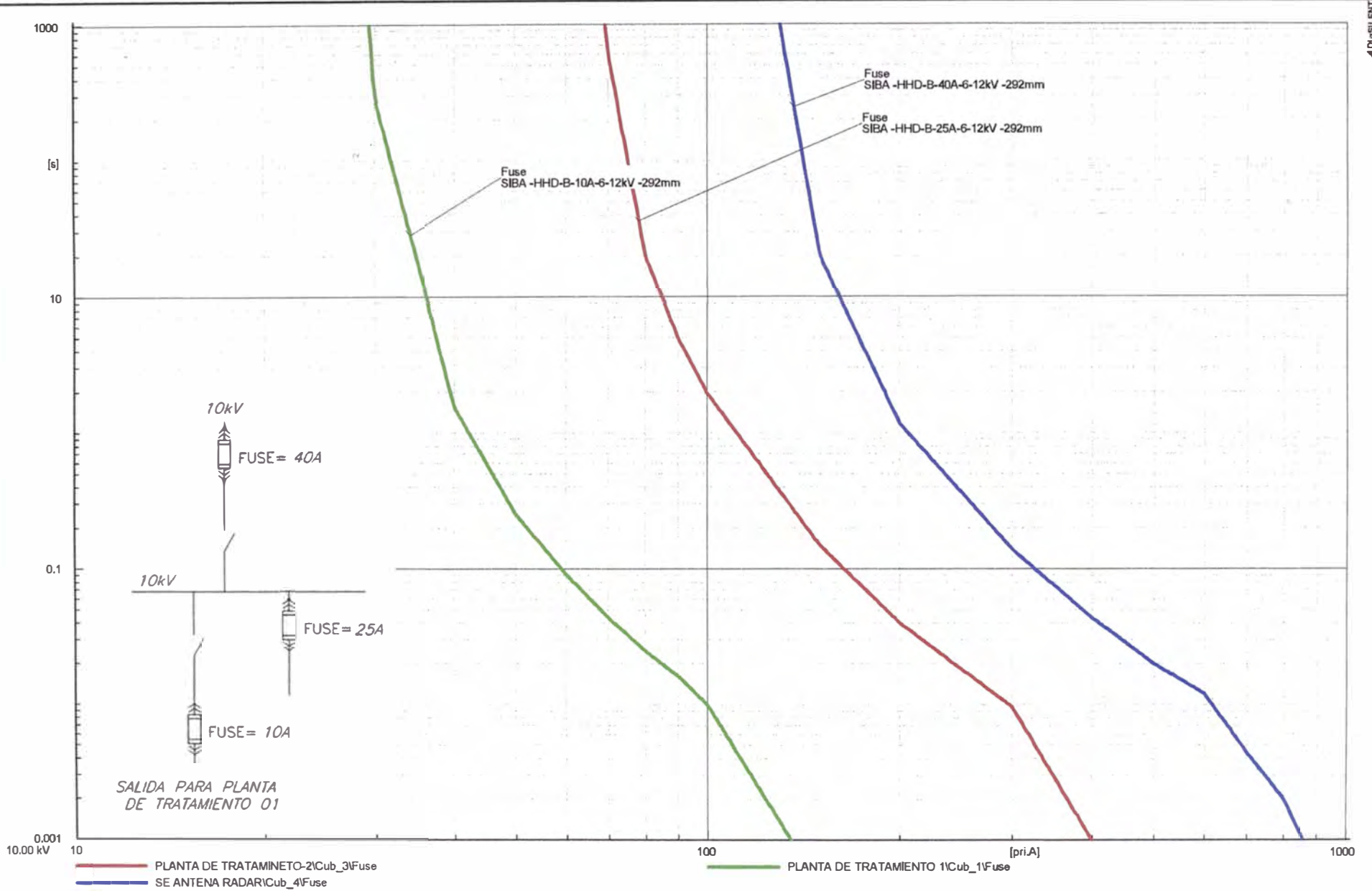


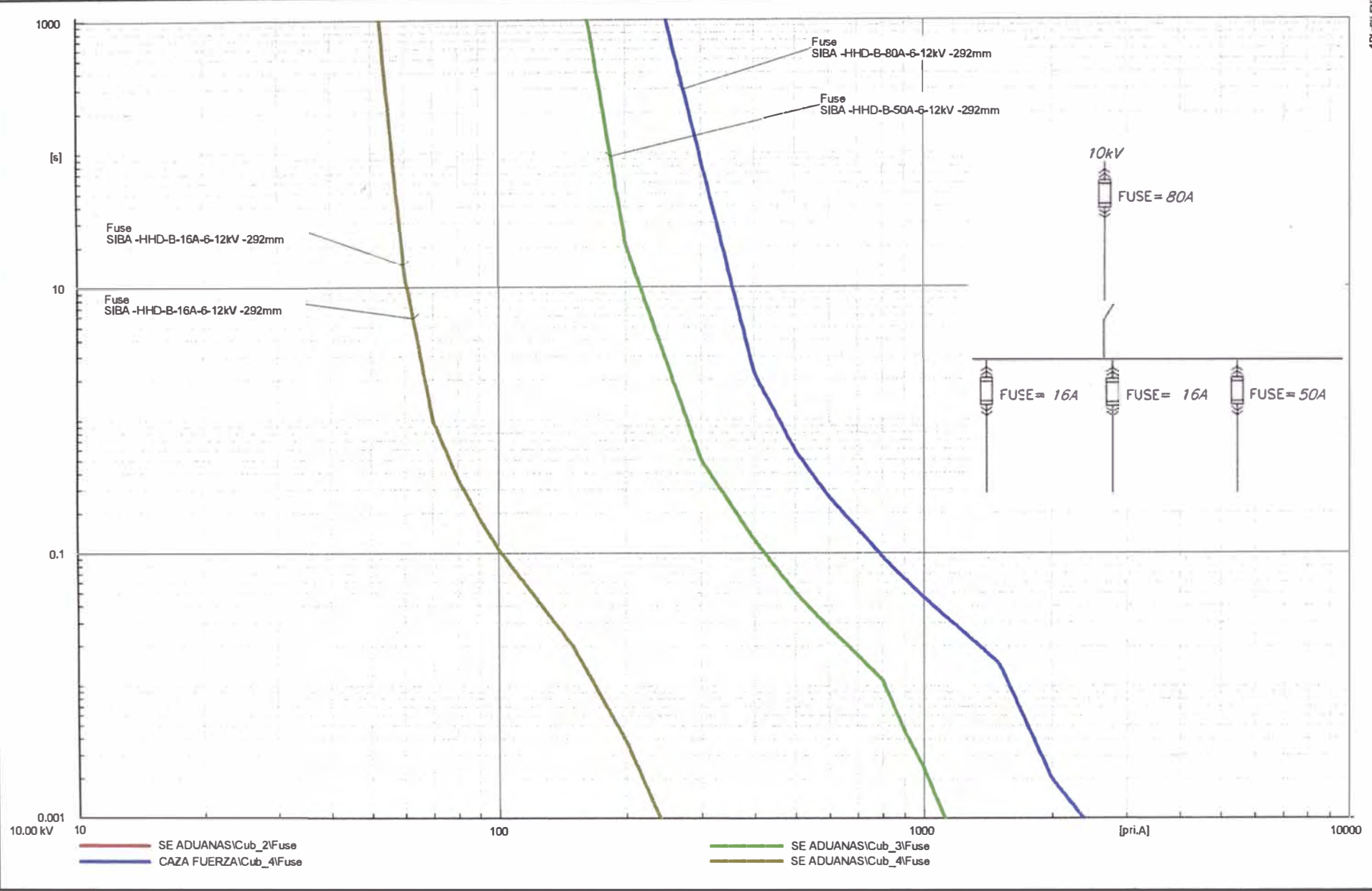










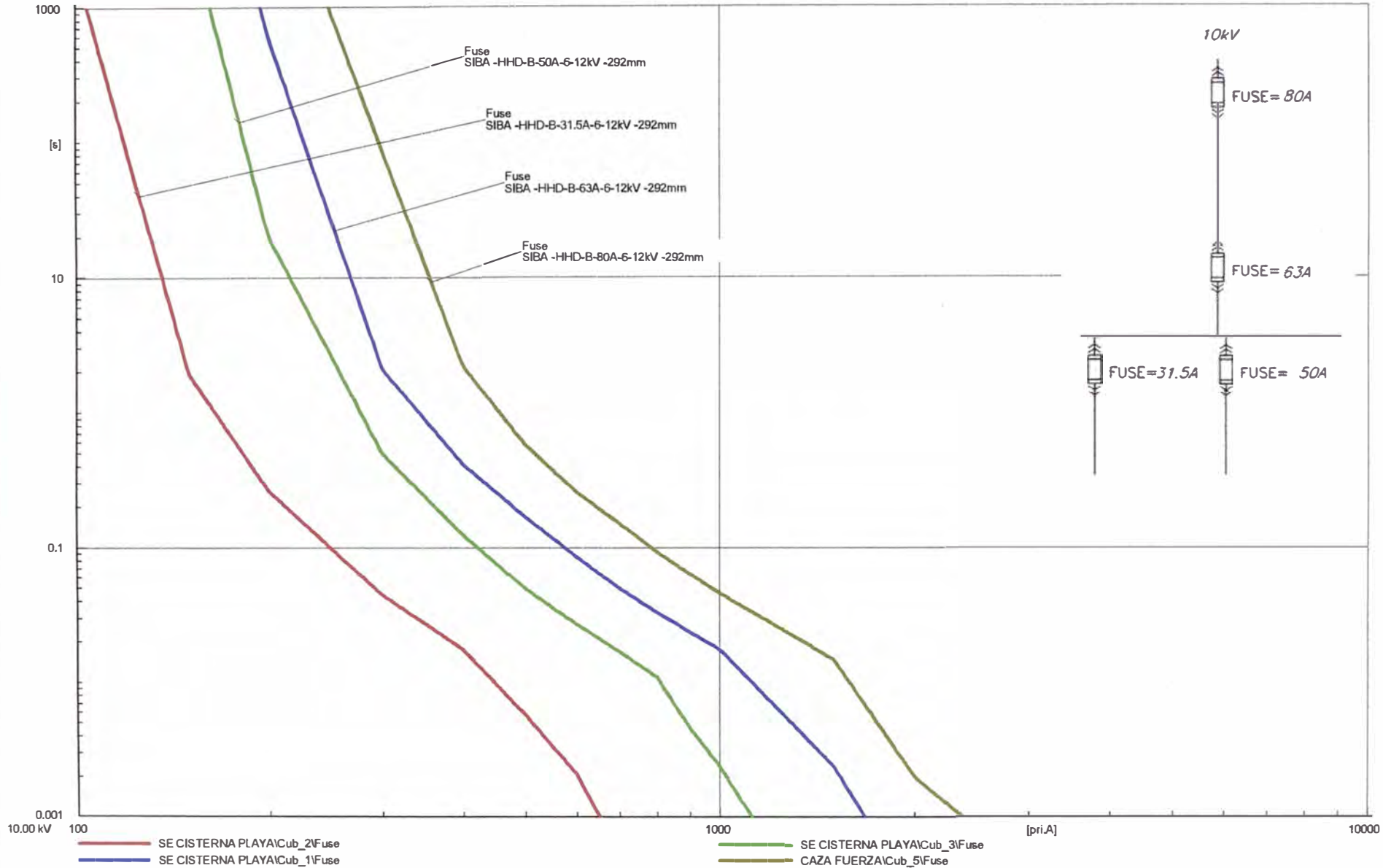


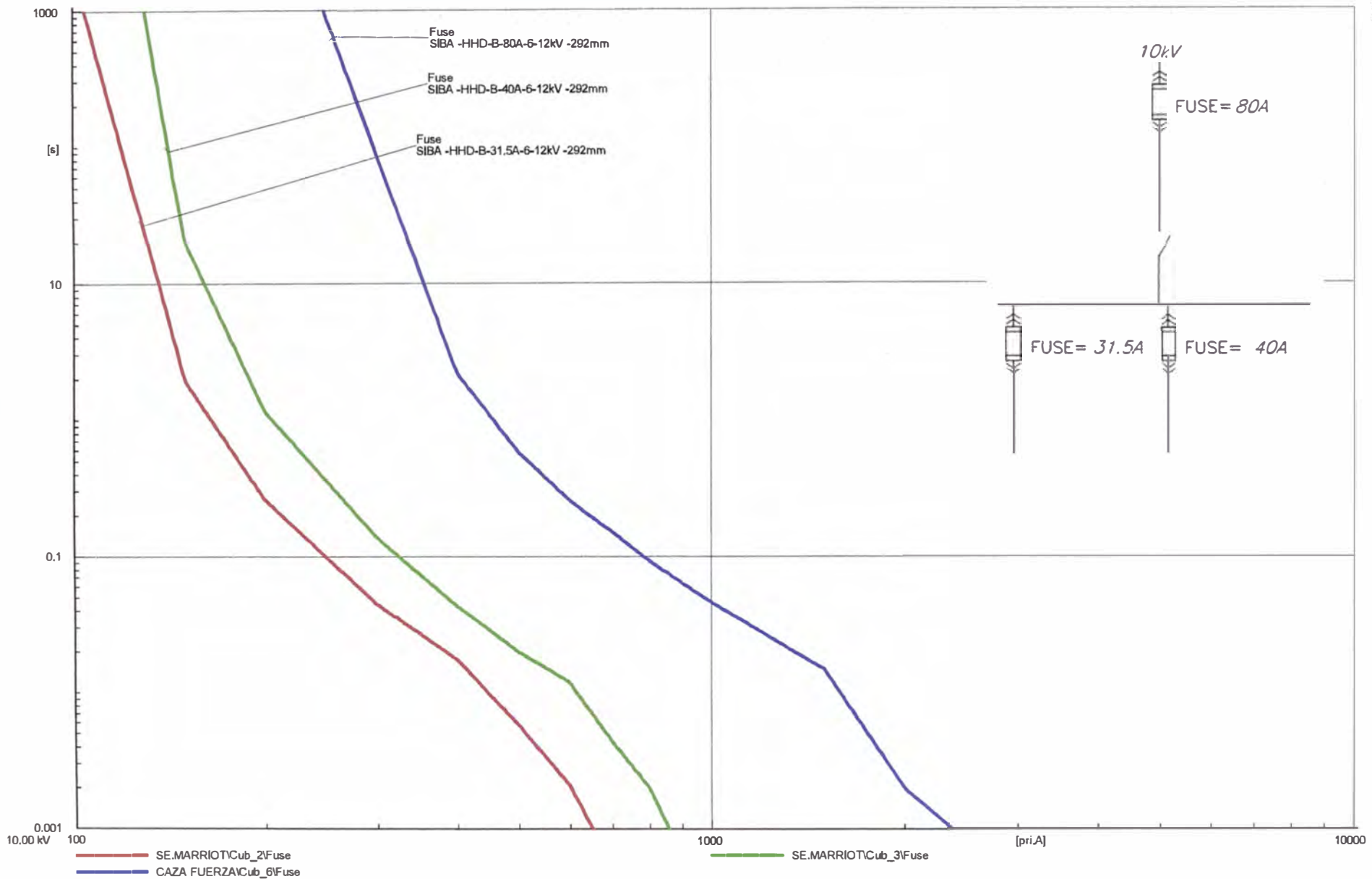
SUB ESTACION ADUANAS
CURVAS DE SOBRECORRIENTE FASES

SUB ESTACION ADUANAS

10kV
SE ADUANAS

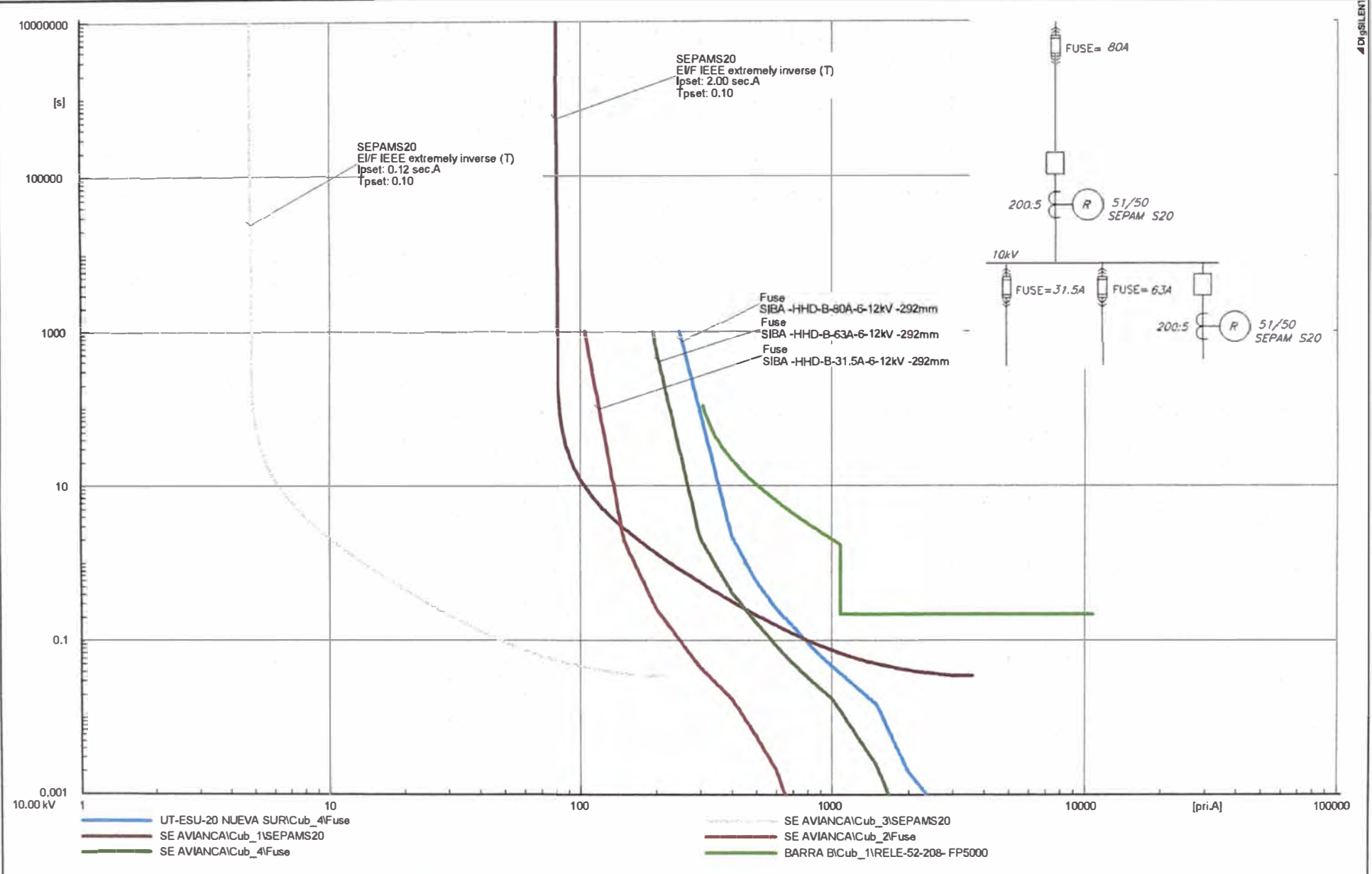
Date:
Annex:

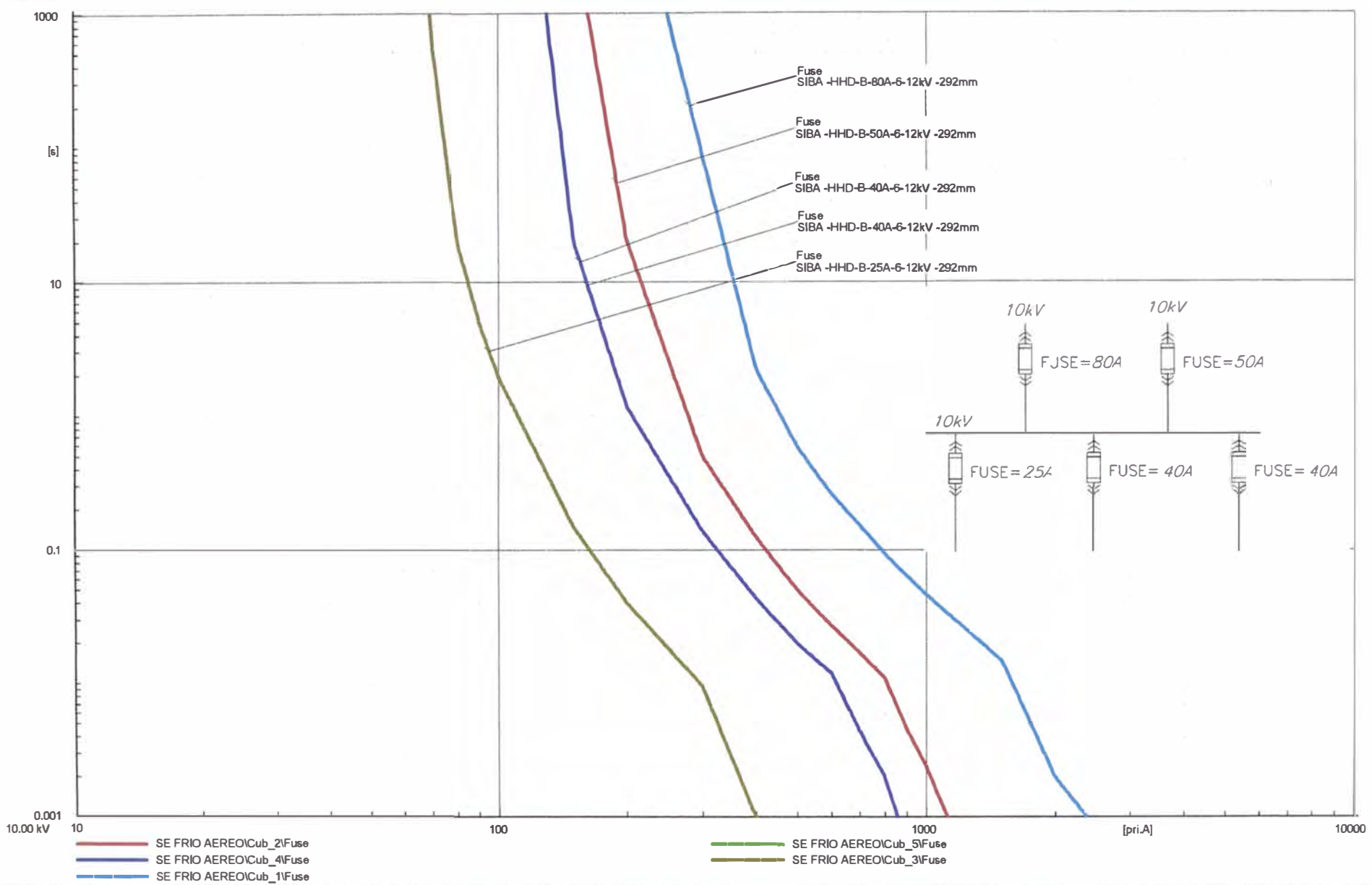




10.00 kV 100 SE.MARRIOTCub_2Fuse CAZA FUERZAICub_6Fuse 1000 SE.MARRIOTCub_3Fuse [p.r.I.] 10000







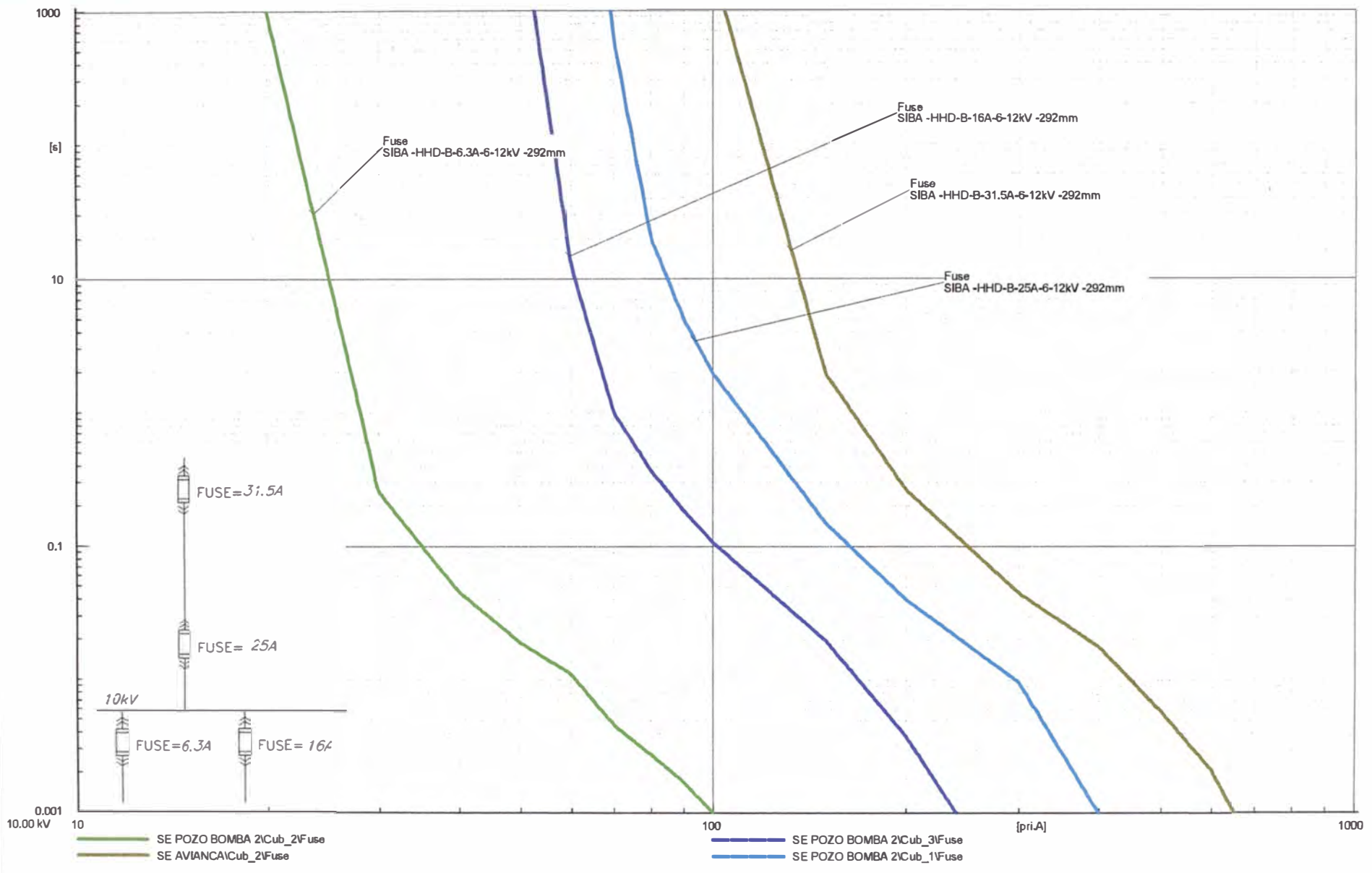
CURVAS DE SOBRECORRIENTE FASES

SUB ESTACION FRIO AEREO

10kV

SE FRIO AEREO

Date:
Annex:



ANEXO E

FLUJO DE CARGA Y ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO

VER:
PLANO 02

VER:
PLANO 03

VER:
PLANO 04

VER:
PLANO 05

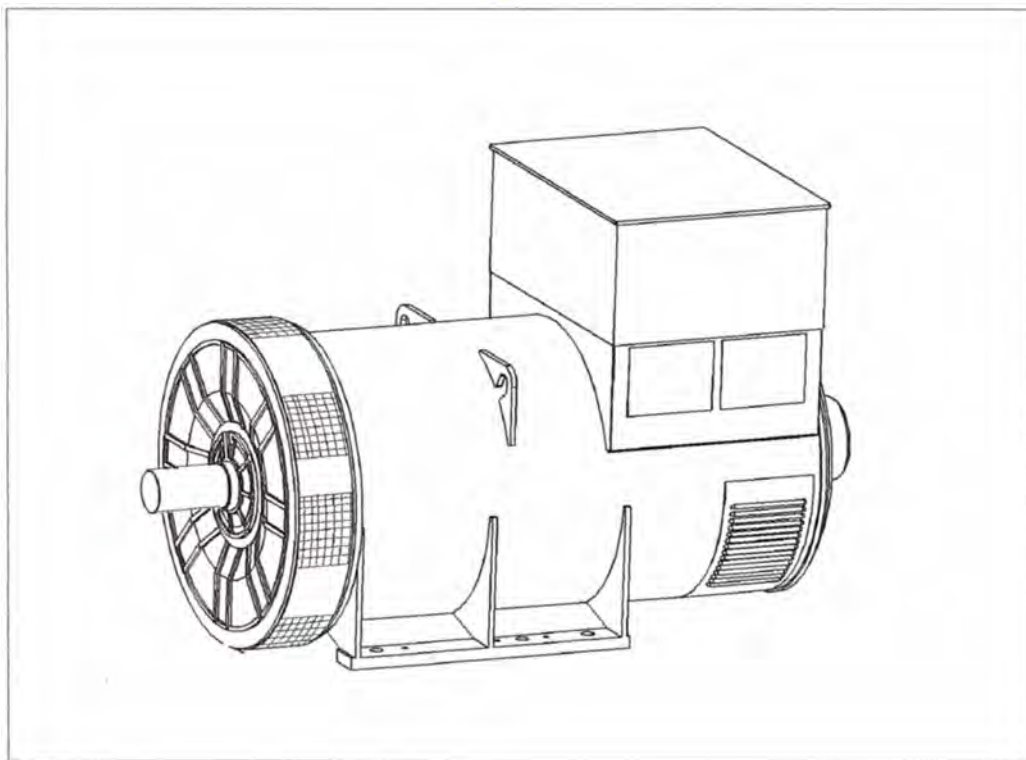
ANEXO F

HOJA DE DATOS TÉCNICOS DE GRUPO ELECTRÓGENO

STAMFORD

PI734D - Winding 07

Technical Data Sheet



SPECIFICATIONS & OPTIONS

STANDARDS

Stamford industrial generators meet the requirements of BS EN 60034 and the relevant sections of other national and international standards such as BS5000, VDE 0530, NEMA MG1-32, IEC60034, CSA C22.2-100, AS1359.

Other standards and certifications can be considered on request.

DESCRIPTION

The STAMFORD PI range of synchronous ac generators are brushless with a rotating field. They are separately excited by the STAMFORD Permanent Magnet Generator (PMG). This is a shaft mounted, high frequency, pilot exciter which provides a constant supply of clean power via the Automatic Voltage Regulator (AVR) to the main exciter. The main exciter output is fed to the main rotor, through a full wave bridge rectifier, protected by surge suppression.

VOLTAGE REGULATORS

The PI range generators, complete with a PMG, are available with one of two AVRs. Each AVR has soft start voltage build up and built in protection against sustained over-excitation, which will de-excite the generator after a minimum of 8 seconds.

Underspeed protection (UFRO) is also provided on both AVRs. The UFRO will reduce the generator output voltage proportional to the speed of the generator below a pre-settable level.

The **MX341 AVR** is two phase sensed with a voltage regulation of 1 %. (see the note on regulation).

The **MX321 AVR** is 3 phase rms sensed with a voltage regulation of 0.5% rms (see the note on regulation). The UFRO circuit has adjustable slope and dwell for controlled recovery from step loads. An over voltage protection circuit will shutdown the output device of the AVR, it can also trip an optional excitation circuit breaker if required. As an option, short circuit current limiting is available with the addition of current transformers.

Both the MX341 and the MX321 need a generator mounted current transformer to provide quadrature droop characteristics for load sharing during parallel operation. Provision is also made for the connection of the STAMFORD power factor controller, for embedded applications, and a remote voltage trimmer.

WINDINGS & ELECTRICAL PERFORMANCE

All generator stators are wound to 2/3 pitch. This eliminates triplen (3rd, 9th, 15th ...) harmonics on the voltage waveform and is found to be the optimum design for trouble-free supply of non-linear loads. The 2/3 pitch design avoids excessive neutral currents sometimes seen with higher winding pitches. A fully connected damper winding reduces oscillations during paralleling. This winding, with the 2/3 pitch and carefully selected pole and tooth designs, ensures very low levels of voltage waveform distortion.

TERMINALS & TERMINAL BOX

Standard generators feature a main stator with 6 ends brought out to the terminals, which are mounted on the frame at the non-drive end of the generator. A sheet steel terminal box contains the AVR and provides ample space for the customers' wiring and gland arrangements. It has removable panels for easy access.

SHAFT & KEYS

All generator rotors are dynamically balanced to better than BS6861:Part 1 Grade 2.5 for minimum vibration in operation. Two bearing generators are balanced with a half key.

INSULATION/IMPREGNATION

The insulation system is class 'H', and meets the requirements of UL1446.

All wound components are impregnated with materials and processes designed specifically to provide the high build required for static windings and the high mechanical strength required for rotating components.

QUALITY ASSURANCE

Generators are manufactured using production procedures having a quality assurance level to BS EN ISO 9001.

NOTE ON REGULATION

The stated voltage regulation may not be maintained in the presence of certain radio transmitted signals. Any change in performance will fall within the limits of Criteria 'B' of EN 61000-6-2:2001. At no time will the steady-state voltage regulation exceed 2%.

DE RATES

All values tabulated on page 6 are subject to the following reductions

5% when air inlet filters are fitted.

10% when IP44 Filters are fitted.

3% for every 500 metres by which the operating altitude exceeds 1000 metres above mean sea level.

3% for every 5 C by which the operational ambient temperature exceeds 40 C.

Note: Requirement for operating in an ambient temperature exceeding 60 C must be referred to the factory.

Note: Continuous development of our products entitles us to change specification details without notice, therefore they must not be regarded as binding.

Front cover drawing is typical of the product range.

APPROVED DOCUMENT

PI734D
WINDING 07

STAMFORD

CONTROL SYSTEM	SEPARATELY EXCITED BY P.M.G.		
A.V.R.	MX341	MX321	
VOLTAGE REGULATION	± 1%	± 0.5 %	With 4% ENGINE GOVERNING
SUSTAINED SHORT CIRCUIT	REFER TO SHORT CIRCUIT DECREMENT CURVES (page 5)		

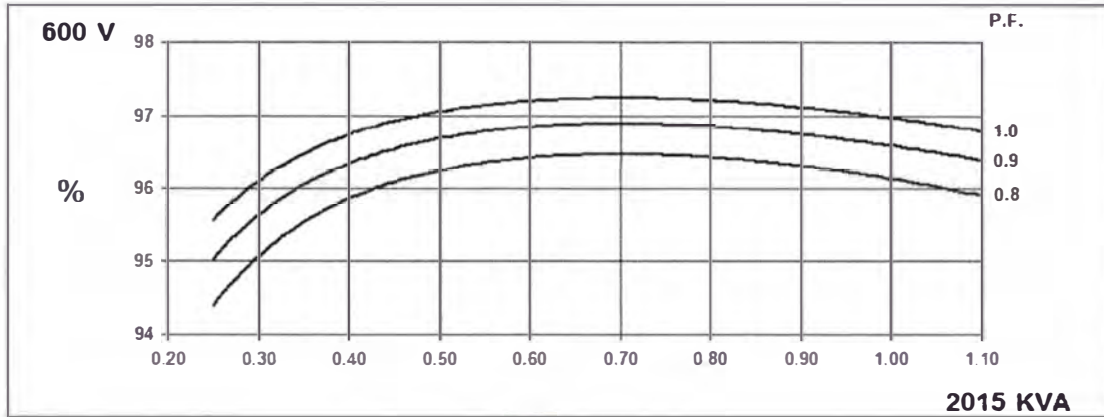
INSULATION SYSTEM	CLASS H	
PROTECTION	IP23	
RATED POWER FACTOR	0.8	
STATOR WINDING	DOUBLE LAYER LAP	
WINDING PITCH	TWO THIRDS	
WINDING LEADS	6	
MAIN STATOR RESISTANCE	0.00195 Ohms PER PHASE AT 22°C STAR CONNECTED	
MAIN ROTOR RESISTANCE	1.98 Ohms at 22°C	
EXCITER STATOR RESISTANCE	17.5 Ohms at 22°C	
EXCITER ROTOR RESISTANCE	0.063 Ohms PER PHASE AT 22°C	
R.F.I. SUPPRESSION	BS EN 61000-6-2 & BS EN 61000-6-4, VDE 0875G, VDE 0875N. refer to factory for others	
WAVEFORM DISTORTION	NO LOAD < 1.5% NON-DISTORTING BALANCED LINEAR LOAD < 5.0%	
MAXIMUM OVERSPEED	2250 Rev/Min	
BEARING DRIVE END	BALL. 6228 C3	
BEARING NON-DRIVE END	BALL. 6319 C3	
	1 BEARING	2 BEARING
WEIGHT COMP. GENERATOR	3318 kg	3267 kg
WEIGHT WOUND STATOR	1619 kg	1619 kg
WEIGHT WOUND ROTOR	1383 kg	1321 kg
WR ² INERTIA	41.2206 kgm ²	40.2197 kgm ²
SHIPPING WEIGHTS in a crate	3391 kg	3336 kg
PACKING CRATE SIZE	216 x 105 x 154(cm)	216 x 105 x 154(cm)
TELEPHONE INTERFERENCE	THF<2%	TIF<50
COOLING AIR	3.45 m ³ /sec 7300 cfm	
VOLTAGE STAR	600V	
kVA BASE RATING FOR REACTANCE VALUES	2015	
X _d DIR. AXIS SYNCHRONOUS	3.56	
X' _d DIR. AXIS TRANSIENT	0.17	
X'' _d DIR. AXIS SUBTRANSIENT	0.14	
X _q QUAD. AXIS REACTANCE	1.96	
X'' _q QUAD. AXIS SUBTRANSIENT	0.29	
X _L LEAKAGE REACTANCE	0.04	
X ₂ NEGATIVE SEQUENCE	0.19	
X ₀ ZERO SEQUENCE	0.02	
REACTANCES ARE SATURATED		
VALUES ARE PER UNIT AT RATING AND VOLTAGE INDICATED		
T' _d TRANSIENT TIME CONST.	0.137s	
T'' _d SUB-TRANSTIME CONST.	0.01s	
T' _{do} O.C. FIELD TIME CONST.	2.25s	
T _a ARMATURE TIME CONST.	0.02s	
SHORT CIRCUIT RATIO	1/X _d	

PI734D

STAMFORD

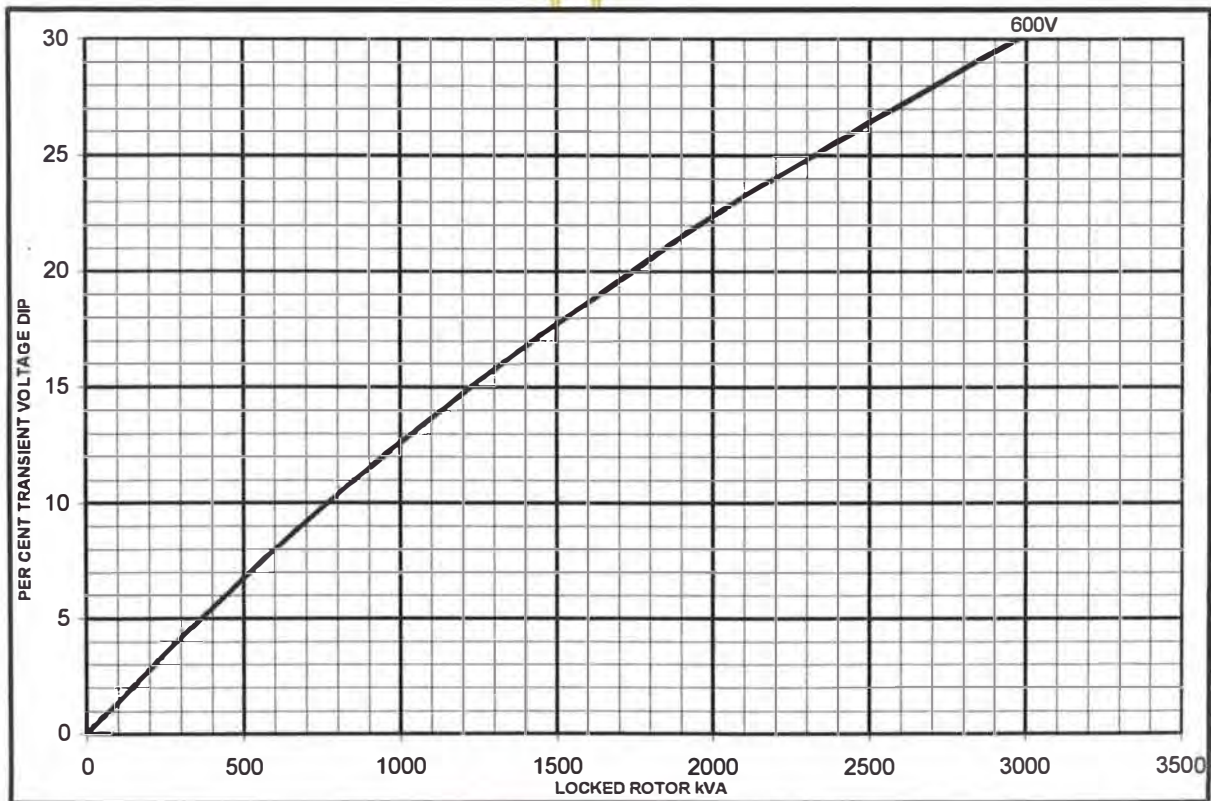
Winding 07

THREE PHASE EFFICIENCY CURVES

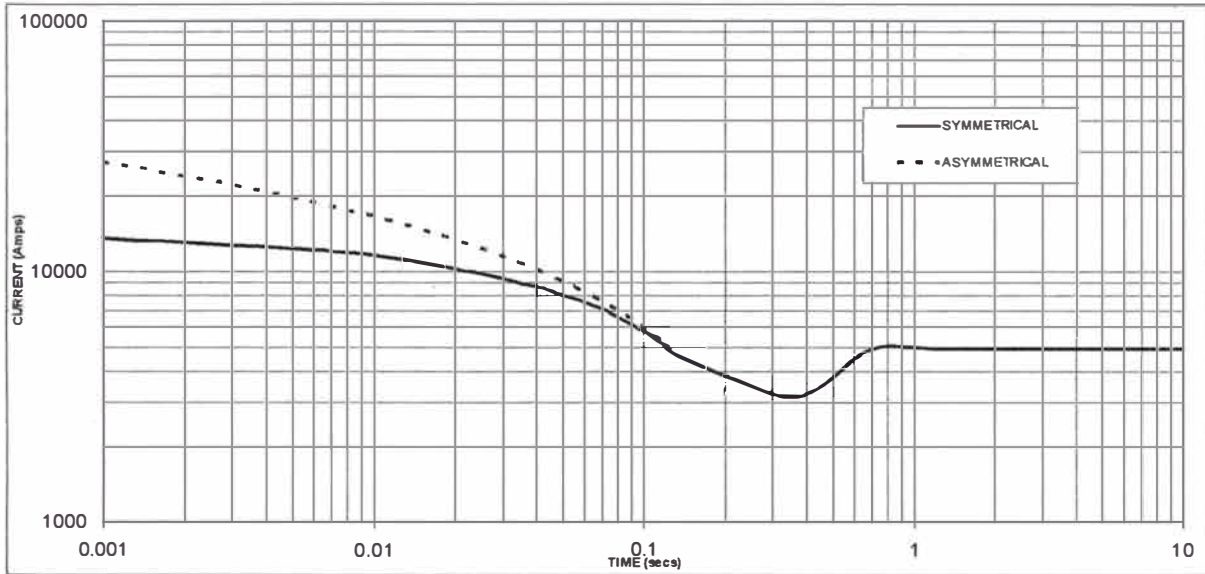


PROVED

Locked Rotor Motor Starting Curve



**Three-phase Short Circuit Decrement Curve. No-load Excitation at Rated Speed
Based on star (wye) connection.**



Sustained Short Circuit = 4,900 Amps

Note

The following multiplication factor should be used to convert the values from curve for the various types of short circuit :

	3-phase	2-phase L-L	1-phase L-N
Instantaneous	x 1.00	x 0.87	x 1.30
Minimum	x 1.00	x 1.80	x 3.20
Sustained	x 1.00	x 1.50	x 2.50
Max. sustained duration	10 sec	5 sec.	2 sec.

All other times are unchanged

PI734D

STAMFORD

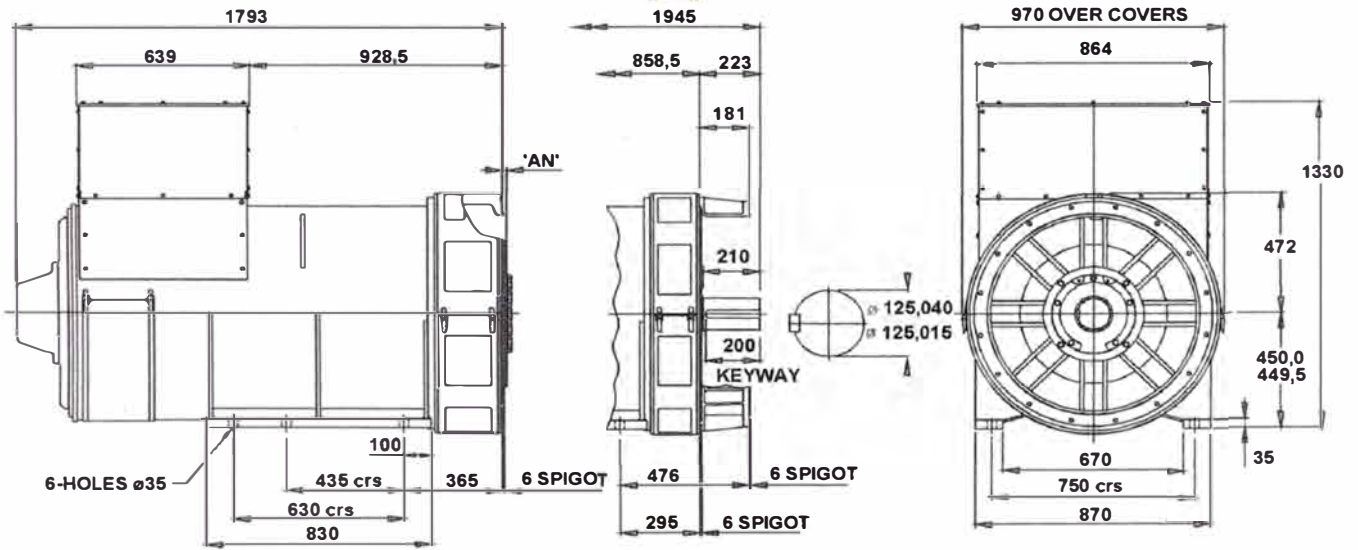
Winding 07 / 0.8 Power Factor

RATINGS

Class - Temp Rise	Cont. F - 105/40°C	Cont. H - 125/40°C	Standby - 150/40°C	Standby - 163/27°C
60Hz Star (V)	600	600	600	600
kVA	1875	2015	2100	2160
kW	1500	1612	1680	1728
Efficiency (%)	96.3	96.1	96.0	96.0
kW Input	1558	1677	1750	1800

APPROVED

DIMENSIONS



COUPLING DISC	'AN'
S.A.E No 18	15,7
S.A.E No 21	0
S.A.E No 24	0

1-BRG ADAPTORS
S.A.E No 0
S.A.E No 00

2-BRG ADAPTORS
S.A.E No 0
S.A.E No 00

APPROVED DOCUMENT

STAMFORD

Head Office Address:
Barnack Road, Stamford
Lincolnshire, PE9 2NB
United Kingdom
Tel: +44 (0) 1780 484000
Fax: +44 (0) 1780 484100

www.cumminsgeneratortechnologies.com

Copyright 2010, Cummins Generator Technologies Ltd, All Rights Reserved
Stamford and AvK are registered trade marks of Cummins Generator Technologies Ltd
Cummins and the Cummins logo are registered trade marks of Cummins Inc.