



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE CARRERA

**DISEÑO Y AJUSTES DE
PROTECCIONES EN UNA
SUBESTACIÓN DE ALTA TENSIÓN**

AUTOR:

FERNANDO HERNÁNDEZ GUERREIRO

MADRID, Junio de 2008

Autorizada la entrega del proyecto del alumno:
Fernando Hernández Guerreiro

EL DIRECTOR DEL PROYECTO
D. Julio de San Sebastián Soria

Fdo.:.....

Fecha:...../...../.....

Vº Bº del coordinador de Proyectos
D. Tomás Gómez San Román

Fdo.:.....

Fecha:...../...../.....

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en el diseño y el ajuste del sistema de protecciones de una subestación de alta tensión.

El documento está dividido en dos partes. La primera de ellas tiene un carácter general, con la intención de conocer las diferentes protecciones existentes y tener una recomendación de los tipos de protección a utilizar y cómo coordinarlas según la subestación en la que se vaya a incorporar el sistema de protección y el tipo de posición a proteger: línea, transformador, batería de condensadores, barras, etc. La segunda parte, consiste en la aplicación práctica del estudio anteriormente realizado en un caso real. Se ha diseñado y ajustado el sistema de protecciones en una subestación concreta a partir de las especificaciones del cliente.

Las protecciones eléctricas constituyen un sistema indispensable para todo tipo de instalación eléctrica, en el caso que nos ocupa de un sistema de protecciones para una subestación, tenemos que entender ésta como parte integrante del sistema de transporte y distribución, que funciona como punto de conexión o desconexión de las líneas de transporte, de las líneas de distribución, de las centrales de generación y de los transformadores elevadores y reductores. Los objetivos de las subestaciones son conseguir la máxima seguridad, flexibilidad y continuidad de servicio con los mínimos costes de inversión y operación que satisfagan los requisitos del Sistema Eléctrico y para ello, las subestaciones deben poseer unos sistemas de protección que les ayuden a realizar su cometido.

Se justifica la necesidad de estos sistemas para mantener la calidad del servicio en el suministro de energía eléctrica que se mide, básicamente, en términos del número y duración y las interrupciones en el suministro, así como por el mantenimiento de la tensión dentro de unos límites prefijados o nominales.

Aún en los casos en que los sistemas eléctricos estén cuidadosamente diseñados, conservados y explotados, siempre existen posibilidades de que se produzcan incidentes y, en tal caso, éstos deben ser eliminados de tal forma que quede desconectada del sistema la menor parte posible, a fin de que éste siga

funcionando en la mayor parte posible, objetivo logrado con la implantación de equipos de protección.

Con la primera parte, el proyecto pretende ser una herramienta de ayuda a la hora de diseñar el sistema de protecciones de una subestación. Para ello, se han analizado las diferentes protecciones según la posición (línea, transformador, barras) y el tipo de subestación a proteger (simple barra, doble barra, interruptor y medio, etc.).

Una vez diseñado el sistema de protecciones, su funcionamiento debe estar correctamente coordinado. El ajuste y la coordinación de las protecciones, tienen por objetivo asegurar que se cuenta con un sistema de protección principal y de respaldo de tal manera que la protección principal debe proteger totalmente el sistema eléctrico y eliminar cualquier falta en el menor tiempo posible. Las protecciones de respaldo que constituyen la segunda instancia de actuación de la protección y deberán tener un retraso en el tiempo, de manera de permitir la actuación de la protección principal en primera instancia. Estas protecciones son las siguientes:

- A. La protección de falla de interruptor que detecta que no ha operado correctamente el interruptor que debe interrumpir la corriente de falla; y por tanto, procede con la apertura de los interruptores vecinos para aislar la falla.
- B. La protección de respaldo, la cual detecta la falla y actúa en segunda instancia cuando no ha actuado la protección principal. Para ser un verdadero respaldo, este relé debe ser físicamente diferente de la protección principal.

La segunda parte del proyecto consiste en el diseño y ajuste de las protecciones en un proyecto real, en nuestro caso, una subestación de alta tensión ubicada en Etiopía llamada Sebeta II 400/230/33 kV cuyas características principales son:

- La configuración de las secciones de 400 y 230 kV será la de doble barra.
- Está formada por las siguientes posiciones:
 - Una posición de línea de 400 kV.

- Dos posiciones de transformación de 400 kV.
- Una posición de banco de condensadores de 400 kV.
- Dos posiciones de línea de 230 kV.
- Dos posiciones de transformación de 230 kV.
- Una posición de banco de condensadores de 230 kV.
- Dos autotransformadores 250 MVA, 400/230 kV.
- Un transformador de 25 MVA, 230/33 kV.
- Un banco de condensadores 45 Mvar, 230 kV.
- Un banco de condensadores 90 Mvar, 400kV.

Para realizar el diseño se tuvo en cuenta en primera instancia las especificaciones del cliente; y como apoyo, una serie de recomendaciones vistas en la primera parte del proyecto y los estándares de Red Eléctrica.

A continuación lo que se hizo fue el cálculo de ajustes de cada una de las funciones

de protección del sistema en cada una de las posiciones de la subestación explicando previamente la coordinación de las protecciones utilizadas. Para llevarlo a cabo, se partió de datos tales como las potencias de cortocircuito, datos relativos a los transformadores, las baterías de condensadores, datos de las líneas.

Una vez conocidos todos los datos anteriores el último paso llevado a cabo fue la realización del presupuesto del proyecto.

SUMMARY

This project consist of the design and adjust of a high voltaje substation's protection system.

This document is splitted into two sections. The first one has a more general nature with special emphasis on knowing the various existing protections and having an advice of which kind of protections should we use and how to combine them according to which substation is going to include the protection system and the kind of bay to protect: line, transformer, capacitors banks, bus bar bay and so on. The second section consists of the implementation of the previously done study in a true-life case. A protection system has been designed and adjusted for a concrete substation according to client's specifications.

Electric protections constitute a fundamental system for every electric installation. In this concrete case of a protection system for a substation we must understand this as an integrant part of the transport and distribution system which works as a connection or disconnection point of transport lines, distribution lines, generation centrals and lifting or lowering transformers. Substation purposes are to get the maximum security, flexibility and service realiability with the minimum costs of investiment and operation which satisfice the Electric System's requirements and with this purpose substattions must have protection systems that help them to perform their duties.

The need of this kind of systems is justified to maintain the quality of service on electrical energy supply which is measured mainly in terms of the number and length of supply interruptions, as well as keeping tension beetwen the previously established or nominals limits.

Even in the cases in which electric systems are carefully designed, kept and exploted there is always the possibility of faults and in that situation, these must be solved so that the less part of the system get disconnected with the intention of keep working as well as possible. This proposal is fulfilled by the implentation of protection equipments.

On first section this project intends to be a usefull tool at the time of designing a protection system for a substation. With this intention different protection systems have been analysed according to their bay (tension line, transformer, bus bars) and the kind of substation to protect (simple bus bar, double bus bar, switch and a half, and so on).

Once the protections system has been designed, its operation must be properly coordinated. The adjust and cordination of protections purpose is to ensure that we have a primary protection system and also a secondary one so that primary protection must protect all the electric system and solves any fault in the minor time possible. Secondary protections must have a delay so that they allow principal protections to act for on first instance. These protections are the following:

- A. Switch fault protection which detects failures in the switch which must interrupt the fault's current and so it opens the adjacent switches to isolate the fault.
- C. The secondary protection which detects the fault and takes effect on second instante when primary protection has not worked. For a proper backing this relay must have a different physical beahivour to the principal one.

The second section of the Project consists of the design and adjust of protections in a real Project. In this case a high-voltage substation placed in Ethiopia called Sebeta II 400/230/33 kV, which major characteristics are:

- 400 y 230 kV sections set up will be double bar type.
- It has the following bays:
 - One 400 kV line bay.
 - Two 400 kV transforming bays.
 - One 400 kV capacitors' bank bay.
 - Two 230 kV line bay.
 - Two 230 kV transforming bays.
 - One 230 kV capacitors' bank bay.
 - Two 250 MVA, 400/230 kV autotransformers.
 - One 25 MVA, 230/33 kV transformer.

- One 45 Mvar, 230 kV capacitors' bank.
- One 90 Mvar, 400kV capacitors' bank.

To realise the design client's specifications were taken into care first of all and as support a recommendations set viewed in the first section of the Project and also Red Eléctrica's standards.

Following this calculations of adjustments were made for each of protection functions of the system in each of the substation's positions explaining previously the way how used protections were coordinated. To perform this data such as short circuit power, transformers, capacitors' banks and line data were used.

Once all these values were known last step was making the project's quote.

MEMORÍA

ÍNDICE DE LA MEMORIA:

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Motivación del proyecto.....	10
1.2 Objetivos.....	11
1.3 Sistema eléctrico: definición y elementos que lo constituyen.....	12
1.4 Desarrollo histórico: sistemas de protección directos e indirectos.....	13
1.5 Exigencias básicas de los equipos de protección.....	16
1.6 Planificación de las protecciones.....	18
 2. INCIDENTES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO.....	 20
2.1 Perturbaciones.....	20
2.1.1 En los valores de tensión.....	20
2.1.2 En los valores de corriente.....	21
2.1.3 En los valores de potencia.....	22
2.1.4 En los valores de frecuencia.....	23
2.2 Tipos de cortocircuitos.....	23
 3. SUBESTACIONES.....	 25
3.1 Configuración eléctrica de las subestaciones.....	25
3.2 Conexiones de las barras principales.....	27
3.3 Configuraciones eléctricas en función de las tensiones de servicio.....	32

4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN MÁS USUALES.....	33
4.1 Protección de sobreintensidad.....	33
4.2 Protección de sobreintensidad direccional.....	39
4.3 Protección diferencial.....	45
4.4 Protección de comparación de fase.....	51
4.5 Protección de sobretensión y subtensión.....	55
4.6 Protección de frecuencia.....	56
4.7 Protección de distancia.....	57
5. EQUIPOS ASOCIADOS A LAS PROTECCIONES.....	61
5.1 Transformadores de medida.....	61
5.1.1 Transformadores de intensidad.....	61
5.1.2 Transformadores de tensión.....	63
5.2 Interruptores.....	64
5.3 Fuentes de alimentación auxiliar.....	64
5.4 Equipos de señalización.....	65
5.5 Equipos de automatismo.....	66
5.6 Equipos de comunicación asociados a las protecciones.....	67
6. RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN DE INSTALACIONES.....	71
6.1 Protección de transformadores.....	71
6.1.1 Protección primaria contra sobretensiones.....	72
6.1.2 Protección de las instalaciones de refrigeración.....	72
6.1.3 Protección Buchholz.....	73

6.1.4 Protección de sobrecarga.....	73
6.1.5 Protección del dispositivo de regulación.....	73
6.1.6 Protección diferencial.....	74
6.1.7 Protección diferencial de neutro.....	75
6.1.8 Protección de cuba.....	75
6.1.9 Protección de sobreintensidad.....	76
6.1.10 Protección de mínima impedancia.....	78
6.1.11 Protección de sobretensión.....	79
6.1.12 Protección de sobreexcitación.....	79
6.2 Protección de líneas y cables.....	79
6.2.1 Protección de sobrecarga.....	80
6.2.2 Protección de sobreintensidad.....	81
6.2.3 Protección de sobreintensidad direccional.....	81
6.2.4 Protección de distancia.....	82
6.2.5 Protección de distancia con dispositivos de teleprotección.....	83
6.2.6 Protección de antipenduleo de potencia.....	84
6.2.7 Protección de falta a tierra en un sistema de neutro aislado.....	85
6.2.8 Protección para faltas resistentes.....	87
6.2.9 Protección diferencial longitudinal.....	88
6.2.10 Protección de comparación de fases.....	89
6.2.11 Protección de comparación direccional.....	89
6.2.12 Protección de discordancia de polos.....	90
6.2.13 Equipos de normalización del servicio.....	90
6.2.14 Equipos de localización de averías.....	91

6.3 Protección de barras.....	92
6.3.1 Protección de barras de M.T.....	92
6.3.2 Protección de barras de A.T.....	95
6.4 Protecciones de baterías de condensadores.....	101
6.4.1 Fenómenos de conexión y desconexión en las baterías de condensadores.....	102
6.4.2 Protección de baterías de condensadores derivación.....	103
6.4.3 Protección de baterías de condensadores serie.....	105
6.5 Protecciones comunes para la red.....	106
6.5.1 Protección de frecuencia.....	107
6.5.2 Detección de pérdida de estabilidad.....	109
6.5.3 Protección contra colapsos de tensión.....	109
 7 AJUSTE Y COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES.....	 110
7.1 Objetivos del ajuste y la coordinación de la protección.....	110
7.2 Proceso de ajuste y coordinación de la protección.....	110
7.3 Análisis de la operación del sistema.....	111
7.3.1 Máximas y mínimas corrientes de falta.....	111
7.3.2 Simulación de faltas.....	112
7.4 Las protecciones de fallo de interruptor.....	114
7.5 Criterios generales de coordinación de las protecciones.....	114
7.5.1 Protecciones principales y protección de respaldo.....	114
7.5.2 Protecciones principales y protección de fallo de interruptor.....	116
 8. ESTÁNDARES D EDIFERENTES EMPRESAS.....	 119

8.1 Necesidad de estándares.....	119
9. APLICACIÓN A UN PROYECTO REAL.....	120
9.1 Especificaciones generales del proyecto.....	120
9.2 Criterios de diseño del sistema de protecciones.....	125
9.3 Relés de protección.....	126
9.4 Parámetros necesarios para el ajuste y coordinación de las protecciones.....	129
9.5 Coordinación de protecciones y cálculo de ajustes.....	139
9.5.1 Objeto del cálculo de ajustes.....	139
9.5.2 Ajustes protecciones de la posición de línea de 400 kV..	139
9.5.3 Ajustes protecciones de la posición de línea de 230 kV..	145
9.5.4 Ajustes protecciones de la posición de línea de 33 kV....	149
9.5.5 Ajustes de las protecciones de la posición de autotransformador de 400/230 kV (2 posiciones iguales).....	150
9.5.6 Ajustes de las protecciones de la posición de transformador de 230/33 kV.....	161
9.5.7 Ajustes de las protecciones de la posición de batería de condensadores de 400 kV.....	166
9.5.8 Ajustes de las protecciones de la posición de batería de condensadores de 230 kV.....	168
9.5.9 Ajustes de las protecciones de la posición de barras de 400 kV.....	169
9.5.10 Ajustes de las protecciones de la posición de barras de 230 kV.....	171

10. ANEXOS.....	172
10.1 Simbologías típicas.....	172
10.2 Funciones de los dispositivos / Códigos ANSI.....	173
10.2.1 N° Función y Descripción.....	173
10.2.2 Letras y sufijos de las funciones descritas.....	183
10.3 Descripción técnica de los equipos.....	190
 11. BIBLIOGRAFÍA.....	 226

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.6.1 Protecciones de reserva (local y remota).....	19
Fig. 3.2.1 Tabla de configuración de subestaciones según la red.....	32
Fig. 4.1.1.1 Selectividad entre elementos instantáneos.....	34
Fig. 4.1.1.2 Selectividad mediante temporización adicional.....	34
Fig. 4.1.2.1 Curvas de actuación de un relé de sobreintensidad.....	36
Fig. 4.1.3.1 Características tiempo/corriente, relé de frenado por tensión.....	37
Fig. 4.1.3.2 Niveles de frenado.....	38
Fig. 4.1.3.3 Influencia de la tensión de la red.....	38
Fig. 4.2.1 Selectividad entre protecciones.....	39
Fig. 4.2.2 Detalle de distribución de intensidades.....	40
Fig. 4.2.3 Esquema con relés de sobreintensidad direccionales.....	41
Fig. 4.2.2.1 Obtención de las magnitudes de medida para un relé direccional de neutro.....	43
Fig. 4.2.3.1 Protección de sobreintensidad en una red con neutro aislado....	44
Fig. 4.2.3.2 Protección de sobreintensidad en una red con neutro a tierra.....	45
Fig. 4.3.1 Falta externa.....	46
Fig. 4.3.1.1 Funcionamiento de la protección diferencial de neutro.....	48
Fig. 4.3.3.1 Principio básico de operación de una protección diferencial de barras.....	50
Fig. 4.3.4.1 Protección diferencial transversal.....	51
Fig. 4.4.1 Principio básico de operación de un sistema de protección por comparación de fase. Condiciones normales de servicio o falta externa.....	52

Fig. 4.4.2 Principio básico de operación de un sistema de protección por comparación de fase. Condiciones de falta interna con alimentación bilateral.....	53
Fig. 4.4.3 Ángulo de estabilidad (φ_E) en el sistema de protección por comparación de fase.....	54
Fig. 4.5.1 Falta monofásica RN en un sistema puesto a tierra.....	56
Fig. 4.7.1 Curvas características de la protección de distancia.....	58
Fig. 4.7.2 Comunicación entre relés de extremos de línea.....	59
Fig. 6.1.1 Protección para un transformador AT/MT.....	71
Fig. 6.1.8.1 Protección de cuba.....	76
Fig. 6.1.9.1 Protección de sobreintensidad de dos fases y neutro instalada en cada uno de los tres devanados. Esquema de disparos.....	77
Fig. 6.1.9.2 Ajuste del elemento instantáneo de la protección de sobreintensidad.....	78
Fig. 6.1.10.1 Protecciones de distancia en transformadores de interconexión.....	78
Fig. 6.2.3.1 Ejemplo de aplicación de la protección de sobreintensidad direccional.....	81
Fig. 6.2.6.1 Penduleo de la potencia.....	84
Fig. 6.2.7.1 Protección de falta a tierra en una red MT aislada.....	86
Fig. 6.2.8.1 Detector de faltas resistentes a tierra.....	88
Fig. 6.3.1.1 Esquema de una subestación 25/11 kV con protección de sobreintensidad en barras.....	93
Fig. 6.3.1.2 Protección de cuba para barras de cabinas metálicas.....	94
Fig. 6.3.1.3 Protección diferencial para barras MT con elemento de medida de intensidad te tiempo dependiente.....	95

Fig.6.3.2.1 Protección de mínima impedancia –no direccional- en el interruptor de acoplamiento para aislar la barra “sana”.....	97
Fig. 6.3.2.2 Criterio direccional para protección diferencial de barras.....	98
Fig. 6.3.2.3 Criterio diferencial para protección diferencial de barras.....	99
Fig. 6.3.2.6 Falta externa con fallo en la apertura del interruptor. Equivale a una falta en barras.....	100
Fig. 6.3.2.7 Ciclo de tiempos de actuación del conjunto protección-interruptor.....	101
Fig. 6.4.2.1 Característica de sobretensión en función del tiempo que puede una batería (CEI 70 1967).....	104
Fig. 6.4.3.1 Posiciones opcionales de los condensadores serie en líneas.....	105
Fig. 6.4.3.2 Dispositivo de protección de un condensador serie.....	106
Fig. 7.2.1 Proceso de ajuste y coordinación de la protección.....	111
Fig. 7.5.1.1 Coordinación entre Protección Principal y Protección de Respaldo.....	115
Figura 7.5.2.1 Coordinación entre protección fallo de interruptor y protección de respaldo remoto.....	116
Fig. 7.5.2.2 Coordinación entre protección principal y protección de fallo de interruptor.....	118
Fig. 9.1.1 Etiopía en el mapa.....	120
Fig. 9.1.2 Conexión subestaciones.....	122
Fig. 9.1.3 Etiopía (Addis Ababa).....	123
Fig. 9.5.2.1 Funcionamiento protección de distancia con subalcance permisivo.....	140
Fig. 9.5.4.1 Coordinación protecciones en una red de distribución radial..	149
Fig. 9.5.5.1 Actuación de la protección de sobreintensidad de la posición de transformador.....	152

Fig. 9.5.9.1 Protección de distancia con offset.....170

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación del proyecto

La calidad del servicio en el suministro de energía eléctrica se mide, básicamente, en términos del número y duración de las interrupciones en el suministro, así como por el mantenimiento de la tensión y la frecuencia dentro de unos límites prefijados y nominales.

La acción de los agentes atmosféricos, fallos del material, y errores humanos hacen que se produzcan incidentes en la red. Éstos pueden reducirse al mínimo si los sistemas están correctamente diseñados, con márgenes de seguridad económicamente razonables, una estudiada selección de los equipos, una organización del mantenimiento que tienda a detectar la parte de la red en que han disminuido sus coeficientes de seguridad y, por último, una adecuada selección, formación y motivación del personal encargado de la explotación.

Pero, aun en los casos en que los sistemas eléctricos estén cuidadosamente diseñados, conservados y explotados, siempre existen posibilidades de que se produzcan incidentes y, en tal caso, éstos deben ser eliminados de forma que quede desconectada del sistema la menor parte posible, a fin de que éste siga funcionando. Esto se logra mediante la implantación generalizada de equipos de protección.

En el sentido amplio de la palabra, se puede definir el concepto de protección como el conjunto de equipos necesarios para la detección y eliminación de los incidentes en los sistemas o instalaciones eléctricas.

Lo ideal sería disponer de equipos de protección que indicasen con antelación suficiente el lugar o zona de ocurrencia de incidentes en lugar de limitar sus efectos.

Por el momento, los actuales equipos de protección, a pesar de su elevado grado de prestaciones, solamente son capaces de eliminar los incidentes en un tiempo mínimo (del orden de algunos milisegundos).

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es el de ajustar y diseñar las protecciones para una subestación de alta tensión, es decir, para una subestación que se encuentra en el subsistema de transporte.

Para ello, previamente habrá que estudiar los tipos de subestaciones, los tipos de incidentes posibles en el sistema eléctrico, en particular, en las diferentes configuraciones de las subestaciones; además de un amplio estudio de los diferentes sistemas de protección.

Posteriormente habrá que analizar el sistema de protecciones según los estándares de cada empresa, teniendo en cuenta el tipo de subestación y posiciones de ésta.

Seguiremos con un estudio sobre el ajuste de las protecciones, definiendo los límites o umbrales de su característica de operación para detectar las faltas, las condiciones anormales del sistema y las condiciones indeseadas de los equipos; junto con un análisis de la coordinación de protecciones definiendo los tiempos de operación de las mismas para permitir su actuación debidamente priorizada, minimizando los tiempos de actuación y garantizando una apropiada graduación en dichos tiempos de todas las protecciones.

Lo anterior se realizará teniendo en cuenta las normas, reglamentaciones, especificaciones técnicas, recomendaciones, tomando en consideración los costos de instalación, ajuste, operación, control y mantenimiento de las protecciones.

1.3 Sistema eléctrico: definición y elementos que lo constituyen

Un sistema eléctrico es el que tiene en su concepción global, independientemente de su tamaño y extensión, cuatro partes fundamentales:

- Generación
- Transporte-Interconexión
- Transformación
- Distribución-Consumo

Las protecciones deben proteger coordinadamente cada uno de los elementos y equipos que componen cada una de las partes citadas de un sistema eléctrico. Para ello, se debe tener un conocimiento global del funcionamiento de un sistema eléctrico y del comportamiento de sus elementos, es decir, se debe saber “ver la red” con el fin de poder diseñar las protecciones combinadas con sistemas de automatización que incidan de forma directa en el funcionamiento dinámico del sistema eléctrico.

Dentro de las cuatro partes en que se divide el sistema eléctrico, cabe citar sus elementos más destacados:

- a) Generación: cabe citar los propios generadores, los transformadores (elevadores o reductores), y los servicios auxiliares y/o de arranque, tales como motores, equipos de excitación, etc.
- b) Transporte-Interconexión: las líneas y cables que realizan la función de enlazar los centros de generación con los centros primarios de distribución, o bien la unión en redes de una y otra empresa eléctrica.

- c) Transformación: corresponde a los centros donde se realiza la transformación de la tensión desde el nivel de transporte al de distribución.
- d) Distribución-Consumo: corresponde a las líneas, cables y transformadores necesarios para distribuir la energía eléctrica hasta la diferente gama de receptores de consumo, incluyendo, naturalmente, a estos últimos.
- e) Elementos asociados: corresponde a aquellos elementos asociados o auxiliares utilizados para contribuir a facilitar las funciones básicas de los apartados anteriores. Estos son: condensadores, reactancias, transformadores de medida (de intensidad, de tensión), dispositivos de maniobra (interruptores, seccionadores), etc.

1.4 Desarrollo histórico: sistemas de protección directos e indirectos.

El crecimiento de los sistemas eléctricos fue generando unas necesidades auxiliares, entre las cuales se incluyen los sistemas de protección.

La clasificación de los sistemas de protección que fija sus etapas de evolución es la siguiente:

a) Sistemas de protección directos

Son todos aquellos sistemas en los cuales el elemento de medida es, el mismo que el de corte (o está incorporado en él) y la magnitud que hay que controlar, normalmente la intensidad, se aplica a la protección sin ningún tipo de transformación.

a.1) Fusibles

Es el método de protección más antiguo de todos los utilizados. Se basa en el incremento de temperatura que sufre un conductor al ser atravesado por una intensidad. Se calibran de forma que el conductor se funde cuando es atravesado por una intensidad prefijada, interrumpiendo el circuito.

Los fusibles son económicos y son capaces de eliminar elevadas corrientes de cortocircuito en tiempos inferiores a los 5 ms. No obstante, posee desventajas como poca precisión, bajo poder de corte, envejecimiento, etc.,

que hacen que en la actualidad su uso quede restringido a circuitos de baja tensión y a derivaciones de líneas y equipos de pequeña potencia de la red de media tensión.

a.2) Relés directos

Al igual que los fusibles, protegen contra cortocircuitos. Consisten en una bobina en serie con la entrada del interruptor automático, y que por tanto, está recorrida por la intensidad a controlar.

En el momento que, por incremento de la intensidad, aumenta la fuerza del campo electromagnético generado en la bobina y supera la de un muelle antagonista que tiene el aparato, se produce el disparo (desconexión) del interruptor automático o se desenclava un sistema de relojería que produce este disparo con un cierto retraso, según el modelo del relé que se trate.

b) Sistemas de protección indirectos

Son aquellos en los que las magnitudes que hay que controlar (tensión, intensidad, temperatura) se transforman en valores normalizados antes de inyectarse al relé de protección.

En general estos sistemas son más costosos que los directos, al requerir además de la protección propiamente dicha, de transductores y elementos de corte. Sin embargo, con su aparición el concepto de protección alcanza su plenitud.

Los principales tipos son:

b.1) Sistemas electromagnéticos

La información suministrada a los relés en forma de intensidad o tensión es transformada por éstos en una fuerza capaz de cerrar unos contactos que establecen la continuidad en el circuito de disparo. Según su construcción, los podemos clasificar en:

- Émbolo o armadura articulada
- Disco de inducción

- Copa o cilindro de inducción

b.2) Sistemas de bobina móvil

Ocupan una posición intermedia entre los equipos electromagnéticos y los electrónicos. Poseen algunos elementos electrónicos tales como diodos, resistencias y condensadores, pero la medida se efectúa aún electromagnéticamente por medio de un dispositivo de medida polarizado de cuadro móvil.

Este sistema mide por integración los valores medios de la magnitud de entrada.

La rapidez de este sistema es superior al electromagnético, y su consumo y tamaño son inferiores.

b.3) Sistemas de electrónica convencional

Este sistema mide por integración los valores instantáneos de la magnitud de entrada.

La aplicación de la electrónica al campo de los sistemas de protección ha permitido desarrollar una nueva gama de tipos de protección, así como mejorar sus características de funcionamiento, tanto en precisión como en rapidez como asimismo en fiabilidad y duración.

Otra novedad es la construcción modular de los equipos, lo que ha permitido reducir el volumen y simplificar el diseño al existir módulos de funciones específicas que se pueden utilizar para diversos tipos de protección.

b.4) Sistemas electrónicos digitalizados

Con la aparición de los primeros microprocesadores, a finales de los años sesenta, los fabricantes de protecciones comenzaron a diseñar sistemas basados en microprocesadores y a aprovechar los desarrollos en tecnología

de comunicaciones por fibra óptica que transmiten gran cantidad de información a alta velocidad.

La diferencia fundamental entre las protecciones digitalizadas y las electrónicas es que las segundas realizan las medida de manera analógica, mientras que las digitales la realizan por medio de unos algoritmos que operan con los valores instantáneos de la señal de entrada. Para ello es necesario disponer de una unidad que realice un muestreo de esta señal y de un convertidor analógico-digital.

Las principales ventajas que presenta la introducción de los microprocesadores en estos sistemas son:

>> Facilidad para incorporar autodiagnósticos y funciones automáticas de inspección, lo cual presenta una gran mejora en la fiabilidad y la seguridad. La supervisión continua permite la verificación de los circuitos de la CPU, memorias, dispositivos de ajuste y elementos de entrada y salida.

>> Mejora de características. La complejidad de los sistemas eléctricos requiere unas sofisticadas características en los equipos de protección que implican una gran cantidad de hardware cuando se utilizan relés convencionales y en el caso de relés digitales, la consecución de una característica determinada es sólo problema de software.

>> Mejora de la flexibilidad y la aplicación. En los relés de protección digitales las funciones del relé son realizadas en la medida de lo posible por software, y por tanto se pueden normalizar varios tipos de relés que tengan idéntico hardware.

>> Reducción del conexionado entre equipos. La utilización de microprocesadores posibilita la realización de sistemas jerarquizados en las que las tradicionales uniones entre equipos que precisan un conductor para cada una de las señales, se sustituyen por comunicaciones en serie en las que un solo par de conductores pueden transmitir la totalidad de la información.

1.5 Exigencias básicas de los equipos de protección.

La protección ideal sería aquella que actuara solamente ante los incidentes para los que ha sido instalada, que lo hiciera en el menor tiempo posible y que su

precio fuera mínimo. Evidentemente, este ideal no es fácil de conseguir, por lo que es preciso valorar una serie de aspectos que, generalmente, son opuesto entre sí. Los requisitos más destacados son:

1. Seguridad. La probabilidad de no actuación de un sistema o componente cuando no debe hacerlo.
2. Obediencia. La probabilidad de actuación de un sistema o componente cuando debe hacerlo.
3. Fiabilidad. La probabilidad de que un sistema o componente actúe única y exclusivamente cuando debe hacerlo. La fiabilidad de un equipo es el producto de la seguridad y la obediencia. Disponer de dos relés en paralelo aumenta la obediencia y disminuye la seguridad del sistema; por el contrario, dos relés en serie aumentan la seguridad y disminuyen la obediencia (fig. 1.3.1).
4. Precisión. La respuesta a los valores de entrada.
5. Rapidez. El tiempo invertido desde la aparición del incidente hasta el momento que cierra sus contactos el relé. Solamente será interesante esta característica en las aplicaciones en las que no se introducen temporizaciones adicionales. El aumento de la rapidez implica una disminución de la fiabilidad.
6. Flexibilidad. Para adaptarse a cambios funcionales.
7. Simplicidad en el diseño, reduciendo al mínimo el número de funciones e interacciones.
8. Mantenimiento. Reduciendo al mínimo de piezas expuestas al desgaste, evitando el mantenimiento periódico.
9. Facilidad de prueba. Se valora el que el equipo tenga incorporados dispositivos que faciliten su verificación sin que sea necesario desconectar ningún conductor para realizar las pruebas.
10. Autodiagnóstico. La incorporación de funciones de autoverificación en la protección. Esta es una de las ventajas que aportan las protecciones digitales.

11. Modularidad. El montaje de las protecciones en módulos enchufables posibilita la localización y reparación de las averías.
12. Precio. Reducido.

1.6 Planificación de las protecciones.

Para proceder a la determinación de las protecciones necesarias en una instalación cualquiera, es preciso disponer de la información completa de ésta, y conocer debidamente la incidencia de la misma sobre el resto del sistema eléctrico al que está conectada. Consecuentemente se debe proceder a una planificación general de los sistemas de protección, que podría concretarse en los siguientes puntos:

- a) Conocimiento detallado de la red y/o de la instalación que hay que proteger.
- b) Definición concreta de las zonas de influencia de cada protección y su comportamiento para cada tipo de falta previsible.
- c) Definición concreta de los márgenes y zonas de solapamiento de cada sistema de protección. Las protecciones de tipo “cerrado” sólo actuarán para faltas dentro del tramo de instalación limitado por los transformadores de medida que las alimentan. Las de tipo “abierto” actúan al superarse su ajuste independientemente de la situación de la falta.
- d) Definición de las protecciones de reserva que deben actuar en caso de fallo de una protección principal asociada a un interruptor para cada tipo de falta.

Estas protecciones de reserva se califican como “locales” cuando se hallan en la misma estación que la protección principal y pueden estar asociadas al mismo interruptor, en cuyo caso las llamaremos secundarias.

Cuando la protección de reserva se encuentra situada en otra dependencia se califica como “remota”. Es de destacar que las protecciones pueden asumir la doble función de protección principal y de reserva según la localización de la falta. Así en la figura 1.4.1 la protección 9 es principal para faltas en el punto B, al tiempo que es protección de reserva remota para faltas en el punto A. La

protección 4 es de reserva local para ambos casos. En caso de falta en A y fallo de la protección 1, deben disparar las protecciones 4, 8 y 9.

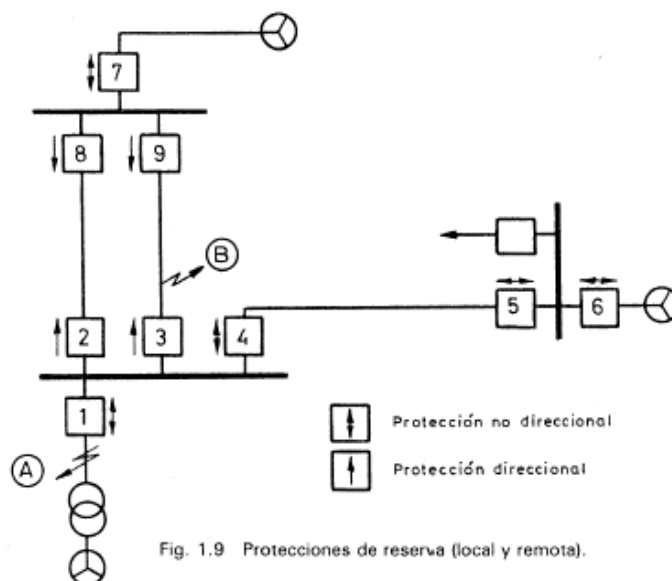


Fig. 1.6.1 Protecciones de reserva (local y remota)

Otro punto importante que hay que tener en cuenta en la planificación de las protecciones es encontrar el óptimo entre las características, la fiabilidad y el coste. Para ello, además de lo dicho, es de gran utilidad conocer estadísticas fiables tanto de la red y del equipo que hay que proteger como de los relés de protección que deben usarse.

2 INCIDENTES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

2.1 Perturbaciones

Un ingeniero quiere que las cosas funcionen correctamente todo el tiempo. Sin embargo, a veces esto no ocurre, y el sistema debe estar preparado para afrontarlo. Numerosas causas pueden provocar fallos en el sistema:

- **Causas climáticas:** un rayo puede caer en una torre de alta tensión, una subestación de transformación puede inundarse, el viento puede acercar dos conductores produciendo descargas eléctricas, etc.
- **Envejecimiento de los equipos:** el aislante de los conductores disminuye su eficiencia con los años, sucesivos ciclos de calentamientos y enfriamientos varían las propiedades dieléctricas de los materiales, partes metálicas se corroen, etc.
- **Otras causas:** mala operación de los equipos, acción de animales, roturas por obras de otras empresas, etc.

Independientemente de la causa que provoca el fallo, si el desperfecto es relativamente importante provocará situaciones anormales en la operación. Entonces, los fallos en el sistema serán observables como perturbaciones (más o menos bruscas) de los valores medidos en situaciones normales de operación. Los valores habitualmente controlados en un sistema eléctrico son: tensión, corriente, potencia y frecuencia. Así, podrán ser detectadas las siguientes alteraciones:

2.1.1 En los valores de tensión

Los equipos eléctricos son construidos para actuar con determinados niveles de tensión. Por consiguiente, la banda permitida de variación en el módulo de la tensión es muy acotada. La legislación especifica que son aceptadas, en general, variaciones máximas de $\pm 5\%$ en el valor nominal del nivel de tensión. Valores por encima o debajo de esa banda pueden ocasionar daños en el equipamiento. Subtensiones (valores del módulo de tensión inferiores al mínimo permitido de variación), cuando leves, pueden provocar disminución de la vida útil y pérdida de eficiencia en los equipos. Subtensiones muy inferiores al nivel nominal de tensión pueden provocar

hasta la falta total permanente del equipo eléctrico conectado a la red. Un motor, como ejemplo, requiere para comenzar a girar una corriente de arranque bastante superior (entre 5 y 8 veces) a la corriente normal de actuación. Cuando el motor intenta arrancar a una tensión inferior a la nominal, la corriente de arranque puede ser varias veces superior a la normal de actuación, pudiendo provocar hasta la quema del motor si no actúan equipos de protección.

Las sobretensiones (valores del módulo de tensión superiores al máximo permitido de variación) también pueden provocar daños en los equipos eléctricos. Como ejemplo, una bombilla trabajando a una tensión levemente superior al rango de actuación disminuye su vida útil en forma acentuada. Si la sobre-tensión es mayor, el aumento de corriente asociado puede llevar a que se funda la bombilla.

2.1.2 En los valores de corriente

Tres tipos de perturbaciones pueden ser asociadas a los valores de corriente: sobrecorrientes, cortocircuitos e inversión del sentido de la corriente.

- **Sobre-corrientes:** son corrientes eléctricas levemente superiores a la nominal (hasta 1.5 veces la corriente nominal, aproximadamente) que se mantienen por tiempos relativamente largos. En general, los equipos eléctricos están diseñados para soportar valores de corriente un poco superiores a los nominales, por lo que las sobre-corrientes no producen generalmente la destrucción del equipo. Sin embargo, los equipos que trabajan durante períodos prolongados en situaciones cercanas a sus límites de operación sufren disminuciones apreciables en su vida útil, ocasionando costos y aumentos en la tasa de fallo. Por consiguiente, esta situación debe evitarse siempre que sea posible.

- **Cortocircuitos:** desde el punto de vista eléctrico, cortocircuito es la conexión accidental o intencionada, mediante una resistencia o impedancia relativamente baja, de dos o más puntos de un circuito que están

normalmente a tensiones diferentes. Un cortocircuito origina aumentos bruscos en las corrientes circulantes en un instalación, pudiendo dañar al equipamiento eléctrico, equipos cercanos a la instalación y hasta personas no adecuadamente protegidas. Algunos de los incidentes más graves en la instalación eléctrica pueden ser representados por cortocircuitos: la caída de un rayo en una línea de transmisión, el incendio de un transformador, la inundación de una subestación, etc.

- Inversión del sentido de la corriente: en determinadas líneas del circuito, puede conocerse que el sentido de la corriente eléctrica en operación normal debe ser invariable. Por ejemplo, la corriente de un generador eléctrico debe ser siempre saliente del mismo, pues entrega potencia al sistema. Cuando la dirección de la corriente no es la que se prevé, estamos ante una perturbación en el sentido de la corriente.

2.1.3 En los valores de potencia

En el sistema eléctrico, instante a instante, deben mantenerse los balances de potencia activa y reactiva. Como no es aún posible almacenar energía eléctrica en grandes cantidades, el total de las potencias activa y reactiva consumidas deben ser producidas en casi el mismo momento de consumo. El sistema está preparado para absorber y controlar variaciones en la demanda (debidas a la aleatoriedad del consumo) y en la generación o transmisión (ocasionadas por posibles fallas de equipos), dentro de ciertos límites. Sin embargo, grandes desbalances entre las potencias producidas y consumidas indican posibles desperfectos graves en el sistema de generación y transmisión de energía eléctrica, que pueden llevar al corte de suministro en regiones o (mas grave aún) en el total de la red. Así, el balance entre la producción y consumo de energía está continuamente vigilado y controlado, a fin de detectar posibles perturbaciones.

2.1.4 En los valores de frecuencia

En la sección anterior se dice que no hay forma de almacenar energía eléctrica en grandes cantidades. Sin embargo, el sistema eléctrico almacena energía mecánica en la masa girante de las máquinas que lo componen. Simplificando el concepto, la masa girante en el sistema funciona como una reserva de energía, que puede extraerse cuando necesario para satisfacer el balance de potencia activa. Así, cuando se presenta una demanda no esperada en el sistema, la masa girante se desacelera entregando parte de su energía cinética al sistema eléctrico. Al desacelerarse, disminuye consecuentemente la frecuencia del sistema eléctrico. Lo contrario ocurre para una disminución no esperada de la demanda, que puede llevar a una aceleración de las masa girantes y un aumento de la frecuencia del sistema. La masa girante presente en el sistema es muy elevada, por lo que las variaciones en la frecuencia no deben ser proporcionalmente importantes. Sin embargo, la relación entre la frecuencia del sistema y el balance de potencia activa lleva a una vigilancia estrecha de los valores de frecuencia, que permite detectar desbalances importantes entre la generación y demanda de energía.

2.2 Tipos de cortocircuitos

Existen diferentes tipos de cortocircuitos, en función de las fases afectadas. Los cortocircuitos pueden clasificarse en:

- **Trifásicos:** consisten en el contacto de las tres fases, directamente o a través de una impedancia de valor bajo. Un ejemplo de cortocircuito trifásico es la caída de una torre de transmisión. Este tipo de cortocircuitos es el más grave en el sistema, produciendo las mayores corrientes. Por consiguiente, debe ser detectado rápidamente y eliminada la fuente de fallo del sistema (por medio de la actuación del sistema de protección) en el plazo menor posible. Desde el punto de vista de análisis, es el más simple de ser calculado, porque al estar involucradas las tres fases en la misma forma las corrientes de cortocircuito son iguales en las tres fases, siendo representado por un sistema de corrientes simétrico.

- **Bifásicos:** los cortocircuitos bifásicos consisten en el contacto de dos fases entre sí. Como ejemplos de cortocircuito bifásico puede citarse: el roce de dos fases en líneas aéreas y la falta de aislamiento puntual en cables aislados. Este tipo de cortocircuito produce un sistema desequilibrado de corrientes, con intensidades diferentes en las tres fases.

- **Bifásicos con contacto a tierra:** en este tipo de cortocircuitos, dos de las fases toman contacto entre sí y con la tierra en el punto de fallo. Es este el tipo de cortocircuito estadísticamente menos frecuente.

- **Monofásico:** el cortocircuito monofásico (contacto de una fase y tierra) es responsable de la mayor cantidad de cortocircuitos en el sistema (en líneas aéreas, 80% de los cortocircuitos son monofásicos). Las corrientes de cortocircuito que provoca dependen de la impedancia de la falta y de las conexiones a tierra de los transformadores en la línea.

3 SUBESTACIONES

3.1 Configuración eléctrica de las subestaciones

Como parte integrante del sistema de transporte, una subestación funciona como punto de conexión o desconexión de las líneas de transporte, de las líneas de distribución, de las centrales de generación y de los transformadores elevadores y reductores. Los objetivos de las subestaciones son conseguir la máxima seguridad, flexibilidad y continuidad de servicio con los mínimos costes de inversión que satisfagan los requisitos del Sistema Eléctrico.

En la elección del tipo más adecuado de subestación para una aplicación determinada, influyen muchos factores. Entre estos se encuentran el nivel de tensión, la capacidad de carga, las consideraciones ambientales, las limitaciones de emplazamiento y las servidumbres de paso de las líneas de transporte. Además, los criterios para el proyecto pueden variar según los distintos sistemas.

Con el continuo aumento general en los costes de los equipos, mano de obra, terreno y preparación del emplazamiento, hay que esforzarse al máximo para elegir criterios que representen la mejor composición para satisfacer los requisitos del Sistema con el coste mínimo. Como los costes mayores de la subestaciones están constituidos por los transformadores de potencia, los interruptores y los seccionadores, la disposición del embarrado y de las conexiones determina el número de seccionadores e interruptores necesarios.

Es esencial el análisis cuidadoso de los diferentes esquemas de conexión, especialmente en el nivel de muy alta tensión, de lo cual se pueden conseguir ahorros importantes mediante la elección del equipo mínimo que satisfaga los requisitos del sistema.

Al seleccionar la disposición del embarrado y de las conexiones de una subestación, hay que considerar diversos factores para satisfacer todos los requisitos del sistema. Una subestación debe funcionar con regularidad, debe ser

económica, segura y lo más sencilla posible. Debe estar concebida de modo que permita un alto nivel de continuidad en el servicio. Además, debe prever su futura ampliación y permitir un funcionamiento flexible, con costes iniciales y finales reducidos. Hay que disponer los medios necesarios para hacer el mantenimiento de las líneas, interruptores y seccionadores sin interrupciones de servicio ni peligro para el personal.

Las condiciones que se imponen en el trazado de las líneas de transporte, condicionan muchas veces, el emplazamiento de la subestaciones y la disposición de los embarrados. El lugar elegido debe permitir la disposición adecuada de las líneas.

Para tener regularidad de servicio, la subestaciones tienen que evitar la interrupción total originada por fallo de interruptores o defectos en las barras y deben estar dispuestas de forma que la reanudación del servicio después de un fallo sea rápida. El diseño de líneas con las centrales generadoras conectadas enfrente facilita la regularidad de servicio.

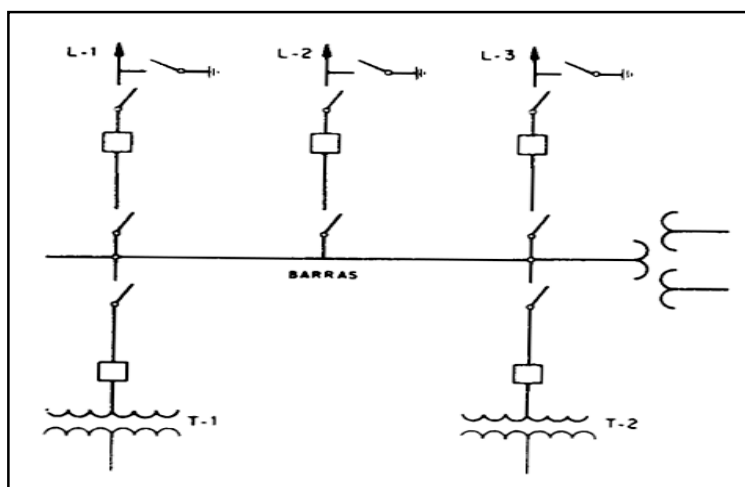
La disposición general debe permitir futuras adiciones y ampliaciones sin interrumpir el servicio.

3.2 Conexiones de las barras principales

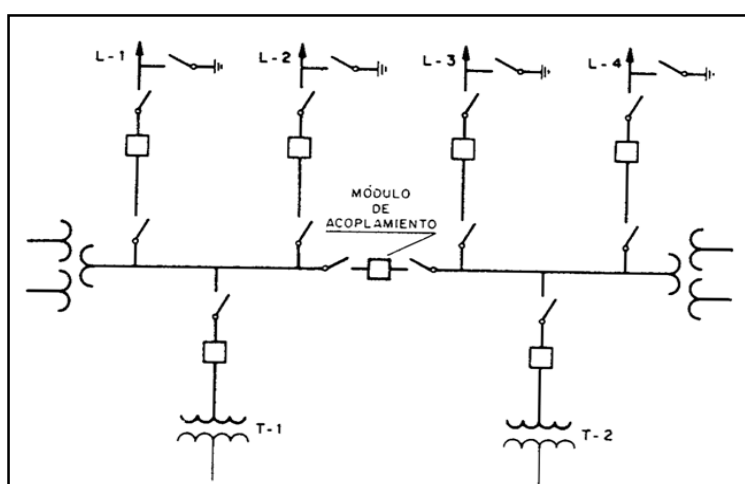
El esquema de subestación seleccionado determina la disposición física y eléctrica de la aparamenta. Cabe considerar diferentes soluciones para el embarrado según se dé preferencia a los factores de regularidad de servicio, economía, seguridad y sencillez como consecuencia de la función e importancia de la subestación.

Las disposiciones más corrientes de embarrados o de subestaciones que vamos a analizar son:

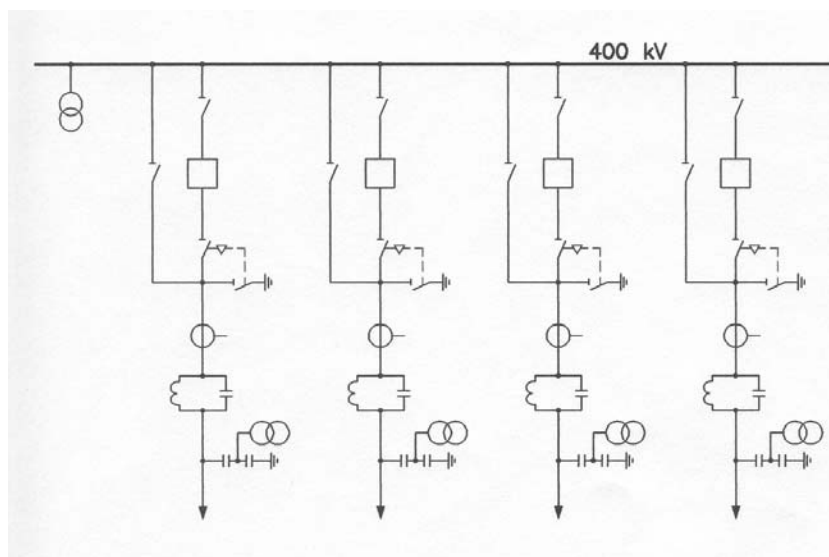
1. Simple barra



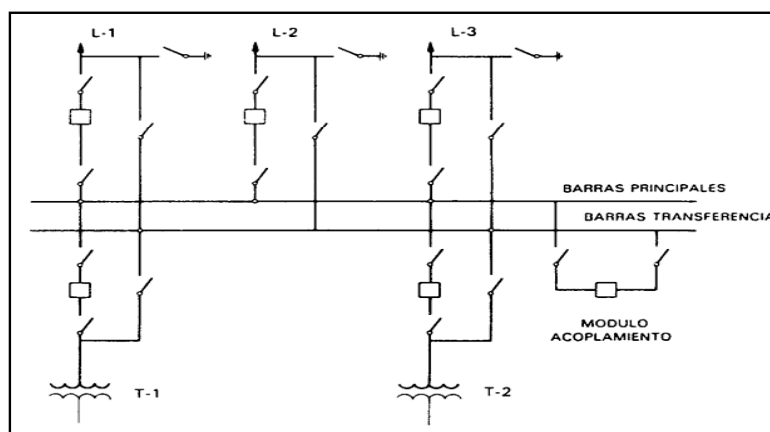
2. Barra partida



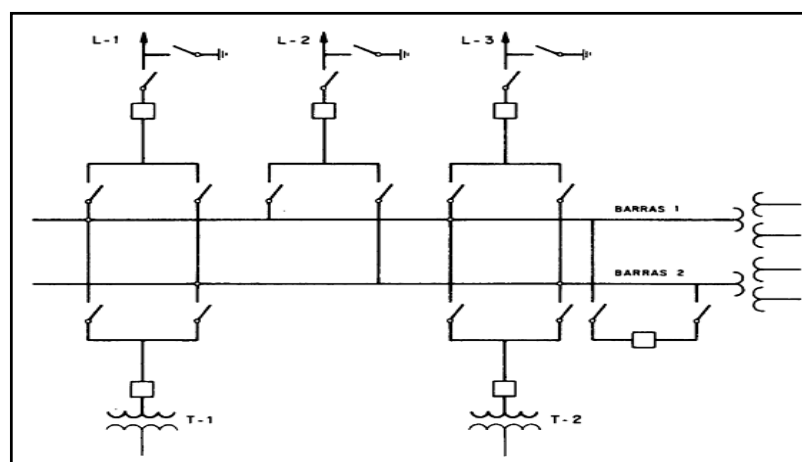
3. Simple barra con by-pass



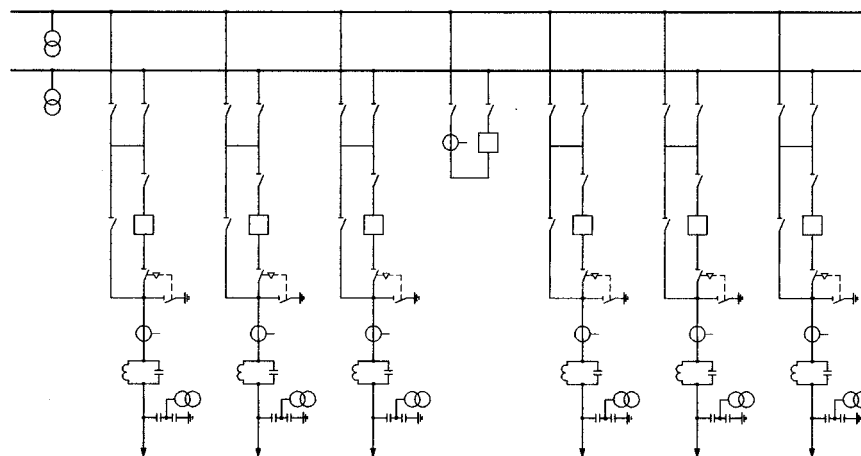
4. Simple barra con barra de transferencia



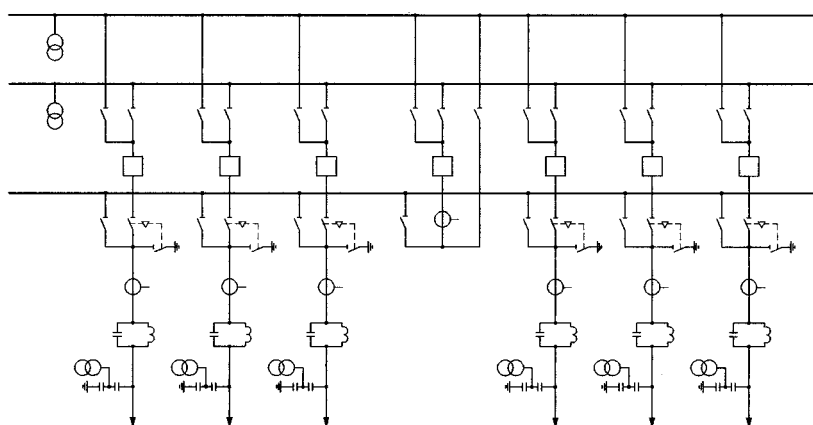
5. Doble barra



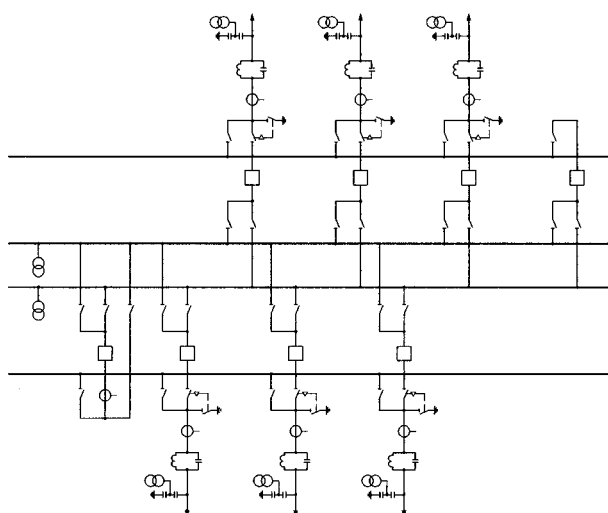
6. Doble barra con by-pass



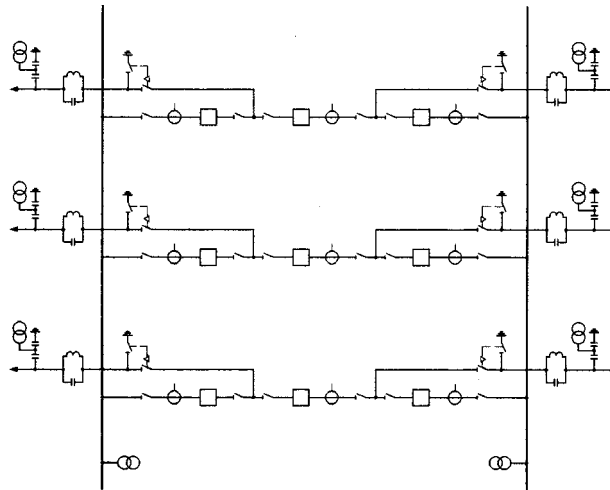
7. Doble barra con barra de transferencia



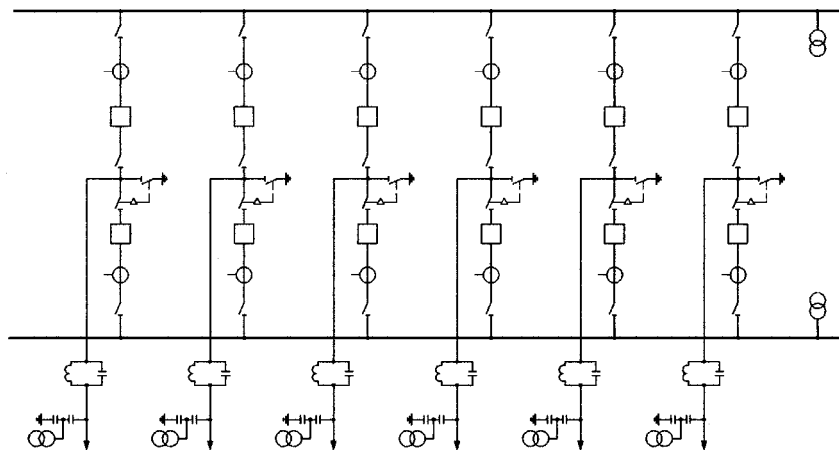
8. Doble barra con dos barras de transferencia



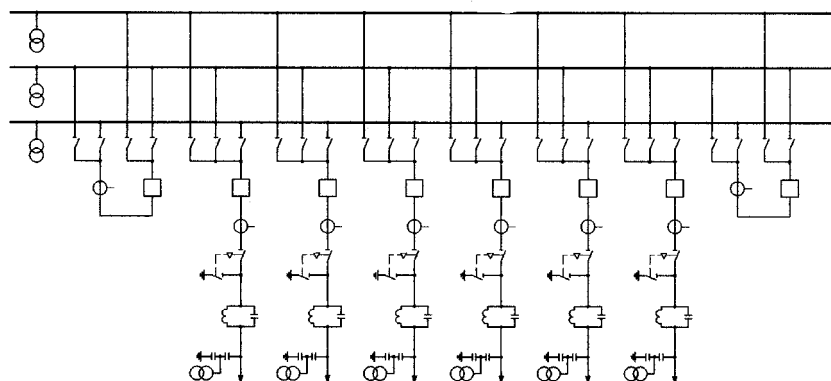
9. Interruptor y medio



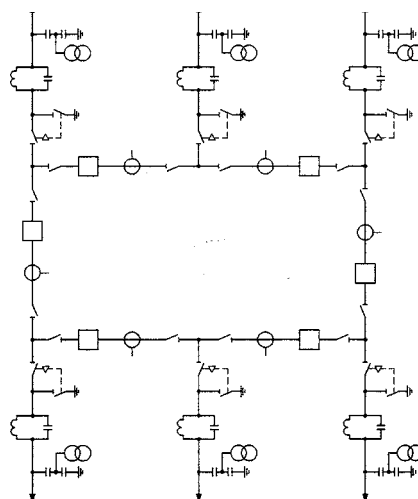
10. Doble barra con doble interruptor



11. Triple barra



12. Anillo



Algunas de estas disposiciones pueden modificarse añadiendo interruptores de enlace de barras, seccionadores, equipos de interruptores en derivación y barras adicionales de transferencia.

3.3 Configuraciones eléctricas en función de las tensiones de servicio

En la tabla siguiente se recogen las diferentes configuraciones eléctricas utilizadas en función de las tensiones de servicio, basadas en la bibliografía técnica especializada.

		1 (SB)	3 (SBBy)	5 (DB)	7 (DBT)	9 (IyM)	10 (DBDI)	12 (AN)
		%						
Distribución	30-45 kV	50	15	30				5
	66 kV	35	24	35	3			3
Reparto	110 kV	28	12	44	7			9
	132 kV	20	20	50	10			
Transporte	220 kV	13	18	35	13	9	4	8
	400 kV		33	33	17	17		

Fig. 3.2.1 Tabla de configuración de subestaciones según la red

A la hora de la elección de una configuración eléctrica para una subestación dada, debemos de ser selectivos. Es decir, no debemos exigir lo mismo a una subestación a emplazar en un nudo de interconexión de la red nacional, en general muy mayada, que a una subestación de generación. Así, en la primera, la pérdida de todas las líneas se traduce en la pérdida de un nudo que puede ser asumida por la red sin excesivas repercusiones mediante un nuevo reparto de los flujos de carga. En cambio, la pérdida completa de una subestación de salida de una central nuclear en un periodo de horas valle se puede traducir en fenómenos importantes de inestabilidad. También se debe valorar lo que supone la pérdida económica de un mercado, frente a las inversiones necesarias.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN MÁS USUALES

4.1 Protección de sobreintensidad

Se trata de la protección más extendida en su aplicación. Controla la intensidad de paso por el equipo protegido; cuando el valor es superior al ajustado en el relé, se produce la acción subsiguiente (por ejemplo, se dispara un interruptor, se activa una alarma óptica o acústica, etc.)

Se puede clasificar en dos grandes grupos en función del tiempo de operación:

- A tiempo independiente
- A tiempo dependiente

4.1.1 Protección de sobreintensidad a tiempo independiente o instantánea

El relé operará siempre en el mismo tiempo para todo valor de intensidad superior al ajustado en el propio relé.

Casi todos los relés de sobreintensidad, incorporan una unidad de sobreintensidad denominada “elemento instantáneo”, en serie con el relé de intensidad a tiempo dependiente, de forma que ambas unidades están recorridas por la misma corriente.

Esta unidad se ajusta a un valor muy superior al de la intensidad de arranque del elemento a tiempo dependiente.

El siguiente ejemplo ilustra la utilidad de la “unidad instantánea”.

Previamente se han debido de efectuar algunos cálculos de cortocircuito.

Se supone que en el caso de cortocircuito en la estación B, la intensidad es de 1200 A. Para faltas más allá de la estación B, lógicamente la intensidad alcanzará valores inferiores, al aumentar la impedancia (Fig. 4.1.1.1)

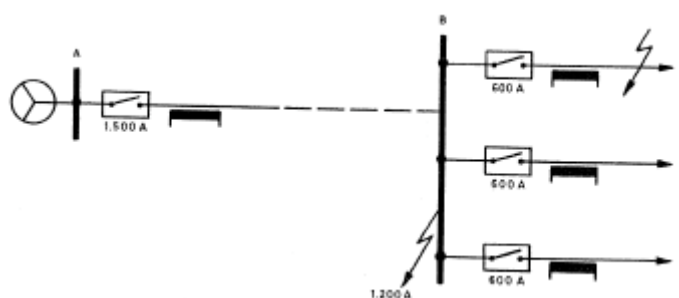


Fig. 4.1.1.1 Selectividad entre elementos instantáneos

Con los ajustes indicados en la figura anterior, se garantiza que el elemento instantáneo de la protección en la estación A sólo pueda actuar para cortocircuitos en el tramo AB. En el caso de cortocircuito en una de las tres salidas (1, 2 ó 3), si la intensidad es superior a 600 A, la protección de la línea correspondiente desconectará instantáneamente su interruptor.

En ocasiones, los puntos A y B forman parte de una misma estación, las distancias son casi inexistentes y las intensidades de cortocircuito, idénticas.

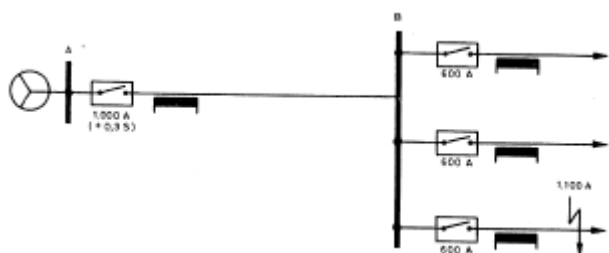


Fig 4.1.1.2 Selectividad mediante temporización adicional

En este caso, el disparo por la unidad instantánea de los relés de protección A se temporiza ligeramente para que en caso de falta en una salida, por ejemplo en la línea 3, exista el margen de tiempo suficiente para que abra el interruptor de la línea 3.

Un retardo de 0.3 s puede parecer muy conservador, pero no es aconsejable bajar de este valor. Los tiempos de apertura de los interruptores oscilan entre 35 y 110 ms, dependiendo de la importancia del elemento de la red al que van asociados. Los tiempos muy cortos corresponden a interruptores de líneas y equipos de muy alta tensión, por el contrario, en M.T. los tiempos son superiores. En ambos casos, si el cierre es sobre cortocircuito el tiempo de apertura prácticamente se duplica, de ahí el por qué del retardo mínimo de 0.3 s.

4.1.2 Protección de sobreintensidad a tiempo dependiente o tiempo inverso

El relé operará en un tiempo que es función del valor de la corriente, de forma que cuanto mayor sea ésta, menor será el tiempo de actuación. Por eso, este tipo de relés suelen denominarse “a tiempo inverso”. Existen relés con diferentes características de operación: a tiempo normal inverso (N.I.), muy inverso (M.I.), extremadamente inverso (E.I.), etc.

El tiempo de operación y la corriente están relacionadas por la ecuación que define la curva característica del relé.

$$t = \frac{k}{\left(\frac{I_p}{I_a}\right)^\alpha - 1}$$

Siendo:

I_p = intensidad de paso

I_a = intensidad de ajuste

α , k = constantes de diseño

t = tiempo de operación

El exponente α define el tipo de característica (N.I., M.I., E.I., etc.).

Dentro de una característica determinada por α , la constante k define los

tiempos de actuación, y por eso suele hablarse de “característica normal inversa, tiempo corto”, “característica muy inversa, tiempo largo”, etcétera.

Lo normal es que un relé ofrezca no sólo una curva de actuación, sino una familia de ellas adecuándose así la protección a las necesidades particulares.

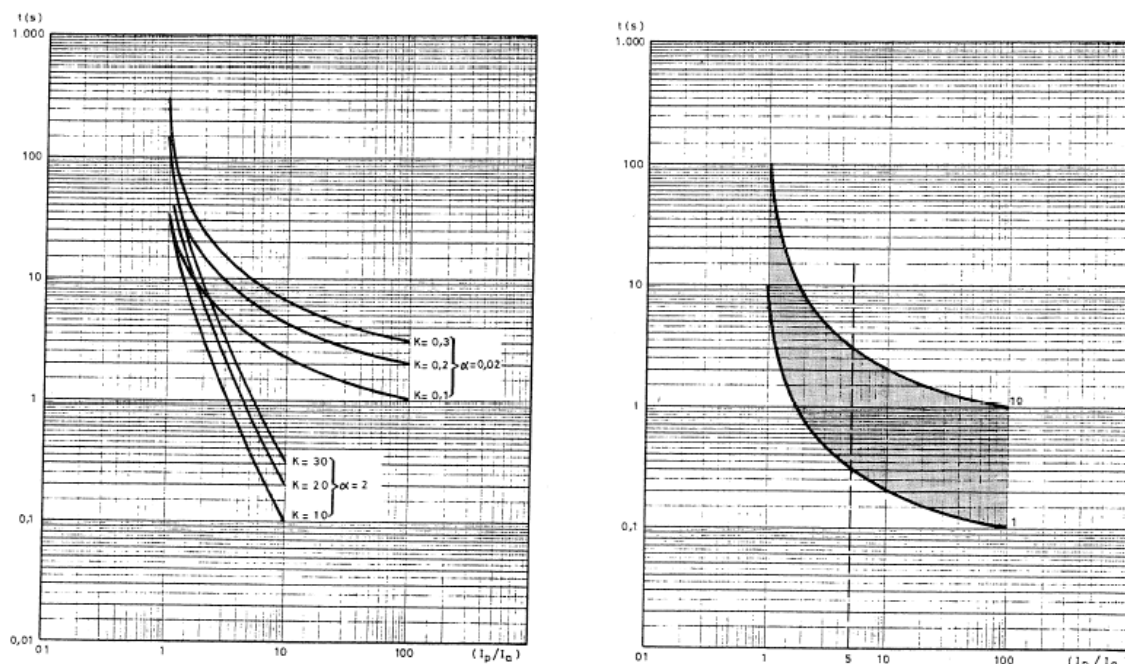


Fig 4.1.2.1 Curvas de actuación de un relé de sobreintensidad

Uno de los valores más importantes por determinar es el valor de la intensidad que hay que aplicar al relé para que éste empiece a funcionar. En teoría, la intensidad de arranque ha de ser precisamente la intensidad ajustada, aunque debe admitirse una cierta tolerancia.

$$I_{arr} = 115\%I_{aj} \pm 10\%$$

Para especificar el ajuste de un relé no basta decir que está ajustado, por ejemplo, a 300 A. Además se debe definir un parámetro que indique la curva seleccionada dentro de la familia. Lo ideal es definir el tiempo de actuación para un determinado cociente (I_p/I_a). Por ejemplo:

$$300 \text{ A} - 1.5 \text{ s con } I_p/I_a = 5$$

o, lo que es lo mismo:

$$300 \text{ A} - 1.5 \text{ s al } 500\%$$

4.1.3 Protección de sobreintensidad con frenado de tensión

Algunos relés de sobreintensidad a tiempo inverso incorporan un elemento muy útil para mejorar la selectividad entre protecciones. Este elemento controla la tensión de la red en el punto de instalación del relé. Cuanto menor sea ésta, menor será el tiempo de actuación del elemento de control de la corriente. Este tipo de relés se clasifican en: “controlados por tensión” y “frenados por tensión”.

Con frenado por tensión, el valor de arranque del elemento de inducción está en función de la tensión de la red. Al 100% de la tensión el valor de arranque es exactamente el ajustado; conforme la tensión disminuye, se reduce así mismo el valor de arranque. En caso de tensión nula (0%) el arranque se produce con sólo el 25% del valor ajustado.

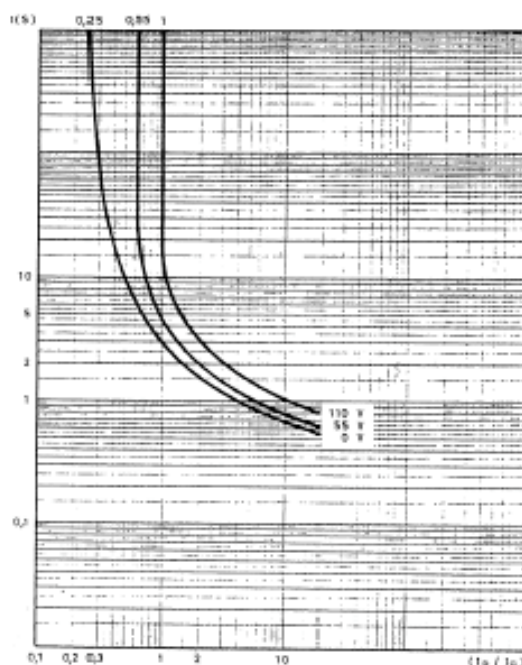


Fig 4.1.3.1 Características tiempo/corriente, relé de frenado por tensión

En la figura 4.1.3.2 puede verse que incluso con idénticos ajustes en los tres relés A, B y C, la función de “frenado por tensión” establecería que fuese el relé C el primero en actuar para el cortocircuito representado.

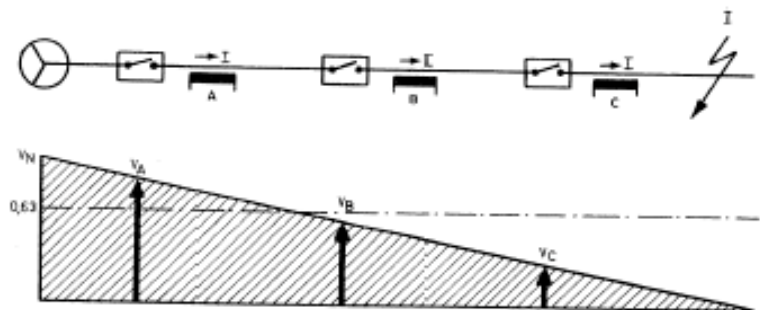


Fig. 4.1.3.2 Niveles de frenado

En el relé controlado por tensión, la intensidad de arranque no se controla de forma continuada como en el “frenado”. Únicamente se varía el valor de arranque a un valor inferior cuando la tensión desciende por debajo de un determinado nivel. Suele emplearse el 63% como nivel de conmutación.

Los gráficos de la figura 4.1.3.3 muestran la forma en la que la tensión de la red influye sobre la intensidad de arranque para los dos tipos de relé.

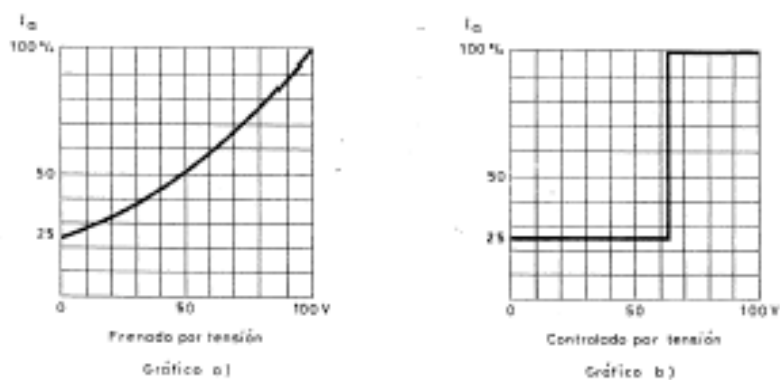


Fig. 4.1.3.3 Influencia de la tensión de la red

4.2 Protección de sobreintensidad direccional

En la práctica se dan casos en los que se necesitan más parámetros para conseguir la necesaria selectividad entre protecciones. En el caso de que los circuitos 1 y 2 estén funcionando en paralelo, es casi imposible garantizar la selectividad entre protecciones y en definitiva desconectar un circuito, en caso de avería, manteniendo en funcionamiento el otro.

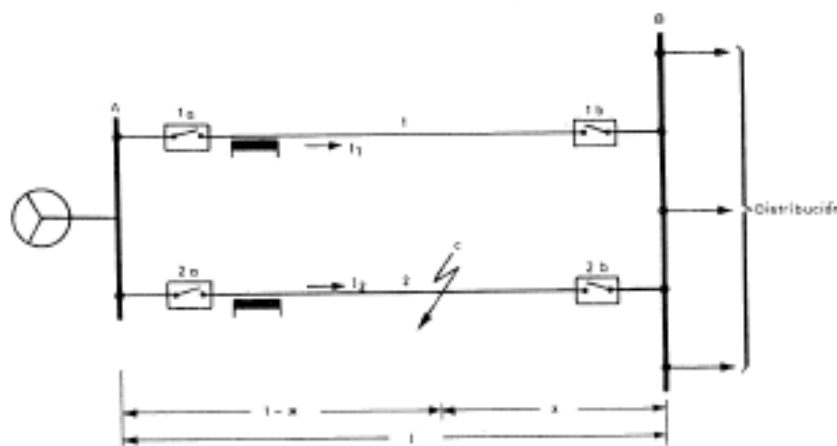


Fig. 4.2.1 Selectividad entre protecciones

Si aparece una falta en el punto *c*, la intensidad que la estación (A) aporta al cortocircuito se bifurcará sobre ambos circuitos (1 y 2) en una proporción que dependerá de las distancias

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{1+x}{1-x} \quad (I_2 > I_1)$$

Si en la estación (A) las salidas cuentan con un equipo de protección contra sobreintensidades, la protección 2a tenderá a actuar antes que la protección 1a, ya que $I_2 > I_1$.

Una vez ha disparado el interruptor del circuito (2), en el circuito (1) aumentará, (en mayor o menor grado) la corriente y, si el cortocircuito no se elimina de una manera natural, disparará el interruptor del circuito (1) al actuar su protección de sobreintensidad.

En el momento que esto se produzca, la estación (B) quedará sin alimentación, con la consiguiente pérdida de mercado y los problemas inherentes a toda interrupción de servicio.

Supongamos que en la estación (B) (Fig. 4.2.2) las entradas están provistas de relés de sobreintensidad no direccional.

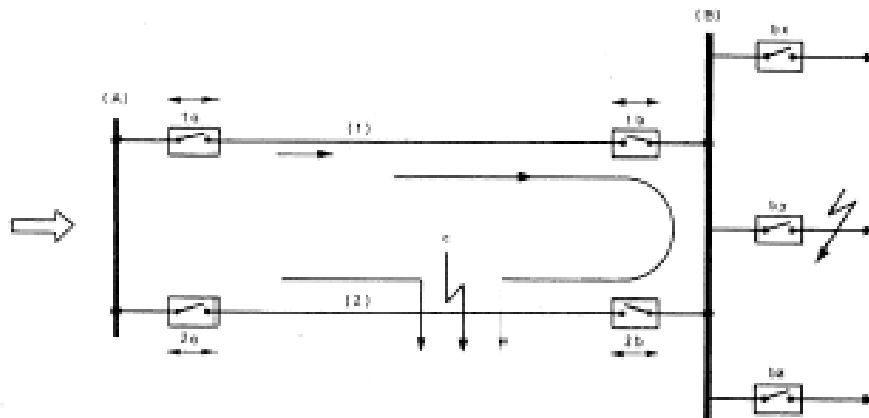


Fig. 4.2.2 Detalle de distribución de intensidades

En primer lugar, los ajustes de sobreintensidad de cada una de las protecciones 1b y 2b deben ser superiores a cada una de las salidas bx, by y bz, ya que de otro modo, un cortocircuito, por ejemplo en la salida by, podría provocar el disparo de los interruptores 1b y 2b.

Por otro lado, no existiría selectividad entre las protecciones 1b y 2b; en caso de cortocircuito en uno de los circuitos alimentadores, por ejemplo el (2), la corriente que circula a través de las protecciones 1b y 2b sería prácticamente la misma y se produciría el disparo de ambos interruptores ya que, evidentemente, los ajustes de sus protecciones serían idénticos.

En la práctica, la protección de este tipo de circuitos, se confía a un equipo de sobreintensidad direccional, cuya actuación precisa, además de que se supere el ajuste de intensidad, que la potencia circule en una dirección determinada.

Suponiendo que se instalan protecciones de sobreintensidad direccional en los interruptores 1b y 2b de la figura 5.2.3, igual que sucedía en el caso mostrado en la figura 5.2.2, parte de la intensidad de cortocircuito proveniente de (A) pasará a través de los relés 1b y 2b; sólo el relé 2b detectará una circulación de potencia en el sentido que ha sido ajustado y disparará su interruptor propio, quedando el cortocircuito alimentado a través del interruptor 2^a, hasta que dispare su correspondiente protección de sobreintensidad. El servicio no se interrumpe ya que el circuito (1) permanecerá conectado en sus extremos.

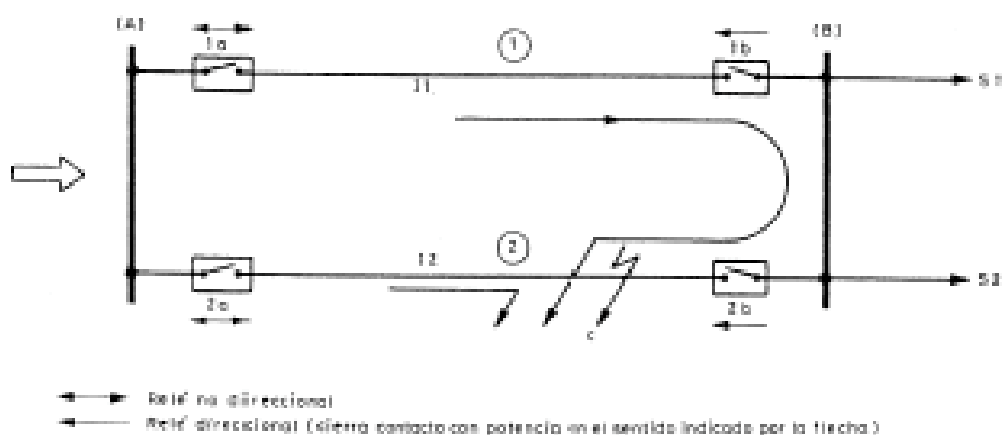


Fig. 4.2.3 Esquema con relés de sobreintensidad direccionales

Al establecer las selectividades de estos relés direccionales con el resto de protecciones, no será necesario tener en cuenta los valores de ajuste de las salidas S1 y S2 de la instalación (B), dado que para cualquier falta que se produzca en ellas los relés direccionales instalados en 1b y 2b la verán en contradierección y no operarán. No sucede lo mismo con los ajustes de 1^a y 2^a, por lo que se deberán establecer las correspondientes selectividades con los mismos criterios que si se tratan de relés de sobreintensidad no direccionales.

Principio de una protección de sobreintensidad direccional:

Una protección de este tipo suele dividirse en dos elementos:

- a) Un elemento direccional, que controla el sentido de la circulación de potencia.
- b) Un elemento de sobreintensidad, que controla la magnitud de la corriente.

El elemento direccional permite la actuación del elemento de sobreintensidad cuando la corriente (es decir, la potencia) circula en un sentido determinado.

4.2.1 Protección direccional de fases

La magnitud más crítica en un relé direccional es precisamente la tensión de referencia, también llamada “de polarización”.

Si se dispone de un relé de sobreintensidad direccional que controle la corriente de la fase R y esté polarizado por la tensión fase R-tierra, al producirse una falta en bornes del transformador de tensión, es muy posible que la tensión aplicada al relé no sea suficiente para garantizar su adecuada actuación.

Por esta razón se utilizan tensiones entre fases para polarizar relés direccionales; los posibles tipos de conexión se definen por el ángulo en que la tensión de polarización aplicada desfasa a la tensión de la fase a la que está conectado el elemento de sobreintensidad.

4.2.2 Protección direccional de neutro

En el caso de cortocircuitos a tierra, la tensión que se lleva al relé para propósito de polarización es la tensión residual del sistema. Esta tensión puede obtenerse por medio de la conexión en “triángulo abierto” de los secundarios de los transformadores de tensión.

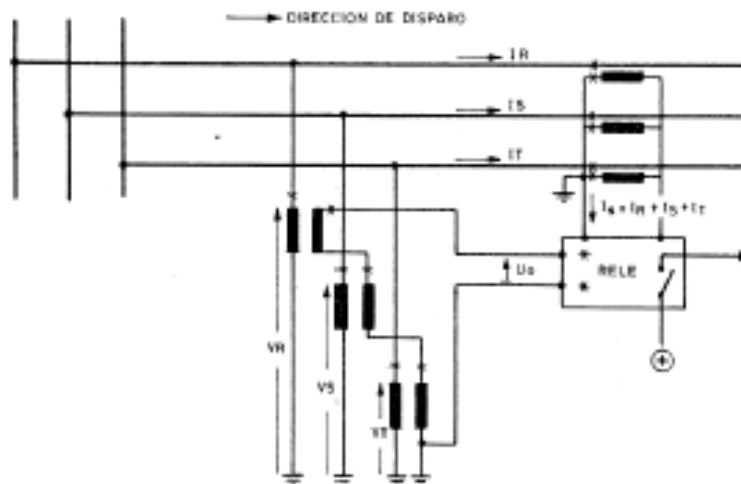


Fig. 4.2.2.1 Obtención de las magnitudes de medida para un relé direccional de neutro

A diferencia de los relés de fase, el ángulo entre la tensión y la intensidad de neutro no es función del argumento de la impedancia del equipo protegido, sino de la impedancia homopolar de la red hasta el punto de instalación. Así, si la red está puesta a tierra rígidamente o por medio de una reactancia limitadora, el ángulo será predominantemente inductivo.

4.2.3 Configuraciones típicas en protecciones de sobreintensidad

En un sistema trifásico con neutro aislado, si se desea proteger un equipo contra cortocircuitos se debería, en principio, instalar tres relés de sobreintensidad, uno en cada fase.

Analizando los posibles cortocircuitos, resultan ser cuatro:

Cortocircuito bifásico R-S

Cortocircuito bifásico S-T

Cortocircuito bifásico T-R

Cortocircuito trifásico R-S-T

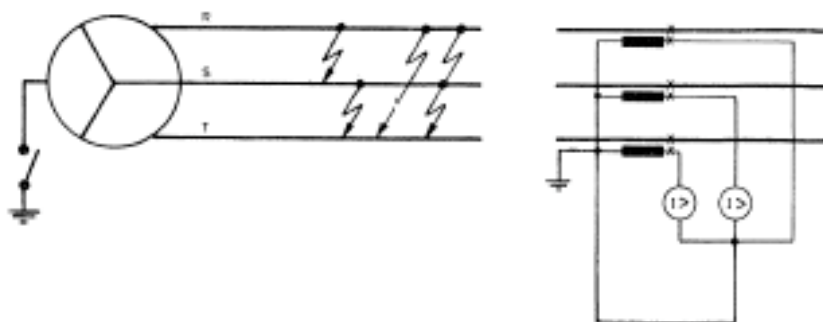


Fig. 4.2.3.1 Protección de sobreintensidad en una red con neutro aislado

Si se instalan sólo dos relés en las fases S y T (Fig.5.2.3.1), todo un cortocircuito será detectado por -al menos- un relé. En caso de avería de uno de los dos relés, sería imposible detectar uno de los cuatro casos. Es importante hacer notar aquí el hecho de que, para reducir costes, los relés electrónicos suelen construirse con un único elemento de medida y una única fuente de alimentación. La avería de la fuente o del elemento de medida suponen la inutilidad de toda la protección.

El criterio de seguridad resulta muy difícil de establecer; no obstante, en los casos de gran responsabilidad es suficiente con tres relés, uno por fase.

En conclusión, en el caso de una red con el neutro aislado, lo usual es instalar dos relés en las fases.

En el caso de sistemas con neutro puesto a tierra, el número de posibles cortocircuitos es siete:

Trifásico R-S-T

Bifásicos R-S; S-T; T-R

Monofásicos R-N; S-N; T-N

También en este caso se puede ahorrar un relé de fase (Fig 4.2.3.2). Es usual que la corriente de cortocircuito en el caso de faltas monofásicas sea inferior a la que se producen el caso de faltas entre fases (sobretudo si en el neutro se instalan impedancias limitadoras). En algunos casos, esta corriente de cortocircuito monofásico puede llegar a ser inferior a la corriente normal de carga del circuito protegido y, puesto que los relés de fase han de estar ajustados necesariamente por encima de ésta, la única forma de detectar las faltas a tierra es instalar un tercer relé que controle la corriente de neutro.

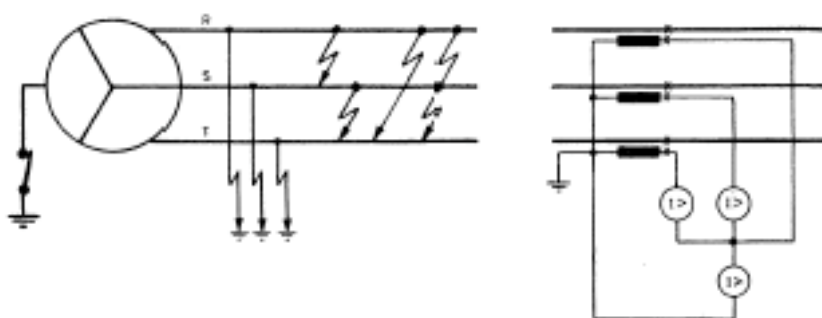


Fig. 4.2.3.2 Protección de sobreintensidad en una red con neutro a tierra

En conclusión, en el caso de una red con neutro a tierra lo usual es instalar dos relés en las fases y uno en el neutro.

4.3 Protección diferencial

Las protecciones diferenciales constituyen sistemas de protección absolutamente selectivos o “cerrados”, es decir, sistemas en los cuales la operación y la selectividad dependen únicamente de la comparación de las intensidades de cada uno de los extremos de la zona protegida.

Las protecciones diferenciales están basadas en la primera ley de Kirchhoff, que dice que la suma de todas las intensidades que llegan a un nudo debe ser cero.

Si se considera el elemento que hay que proteger como un nudo y se instalan transformadores de intensidad en cada una de las entradas-salidas (2, 3, ..., n) la protección puede ser un simple relé de sobreintensidad que ordene disparo en el momento en que esta suma no sea cero.

En condiciones normales, es decir, sin anomalía en la zona comprendida entre los transformadores de intensidad, la corriente “pasa” a través del elemento protegido. Lo mismo ocurre en el circuito secundario de los transformadores. El equilibrio entre ambas corrientes secundarias no produce ninguna corriente en el circuito “diferencial” donde está instalado el relé de intensidad.

Naturalmente esto es sólo teoría. Los transformadores de intensidad tienen errores de transformación, en módulo y argumento, no siempre despreciables.

En el caso de falta externa (Fig. 4.3.1), las corrientes de cortocircuito pueden ser muy superiores a las normales. Por consiguiente, también los errores se multiplican. Esto lleva a la conclusión de que el relé diferencial debe tener un ajuste mínimo que garantice la estabilidad de la protección en ocasión de cortocircuitos externos.

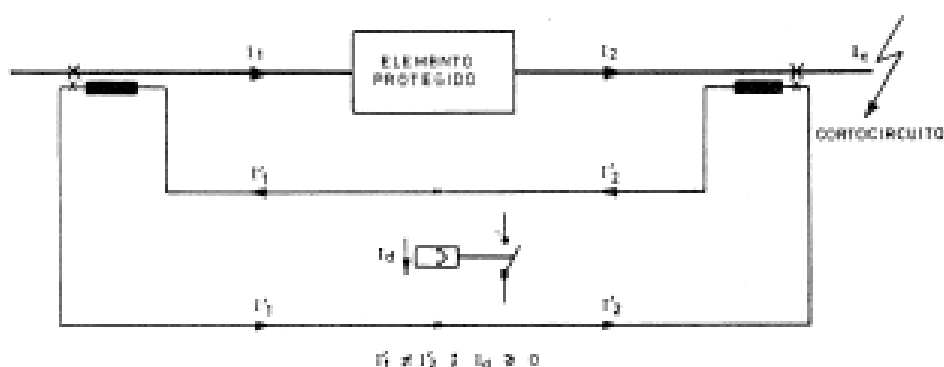


Fig 4.3.1 Falta externa

Existe otro fenómeno que también puede influir sobre este tipo de protecciones: la saturación de los transformadores de intensidad. Esta saturación puede producirse bien por la propia magnitud de la corriente de cortocircuito o por la posible componente asimétrica en la forma de onda. La desigual respuesta de los transformadores produce falsas corrientes diferenciales. Para este problema existen varias soluciones. La primera de ellas consiste en temporizar el disparo del relé diferencial el tiempo suficiente (del orden de 0.5-0.8 s). Esta solución es inaceptable cuando la protección se aplica a equipos de gran responsabilidad y costo (trafos y generadores), ya que el mantener 0.5 s un posible cortocircuito interno puede dar lugar a grandes desperfectos.

Una segunda solución es disponer de un relé diferencial extrarrápido, capaz de decidir si debe o no actuar dentro de los 5 ms siguientes al cortocircuito, cuando aun no se ha producido la saturación en los transformadores de intensidad.

Si se produce una falta externa, la corriente diferencial tiende a ser nula, a excepción del caso de que se lleguen a saturar los transformadores de intensidad por lo que la protección podría ver la falta como una falta interna produciéndose disparos intempestivos. Para ello se utiliza la pendiente de frenado de la protección.

No se debe olvidar que, en caso de un transformador, el relé diferencial tiene a uno y otro lado distintas relaciones de transformación.

4.3.1 Detección de faltas resistentes

Suponiendo que en un arrollamiento de 25 kV de un transformador se limita la corriente de falta a tierra a un máximo de 600 A, se comprende que, si aparece una falta a tierra, el valor de la corriente de cortocircuito puede ser tan pequeño que no pueda ser detectado por la protección diferencial de fases, al pasar por el devanado de operación una corriente inferior al valor de ajuste.

Por este motivo, es usual instalar una “protección diferencial de neutro o protección Holmgreen”.

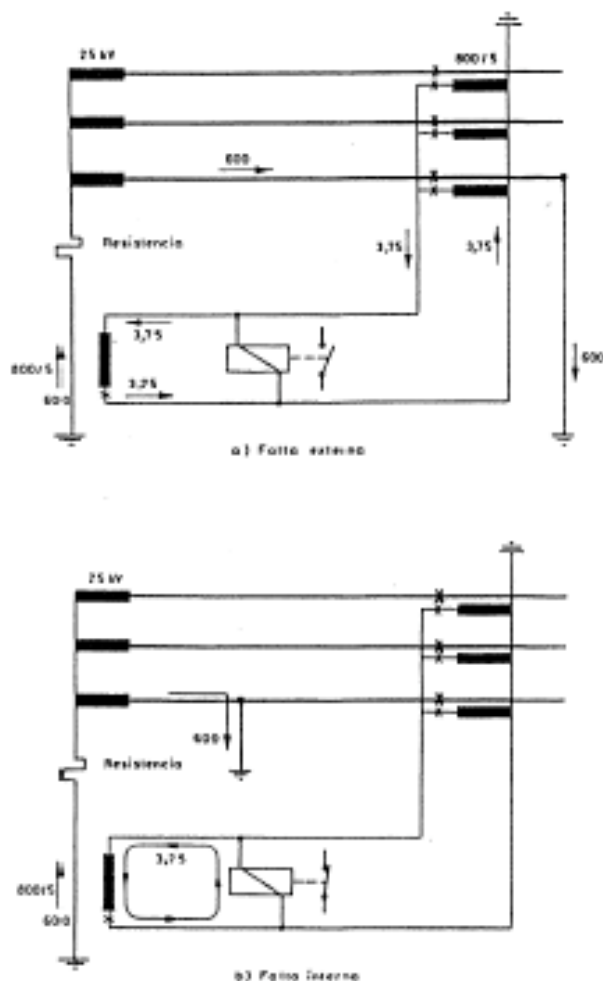


Fig. 4.3.1.1 Funcionamiento de la protección diferencial de neutro

4.3.2 Protección diferencial longitudinal

En el caso general de protección diferencial de un circuito trifásico se precisa montar tres relés diferenciales conectados a las fases y el neutro, es decir, son necesarios cuatro conductores entre los dos extremos.

Para un reparto eficaz de cargas entre los secundarios de los T/I de ambos extremos, lo ideal es que la longitud de los hilos pilotos entre los T/I y la protección, a cada lado de ésta, sean iguales.

Como ello no es posible en el caso de líneas o cables de cierta longitud, por estar el equipo de protección en una de las dos dependencias, es evidente que los secundarios de los T/I más alejados se resentirán.

Aun suponiendo vencido este obstáculo, e instalado el relé en un punto dado, se haría preciso enviar los impulsos de disparo al interruptor de cada extremo, incrementándose el coste y las dificultades de los circuitos auxiliares.

El sistema de protección que resuelve estos problemas es el de “protección diferencial longitudinal”. Existen dos versiones: de corriente o de tensión. Una y otra versión precisan de dos hilos piloto y dos relés, uno en cada extremo del circuito protegido.

4.3.3 Protecciones diferenciales de barras

La característica que se debe exigir con mayor rigor a una protección diferencial es que sea estable para las faltas fuera de la zona protegida, y máxime en el caso de protección diferencial de barras.

Al examinar la figura 4.3.3.1 para el caso de falta externa, se aprecia que en el terminal en falta de los transformadores de intensidad deben transformar toda la corriente de falta I_F , en tanto que los transformadores de intensidad del resto de terminales sólo deben transformar una parte de la corriente total de falta.

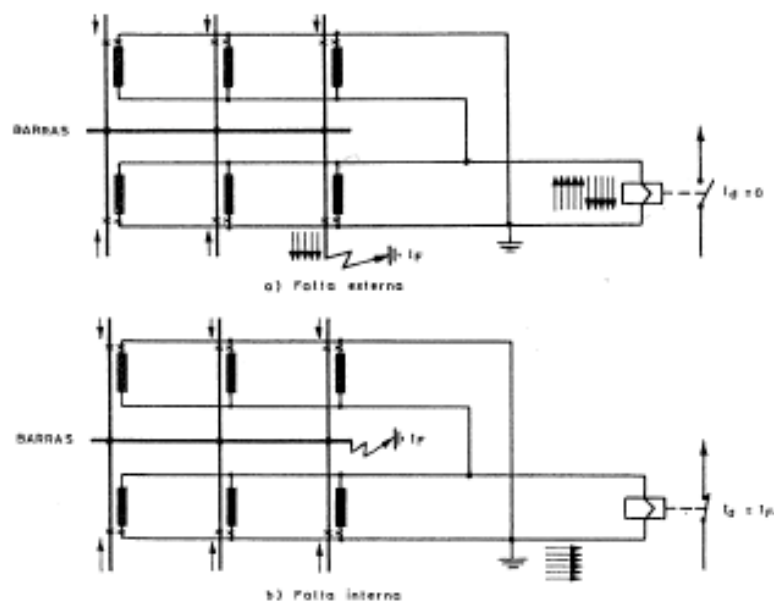


Fig. 4.3.3.1 Principio básico de operación de una protección diferencial de barras

En las barras de A.T. y M.A.T., las potencias de cortocircuito pueden alcanzar valores de decenas de miles de MVA, incluso para faltas monofásicas. Las posibilidades de actuaciones incorrectas por el fenómeno de saturación de los transformadores de medida aumentan considerablemente. A esto ha de añadirse la aparición de componente asimétrica, que puede ser muy importante ya que en estas redes se obtienen cocientes X/R elevados.

Cabría utilizar un relé diferencial a tiempo independiente en lugar de un relé instantáneo, pero ello no es viable por ser necesidad fundamental la rápida eliminación de la falta, especialmente en las redes de A.T. y M.A.T.

Las protecciones diferenciales de barras que cumplen los requisitos de estabilidad y rapidez se pueden clasificar en los tres tipos siguientes:

- de alta impedancia
- de transductores lineales
- con estabilización

4.3.4 Protección diferencial transversal

Sistema de protección que detecta el desequilibrio en las corrientes de dos circuitos conectados en paralelo. La filosofía de este sistema de protección no es la de una protección diferencial, puesto que no se comparan las corrientes de entrada y salida. No obstante, puede realizar –con limitaciones- funciones similares a las de una protección diferencial. Este sistema de protección se suele aplicar a circuitos o equipos en paralelo, sin derivaciones intermedias.

En esencia, el sistema consiste en comparar, fase a fase, las corriente de uno y otro circuito.

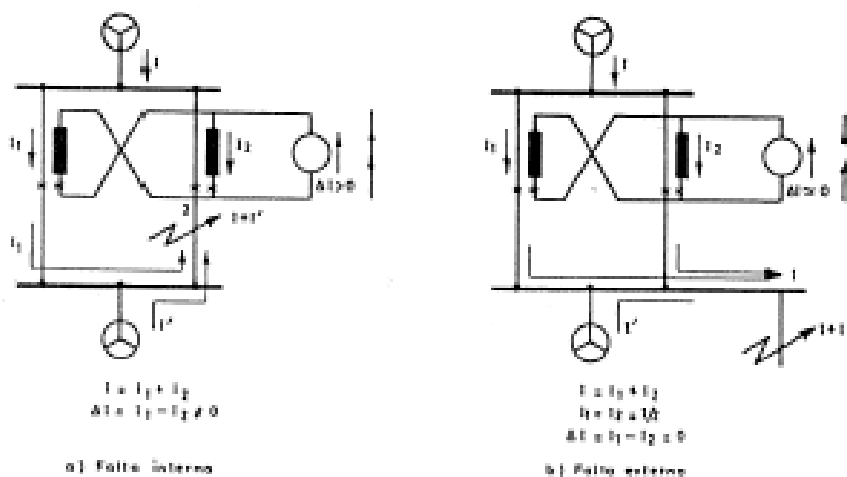


Fig. 4.3.4.1 Protección diferencial transversal

4.4 Protección de comparación de fase

Las protecciones de comparación de fase forman parte de los sistemas de protección absolutamente selectivos o cerrados.

El principio básico de actuación consiste en comprobar la fase de la intensidad en los dos extremos de la línea.

La realización práctica conlleva determinadas dificultades en orden a conseguir los adecuados niveles de seguridad y fiabilidad.

La figura 5.4.1 ilustra el principio de funcionamiento de este sistema de protección aplicado a una línea que une las estaciones A y B. Los transformadores de intensidad en una y otra estación están conectados simétricamente. Con la línea en condiciones normales de servicio o en caso de falta externa, las corrientes son entrantes en un extremo y salientes en el otro. Rectificadas en media onda, convertidas en pulsos rectangulares y transmitidas de un extremo a otro de la línea, la combinación en cada extremo de las señales local y remota da como resultante una señal continua, sin huecos.

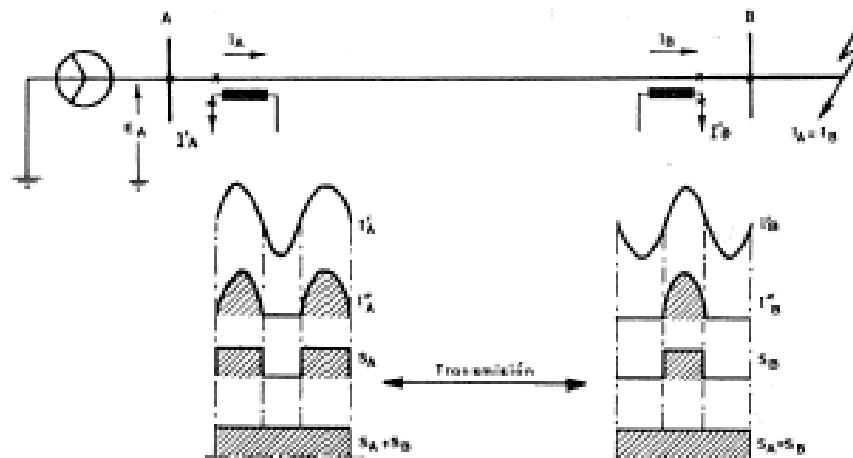


Fig. 4.4.1 Principio básico de operación de un sistema de protección por comparación de fase. Condiciones normales de servicio o falta externa.

La figura 4.4.2 ilustra las condiciones de falta interna. En este caso, la corriente es saliente en ambos extremos. La combinación de las señales local y remota da como resultante una señal con huecos de 180° , si se suponen en fase las f.e.m. aplicadas en uno y otro extremo de la línea.

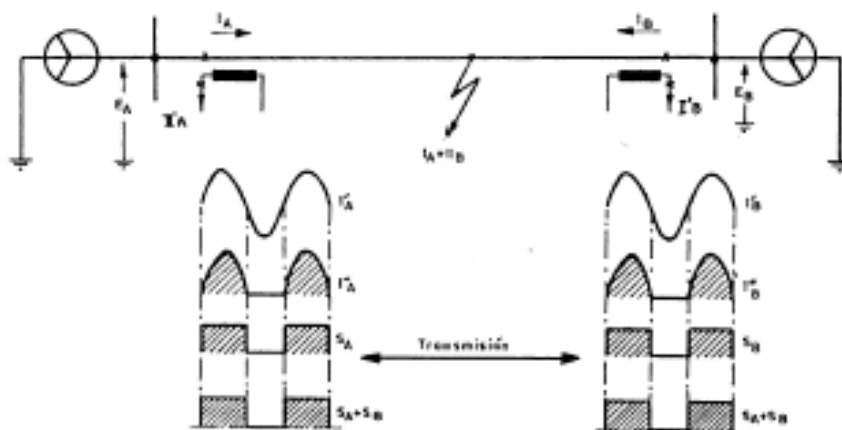


Fig. 4.4.2 Principio básico de operación de un sistema de protección por comparación de fase. Condiciones de falta interna con alimentación bilateral.

De lo expuesto se deduce que el sistema de protección por comparación de fase es un sistema que transmite el signo (+) o (-) de la corriente existente en el primario de los transformadores de intensidad. Por consiguiente, es un sistema híbrido con ciertas características de protección diferencial analógica, pero basado, principalmente, en el sistema de teleprotección. Así, el sistema puede operar según los principios de “bloqueo” y “permiso” de disparo, con la intervención de un canal de comunicación apropiado. El medio de comunicación para este tipo de protección puede ser cualquiera de los utilizados habitualmente para la teleprotección: radio, onda portadora, hilo piloto, etc. No obstante, la tendencia general es la utilización de onda portadora a través de la propia línea.

El principal campo de aplicación del sistema de protección por comparación de fase lo constituyen las líneas de transporte de M.A.T. Con algunas simplificaciones, puede aplicarse a líneas y cables de A.T. y M.T.

Al exponer la teoría de operación del sistema, se ha planteado en condiciones “ideales”: huecos de 180° para faltas internas y señal combinada sin huecos para faltas externas. En la práctica, son posibles huecos de 60° a 90° para faltas internas, y en condiciones normales, aparecen huecos de hasta 30° . Los motivos son:

- La corriente capacitiva de la línea establece un desfase entre las corrientes de uno y otro extremo, tanto mayor cuanto mayor sea la longitud de la línea protegida.
- El tiempo de transmisión de la señal por onda portadora no es nulo; esto introduce un error adicional en el ángulo de desfase.
- Existen errores de respuesta en todos los elementos que intervienen en el sistema, principalmente en los T/I y en el propio relé.
- La intensidad de carga superpuesta a la falta hace que el desfase entre las dos ondas sea inferior a 180° .
- La resistencia de defecto en caso de falta interna tiende a reducir el ángulo entre las intensidades de ambos extremos.

Por consiguiente, existirá un valor crítico al que ha de ajustarse el comparador angular que establezca la diferencia entre las condiciones que deben desencadenar el disparo.

Al valor angular adecuado se le denomina ángulo de estabilidad. (Fig. 5.4.3)

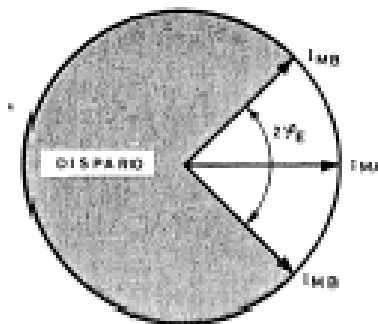


Fig. 4.4.3 Ángulo de estabilidad (φ_E) en el sistema de protección por comparación de fase. I_{MA} e I_{MB} son las corrientes de modulación local y remota. El disparo se produce cuando el desfase entre ambas es superior al valor ajustado

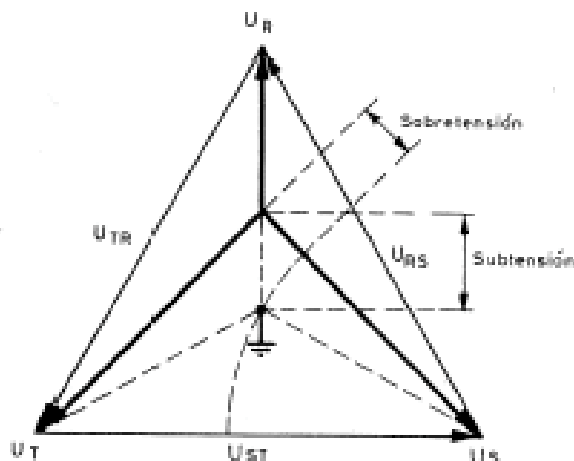
4.5 Protección de sobretensión y subtensión

Existen elementos ciertamente sensibles a las sobretensiones; por ejemplo, transformadores, generadores, batería de condensadores, etc. En contrapartida, existen elementos que no deben funcionar a tensiones muy inferiores a la nominal, como motores, reguladores, etc.

Las protecciones de sobre y subtensión operan en un tiempo prudencial, permitiendo la posible corrección de la desviación de la magnitud nominal que intentarán efectuar los dispositivos reguladores. Por consiguiente, es usual utilizar relés a tiempo inverso o relés a tiempo independiente con tiempo de operación comprendidos entre 2 s y 20 s. El disparo instantáneo sólo se emplea en aquellos casos en los que la sobretensión es de gran magnitud.

Los relés empleados para la detección de sobre y subtensión son, básicamente los mismos que los descritos para las protecciones de sobreintensidad, sustituyendo las bobinas amperimétricas por voltimétricas. No obstante, debería matizarse que en los relés de sobretensión es muy importante el factor de reposición.

Los relés deberán conectarse a los transformadores de medida entre fases, especialmente cuando el sistema está puesto a tierra y se desean tiempos de operación muy cortos. De esta forma, el relé no se verá afectado por las sobretensiones que se producen en las fases sanas en el caso de falta monofásica a tierra, ni por el descenso de tensión en la fase afectada mientras dura la falta. Hay que tener en cuenta que en la práctica, aunque el neutro está conectado efectivamente a tierra siempre hay una cierta impedancia que, en caso de falta, da lugar a un desplazamiento de las tensiones de las fases sanas (Fig. 4.5.1).



Las tensiones entre fases se mantienen estables.

4.6 Protección de frecuencia

En los sistemas eléctricos de corriente alterna, la frecuencia es una de las magnitudes que definen la calidad del servicio, y para mantener estable su valor nominal es necesario que exista, permanentemente, un equilibrio entre la generación y el consumo.

En caso de romperse este equilibrio, se hace necesario tomar acciones inmediatas sobre la red y para ello se utilizan relés de sobre o subfrecuencia.

Los relés de diseño electrónico no presentan los problemas de los relés electromagnéticos y los han relegado totalmente. Entre las limitaciones que presentaban los relés electromagnéticos cabe destacar:

- Poca precisión en el ajuste del valor de actuación. Escalones de 0.2 a 0.6 Hz.
- Tiempo de actuación dependiente de la tensión y de la velocidad de variación de la frecuencia.
- Variaciones de la sensibilidad del relé en función de la tensión aplicada.

Para la medida de la frecuencia de una onda de tensión no es necesario digitalizar la onda, sino que basta con detectar los pasos por cero. Esta característica tan sencilla de los relés de frecuencia es lo que ha permitido que sean la primera generación de relés que se hayan podido adaptar a la tecnología del microprocesador.

4.7 Protección de distancia

Con el nombre genérico de “protección de distancia” se conoce toda una gama de relés cuya unidad de medida actúa en función del valor de la impedancia por fase del elemento protegido. Probablemente, la denominación correcta sería la de “relé de mínima impedancia” o “relé de mínima reactancia”. Sin embargo, dado que el principal campo de aplicación de estos relés lo constituyen las líneas de transporte y que la impedancia –o la reactancia- de una línea es proporcional a su longitud, ha venido a denominarse “relés de distancia”.

El relé disparará cuando detecte una impedancia menor a la ajustada. Existen varias curvas características para detectar las faltas:

- Característica Ohm: no aporta direccionalidad y ve defectos hacia atrás. Se suele utilizar para la protección de generadores.
- Característica Mho: el diámetro de la curva está orientado según el ángulo de la línea a proteger. Sólo detecta defectos hacia delante.
- Característica Mho con offset. Igual a la anterior pero ve también hacia detrás. Para protección de barras de subestaciones.
- Característica cuadrangular: amplía el alcance para faltas resistivas.

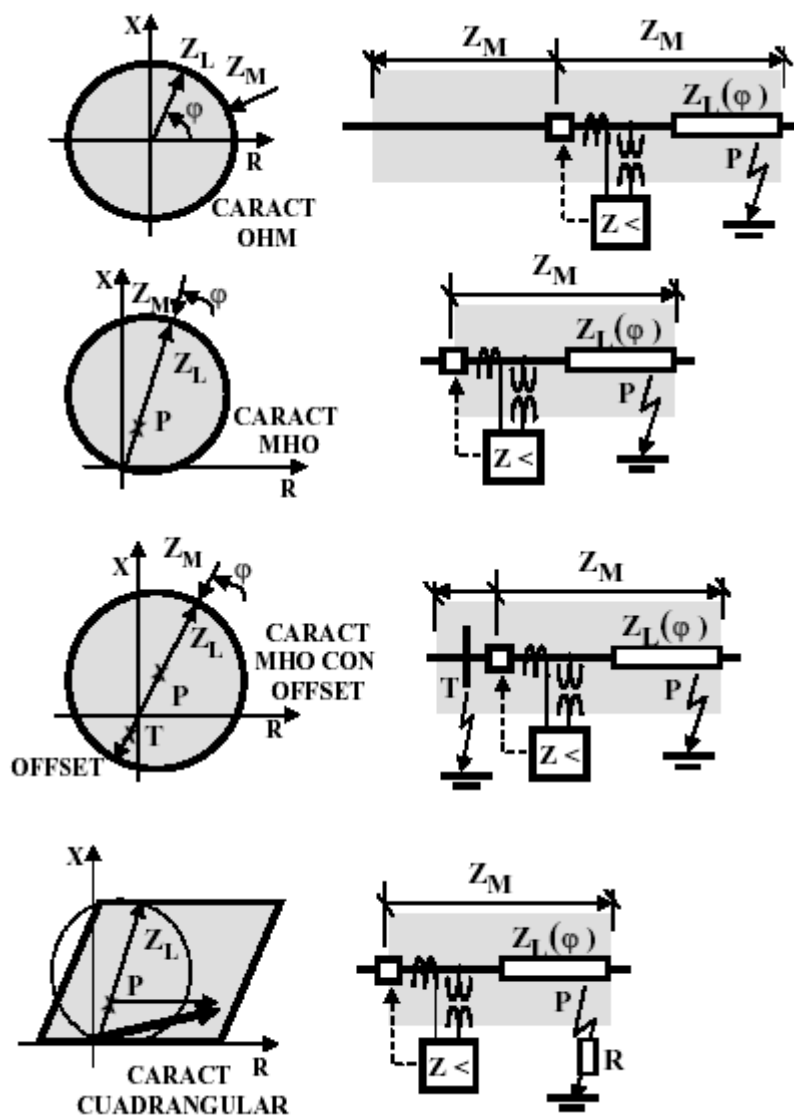


Fig. 4.7.1 Curvas características de la protección de distancia

La protección, al entrar en la zona de actuación, tiene temporización fija. Estos relés suelen tener varias zonas de actuación, vigilando varias líneas a la vez. El inconveniente de esta protección es que pueden ocurrir dos tipos de errores:

- Error de sobrealcance: el relé actúa con faltas externas a su zona de actuación. Se produce por transitorios de corriente durante las faltas que producen actuaciones intempestivas.

$$I_{medida} > I_{real} \rightarrow Z_{medida \text{ por el relé}} > Z_{real}$$

- Error de subalcance: el relé no actúa con faltas internas a su zona de actuación. Se produce por:
 - a) la saturación de transformadores de intensidad
 $I_{medida} < I_{real} \rightarrow Z_{medida \text{ por el relé}} > Z_{real}$
 - b) Error de medida en transformadores capacitivos
 $U_{medida} > U_{real} \rightarrow Z_{medida \text{ por el relé}} > Z_{real}$

Para conseguir coordinación de primera zona de los relés de ambos extremos de una línea y evitar apertura de líneas por faltas externas, se establece una comunicación entre los relés.



Fig.4.7.2 Comunicación entre relés de extremos de línea

Cada relé informa al otro si capto la falta en 1ª o 2ª zona. Esto permite,:

- En faltas internas: ambos relés reducen su tiempo de actuación a $t=0$
- En faltas externas: ambos relés se bloquean y ninguno actúa.

Con la comunicación se mejora la selectividad de las protecciones, nos permite distinguir cuando el defecto se ha producido dentro o fuera.

Tipos de comunicación:

1.- Sistemas de protección en subalcance

- a) con teledisparo
- b) permisivo
- c) con aceleración

2.- Sistemas de protección en sobrealcance

- a) permisivo
- b) a bloqueo
- c) a desbloqueo

5. EQUIPOS ASOCIADOS A LAS PROTECCIONES

Se consideran como tales aquellos que suministran la información o realizan las operaciones necesarias para que las protecciones puedan llevar a cabo su cometido.

5.1 Transformadores de medida

En general, las magnitudes que se deben controlar o medir son tensiones y corrientes elevadas, por ello, cuando se inicio el uso de la corriente alterna se utilizaron transformadores de medida para obtener la separación galvánica de los circuitos, los aparatos de medida y las protecciones respecto a la alta tensión, y reducir los valores de la intensidad y la tensión a valores más manejables. En función de su utilización, se clasifican en:

- Transformadores de intensidad (T/I)
- Transformadores de tensión (T/T)

Las principales características que cabe considerar en la elección de un transformador de medida son:

1. Dimensionamiento del aislamiento para la tensión de utilización y la ubicación.
2. Precisión de la reproducción de la magnitud primaria.
3. Calentamiento del equipo y capacidad de sobrecarga.

5.1.1 Transformadores de intensidad

Son transformadores de medida en los cuales la intensidad secundaria es, en condiciones normales de uso, prácticamente proporcional a la intensidad primaria, desfasada con relación a la misma en un ángulo próximo a cero, para unas conexiones apropiadas.

Son muy parecidos a un transformador de potencia monofásico, aunque presentan ciertas diferencias fundamentales:

- El primario está dispuesto en serie con el circuito principal, mientras los de potencia lo están en paralelo.
- La corriente primaria es, en todo momento, independiente de la carga conectada en el secundario.
- La carga secundaria debe ser mínima, funcionando con el secundario en condiciones similares a las de cortocircuito.

Los T/I se deban clasificar según se utilicen para protección o medida. Estos últimos deben mantener su precisión hasta un nivel de corriente próximo a la nominal, y es conveniente que se saturen rápidamente cuando ésta se sobrepase, con objeto de proteger los elementos de medida. En cambio, cuando se trate de protección, la precisión debe existir tanto para intensidades bajas como altas, dado que estas últimas son las que indican la existencia de falta en la red. Por tanto, no podrán utilizarse T/I de medida para protección ya que, en caso de una falta, la información que suministrarían no sería correcta. En caso contrario, consistente en conectar aparatos de medida a transformadores de intensidad de protección, es posible, teniendo en cuenta que en el caso de existir una falta el aparato de medida recibirá una intensidad muy elevada que puede llegar a desajustarlo o incluso averiarlo.

En el caso de que se necesiten varios transformadores de intensidad, de protección, de medida o combinaciones a ambos tipos, por razones de economía se montan todos ellos en un mismo contenedor.

A este tipo de transformadores se les denomina de forma impropia “T/I con varios secundarios”, cuando en realidad son varios T/I con sus correspondientes núcleos magnéticos independientes. En el caso de conectar varios circuitos secundarios a un mismo núcleo, la intensidad suministrada sería una función de las cargas conectadas en ellos.

5.1.2 Transformadores de tensión

Son transformadores de medida en los cuales la tensión secundaria es, en condiciones normales de uso, prácticamente proporcional a la intensidad primaria, desfasada con relación a la misma en un ángulo próximo a cero, para unas conexiones apropiadas.

Estos transformadores a diferencia de los de intensidad, están conectados en paralelo en los puntos que se quiere medir la diferencia de tensión.

Los transformadores de tensión se dividen en dos grandes grupos:

- Transformadores electromagnéticos
- Transformadores capacitivos

La ventaja principal de los segundos respecto a los primeros es puramente económica, pues el precio de los transformadores electromagnéticos para tensiones superiores a los 110 kV se incrementa de forma importante respecto a los capacitivos; éstos, por el contrario, presentan ciertas limitaciones de respuesta ante fenómenos transitorios, pero su uso en las redes de A.T y de M.A.T está muy extendido. Otra ventaja de los capacitivos es que permiten la inyección de señales de alta frecuencia para comunicaciones.

En los transformadores de tensión no existe diferencia entre los devanados de medida y protección, ya que, en el peor de los casos, la máxima tensión a la que puede quedar sometido el T/T es la tensión compuesta de la red, lo que no presenta problemas de precisión

5.2 Interruptores

El interruptor es el que en definitiva materializa las órdenes de conexión y/o desconexión ordenadas por las protecciones y automatismos.

La misión de los interruptores es doble:

- Unión o separación de redes o instalaciones en el caso de maniobras.
- Separación de las zonas averiadas en el menor tiempo posible.

En este segundo caso se produce, durante la avería, un elevado incremento de la intensidad que, aunque de breve duración, puede causar daños enormes al aparellaje. De aquí se deduce que, al igual que las protecciones, también los interruptores deben actuar en el menor tiempo posible.

5.3 Fuentes de alimentación auxiliar

Son elementos fundamentales dentro del sistema de protección, cuya finalidad es suministrar energía a determinados circuitos para que éstos puedan llevar a cabo sus cometidos.

La fuente de alimentación primaria es la propia tensión alterna disponible en la instalación. Al no poder garantizarse la continuidad del servicio en el 100% del tiempo, las instalaciones importantes disponen de grupos electrógenos que entran en servicio cuando la fuente de alimentación primaria se queda a cero, alimentando los circuitos considerados como prioritarios.

A pesar de estas precauciones, es necesario almacenar energía en la instalación para la maniobra de los interruptores y los dispositivos complementarios que deben accionarse con la red perturbada.

La fuente de energía que se utiliza para el mando de los interruptores es, casi siempre, una tensión continua normalizada, utilizada también para alimentar los relés estáticos o los electromecánicos complejos (protecciones de distancia) por la ventaja de poderse almacenar en baterías de acumuladores.

La fuente de tensión auxiliar está formada por un conjunto batería-cargador, en el cual el cargador es un rectificador alimentado por la red alterna mencionada anteriormente, encargados de suministrar la tensión continua a la carga y a las baterías de acumuladores. Éstas últimas pueden ser de dos tipos:

- Baterías de plomo (electrolito ácido).
- Batería de níquel-cadmio (electrolito alcalino).

5.4 Equipos de señalización

La finalidad de estos equipos es suministrar la información básica que permite analizar el comportamiento de las protecciones y aparatos de interrupción y maniobra.

Lo más usual en instalaciones poco complejas es el clásico equipo de señalización por medio de lámparas. En caso de incidente, suena una alarma acústica y se iluminan las lámparas correspondientes a los relés e interruptores que han actuado. El operador toma nota de las lámparas encendidas y, acto seguido, pulsa el botón de borrado.

Conforme las instalaciones crecen en complejidad, se hace necesario no sólo instalar protecciones más sofisticadas, sino también equipos de señalización

acordes con las circunstancias. Para estos casos son útiles los registradores cronológicos y los equipos osciloperturbográficos.

El registrador cronológico sustituye los equipos de señalización de lámparas, con la particularidad de que el operador ya no debe tomar nota de las señales aparecidas en caso de incidente. Su gran ventaja es que las señales se registran sobre el papel de forma cronológica, con tal precisión que permite analizar con todo pormenor el incidente.

Un equipo oscilográfico permite, con la ayuda de su memoria mecánica o electrónica, visualizar las magnitudes de tensiones e intensidades antes, durante y después del incidente.. Otras líneas de registro permiten controlar el estado (abierto o cerrado) de interruptores y la actuación de relés de protección.

5.5 Equipos de automatismo

Son aquellos equipos que desempeñan una labor de automatización con influencia sobre las protecciones, o en otros casos, condicionada a éstas.

Un ejemplo de la primera posibilidad podría ser la modificación automática de la relación de transformación de un transformador. Como ejemplo de la segunda posibilidad podría hablarse de un equipo de reposición automática que en caso de incidente desconecte o conecte interruptores en una secuencia programada y atendiendo a las condiciones particulares de cada elemento.

Uno de los equipos de automatismo más común en las estaciones es el denominado genéricamente “de sincronismo”. Previamente a la conexión de todo interruptor que tenga la posibilidad de acoplar dos sistemas, es necesario comprobar que existen condiciones de sincronismo entre ellos, es decir, que el módulo, argumento y frecuencia de las tensiones a ambos lados del interruptor son iguales. La conexión de sistemas fuera de sincronismo equivale a un

cortocircuitos trifásico cuyas proporciones dependerán de las diferencias entre las tensiones en el momento de la conexión, así como de las potencias de cortocircuito de los dos sistemas independientes.

Otro automatismo de utilización generalizada es el reconectador automático, también denominado “equipo de reenganche”. Este dispositivo se instala de forma casi exclusiva asociado a interruptores automáticos de líneas aéreas.

5.6 Equipos de comunicación asociados a las protecciones

El progresivo aumento de las cargas en las redes eléctricas y los efectos de los cortocircuitos sobre los grandes grupos de generación van imponiendo unos tiempos de eliminación de las faltas imposibles de obtener sin la utilización de protecciones de tipo “cerrado”, esto es, con intercambio de información entre los extremos del elemento protegido.

Cuando estos elementos tienen los interruptores próximos, como en el caso de transformadores, este intercambio se puede realizar fácilmente, pero en casos, por ejemplo de líneas, en que sus extremos están a gran distancia es necesario establecer enlaces de telecomunicación, en cuyo caso el sistema de protección puede considerarse compuesto por las siguientes partes:

- Equipo de protección.
- Equipo de teleprotección.
- Equipo de telecomunicación.

En función del tipo de información que deba transmitirse, los sistemas de teleprotección se clasifican en analógicos y lógicos.

Los sistemas analógicos son aquellos en los que se transmite una información analógica entre los dos extremos para ser comparada con la información local (comparación de fases, diferencial, etc).

En los sistemas lógicos se utiliza la señal transmitida como información auxiliar para las protecciones.

A su vez, las teleprotecciones se clasifican en:

- Bloqueo. Cuando la señal que se transmite sirve para impedir el disparo de la protección.
- Permiso. La señal transmitida sirve para permitir la actuación de un relé cuyo disparo está eventualmente bloqueado.
- Orden. La señal transmitida sirve para la realización de un cambio en los ajustes de la protección.

Un aplicación especial de las comunicaciones es el teledisparo, en el cual la orden recibida actúa directamente sobre el interruptor sin estar condicionada a la actuación de las protecciones locales.

Los sistemas de telecomunicación pueden clasificarse en exclusivos, cuando se utilizan sólo para protección, y compartidos, cuando se utilizan para otros cometidos (p.e.: fonía) y conmutan toda la potencia para la teleprotección cuando es necesario.

Las vías empleadas son:

a) *Hilos piloto*. Fue el primer medio de transmisión para el intercambio de información entre dos instalaciones, pero en la actualidad, su uso está limitado a zonas urbanas o distancias limitadas. Su principal ventaja es la simplicidad de los elementos de telecomunicación, que puede ser un simple contacto en el caso de transmitir señales de c.c. o c.a. a la frecuencia del sistema, o moduladores de señales de audiofrecuencia de 1 o 2 kHz, y en el caso de transmisión de señales analógicas, la utilización de la propia intensidad o tensión de los secundarios de los transformadores de medida.

b) *Ondas portadoras superpuestas a las líneas de A.T.* Es un sistema de telecomunicación que utiliza las líneas de potencia como medio de transmisión.

Debido a los ruidos producidos en las líneas (descargas, efecto corona, etc.), la relación señal/ruido que se tiene en los equipos de transmisión es más débil a medida que las longitudes de las líneas crecen, por ello, es recomendable no utilizar este sistema para longitudes superiores a 200 km.

c) *Enlace por radio.* Este sistema es independiente de los efectos de cortocircuito, pero se ve afectado por los fenómenos de polución, atmosféricos, etc. Tiene limitaciones por la orografía del terreno, lo cual obliga a instalar repetidores, con el consiguiente aumento de los tiempos de transmisión, coste y disminución de la fiabilidad.

d) *Enlace por fibra óptica.* Una transmisión de este tipo está formada básicamente por un sistema transmisor óptico, una fibra óptica como medio de transmisión y un receptor óptico que recibe y demodula la señal. Los emisores son de diodos LED o semiconductores láser. Las principales ventajas de este tipo de enlace son su total inmunidad a interferencias electromagnéticas, total aislamiento galvánico, gran ancho de banda y velocidad de transmisión, y su bajo nivel de errores. En cuanto a sus desventajas, necesidad de repetidores para distancias superiores a 30 km y su elevado coste.

En un principio, el usuario de los sistemas de teleprotección desea un tiempo de transmisión muy corto, baja probabilidad de señales falsas, alta probabilidad de captura de la señal, potencia de transmisión mínima y ancho de banda lo más pequeño posible.

Es evidente que no se pueden dar estos requerimientos conjuntamente y lo lógico es establecer las relaciones equilibradas entre los diferentes parámetros.

Un tiempo de transmisión muy corto implica que el canal de teleprotección debe ser ancho (esto es debido a que el receptor puede ser influenciado por mucho ruido) y que el tiempo de proceso (o de decisión) de la señal recibida debe ser corto. Esto implica empeorar la fiabilidad y la seguridad.

Permitir tiempos más largos implica permitir un menor ancho de banda para la transmisión, mejorando la relación señal-ruido. Al disponerse de un mayor tiempo de decisión se reduce el número de errores y, por tanto, se mejoran las características del sistema.

6. RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN DE INSTALACIONES

6.1 Protección de transformadores

Las averías en los transformadores pueden producirse por:

- *Causas externas:* sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos en la red, subfrecuencia.
- *Causas internas:* defecto de masa, cortocircuitos entre espiras o entre fases, defectos en el núcleo por fallo de aislamiento, fallo de elementos asociados (atravesador, cable, etc.).

A continuación se describen los dispositivos usuales de protección para grandes transformadores, de potencia superior a 5 MVA. Los transformadores de menor potencia disponen, generalmente, de fusibles como protección contra cortocircuitos y un termómetro para detectar sobrecargas.

En la figura 6.1.1 se plantean las protecciones usuales para un transformador A.T./M.T.

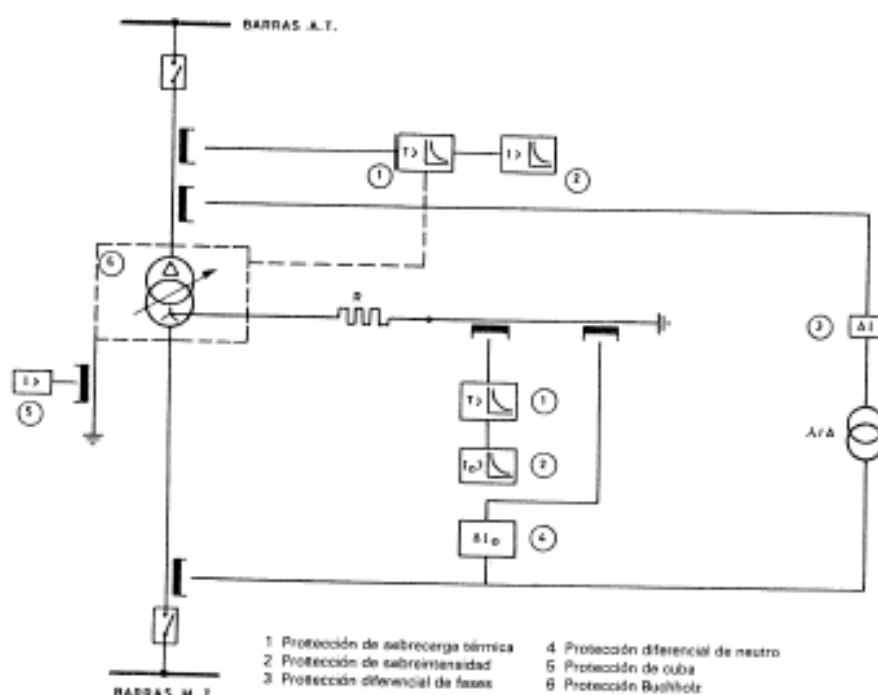


Fig. 6.1.1 Protección para un transformador AT/MT

6.1.1 Protección primaria contra sobretensiones

Los transformadores, debido a la buena calidad de los aislantes y no contener partes en movimiento, pueden ser contruidos a precios razonables, con una rigidez dieléctrica equivalente al aparallaje de A.T. Consecuentemente, la protección contra sobretensiones se lleva a cabo con los dispositivos previstos en las instalaciones para la coordinación del aislamiento (pararrayos y descargadores).

Se precisa que cada línea conectada a una instalación esté equipada de pararrayos y si las conexiones interiores de la instalación son largas, hay que prever además pararrayos lo más cerca posible del transformador. Es usual, por razones de economía instalar solamente pararrayos en el transformador y no en las líneas.

Pueden producirse descargas en el borne neutro de los transformadores que operan a neutro aislado a causa de fenómenos conocidos, provocando oscilaciones de tensión, lo que aconseja instalar un pararrayos en punto neutro.

6.1.2 Protección de las instalaciones de refrigeración

Para aquellos transformadores que por su potencia precisan de refrigeración forzada sabido que, en caso de fallo de las instalaciones auxiliares que aquélla precisa, su potencia queda reducida de acuerdo con las especificaciones que el constructor facilita.

Para ese caso, aparte de las oportunas alarmas que den cuenta de una situación anómala, deberá disponerse de un automatismo que al cabo del tiempo permitido desconecte el transformador. Similar resultado se puede

obtener de un control por termómetro de contacto de la temperatura del aceite.

6.1.3 Protección Buchholz

La detección de averías internas en transformadores con baño de aceite y depósito de expansión se efectúa de forma muy sensible con la protección Buchholz. Además de los defectos de aislamiento, esta protección detecta la rotura de conductores, los contactos defectuosos, así como el calentamiento del hierro (núcleo) y sobrecargas en la parte interna de los bornes pasatapas del transformador.

Además de las averías eléctricas, la protección Buchholz puede detectar variaciones del nivel de aceite, resultado de una fuga.

6.1.4 Protección de sobrecarga

Un transformador debe ser capaz de soportar sobrecargas durante periodos cortos de tiempo para asegurar la continuidad de la explotación.

Es preciso controlar estas sobrecargas con el fin de evitar un envejecimiento prematuro del aislamiento de los devanados.

Para este control se suele utilizar una protección térmica y un control de la temperatura del aceite.

6.1.5 Protección del dispositivo de regulación

Es usual que los transformadores AT/MT dispongan de regulación de carga. El dispositivo, motorizado, cambia la relación de transformación modificando el número de espiras de uno de los arrollamientos, normalmente el de A.T.

Es usual disponer de una protección específica del tipo Buchholz en la caja de regulación. Esta protección controla el paso de aceite en dirección al depósito conservador y tiene la particularidad de que suele incorporar un dispositivo de retención del contacto de disparo, de forma que es imprescindible reponer el contacto a la posición de servicio antes de intentar la posterior conexión del transformador.

6.1.6 Protección diferencial

Detecta las faltas que se producen tanto en el interior del transformador como en sus conexiones externas.

En la protección diferencial de transformadores se dan varias circunstancias que dificultan su planteamiento, a saber:

- Las corrientes a uno y otro lado del transformador son de distinta magnitud.
- Los transformadores de intensidad, al emplear relaciones de transformación distintas, no compensan esa diferencia.
- El grupo de conexión del transformador introduce un desfase entre las corrientes primaria y secundaria.
- Si los transformadores de intensidad se conectan en estrella no pueden compensar este desfase.
- En la sensibilidad del relé diferencial debe tenerse en cuenta el efecto producido por la regulación (si existe).
- Si uno de los arrollamientos puede dar corriente de falta a tierra y el otro no, será preciso filtrar las componentes homopolares presentes en sólo un lado del transformador.

Los inconvenientes citados conducen a introducir en el circuito unas conexiones secundarias complejas debido a la introducción de transformadores de intensidad auxiliares necesarios para compensar las

diferencias angular y de magnitud en las corrientes, y (en caso de aparecer) para eliminar las corrientes homopolares.

6.1.7 Protección diferencial de neutro

Cuando la corriente de falta a tierra está limitada puede ocurrir que la protección diferencial del transformador no sea sensible a la misma y, por tanto, no dar disparo en caso de falta a tierra dentro de la zona protegida. La forma usual de limitar la corriente de falta a tierra consiste en instalar entre el neutro y tierra una impedancia limitadora: resistencia o reactancia de puesta a tierra. Cuando el neutro es artificial, es la impedancia propia de estos equipos la que limita la corriente de falta.

La protección diferencial de neutro se basa en la comparación de las corrientes de neutro a uno y otro lado de la zona limitada por los transformadores.

6.1.8 Protección de cuba

El principio de esta protección se basa en controlar la corriente que circula, en caso de falta interna a masa, entre la cuba y la conexión de la misma a tierra.

Para poder aplicar esta protección es condición esencial que la cuba del transformador esté debidamente aislada de tierra. Se considera adecuado un aislamiento mínimo de 25Ω .

La actuación de esta protección no significa necesariamente que exista una avería en el transformador. Cualquier contacto entre la cuba de la máquina y un elemento en tensión provocará la actuación de esta protección. El caso más frecuente son las faltas provocadas por animales (Fig.6.1.8.1). Esta protección también recibe el nombre de “protección Howard”.

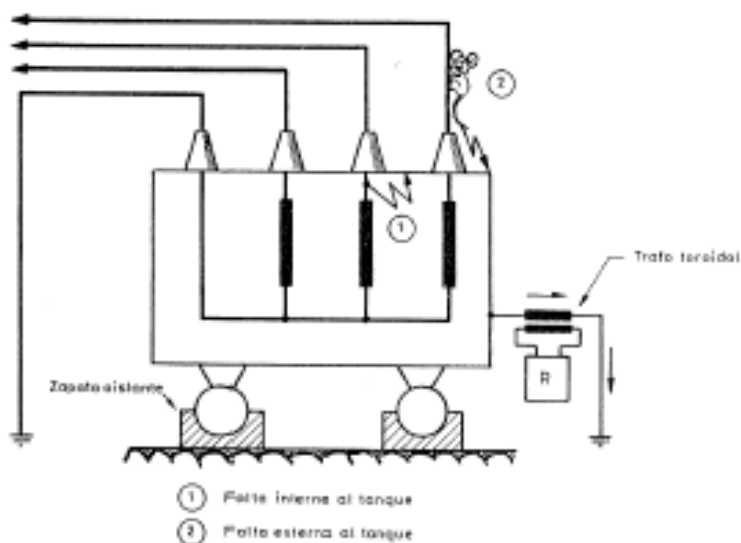


Fig. 6.1.8.1 Protección de cuba

6.1.9 Protección de sobreintensidad

Con las protecciones descritas hasta ahora, el transformador queda debidamente protegido contra faltas internas. No obstante, pueden producirse faltas externas que, con la excepción de las protecciones de sobretensión (demasiado lentas), no serían detectadas de no instalarse protecciones que actúen de reserva de las protecciones principales de barras, líneas y cables que se alimentan del transformador.

En los transformadores de dos arrollamientos, AT/MT, se instala una protección de sobreintensidad a tiempo inverso en el lado de A.T.; el sistema de protección suele ser a dos fases y neutro. En este tipo de transformadores, el neutro A.T. está normalmente aislado y, por tanto, el relé de neutro no precisa ser selectivo con otras protecciones “aguas abajo”, pudiendo tener un tiempo de actuación mínimo.

En el neutro físico de M.T. se instala un relé de sobreintensidad con un ajuste suficientemente selectivo con el de las salidas M.T.

En el caso de existir dos arrollamientos de M.T., por ejemplo en un transformador de 110/25/11 kV (fig. 6.1.9.1), cada secundario incorpora, además de la protección instalada en el neutro físico, relés de sobreintensidad de fases, de forma que si las protecciones del transformador han de actuar como función de reserva por faltas en 11 kV, sólo desconecten este interruptor y permanezca el servicio en la red 25 kV.

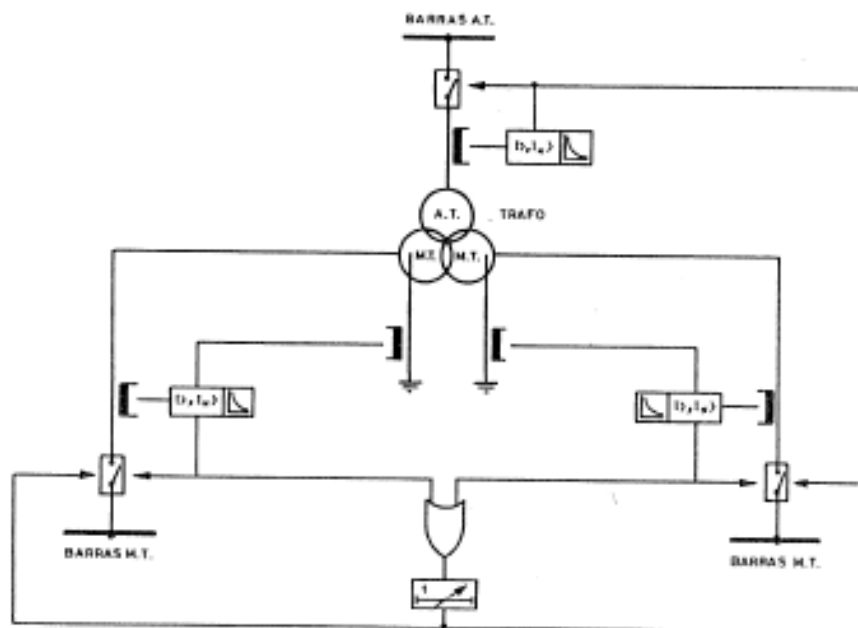


Fig. 6.1.9.1 Protección de sobreintensidad de dos fases y neutro instalada en cada uno de los tres devanados. Esquema de disparos.

En cuanto a los elementos de sobreintensidad “instantáneos”, la experiencia aconseja dejar en servicio únicamente a los relés de sobreintensidad de fases de A.T.

Para evitar faltas intempestivas por faltas en media tensión externas, este elemento se ajusta por encima de la máxima corriente de cortocircuito (en alta tensión) para una falta en media tensión, de forma que sólo actuará para faltas internas en el lado primario del transformador (fig. 6.1.9.2)

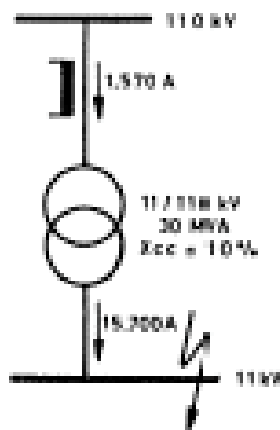
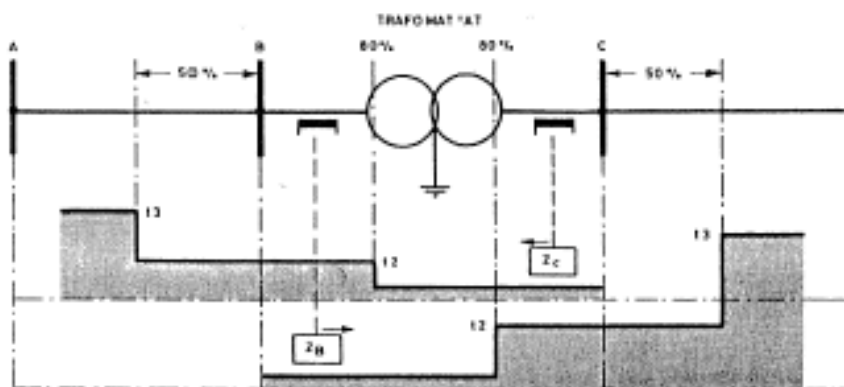


Fig. 6.1.9.2 Ajuste del elemento instantáneo de la protección de sobreintensidad.

6.1.10 Protección de mínima impedancia

En grandes transformadores, utilizados para enlazar dos niveles de tensión de transporte, o de interconexión, es usual el empleo de una o dos protecciones de impedancia. Su cometido es reforzar el número de protecciones principales del transformador para detección de faltas internas y también actuar como protección de reserva de las redes enlazadas, facilitando la coordinación de la selectividad. (Fig 6.1.10.1 pag



291)

Fig. 6.1.10.1 Protecciones de distancia en transformadores de interconexión

6.1.11 Protección de sobretensión

Se emplea, en especial, para aquellos transformadores asociados a redes poco malladas y en las que existe una posibilidad notable de sobretensiones permanentes.

6.1.12 Protección de sobreexcitación

Las sobretensiones para un transformador suponen un castigo para el aislamiento así como un aumento del flujo sobre el núcleo; ello provoca un aumento de pérdidas en el núcleo y un incremento importante de la corriente de excitación. La reducción de frecuencia, respecto al aumento de densidad de flujo, tiene el mismo efecto que la sobretensión.

$$\Phi = K \cdot \frac{E}{f}$$

Se comprende que la máquina puede trabajar con un cierto grado de sobretensión cuando ésta va acompañada de un aumento de la frecuencia, pero no debe permitirse la operación con una sobretensión alta y una frecuencia baja. Por tanto existe un valor del cociente E/f que debe interpretarse como condición de desconexión del transformador. El valor de E ha de ser el valor máximo de tensión de servicio para el que ha sido diseñado el transformador.

6.2 Protección de líneas y cables

En un sistema eléctrico, las líneas y cables tienen la misión de enlazar los centros de generación-transformación con el consumo, adaptándose a las condiciones del entorno rural o urbano.

La protección de estos elementos precisa de la mayor atención, dado que son los más castigados del sistema. Esto es debido a que las líneas y cables están sometidos en permanencia a las consecuencias de los fenómenos meteorológicos y

a los riesgos de ser afectados por circunstancias totalmente ajenas a la explotación (incendios, excavaciones, etc.).

En un sistema eléctrico, suelen distinguirse varios niveles de tensión:

- Transporte (400, 220 kV)
- Subtransporte (132-110-66 kV)
- Distribución M.T. (33-25-15-11 kV)
- Distribución B.T. (0.38-0.23 kV)

En los niveles de tensión de transporte y subtransporte, se opera con el neutro directamente a tierra y generalmente las protecciones están diseñadas para efectuar disparo monofásico con reconexión automática para faltas monofásicas en las líneas. Por otra parte, las líneas y cables forman parte de una red mallada en toda su extensión.

En el nivel de distribución M.T., se utilizan normalmente sistemas clásicos de puesta a tierra del neutro (conexión directa, aislado y con elemento limitador de la corriente). Por otra parte, las líneas y cables suelen funcionar radialmente o formar malla en algunas zonas particulares. Las protecciones efectúan disparo trifásico para todo tipo de faltas y en las líneas se dispone de equipos de reconexión automática de varios intentos.

6.2.1 Protección de sobrecarga

La misión de esta protección es controlar el esfuerzo térmico a que se puede ver sometido el circuito protegido. Su instalación es bastante frecuente en el caso de cables subterráneos, por la dificultad de evacuar el calor producido por las sobreintensidades de carga y lo costoso de las reparaciones. En líneas, salvo en casos excepcionales (las líneas de interconexión entre empresas, ya que si una empresa pierde una parte importante de su producción, puede poner en peligro la estabilidad de la

red del resto de empresas interconectadas), esta protección se considera innecesaria.

6.2.2 Protección de sobreintensidad

En las redes de distribución M.T. los relés de sobreintensidad constituyen la protección de sobreintensidad básica contra cortocircuitos.

El número y disposición de los relés que hay que utilizar dependerá del tratamiento que tenga el neutro de la red. En el caso de neutro aislado de tierra, se utilizarán al menos dos relés de fases. En el resto de situaciones con el neutro a tierra, se utilizarán dos o tres relés en las fases y uno en el neutro.

Tal como se ha dicho anteriormente, la protección de sobreintensidad tiene su plenitud de aplicación en redes de distribución M.T. En las redes de A.T. no se utilizan salvo en casos muy particulares.

6.2.3 Protección de sobreintensidad direccional

La aplicación más usual de este tipo de protección es en redes malladas con alimentación por un solo extremo (Fig. 6.2.3.1).

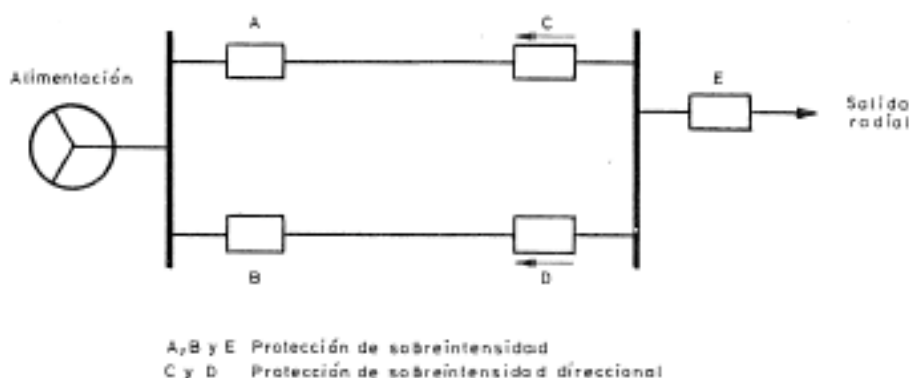


Fig. 6.2.3.1 Ejemplo de aplicación de la protección de sobreintensidad direccional

En las redes de M.T. totalmente malladas la protección de sobreintensidad direccional no asegura la selectividad, por lo que en estos casos son de aplicación protecciones de distancia y diferenciales longitudinales.

En las redes de transporte, la protección de sobreintensidad direccional se utiliza mayormente como protección de reserva para detección de los cortocircuitos a tierra resistentes.

6.2.4 Protección de distancia

En las redes M.T. este sistema de protección se aplica exclusivamente a líneas y cables pertenecientes a una red mallada.

Conviene que los circuitos que hay que proteger sean “limpios” entre una y otra estación; es decir, no deben incluir derivaciones intermedias.

Si las líneas son de corta longitud, se tomará con preferencia la característica poligonal, para poder detectar con mayor sensibilidad la resistencia de la falta.

Como protección de reserva, que a veces ya incorpora las propias protecciones de distancia para M.T., conviene disponer de una protección de sobreintensidad direccional.

Para las redes de transporte, la protección de distancia es la más comúnmente empleada.

La elección de las características Mho, Mho off-set y poligonal dependerá del tipo de red que haya que proteger. En todo caso, se tendrá especial cuidado al introducir características de funcionamiento distintas a las ya

existentes, con el fin de reducir las posibles interferencias de selectividad entre las mismas.

6.2.5 Protección de distancia con dispositivos de teleprotección

En las redes de M.A.T. los tiempos máximos de eliminación de las faltas no deben exceder los 250 ms. Para reducirlos, las protecciones de distancia van asociadas a un canal de comunicación.

En niveles de tensión más bajos también se utilizan los sistemas de teleprotección para líneas cortas, problemas de estabilidad, proximidad de grandes grupos de generación, cables, etc.

Los sistemas de teleprotección se clasifican en: teledisparo, orden, bloqueo y permiso. Su elección dependerá de las características de la línea protegida y de las facilidades que permitan los relés de distancia.

Las aplicaciones principales del teledisparo son para el reenganche trifásico rápido –en cuyo caso interesa que ambos extremos abran su interruptor simultáneamente- y en líneas de gran longitud.

Mediante la utilización del teledisparo, el tiempo de eliminación de la falta es:

$$t = tz + tt + ti < (t2 + ti)$$

siendo:

tz = tiempo de respuesta del relé de distancia para faltas en primer escalón.

tt = tiempo de transmisión de la señal (de relé a relé).

ti = tiempo de apertura del interruptor.

$t2$ = tiempo ajustado para el disparo en segundo escalón.

6.2.6 Protección de antipenduleo de potencia

En el caso de disturbios generalizados en la red de transporte, pueden producirse penduleos de potencia, especialmente cuando se produce pérdida de estabilidad o al eliminarse una falta violenta. Antes de que la red llegue a estabilizarse, algunos relés de distancia pueden medir magnitudes como las de la figura 6.2.6.1 en las que el cociente V/I puede resultar inferior al ajuste del relé de distancia. Un disparo intempestivo en estas condiciones es especialmente grave dada la situación precaria de la red, y puede desencadenar el hundimiento total de ésta.

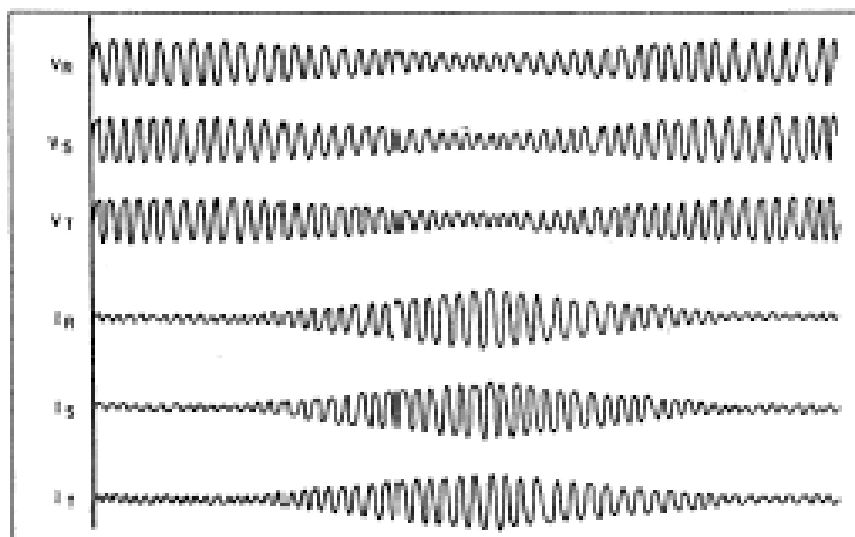


Fig. 6.2.6.1 Penduleo de la potencia

La diferencia fundamental entre penduleo y una falta es que el primero es siempre trifásico y la impedancia vista por el relé de distancia necesita cierto tiempo para pasar del valor de servicio (Z_c) al valor de disparo (Z_M), lo que no ocurre en el caso de una falta. Ambos criterios determinan la condición de penduleo.

El equipo detector de penduleo, incorporado en las protecciones de distancia, incluye dos características de tipo elíptico o “Blinders” y controla el tiempo (t_p) que la impedancia invierte en pasar de una

característica a otra. En el caso en que se supere un valor prefijado, se bloquea el disparo durante un tiempo de 2 s.

Hay que destacar que el equipo de protección de antipenduleo sólo se utiliza en redes de transporte que sean propensas a ese fenómeno. Durante el tiempo en que actúa el dispositivo de bloqueo de disparo, las protecciones de distancia no pueden actuar por lo que es necesario disponer de protecciones de reserva, con otro criterio de medida para asegurar la detección de un auténtico cortocircuito en ese intervalo.

6.2.7 Protección de falta a tierra en un sistema de neutro aislado

En las redes con neutro aislado el valor de la corriente de defecto a tierra es despreciable y depende exclusivamente de la corriente capacitiva que suministra el resto de líneas o cables sin defecto. No obstante, es necesario detectar y aislar este tipo de faltas, dado que un nuevo contacto a tierra produciría una falta bifásica y, además, en las faltas sanas se producen importantes sobretensiones que ponen a prueba el nivel de aislamiento.

La protección más utilizada es un relé de sobretensión, que controla la tensión en bornes del triángulo abierto en el secundario de un juego de T/T instalados en la barra que se está protegiendo.

Con esta conexión de los T/T, cualquier contacto a tierra —en las barras o en los elementos conectados a ellas— produce una tensión en los bornes del relé. Para obtener la necesaria selectividad en la localización de la avería, se suele utilizar un “automatismo buscador”, que consiste en ir desconectando y conectando, secuencialmente, los equipos conectados a las barras, hasta que tras unas de estas desconexiones desaparezca la tensión en el equipo detector, identificando el circuito en falta.

Otro medio para la detección de las faltas a tierra en las redes aisladas consiste en usar el hecho de que todas las corrientes capacitivas del sistema van hacia el defecto.

La corriente capacitiva que aportan las fases sanas de la línea con falta retorna por el conductor donde se ha producido el cortocircuito a tierra, al que se añade la corriente capacitiva de las fases sanas de las restantes líneas conectadas a las mismas barras. (Fig. 6.2.7.1)

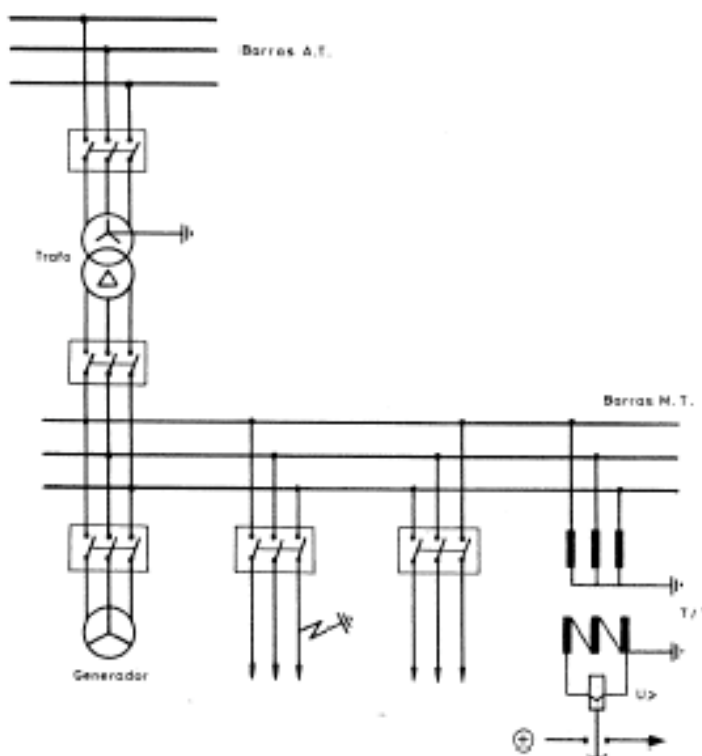


Fig. 6.2.7.1 Protección de falta a tierra en una red MT aislada

En consecuencia, la aplicación de un relé de sobreintensidad de neutro ajustado a un valor comprendido entre I_0 e I'_0 actuará solamente cuando la falta esté en su línea.

Los dos sistemas de protección descritos tienen su aplicación más frecuente en redes de media tensión de centros de generación importantes,

en factorías donde prime la continuidad del servicio y, excepcionalmente, en alguna red de subtransporte residual.

6.2.8 Protección para faltas resistentes

En las líneas y cables de transporte y distribución la falta más frecuente es el cortocircuito fase-tierra.

Evidentemente, todos los contactos a tierra no son de las mismas características, y a veces su magnitud alcanza valores inferiores a los ajustes posibles de las protecciones utilizadas.

En los cables subterráneos o suspendidos este problema tiene menor entidad, dado que la corriente de cortocircuito fase-tierra retorna por la pantalla metálica de protección y la magnitud de falta acostumbra a ser suficiente para su detección.

En las líneas aéreas el problema es más delicado, pues el contacto y retorno de la corriente de cortocircuito se hace a través del terreno.

En las líneas de M.T., para detectar lo que se llama “faltas resistentes” (de magnitud inferior al ajuste usual de las protecciones) se utiliza un relé de sobreintensidad de tiempo independiente instalado en el neutro físico de la red, con un valor de intensidad de ajuste inferior al relé de neutro de las líneas y superior a los valores capacitivos de la red; la temporización esta comprendida entre 10 y 60 s. (Fig. 6.2.8.1)

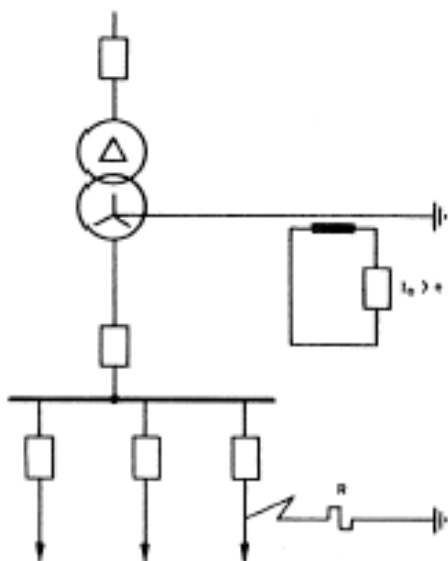


Fig. 6.2.8.1 Detector de faltas resistentes a tierra

Cuando se produce una falta resistente y el relé detector supera la temporización se genera una señal de alarma, a partir de la cual, de forma automática o manual, se procede secuencialmente a la localización de la falta.

6.2.9 Protección diferencial longitudinal

La protección diferencial longitudinal encuentra su máxima aplicación en las redes de distribución malladas. Como protección de reserva a la misma, se utiliza una protección de sobreintensidad.

En función del método de transmisión utilizado se clasifican en:

a) Protección diferencial de modulación de frecuencia

El valor instantáneo de la intensidad se transmite a cada extremo como una magnitud analógica, por modulación de frecuencia de audio.

Los valores recibidos, junto al valor local, son procesados utilizando el mismo criterio que en una protección diferencial común.

b) Protección diferencial digital

En este sistema el valor instantáneo de la intensidad se transmite de forma digital por medio de un código binario.

Para simplificar el funcionamiento, un extremo funciona como “master” y los restantes como “slave”. El “master” compara su información con la que recibe y en caso de falta interna da orden de teledisparo a todos los extremos.

6.2.10 Protección de comparación de fases

Esta protección se aplica solamente, por su elevado coste, en líneas de A.T.

Por otra parte, al ser una protección de tipo cerrado (al igual que la protección diferencial longitudinal), precisa de una protección de apoyo o reserva.

Es práctica usual aplicar a las redes de transporte de un nivel de tensión mayor igual a 220 kV una protección de comparación de fase y una protección de distancia. Con ello, además de la complementariedad de ambas protecciones, se mejora la seguridad.

6.2.11 Protección de comparación direccional

La protección de comparación direccional se aplica, por sus características, a las líneas de A.T. En particular, cabe destacar su utilización en líneas multiterminales, dada la sencillez de las señales que hay que transmitir: permiso o bloqueo.

Otra aplicación interesante de la protección de comparación direccional es la utilización para detectar faltas resistentes. En ocasiones se utiliza como unidad de apoyo de las protecciones de distancia, compartiendo el mismo canal de teleprotección.

6.2.12 Protección de discordancia de polos

En las líneas de A.T., para poder realizar la reconexión y disparo monofásico se utilizan interruptores automáticos con mando independiente para cada fase. En ocasiones, durante el proceso de maniobra, puede quedar alguna fase abierta, lo que conlleva un desequilibrio al sistema eléctrico. Conviene despejar esta situación para evitar el funcionamiento de otras protecciones que puedan afectar al sistema.

La protección de discordancia de polos consiste en controlar mediante contactos auxiliares del interruptor la posición de los contactos primarios; transcurrida una temporización superior al tiempo establecido para la pausa de reconexión, se efectúa la desconexión trifásica del interruptor.

6.2.13 Equipos de normalización del servicio

En líneas aéreas, tanto en el nivel de distribución como en el nivel de transporte, están sometidas en la mayoría de los casos a cortocircuitos transitorios que permiten su reconexión a la red pocos instantes después de haber sido desconectadas.

En los cables no cabe esta consideración, ya que la mayor parte de los disparos se corresponde con averías.

En base a lo anterior, es usual aplicar Equipos de Reconexión Automática para mejorar la continuidad del Servicio (equipos ERAS). Evidentemente, por sus peculiaridades, conviene distinguir entre los equipos ERAS

utilizados en la red de transporte y los que se usan en la red de distribución.

En la red de transporte interesa especialmente mantener la estabilidad del sistema; por ello la reconexión monofásica es la solución más utilizada. Ello no impide que extremos de red u otras aplicaciones concretas se utilice, aunque en menor medida, la reconexión trifásica.

6.2.14 Equipos de localización de averías

Son aquellos dispositivos que permiten identificar el punto de la línea o cable donde se ha producido el cortocircuito.

En las líneas de A.T. los equipos más utilizados se basan en el principio de las protecciones de distancia. Cuando se produce un cortocircuito, facilitan la distancia en km desde el extremo de la línea hasta el lugar de la falta.

En las líneas de distribución de M.T. los equipos de localización son más sencillos, dada la necesidad de mantener dentro de unos límites razonables la relación coste-beneficio.

Los sistemas utilizados (en M.T.) dan una indicación luminosa o acústica como el resultado del paso de corriente de defecto por el lugar donde están ubicados. Estos detectores van abrazados al conductor y funcionan por la caída de tensión producida en la porción abrazada del conductor o por la intensidad del campo magnético.

Cuando se trata de localizar faltas a tierra, se emplea un sistema detector sensible al campo magnético, bajo los tres conductores. El campo es prácticamente nulo en condiciones de equilibrio.

6.3 Protección de barras

A efectos de protección, se considera “falta en barras” la que se produce en la zona comprendida entre los transformadores de intensidad de los distintos terminales que confluyen a las barras colectoras.

Por tanto, los interruptores, los seccionadores lado barras y los propios transformadores de medida se consideran parte de las barras colectoras.

Las estadísticas de sistemas eléctricos muestran que las faltas en barras son poco frecuentes. No obstante, los efectos de estas faltas sobre el sistema son más graves que los debidos a faltas que ocurren en líneas, generadores, etc.

Existen diversas configuraciones de barras colectoras: barra simple, en anillo, sistema de interruptor y medio, etc. También existen características constructivas diferenciadoras: convencional exterior, convencional interior, capsulada, con aislamiento SF₆, etc.

En función de su importancia, determinada por su nivel de tensión, se aplican diferentes métodos de protección. A continuación se exponen los más generalizados.

6.3.1 Protección de barras de M.T.

a) Protección de sobreintensidad

Esta protección se aplica a subestaciones M.T. y consiste en llevar a un relé de sobreintensidad la corriente suma de todos los terminales de entrada de barras. El relé de sobreintensidad suele ser un relé de tiempo dependiente, con elementos de medida en fases y neutro. (Fig. 6.3.1.1)

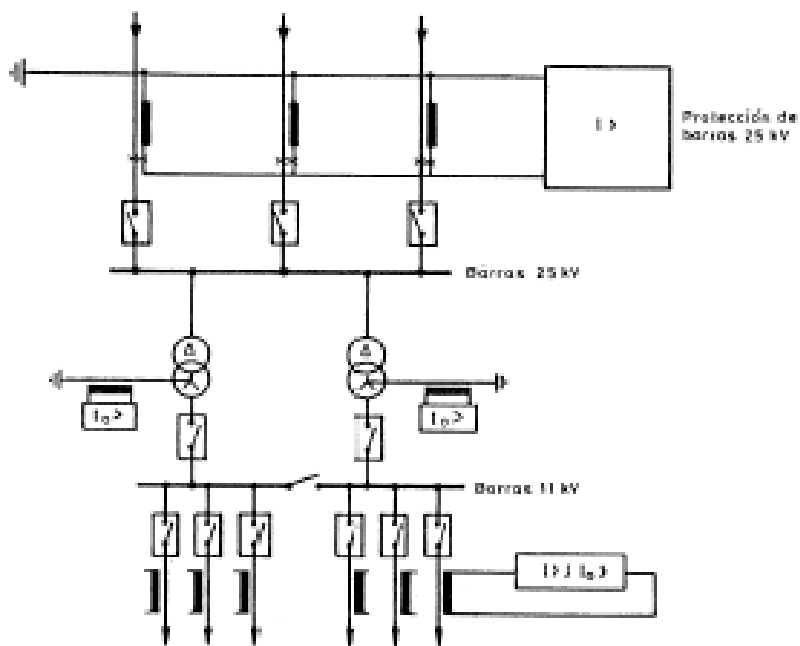
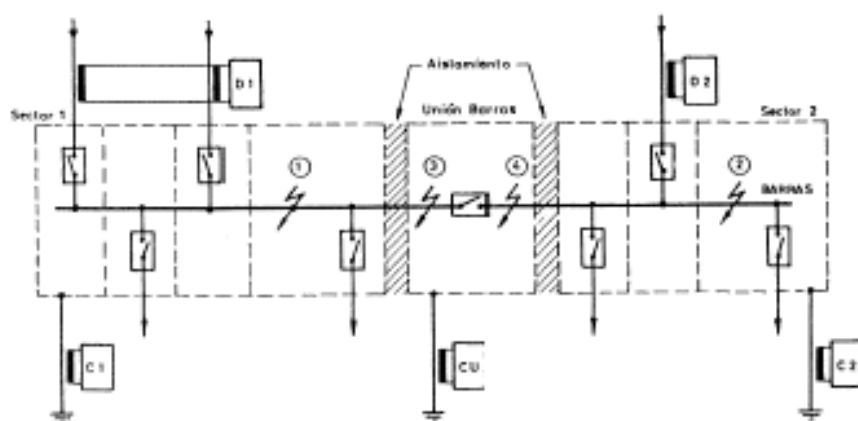


Fig. 6.3.1.1 Esquema de una subestación 25/11 kV con protección de sobreintensidad en barras

La protección actúa como protección principal para faltas en barras de A.T., y como protección de reserva para faltas en barras y salidas en M.T. Los elementos disparo instantáneo se ajustan por encima de la máxima I_{cc} en M.T., de forma que sólo operarán para cortocircuitos en barras y en el primario de los transformadores de la subestación.

b) Protección de cuba

En las subestaciones M.T. es frecuente la utilización de cabinas metálicas. Si cada grupo de cabinas a uno y otro lado del interruptor de unión de barras se aísla del suelo y de la cabina del interruptor citado, es posible dotar a las barras de una protección fiable y económica, similar a la protección de cuba de los transformadores. Para un correcto funcionamiento del sistema, es suficiente un aislamiento superior a 25Ω . (Fig. 6.3.1.2)



a) Sistema de 3 sectores de protección C1, CU y C2

Cortocircuito	①	Debe desconectarse el interruptor UB y todos los del Sector 1
Cortocircuito	②	Debe desconectarse el interruptor UB y todos los del Sector 2
Cortocircuito	③	Idem. ①
Cortocircuito	④	Idem. ②
C1, CU, C2	1	Protección de cuba en cada grupo de cabinas
D1, D2	1	Detectores de corriente de neutro en las alimentaciones a cada grupo de cabinas

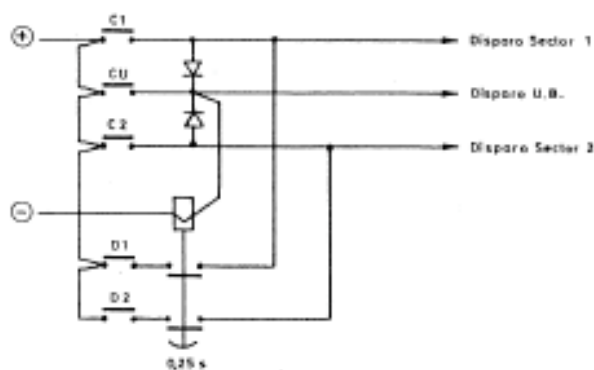


Fig. 6.3.1.2 Protección de cuba para barras de cabinas metálicas

El sistema de protección de cuba es selectivo para faltas en el interior de las cabinas y no se ve afectado por los fenómenos de saturación de los transformadores de intensidad. Hay que precisar que esta protección no detecta las faltas polifásicas que no incluyan un contacto a tierra; no obstante, hay que tener en cuenta que es muy improbable que ocurra este tipo de falta en tales instalaciones.

c) Protección diferencial

En subestaciones de M.T. las barras pueden protegerse por el simple método de sumar las corrientes de todos los terminales, utilizando transformadores auxiliares de intensidad cuando sea necesario, a fin de igualar las diferentes relaciones de transformación de los transformadores de intensidad principales. El relé diferencial suele ser un relé de sobreintensidad a tiempo dependiente, con elementos de medida en fases y neutro. (Fig. 6.3.1.3)

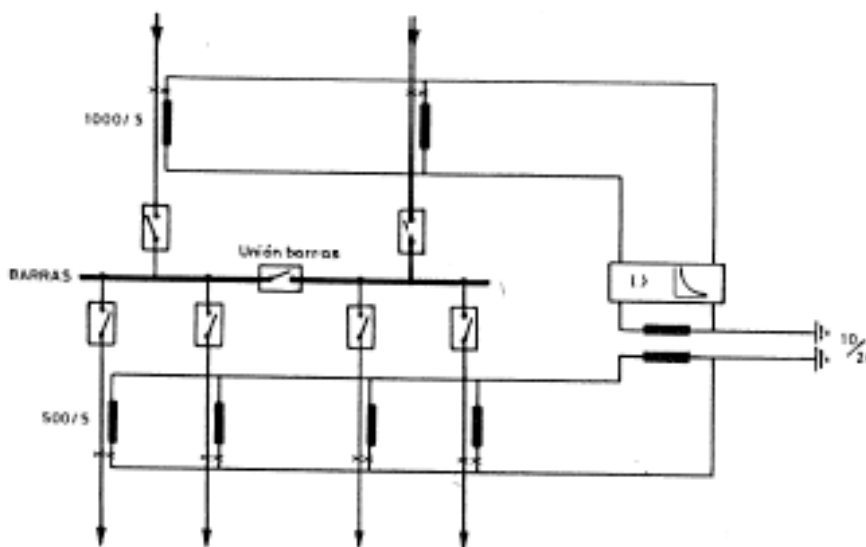


Fig. Protección diferencial para barras MT con elemento de medida de intensidad de tiempo dependiente.

6.3.2 Protección de barras de A.T.

a) Protecciones de sobretensión y subtensión

Generalmente, las protecciones de sobre y subtensión se conectan sobre los transformadores de tensión de los equipos que se desea proteger, pero en los casos en que solamente se disponga de transformadores de tensión en barras, tales protecciones irán conectadas sobre éstos.

En particular, las protecciones de subestaciones se utilizan, en caso de “cero” de tensión, para desconectar las líneas y evitar de este modo que en la subsiguiente reposición del servicio se energicen simultáneamente varias líneas al conectar la primera; de este modo disminuyen los riesgos de sobretensión en la red.

Para la desconexión por subtensión, es conveniente utilizar tres detectores de mínima tensión, uno por fase, alimentados por circuitos protegidos por interruptores magnetotérmicos unipolares; es necesaria la actuación de los tres detectores para ordenar el disparo. Con ello se evita que la falsa actuación de un detector o una avería en un circuito secundario produzcan disparos incorrectos. La temporización usual es del orden de 5-10 s y el ajuste de los detectores, del 40-60 % U_n .

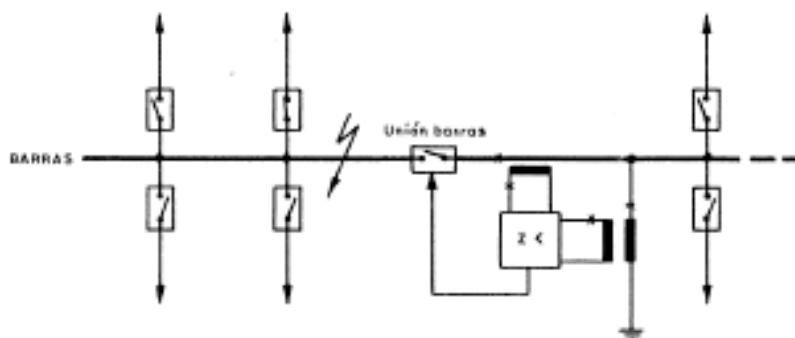
Para la protección de sobretensión, el ajuste vendrá dado por la tensión máxima de servicio que permitan los diversos equipos, en especial los transformadores de potencia.

El tiempo de operación es asimismo del orden de 5-10 s.

b) Protecciones en el interruptor de acoplamiento

Cuando, en una barra múltiple, no se disponga de protección diferencial, la falta en barras ha de ser eliminada por las protecciones remotas, en función de reserva. Si el interruptor de unión de barras está cerrado, se dispararán las posiciones correspondientes a la barra sana. En consecuencia, se presentan dos inconvenientes: tiempo largo de eliminación de la falta y desconexión innecesaria de posiciones. El segundo inconveniente puede evitarse instalando alguna protección en el interruptor de unión de barras que evite el “cero” en la barra sin defecto.

Esto podría conseguirse con una protección de sobreintensidad, pero esta solución se utiliza pocas veces debido a que la corriente que pueda atravesar el interruptor depende no sólo de la falta, sino también de la configuración de la red en ese momento. La solución óptima se muestra en la figura 6.3.2.1 y consiste en instalar a un lado del interruptor de acoplamiento, un relé de mínima impedancia, no direccional, de un solo



escalón de medida.

Fig.6.3.2.1 Protección de mínima impedancia –no direccional- en el interruptor de acoplamiento para aislar la barra “sana”

El ajuste del escalón de medida, para evitar disparos innecesarios, ha de ser mayor que el mayor de los primeros escalones de las diversas protecciones de distancia, y deberá estar temporizado a un valor inferior al de los segundos escalones de las protecciones de distancia de los extremos de las líneas que confluyen en la estación.

Este sistema de protección está desapareciendo paulatinamente, a causa de la instalación de protecciones diferenciales, más modernas.

c) Protección diferencial de barras

Se trata de una protección absolutamente selectiva, por lo que detecta únicamente faltas internas al equipo a proteger.

Ante faltas externas existe la posibilidad de que saturate el transformador de intensidad de la línea en falta, por lo cual, el relé puede actuar indebidamente. Para evitarlo, se combinan dos criterios:

- *Criterio direccional:*

El relé tiene un módulo direccional de cada corriente de línea. El criterio direccional genera un pulso con igual criterio:

I entrante a barras: +

I saliente de barras: -

En condiciones normales o faltas externas habrá pulsos + y -.

Sólo en faltas internas todos los pulsos son +.

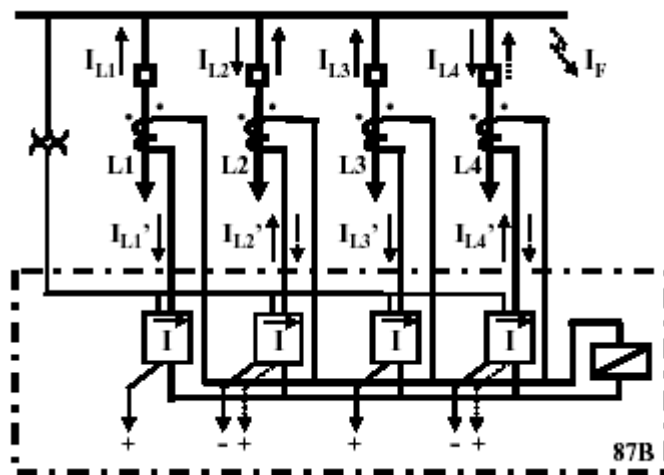


Fig. 6.3.2.2 Criterio direccional para protección diferencial de barras

- *Criterio diferencial:*

Vigila la corriente diferencial I_{87B} .

Tiene una pendiente de frenado variable

..En condiciones normales: $I_{87B} = 0$. Pulsos +/- No actúa.

..En falta interna: $I_{87B} \gg 0$. Pulsos +. Actúa.

..En falta externa: $I_{87B} > 0$. Pulsos +/- por ser externa. No

actúa y aumenta la pendiente de frenado.

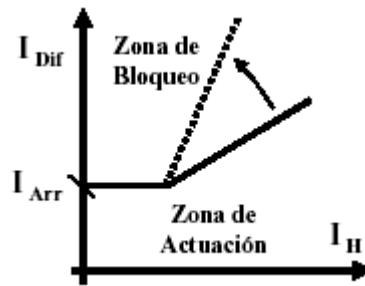


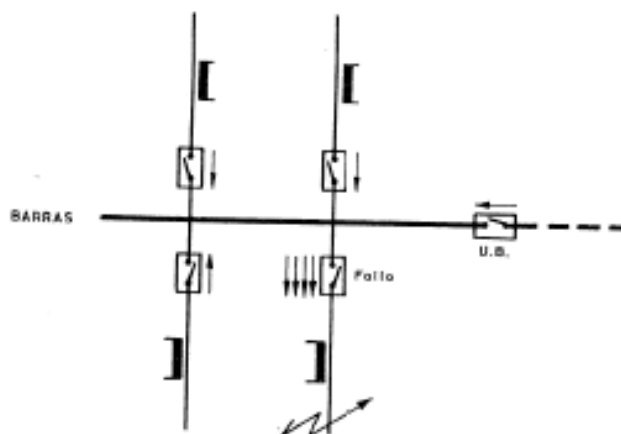
Fig. 6.3.2.3 Criterio diferencial para protección diferencial para barras

d) Protección de fallo de interruptor

Su misión consiste en detectar que la orden emitida por cualquier tipo de protección principal no es obedecida por el interruptor correspondiente debido a:

- Avería mecánica del interruptor (agarrotamiento).
- Avería en la bobina de disparo.
- Avería en los circuitos de disparo.

La figura 6.3.2.6 muestra una falta en un terminal de salida de una subestación. Se comprende que si el interruptor no obedece la orden de desconexión recibida de las protecciones, la falta equivale a una falta en barras, exigiendo la desconexión en los extremos remotos de todas la posiciones que confluyen al juego de barras al que la posición en falta está conectado. Esto último no será necesario si se consigue el disparo local de los interruptores necesarios.



*Fig. 6.3.2.6 Falta externa con fallo en la apertura del interruptor.
Equivale a una falta en barras*

Existen diversas posibilidades de detectar el fallo a la desconexión de un interruptor que dependen del grado de perfeccionamiento que se pretenda. Van desde un relé de tiempo, conectado en el circuito de disparo, que actúe en un tiempo superior al de eliminación de la falta de cualquier protección principal (tiempo del interruptor incluido), hasta sistemas que requieren un control de sobreintensidad, etc.

Para el ajuste de este tipo de protección se requiere conocer el ciclo de tiempos normales de actuación del conjunto protección-interruptor.

(Fig. 6.3.2.7)

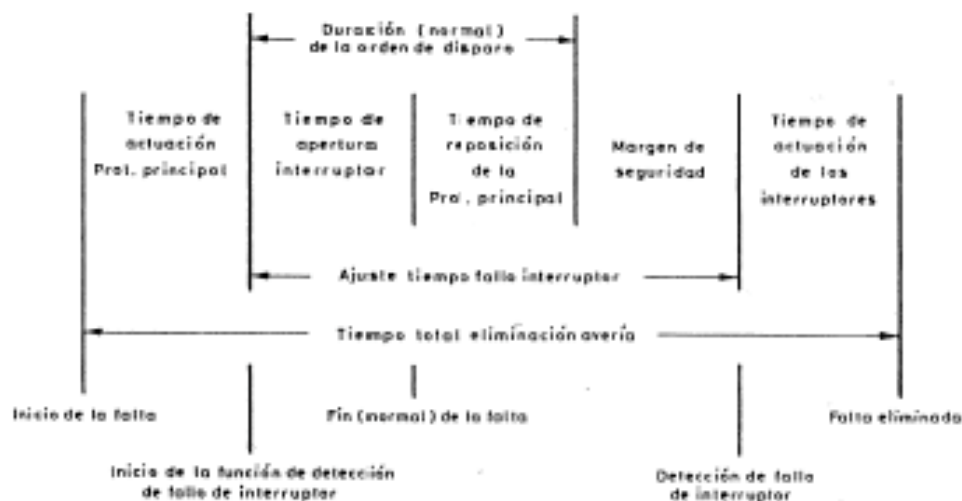


Fig. 6.3.2.7 Ciclo de tiempos de actuación del conjunto protección-interruptor

La protección de fallo de interruptor se excita a partir de la detección de una orden de disparo y tras una temporización –que se considera suficiente para que el interruptor abra- produce el disparo del resto de interruptores conectados al mismo juego de barras, incluyendo naturalmente los interruptores de unión de barras. El tiempo total de eliminación de la falta habrá de ser inferior al tiempo de disparo de las protecciones de los extremos remotos.

Un valor práctico para evitar la actuación de los segundos escalones de los relés de distancia es de 0.25 s.

6.4 Protecciones de baterías de condensadores

La necesidad de compensar las líneas e instalaciones mediante condensadores serie y derivación aparece de forma creciente a causa de la extensión de las redes y la separación de los centros de generación y consumo, así como por la mayor utilización de cargas reactivas (motores, etc.).

Por razones económicas la evolución tecnológica ha desplazado los compensadores síncronos y hoy día el uso de baterías de condensadores está muy extendido. La instalación de reactancias Shunt (particularmente en la red de transporte) constituye el complemento de las baterías de condensadores para sustituir con plenitud las funciones de los compensadores síncronos.

Las baterías en derivación se utilizan mayoritariamente en instalaciones de M.T. y b.t. para minimizar las oscilaciones de tensión que resultan de las variaciones de carga y para reducir las pérdidas, al suministrar la energía reactiva en los puntos próximos al consumo.

La aplicación de las baterías serie se produce en su mayor parte en las líneas de transporte de longitudes superiores a los 200 km. En algún caso muy particular se utilizan en líneas de M.T.

La compensación mediante condensadores serie tiene su justificación en el aumento de la capacidad de transporte de las líneas y los márgenes de estabilidad de la red, y en la reducción de las pérdidas, al mejorar la distribución de carga en las líneas paralelas.

6.4.1 Fenómenos de conexión y desconexión en las baterías de condensadores

Al maniobrar una batería de condensadores aparece en la red un régimen transitorio que se puede separar en dos fenómenos distintos. El primero se produce por el hecho de que la carga del condensador no puede variar instantáneamente, en el momento preciso de la conexión; la tensión de la red toma bruscamente el valor de la tensión inicial del condensador y, en consecuencia, recibe un choque. Tras este choque inicial, el condensador se carga con una ley que viene determinada por la inductancia y la resistencia de la red, régimen generalmente sinusoidal y amortiguado.

En muchas ocasiones se han detectado incidentes de la red (deterioro de bornes, perforación de transformadores) imputables a las ondas de frente escarpado provocadas por maniobras de condensadores,

6.4.2 Protección de baterías de condensadores derivación

Las protecciones empleadas en instalaciones de baterías de condensadores dependen de la potencia de las mismas y de su conexionado.

Las protecciones más comunes son:

a) Protección de sobreintensidad

Su misión consiste en desconectar el interruptor cuando se produce un cortocircuito entre fases o a tierra en la batería.

Generalmente, dicha protección no es sensible a las averías internas de los elementos que componen la batería.

Se acostumbra a instalar dos relés de fase y un relé de neutro a tiempo inverso o independiente, con elemento instantáneo en los relés de fases.

Para evitar el disparo de los elementos instantáneos de fases en los instantes de la conexión, debido a la corriente inicial, basta retardar la actuación de estos elementos en 0.1-0.3 s; o bien ajustarlos por encima de la máxima corriente de conexión; o disponer de un filtro de armónicos.

El relé de neutro puede ser ajustado a valores bajos de intensidad de arranque y curva característica de actuación, ya que sólo puede aparecer corriente de neutro en el supuesto de falta a tierra en la propia batería.

Si la red a la que se asocia la batería está aislada (sin neutro a tierra), no es necesario instalar relé de neutro.

Cuando la batería se compone de varios escalones, cada uno de ellos incorpora su propia protección de sobreintensidad.

b) Protección de sobre y subtensión

Las baterías son muy sensibles a la tensión y el tiempo máximo permisible de las sobretensiones. (Fig. 6.4.2.1)

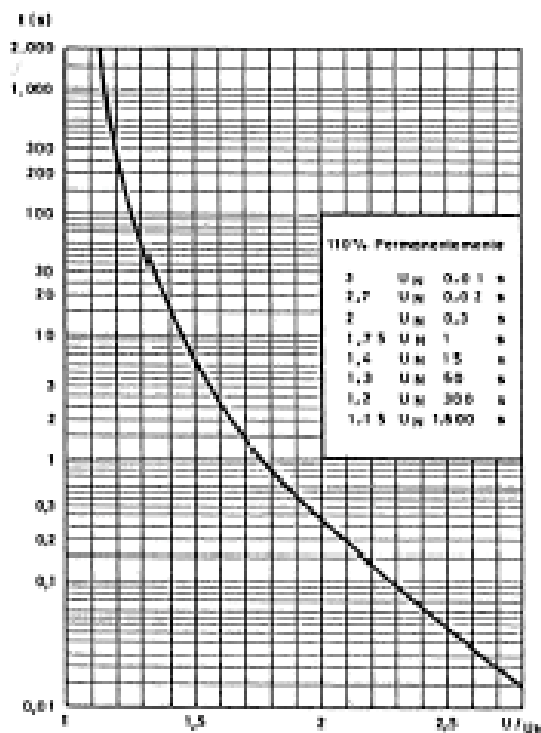


Fig. 6.4.2.1 Característica de sobretensión en función del tiempo que puede soportar una batería (CEI 70 1967)

En el caso de un “cero” de tensión, es necesario desconectar las baterías para poder controlar debidamente la conexión posterior y los problemas que de ello se derivan.

Se acostumbra a instalar dos relés de tensión a tiempo independiente. Esta protección también puede conseguirse utilizando el criterio de intensidad, ya que la intensidad absorbida por la batería es función de la tensión aplicada.

Para efectuar la función de subtensión, es suficiente un relé monofásico de mínima intensidad ajustado al 40-60 % de la corriente nominal de la batería, con una temporización de unos 5-10 s. Para que este relé monofásico no impida la conexión de la batería, su circuito de disparo ha de estar intervenido por algún contacto auxiliar del interruptor.

c) *Protección de desequilibrio*

Cuando se produce la avería de algún elemento de los que componen la batería de condensadores, esta anomalía supone una modificación de la impedancia de alguna de las fases y, por consiguiente, la aparición de desequilibrios en las intensidades y tensiones.

Las protecciones de desequilibrio se basan en la medida de las corrientes o tensiones diferenciales. Se utilizan relés a tiempo inverso o independiente.

6.4.3 Protección de baterías de condensadores serie

Los condensadores en serie se instalan normalmente en las líneas de transporte de gran longitud y se conectan como una parte de ellas (a), en los extremos de las líneas (b) y en alguna ocasión entre dos de ellas (c). (Fig. 6.4.3.1)

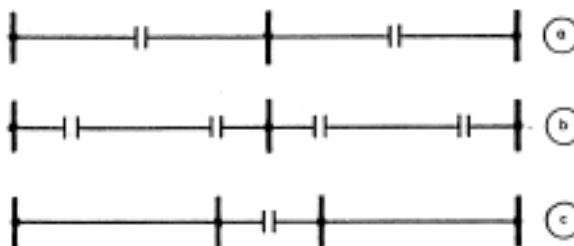


Fig. 6.4.3.1 Posiciones opcionales de los condensadores serie en líneas

Teniendo en cuenta tanto el coste del condensador como las exigencias de la línea, es necesario derivar los condensadores en serie, en el caso de

faltas en la misma, debido a las grandes intensidades que circulan. Estas intensidades provocan tensiones elevadas en los bornes del condensador.

Para resolver esta cuestión, se ha venido instalando en paralelo con el condensador dispositivos explosores que suelen funcionar para valores de tensión de tres veces el valor nominal. Después de actuar el dispositivo explosor, se cortocircuita éste mediante un interruptor, quedando el condensador a su vez cortocircuitado, fuera del efecto de las faltas en la línea. (Fig. 6.4.3.2)

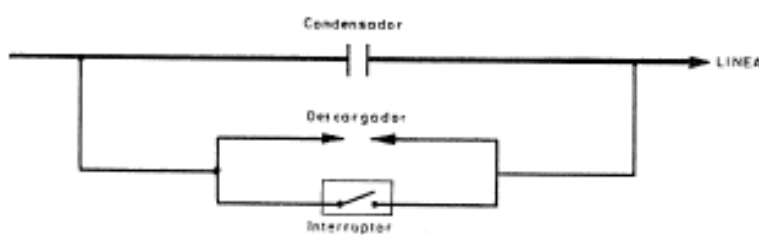


Fig. 6.4.3.2 Dispositivo de protección de un condensador serie

Últimamente los explosores se vienen sustituyendo por pararrayos de óxido de zinc. Éstos presentan la ventaja de que absorben gran parte de la sobretensión que debería soportar el condensador, con lo cual, en la mayoría de las situaciones no se aprecia que se cortocircuite el condensador, continuando el efecto compensador durante la falta en la línea.

6.5 Protecciones comunes para la red

En las redes de transporte, la posibilidad de aparición de incidentes más o menos importantes ha aumentado en los últimos años debido a:

- Aumento de potencia unitaria de los grupos.
- Limitación de regulación de los grandes grupos, que tienen una mínima participación en la regulación primaria.
- Mayores trasvases de energía de las zonas productoras a las receptoras.

- Retrasos y limitaciones en la licencia de construcción de líneas y centrales.
- Uso creciente de dispositivos de regulación por parte de los usuarios, lo que disminuye el efecto autorregulador de la red ante bajadas de tensión o frecuencia.

Para hacer frente a estas situaciones, es necesario mejorar las protecciones, de tal forma que se obtengan las siguientes prestaciones:

- Eliminación rápida de cortocircuitos en la red.
- Detección de situaciones peligrosas y actuación sobre la red general para evitar el “apagón”.
- Acciones encaminadas a minimizar efectos del “apagón”.

La primera de las acciones enunciada ya ha sido tratada al estudiar las protecciones de líneas, transformadores y barras, etc.

Para la detección de las situaciones peligrosas de carácter general, se utilizan como criterios de medida las variaciones de la frecuencia, tensión, potencia, etc., que aparecen en el caso de balance incorrecto entre carga y generación, tensiones incorrectas o intercambios anormales entre áreas.

La minimización de los efectos se puede conseguir realizando particiones en la red a fin de establecer áreas en las cuales se equilibre la generación y el consumo, o instalando equipos de reposición automática del servicio.

6.5.1 Protección de frecuencia

Las variaciones de la frecuencia son debidas a balances incorrectos entre generación y la carga que generalmente son originados por:

- Una previsión inadecuada de la carga o una programación deficiente de los grupos generadores.
- Disparo de un grupo, barras o líneas de interconexión, importantes.
- Seccionamiento del sistema en partes.

La variación de frecuencia será proporcional al desequilibrio e inversamente proporcional a la regulación primaria del sistema.

Cuando son poco importantes, estos desequilibrios pueden ser corregidos fácilmente por los reguladores de los generadores, pero en caso de grandes variaciones de la frecuencia (4%) se corre el peligro de que disparen grupos de generación. Si el problema es una bajada de frecuencia, se entra en un proceso irreversible, que conduce al apagón general.

En la actualidad, estos fenómenos son poco frecuentes, dadas las interconexiones de los sistemas. Como ejemplo, se pueden citar datos estadísticos de España y Francia, donde la media de bajadas de frecuencia por debajo de 48 Hz es de una cada 3.5 años.

En situación de fuerte déficit de generación, la única forma de recuperar el equilibrio es la desconexión de las cargas, lo que se realiza por medio de unos planes denominados de “separación de cargas” cuando la frecuencia ha disminuido por debajo de 49 Hz, de forma que sean el último recurso, después de haber agotado todos los medios normales. Para ello, en general hay previstos unos escalones de actuación de los relés de frecuencia, que deben ser ajustados en función de las características de la red.

Al efectuar la elección de los puntos donde deben realizarse los disparos, hay que tomar la precaución de no instalar los relés en áreas de generación

(para no sobrecargar el transporte), desconectar las baterías de condensadores (para evitar sobretensiones) y no realizar separación de carga en casos de penduleos o de tensión baja.

6.5.2 Detección de pérdida de estabilidad

La forma más común de detectar la proximidad de los límites de estabilidad ha estado basada, durante mucho tiempo, en el control de la potencia transportada. En la actualidad existen otros criterios que permiten detectar esta situación, siendo los más comunes la utilización de protecciones de comparación de fase entre subestaciones del área de generación y la de consumo. Este tipo de protección es muy similar a la empleada en la protección de líneas, pero comparando las tensiones en lugar de las intensidades.

6.5.3 Protección contra colapsos de tensión

El fenómeno de colapso de tensión puede producirse cuando la potencia que hay que transportar está muy próxima al máximo posible, de acuerdo con los valores de tensión en generación y con el valor de la impedancia entre generación y carga. Cuando se sobrepasa este punto crítico, cualquier incremento de la carga implica una caída de tensión y un gran incremento de las pérdidas de potencia en la impedancia del sistema. Este fenómeno se acelera y empieza a ser irreversible si no se toman precauciones, como por ejemplo la actuación de la regulación de los transformadores. Éstos, al detectar que la tensión disminuye, cambian la relación de transformación; tales acciones incrementan la carga vista por las unidades de generación y la tensión vuelve a decrecer.

7 AJUSTE Y COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES

7.1 Objetivos del ajuste y la coordinación de la protección

El ajuste y la coordinación de las protecciones tienen por objetivo asegurar que se cuenta con un sistema de protección principal y de respaldo que funciona de la siguiente manera:

1. La protección principal debe proteger totalmente el sistema eléctrico y eliminar cualquier falta en un tiempo máximo (típicamente de 100 ms).
2. La protección de respaldo de la protección principal está constituida por relés físicamente diferentes a los de la protección principal. La protección de respaldo debe proteger totalmente el sistema y eliminar cualquier tipo de falla en un tiempo máximo (típicamente de 500 ms).

7.2 Proceso de ajuste y coordinación de la protección

El ajuste y coordinación de la protección es un proceso que comprende la integración de varios subprocesos interrelacionados, de manera que muchas veces es necesaria una retroalimentación hasta llegar al resultado final. En la figura 7.2.1 se muestra una esquematización simplificada del proceso. Para el ajuste de la protección se requiere determinar previamente todas las condiciones de operación del sistema eléctrico, las cuales determinan el límite de la no actuación de la protección. Para ello se debe considerar todas las configuraciones posibles, así como todos los escenarios de generación y demanda. Sobre la base de todas estas condiciones se puede determinar el ajuste de las protecciones principales.

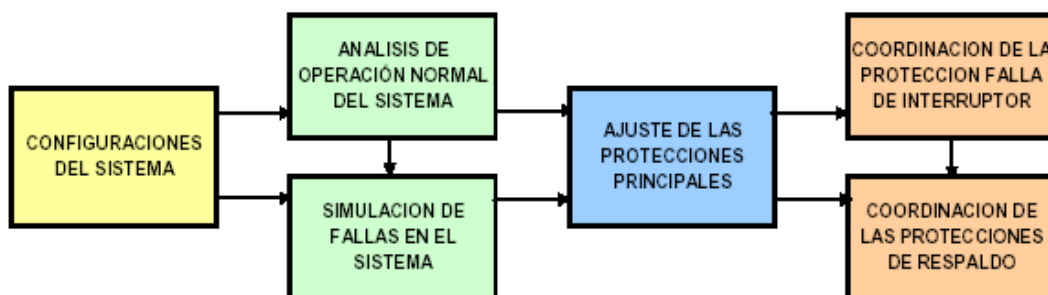


Fig. 7.2.1 Proceso de ajuste y coordinación de la protección

Los ajustes obtenidos para las protecciones principales deben ser verificados para coordinar su actuación como protecciones de respaldo. Esto significa que las protecciones unitarias no requieren ninguna coordinación puesto que solamente operan en una zona de protección, mientras que las protecciones graduadas deben ser coordinadas para verificar su actuación como protecciones de respaldo en las zonas de protección vecinas.

7.3 Análisis de la operación del sistema

El análisis de la operación del sistema eléctrico tiene por objetivo determinar las máximas y mínimas corrientes de falta que deben servir para ajustar los relés y determinar sus tiempos de operación que permitan asegurar la adecuada coordinación de la protección. Para ello se debe considerar todas las condiciones operativas, incluso aquellas que son de carácter temporal como la conexión de los circuitos.

7.3.1 Máximas y mínimas corrientes de falta

La máxima y mínima demanda esta asociada a las cargas conectadas al sistema, las cuales determinan la máxima y mínima generación. El objetivo es determinar las máximas y las mínimas corrientes que pueden alimentar los cortocircuitos, ya que para el ajuste y la coordinación se tiene

un compromiso entre selectividad y sensibilidad de acuerdo a los siguientes criterios:

1. La sensibilidad de la protección debe permitir detectar las fallas aún con las mínimas corrientes de cortocircuito
2. La selectividad de las protecciones de respaldo debe mantenerse aún con las máximas corrientes de falla, para lo cual se requiere tiempos debidamente coordinados.

Se debe tener en cuenta que el despacho de la generación es diferente en época de avenida con relación al estiaje, ya que en avenida se dispone de suficientes recursos hídricos para un pleno aprovechamiento de las centrales hidroeléctricas. El despacho en estiaje requiere un mayor complemento de las centrales termoeléctricas. En consecuencia, se debe analizar todos estos escenarios de operación con las posibles sobrecargas que se puedan presentar.

De manera independiente al despacho del sistema, para el caso de las protecciones de las centrales y las líneas que se conectan, se debe considerar los distintos despachos posibles de las unidades generadoras.

7.3.2 Simulación de faltas

Para determinar las corrientes de falta se debe simular todos los tipos de cortocircuitos, algunos de los cuales pueden tener contacto a tierra a través de una resistencia de falta. Esta simulación debe efectuarse en las barras de las centrales y subestaciones, así como a lo largo de las líneas.

En los cálculos de cortocircuito se debe considerar las impedancias para las condiciones más desfavorables, de acuerdo a lo siguiente:

- Para los generadores se debe usar las impedancias subtransitorias no saturadas
- Para los transformadores se debe usar las impedancias en las tomas (taps) de operación más desfavorables.
- Para las líneas se debe usar las impedancias propias.

Los cálculos deben permitir determinar no sólo las corrientes totales de falta en las barras de las subestaciones, sino también los aportes a las corrientes de falta de cada circuito conectado a dichas barras. De manera similar se debe calcular las corrientes de falta en las líneas de transmisión.

Para el análisis de faltas cercanas a los generadores es necesario considerar el comportamiento real de la máquina, lo que conlleva a considerar la curva de la corriente de cortocircuito de la máquina en función del tiempo.

Se debe simular todas las faltas en las subestaciones. Cuando se tenga doble barra se deberá calcular las faltas en cada una de las barras, de manera de determinar las corrientes por el acoplamiento de barras. Las simulaciones de faltas serán de los siguientes tipos:

- Faltas monofásicas a tierra sin resistencia de falta
- Faltas trifásicas sin resistencia de falta

En las líneas de transmisión se debe simular faltas por lo menos 25%, 50% y 75% de la línea. Las simulaciones de faltas serán de los siguientes tipos:

- Faltas monofásicas a tierra sin resistencia de falta
- Faltas monofásicas a tierra con alta resistencia de falta
- Faltas bifásicas (fase-fase) con resistencia de falta
- Faltas trifásicas sin resistencia de falta

7.4 Las protecciones de fallo de interruptor

La protección de fallo de interruptor es un sistema de control para prevenir el fallo en la apertura de un circuito de alta tensión cuando se ha dado una orden de apertura por cualquier relé de protección.

7.5 Criterios generales de coordinación de las protecciones

La coordinación de las protecciones consiste en definir las graduaciones de tiempo necesarias para la operación debidamente priorizada del sistema de protección con la finalidad que su actuación sea en el mínimo tiempo posible. En tal sentido, se requiere considerar las coordinaciones entre la(s) protección(es) principal(es) y la protección de falla de interruptor, así como con la protección de respaldo.

7.5.1 Protecciones principales y protección de respaldo

Para determinar la coordinación con la protección de respaldo se debe considerar la secuencia de eventos mostrada en la figura 7.5.1.1 que se detalla a continuación:

1. Al producirse una falta se inicia la actuación de la protección principal que tiene un tiempo de actuación mínimo (t_R), sin ningún retraso adicional, que termina dando una orden de apertura al interruptor
2. La falta se extingue después de la operación de apertura de la corriente de falta por parte del interruptor que tiene un tiempo de operación (t_{52}).
3. Si la falta no se extingue, la protección de respaldo debe actuar, para lo cual se debe considerar un margen previo. En este margen se debe incluir el tiempo de reposición del relé (t_r) más un

adicional (t_M) después del cual se envía un orden de apertura al interruptor.

4. La falta será extinguida por la protección de respaldo después del tiempo de apertura del interruptor (t_{52}).

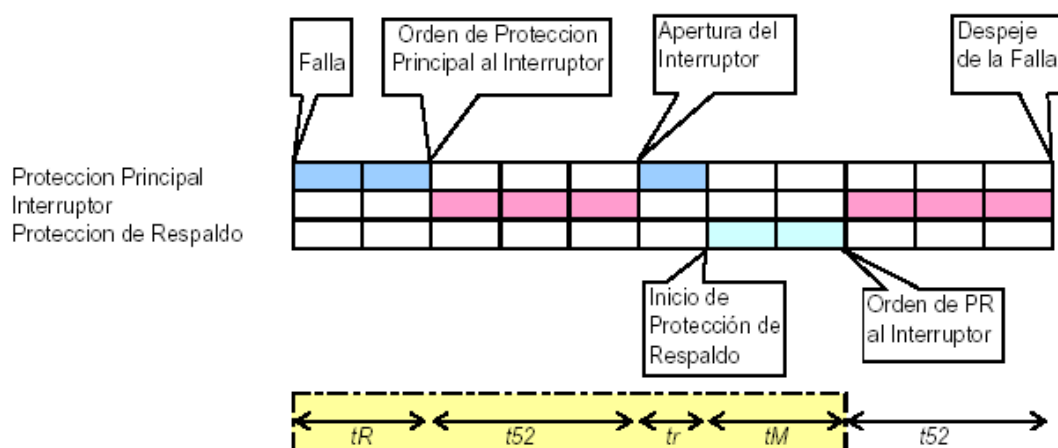


Fig. 7.5.1.1 Coordinación entre Protección Principal y Protección de Respaldo

De acuerdo a lo expuesto, el tiempo de ajuste de la protección de respaldo (t_{PR}) vendrá dado por la siguiente expresión:

$$t_{PR} = t_R + t_{52} + t_r + t_M$$

7.5.2 Protecciones principales y protección de fallo de interruptor

La protección de fallo de interruptor debe ser coordinada para una actuación con anticipación a las protecciones de respaldo. Esto es particularmente importante cuando se tiene un esquema de doble barra en las subestaciones (caso el cual se va a analizar como proyecto real). En la Figura 7.5.2.1 se muestra un caso que permite apreciar que la actuación de la protección de fallo de interruptor reduce los disparos de la protección de respaldo remoto.

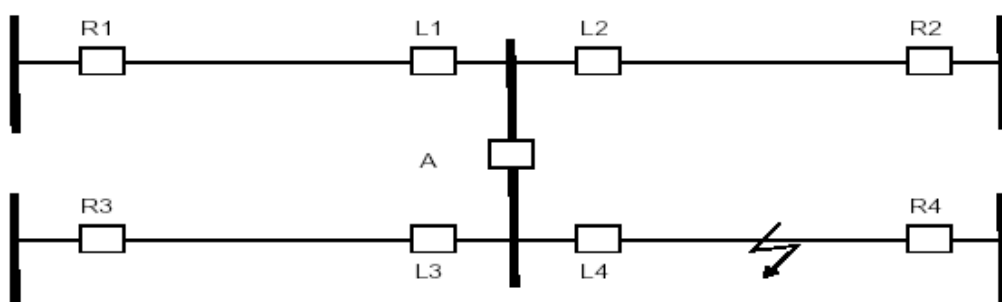


Figura 7.5.2.1 Coordinación entre protección fallo de interruptor y protección de respaldo remoto

Si después de una falta en la línea L4-R4 se produce una falta del interruptor L4, la protección de fallo de interruptor abrirá los interruptores L3 y A, aislando la falta y dejando en operación las líneas entre R1-L1 y L2-R2; en cambio, el respaldo remoto ocasionará la apertura de los interruptores R1, R2 y R3, perdiéndose las líneas entre R1-L1 y R2-L2.

Para determinar la coordinación con la protección de fallo de interruptor se debe considerar la secuencia de eventos mostrada en la figura 7.5.2.2 que se detalla a continuación:

1. Al producirse una falta se inicia la actuación de la protección principal que tiene un tiempo de actuación mínimo (t_R), sin ningún retraso adicional, que termina dando una orden de apertura al interruptor
2. La falta se extingue después de la operación de apertura de la corriente de falta por parte del interruptor que tiene un tiempo de operación (t_{52}).
3. Si la falta no se extingue, la protección de fallo de interruptor debe actuar en su primera etapa para efectuar una reiteración del disparo a ambas bobinas del interruptor, para lo cual se debe considerar un margen previo. En este margen se debe incluir el tiempo de reposición del relé (t_r) más un adicional (t_M) y el tiempo del relé auxiliar (t_X) que envía la reiteración de apertura al interruptor.
4. Si la falta no es extinguida en esta primera etapa de la protección de fallo de interruptor, se inicia la segunda etapa para efectuar la apertura de todos los interruptores vecinos que deben despejar la falta. Nuevamente es necesario considerar un margen que incluya la reposición de la protección (t_r) un tiempo adicional (t_M) y el tiempo de los relés auxiliares de disparo (t_X).
5. La falta será extinguida por la protección de fallo de interruptor después del tiempo de la apertura de los interruptores no fallados (t_{52}).

De acuerdo a lo expuesto, los tiempos de ajuste de la protección de fallo de interruptor en cada etapa (t_{BF1}) y (t_{BF2}) son:

$$t_{BF1} = t_R + t_{52} + t_r + t_M + t_{X1}$$

$$t_{BF2} = t_{BF1} + t_{52} + t_r + t_M + t_{X2}$$

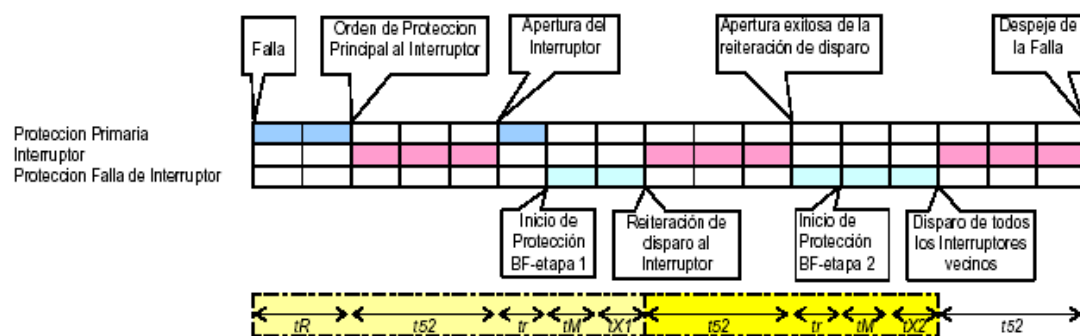


Fig. 7.5.2.2 Coordinación entre protección principal y protección de fallo de interruptor

8. ESTÁNDARES DE DIFERENTES EMPRESAS

8.1 Necesidad de estándares

Vistas todas las protecciones eléctricas, resulta evidente, por el número elevado de estas, el uso de estándares que faciliten la integración de los sistemas de protección.

Cada compañía posee los suyos y, para el diseño y el ajuste de los sistemas de protección, en el caso de subestaciones de muy alta tensión, el estándar utilizado en España es el de Red Eléctrica, ya que esta compañía está adquiriendo la totalidad de las subestaciones de 400 y 220 kV.

Los criterios de coordinación de ajustes son las directrices que permiten ajustar los equipos de protección de manera que puedan detectar y eliminar cualquier perturbación con la máxima selectividad y rapidez, sin arrastrar a otros elementos del sistema.

Los criterios de ajuste de las protecciones especifican la respuesta que debe dar un equipo de protección ante variaciones de los parámetros físicos del sistema eléctrico.

Los ajustes de un equipo de protección son los valores concretos de regulación interna que le permiten cumplir con los criterios de ajuste especificados.

Tanto el diseño como los ajustes serán establecidos por los propietarios de las instalaciones respectivas. En el caso de que no sean establecidos por el propietario, la compañía encargada de la realización del proyecto decidirá ese diseño y esos ajustes atendiendo a sus estándares y pudiendo incluso mejorarlos con recomendaciones vistas en el apartado 6 de la memoria.

9 APLICACIÓN A UN PROYECTO REAL

El proyecto en el que se va a centrar la aplicación concreta del sistema de protección es “Gilgel Gibe II Power Transmission Project”. Se va a hablar resumidamente del proyecto en general y se pasará a las particularidades que desea el cliente para el sistema de protecciones de una de las subestaciones pertenecientes al proyecto, Sebeta II.

9.1 Especificaciones generales del proyecto

El proyecto surge de una licitación pública en Etiopía y está enmarcado en un proyecto global de electrificación del país. El fin de este proyecto es unir la nueva central hidroeléctrica Gilgel Gibe II con la red interconectada (ICS), mediante líneas de transmisión de alta tensión entre las subestaciones de Gilgel Gibe II y Sebeta (Dais Ababa) pasando cerca de la zona de Wolkite. Este proyecto transferirá una potencia de 400 MW a la red interconectada.



Fig. 9.1.1 Etiopía en el mapa

El proyecto se justifica desde dos puntos de vista fundamentalmente:

– *Desarrollo económico:* la electrificación ayuda al desarrollo de la industria, se espera que dicha industrialización se lleve a cabo a través del desarrollo de la agricultura, de la que se espera que asuma un rol de liderazgo. La prioridad en este sector es incentivar a las empresas industriales basadas en la agricultura, las cuales utilizarán materias primas de la zona en la medida que sea posible. El gobierno también tiene la intención de dar prioridad a las industrias que apuesten por el desarrollo tecnológico, aliviando la presión sobre los recursos naturales en las zonas rurales.

– *Reducir el uso de los recursos de la biomasa:* en la actualidad las necesidades de energía se solventan empleando como combustible madera, carbón vegetal, estiércol de vaca y residuos de los cultivos. Los principales problemas ambientales del uso de biomasa como fuente de energía son la pérdida de biodiversidad, pérdida de refugio y de sombra, reducción de la fertilidad de los cultivos, erosión del suelo que conlleva contaminación de ríos y lagos. La emisión de gases de CO₂ y CH₄ resultantes de la quema de estos combustibles son también contaminantes.

El plan de expansión del sistema eléctrico etíope en abril de 2004 previó un pico de demanda para el 2013 de 2.547 MW con una demanda de energía estimada de 10.690 GWh/año frente a los actuales 676 MW y 3.250 GWh/año.

El proyecto Gilgel Gibe es uno de los más importantes proyectos para desarrollar la energía hidroeléctrica en el país. La primera central Gilgel Gibe I fue inaugurada el 22 de febrero de 2004. En noviembre de 2002 se empezó a desarrollar la idea para crear una segunda central, Gilgel Gibe II consistente en una presa, un túnel subterráneo que lleve agua del río Gilgel Gibe a la planta de generación para desembocar en el río Omo y, finalmente, cuatro turbinas de 105 MW, y una capacidad de producción de 1.625 GWh/año.

La capacidad actual de las plantas que abastecen a la red interconectada, incluyendo a Gilgel Gibe I, es de unos 713 MW con una media de generación de energía de 3.250 GWh/año. Realmente la capacidad fiable se reduce a menos de 676 MW, por lo que el ratio entre la planta de mayor capacidad (Gilgel Gibe I, 184 MW) y la capacidad total de la red es actualmente muy elevado, del orden del 26%. Puesto que la instalación de la nueva central elevará la capacidad a 1.080 MW, no se recomienda emplear unidades de más de 100 MW. El ratio mencionado anteriormente disminuirá en el futuro ya que se espera que en las próximas décadas se instale mayor capacidad.

De Gilgel Gibe II saldrán dos líneas de 400 kV, una conectará con la subestación Gilgel Gibe 400/230/132/33 kV mientras que la segunda conectará con la subestación Sebeta II 400/230/33 kV.

Actualmente existen dos líneas de 230 kV que conecta la existente subestación Gilgel Gibe I 230 kV con el Sistema Nacional Interconectado (ICS) mediante las subestaciones Wolkite y Ghedo. Estas líneas van a ser cortadas y extendidas como dos líneas de salida y dos de entrada y conectadas a la subestación Gilgel Gibe 400/230/132/33 kV. Las líneas de entrada/salida serán dos líneas de doble circuito de una longitud aproximada de 5 km.

La existente subestación Sebeta 230 kV se unirá con la nueva subestación Sebeta II 400/230/33 kV por medio de una línea de 230 kV de doble circuito de una longitud aproximada de 20km.

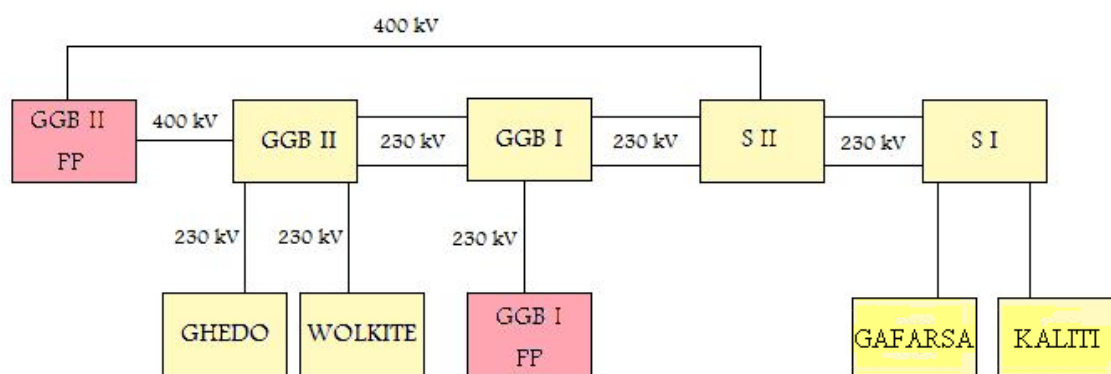


Fig. 9.1.2 Conexión subestaciones

Las subestaciones de Gilgel Gibe 400/230/132/33 kV están localizadas a unos 250 km al suroeste de Addis Ababa.

La subestación de Sebeta II 400/230/33 kV se encuentra a 30 km al oeste de Addis Ababa aproximadamente.

La subestación de Sebeta I 400/230/33 kV se encuentra a 12 km del centro.



Fig. 9.1.3 Etiopía (Addis Ababa)

En concreto la licitación se refiere al diseño, test, suministros, transporte hasta el sitio de construcción incluyendo permisos portuarios y seguros entre almacén y almacén, obra civil, construcción y puesta en funcionamiento de:

- La subestación Gilgel Gibe 400/230/132/33 kV.
- La subestación Sebeta II 400/230/33 kV.
- Ampliación de la subestación existente de 230 kV Sebeta incluyendo dos nuevas bahías para líneas de salida.
- Ajustes, modificaciones, integración y coordinación de los sistemas de protección, control, monitorización y comunicaciones instalados en la subestación Gilgel Gibe I 230/135/13.8 kV anteriormente para integrarlos en el nuevo sistema. Test del sistema y puesta en operación.
- Ajustes, modificaciones, integración y coordinación de los sistemas de protección, control, monitorización y comunicaciones instalados en la subestación Sebeta 230/132/66/45/33/15 kV anteriormente para integrarlos en el nuevo sistema. Test del sistema y puesta en operación.
- Ajustes, modificaciones, integración y coordinación de los sistemas de protección y comunicaciones instalados en las subestaciones Ghedo y Wolkite anteriormente para mantener su correcto funcionamiento e integrarlos en el nuevo sistema. Test del sistema y puesta en operación.
- Ajustes, modificaciones, integración y coordinación de los sistemas comunicaciones y control remoto instalados de las subestaciones Gilgel Gibe 400/230/132/33 kV, Sebeta II 400/230/33 kV y Sebeta 230 kV, con el centro de control eléctrico (national Dispatch Center). Test del sistema y puesta en operación.

Subestación Sebeta 400/230/33 kV

La configuración de las secciones de 400 230 kV será la de doble barra.

Debe estar formada por:

- Una posición de línea de 400 kV.
- Dos posiciones de transformación de 400 kV.
- Una posición de banco de condensadores de 400 kV.
- Dos posiciones de línea de 230 kV.
- Dos posiciones de transformación de 230 kV.
- Una posición de banco de condensadores de 230 kV.
- Dos autotransformadores 250 MVA, 400/230 kV.
- Un transformador de 25 MVA, 230/33 kV.
- Un banco de condensadores 45 Mvar, 230 kV.
- Un banco de condensadores 90 Mvar, 400kV.

Todas las posiciones enumeradas anteriormente son las que hay que proteger mediante un sistema de protecciones adecuado, teniendo en cuenta primeramente especificaciones del cliente y diseñando el sistema utilizando los estándares de Red Eléctrica.

9.2 Criterios de diseño del sistema de protecciones

El sistema de protecciones, así como sus equipos asociados deberán ser diseñados, manufacturados y probados de acuerdo con los estándares IEC, tomando las especificaciones del cliente como una mera información más.

El esquema de protecciones y sus características deberán tener en cuenta las características de las líneas, de los transformadores y otros equipos de la subestación, y deberán ser coordinadas con los relés de protección ya existentes en la red de alta tensión.

El contratista, es decir SOCOIN, tendrá la responsabilidad de seleccionar el sistema de protección, además de poder modificar, cuando sea necesario, especificaciones del cliente en base a su experiencia.

9.3 Relés de protección

Tras un estudio de la subestación de Sebete II 400/230/33 kV de doble barra en las secciones de 400 y 230 kV, con la ayuda de los estándares de Red Eléctrica para M.A.T, el sistema de protecciones a instalar en la subestación es el siguiente:

SUBESTACIÓN SEBETA II 400/230/33 KV

Línea de 400 kV (1 posición)

<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de distancia Funciones Incluidas: 50BF, 50/51, 50N/51N, 27/59, 79, 25, 21	7SA5221-4DB90-4HR4-L0S	1
Protección de distancia de respaldo Funciones Incluidas: 50BF, 50/51, 50N/51N, 27/59, 79, 25, 21	7SA5221-4DB90-4HR4-L0S	1
Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	1

Autotransformador 400/230 kV (2 posiciones)

<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de distancia <i>Funciones Incluidas:</i> 50BF, 50/51, 50N/51N, 25, 21	7SA5221-4CB90-0EE0	1

Protección de distancia de respaldo Funciones Incluidas: 50BF, 50/51, 50N/51N, 25, 21	7SA5221-4CB90-0EE0	1
Protección diferencial de trafo Funciones Incluidas: 87T , 87TN, 50BF	7UT6121-4EB92-1BA0-L0S	1
Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	1
Regulador de tensión	TAPCON 230	1

Banco capacitivo 400kV (1 posición)

<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de sobreintensidad Funciones incluidas: 50/51, 50/51N, 50BF, 47, 27/59	7SJ6222-4EB90-1FD0	1
Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	1

Barras 400 kV (1 posición)

<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de diferencial de barras (unidad central) Funciones incluidas: 87A, 87B	7SS5220-4AB92-1AA0-L0R	1
Protección de diferencial de barras (unidad de campo) Funciones incluidas: 87A, 87B, 50BF	7SS5251-5FA01-1AA1	5
Protección de sobreintensidad Funciones incluidas: 50/51, 25	7SJ6401-4EB91-1FA4-L0S	1
Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	1

Línea 230 kV (2 posiciones)

<i>Descripción</i>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de distancia <i>Funciones Incluidas:</i> 50BF, 50/51, 50N/51N, 27/59, 79, 25, 21	7SA5221-4DB90-4HR4-L0S	1
Protección de distancia de respaldo <i>Funciones Incluidas:</i> 50BF, 50/51, 50N/51N, 27/59, 79, 25, 21	7SA5221-4DB90-4HR4-L0S	1
Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	1

Autotransformador 230/33 kV (1 posición)

<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de sobreintensidad de respaldo Funciones incluidas: 50/51, 50/51N	7SJ6221-4EB90-1FC0-L0S	1
Protección diferencial de trafo Funciones Incluidas: 50N/51N, 87T , 87TN	<i>7UT6131-5EB91-1BA0-L0S</i>	1
Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	1
Regulador de tensión	TAPCON 230	1

33KV (1 posición)

<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de sobreintensidad Funciones incluidas: 50/51N	7SJ6021-4EB30-1FA0	4

Banco capacitivo 230 kV (1 posición)

<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de sobreintensidad	7SJ6222-4EB90-1FD0	1

Funciones incluidas: 50/51, 50/51N, 50BF, 47		
Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	1

Barras 230 kV (1 posición)

<i>Descripción</i>	<u>Referencia</u>	<u>Uds</u>
Protección de diferencial de barras (unidad central) Funciones incluidas: 87A, 87B	7SS5220-4BA92-1BA0-L0R	1
Protección de diferencial de barras (bay unitl) Funciones incluidas: 87A, 87B, 50BF	7SS5251-5FA01-1AA1	7
Protección de sobreintensidad Funciones incluidas: 50/51, 25	7SJ6401-4EB91-1FA4-L0S	1
Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	1

SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN

<u>Descripción</u>	<u>Referencia</u>	<u>Uds.</u>
Software de configuración de protecciones DIGSI	7XS5402-0AA00	1

9.4 Parámetros necesarios para el ajuste y coordinación de las protecciones

Una vez diseñado el sistema de protecciones de la subestación, habrá que ajustar la magnitud de arranque y el tiempo de disparo de cada protección, con el fin de que el sistema de las protecciones de la subestación de Sebeta II, estén perfectamente coordinadas entre ellas y con las protecciones de subestaciones contiguas para que exista una total selectividad en el sistema.

Los parámetros necesarios para el estudio de la selectividad de las protecciones son los siguientes:

1. Potencia de cortocircuito y relación X/R de la red existente en:

- SE Gilgel Gibe II 400 kV
- SE Gilgel Gibe I 230 kV
- SE Gilgel Gibe 132 kV
- SE Sebeta 230 kV
- SE Wolkite 230 kV
- SE Ghedo 230 kV

2. Parámetros eléctricos de las líneas de transporte:

- Impedancia directa y homopolar (R y X)
- Susceptancia directa y homopolar (B y C)
- Longitud de línea
- Tipo de conductor

3. Disposición de conductores de las siguientes líneas:

- Línea Gilgel Gibe II – Gilgel Gibe 400 kV
- Línea Gilgel Gibe II – Sebeta II 400 kV

- Línea Sebeta – Sebeta II 230 kV (Circuito 1)
- Línea Sebeta – Sebeta II 230 kV (Circuito 2)
- Línea Gilgel Gibe – Wolkite 230 kV
- Línea Gilgel Gibe – Ghedo 230 kV
- Línea Gilgel Gibe – Gilgel Gibe I 230 kV (Circuito 1)
- Línea Gilgel Gibe – Gilgel Gibe I 230 kV (Circuito 2)
- Línea Sebeta – Gafarsa 230 kV
- Línea Sebeta – Kaliti 230 kV
- Línea más corta y línea más larga de SE Gilgel Gibe II 400 kV
- Línea más corta y línea más larga de SE Wolkite 230 kV
- Línea más corta y línea más larga de SE Ghedo 230 kV
- Línea más corta y línea más larga de SE Gilgel Gibe I 230 kV

4. Parámetros eléctricos de los autotransformadores y transformadores (Datos de la placa de características):

- Potencia nominal
- Relación de transformación en todas las tomas
- Tensión de cortocircuito
- Grupo de conexión
- Índice horario

5. Parámetros eléctricos de las baterías de condensadores

- Potencia nominal
- Tensión nominal
- Numero de condensadores.
- Tipo de conexión
- Tensión nominal, potencia y capacidad por unidad de condensador.

Así mismo se debe solicitar al cliente especificaciones de la red existente para la adecuada coordinación entre las nuevas subestaciones y las existentes:

6. Alcances y temporizaciones de las unidades de distancia.
7. Número y tiempos de los reenganches.

+ Potencia de cortocircuito y relación X/R de la red existente en:

Subestación	Potencia de c/cto trifásica máxima (MVA)	X/R monofásica máxima
Gilgel Gibe II 400 kV	2847	-108,63
Gilgel Gibe II 230 kV	2531	15,88

Gilgel Gibe I 230 kV	2531	18,5
Sebeta II 400 kV	1992	-564,82
Sebeta II 230 kV	2138	10,39
Sebeta I 230 kV	2281	10,62
Ghedo 230 kV	1869	8,65
Wolkite 230 kV	1574	8,75

+ Parámetros eléctricos de las líneas de transporte:

Gilgel Gibe II-Sebeta II 400 kV				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,178072	1,12358	0,97785312	6,859745
Directa	0,02950089	0,289654	3,80756879	224,5698
Inversa	0,29500893	0,289654	3,80756879	224,5698
Longitud de la línea (km)	185			
Disposición del conductor para la línea de 185 km				
1º transposición	46,25 km			
2º Transposición	92,5 km			
3º transposición	138,75 km			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-326729,9	-2,77E-06	infinita
Directa	0	-240176	4,15E-06	infinita
Inversa	0	-240176	4,15E-06	infinita

Sebeta-Sebeta II 230 kV (circuito 1)				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,167214	1,19591	0,83618332	5,98036
Directa	0,020666	0,299636	3,33738269	48,38866
Inversa	0,020666	0,299636	3,33738269	48,38866
Longitud de la línea (km)	16			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-477370	-2,10E-06	infinita
Directa	0	-261251,3	-3,83E-06	infinita
Inversa	0	-261251,3	-3,83E-06	infinita

Sebeta-Sebeta II 230 kV (circuito 2)				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,167214	1,19591	0,83618332	5,98036
Directa	0,020666	0,299636	3,33738269	48,38866
Inversa	0,020666	0,299636	3,33738269	48,38866
Longitud de la línea (km)	16			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-477370	-2,10E-06	infinita
Directa	0	-261251,3	-3,83E-06	infinita
Inversa	0	-261251,3	-3,83E-06	infinita

Gilgel Gibe-Gilgel Gibe 230 kV (circuito 1)				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,180904	1,174594	0,90643322	0,022931
Directa	0,034746	0,277341	3,92821122	50,023007
Inversa	0,034746	0,277341	3,92821122	50,023007
Longitud de la línea (km)	2,5			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-492169,3	-2,03E-06	infinita
Directa	0	-262187,4	-3,81E-06	infinita
Inversa	0	-262187,4	-3,81E-06	infinita

Gilgel Gibe-Gilgel Gibe 230 kV (circuito 2)				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,180904	1,174594	0,90643322	0,022931
Directa	0,034746	0,277341	3,92821122	50,023007
Inversa	0,034746	0,277341	3,92821122	50,023007
Longitud de la línea (km)	2,5			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-492169,3	-2,03E-06	infinita
Directa	0	-262187,4	-3,81E-06	infinita
Inversa	0	-262187,4	-3,81E-06	infinita

Gilgel Gibe-Wolkite 230 kV (circuito 1)				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,201756	1,215463	0,86431445	0,032971
Directa	0,031598	0,307351	3,22821348	46,123606
Inversa	0,031598	0,307351	3,22821348	46,123606
Longitud de la línea (km)	73,22			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-412796,5	-2,18E-06	infinita
Directa	0	-242659,1	-3,96E-06	infinita
Inversa	0	-242659,1	-3,96E-06	infinita

Gilgel Gibe-Wolkite 230 kV (circuito 2)				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,201756	1,215463	0,86431445	0,032971
Directa	0,031598	0,307351	3,22821348	46,123606
Inversa	0,031598	0,307351	3,22821348	46,123606
Longitud de la línea (km)	73,22			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-412796,5	-2,18E-06	infinita

Directa	0	-242659,1	-3,96E-06	infinita
Inversa	0	-242659,1	-3,96E-06	infinita

Gilgel Gibe-Ghedo 230 kV (circuito 1)				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,198647	1,239745	0,93254785	0,041857
Directa	0,030568	0,298712	3,12569874	44,235874
Inversa	0,030568	0,298712	3,12569874	44,235874
Longitud de la línea (km)	131,2			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-403546,3	-2,23E-06	infinita
Directa	0	-222654,8	-3,47E-06	infinita
Inversa	0	-222654,8	-3,47E-06	infinita

Gilgel Gibe-Ghedo 230 kV (circuito 2)				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,198647	1,239745	0,93254785	0,041857
Directa	0,030568	0,298712	3,12569874	44,235874
Inversa	0,030568	0,298712	3,12569874	44,235874
Longitud de la línea (km)	131,2			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-403546,3	-2,23E-06	infinita
Directa	0	-222654,8	-3,47E-06	infinita
Inversa	0	-222654,8	-3,47E-06	infinita
Sebeta-Gafarsa 230 kV				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,216781	1,289849	0,97865432	0,041857
Directa	0,026098	0,278946	3,08765032	40,089547
Inversa	0,026098	0,278946	3,08765032	40,089547
Longitud de la línea (km)	81			
Secuencia	Rc	Xc	e	Gc
Homopolar	0	-436790,3	-2,55E-06	infinita
Directa	0	-265478,8	-3,86E-06	infinita
Inversa	0	-265478,8	-3,86E-06	infinita

Sebeta-Kaliti 230 kV				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,187601	1,457896	0,89569876	0,03876
Directa	0,028968	0,274512	3,98765874	42,725634
Inversa	0,028968	0,274512	3,98765874	42,725634
Longitud de la línea (km)	98			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-415646,2	-2,45E-06	infinita
Directa	0	-245690,8	-3,35E-06	infinita
Inversa	0	-245690,8	-3,35E-06	infinita

Gafarsa-Hossaina 230 kV				
Secuencia	R	XI	BI	GI
Homopolar	0,238596	1,237731	0,80793021	0,069421
Directa	0,035692	0,356134	2,85412397	48,758964
Inversa	0,035692	0,356134	2,85412397	48,758964
Longitud de la línea (km)	35			
Secuencia	Rc	Xc	Bc	Gc
Homopolar	0	-480797,5	-2,04E-06	infinita
Directa	0	-378940,3	-2,64E-06	infinita
Inversa	0	-378940,3	-2,64E-06	infinita

+ Parámetros eléctricos de los autotransformadores y transformadores
(Datos de la placa de características):

- Transformador TDN 230/33 kV

Potencia nominal: (ONAN/ONAF) -> 20/25 MVA

Relación de transformación en todas las tomas:

DLTC POS.	SELECTOR	PRESELECTOR POSITION	VOLTAGE HV, kV	CURRENT, A
1	1	K+	264,5	54,570
2	2		261,1	55,291
3	3		257,6	56,032
4	4		254,2	56,792
5	5		250,7	57,574
6	6		247,3	58,377
7	7		243,8	59,203
8	8		240,4	60,053
9	9		236,9	60,928
10	10		233,5	61,828
11	11		230	62,755
12	K	K-	230	62,755
13	1		230	62,755
14	2		226,6	63,711
15	3		223,1	64,696
16	4		219,7	65,713
17	5		216,2	66,761
18	6		212,8	67,844
19	7		209,3	68,962
20	8		205,9	70,118
21	9		202,4	71,313
22	10		199,0	72,550
23	11		195,5	73,830

Tensión de cortocircuito: 10%

Grupo de conexión: YNd

Indice horario: 11

- Autotransformador 400/230/38 kV

Potencia nominal: ONAN/ONAF/OFAF ->130/180/250MVA

Relación de transformación en todas las tomas:

HV						
POS.	VOLTAGE (V)	CURRENT (A)			TAP-CHANGER CONNECTION	
		ONAN	ONAF	OFAF	SELECTOR	PRE-SELECTOR
1	460000	183,2	225,8	313,8	1	+ K
2	454000	185,3	228,9	317,9	2	
3	448000	187,5	232,0	322,2	3	
4	442000	189,8	235,1	326,8	4	
5	436000	172,1	238,4	331,0	5	
6	430000	174,5	241,7	335,7	6	
7	424000	177,0	245,1	340,4	7	
8	418000	179,8	248,8	345,3	8	
9	412000	182,2	252,2	350,3	9	
10	406000	184,9	256,0	355,5	10	
11A	400000	187,6	259,8	360,8	11	- K
11	400000	187,6	259,8	360,8	K	
11B	400000	187,6	259,8	360,8	1	
12	394000	190,5	263,8	366,3	2	
13	388000	193,4	267,8	372,0	3	
14	382000	196,5	272,0	377,8	4	
15	376000	199,6	276,4	383,8	5	
16	370000	202,9	280,9	390,1	6	
17	364000	206,2	285,5	396,5	7	
18	358000	209,7	290,3	403,2	8	
19	352000	213,2	295,2	410,0	9	
20	346000	216,9	300,4	417,2	10	
21	340000	220,8	305,7	424,5	11	

Tensión de cortocircuito: 11.5%

Grupo de conexión: Yna0(d11)

+ Parámetros eléctricos de las baterías de condensadores

- Barras de 400 kV

Potencia nominal: 90 MVar

Tensión nominal: 400 kV

Numero de condensadores: 24//24 por fase-> un total de 144

Tensión nominal, potencia y capacidad por unidad de condensador:

9623 V

625 kVar

21.5 uF

- Barras de 230 kV

Potencia nominal: 45.11 Mvar

Tensión nominal: 230 kV

Numero de condensadores: 14//14 por fase->un total de 86

Tensión nominal, potencia y capacidad por unidad de condensador:

9485 V

536 kVar

19.0 uF

+ Alcances y temporizaciones de las unidades de distancia.

- Las protecciones de distancia serán de característica cuadrangular con el siguiente número de zonas y temporizaciones de las mismas:

Protección de subalcance permisivo.

Zona 1: 0 ms

Zona 2: 300 ms

Zona 3: 600 ms

+ Número y tiempos de los reenganches.

- Número de ciclos de reenganche: 3
- Tiempo de 1º ciclo: 3s
- Tiempo de 2º ciclo: 30s
- Tiempo de 3º ciclo: 60s
- Tiempo de reinicio: 120s

9.5 Coordinación de protecciones y cálculo de ajustes:

9.5.1 Objeto del cálculo de ajustes

Este es un documento que tiene por objeto hacer el cálculo de los valores de ajuste de las protecciones eléctricas de la subestación Sebete II del presente proyecto.

Para los cálculos, se han utilizado los datos proporcionados en el apartado 9.3 de la memoria.

A partir de aquí, se van a ir viendo la coordinación entre protecciones y los ajustes protección por protección de cada posición de la subestación.

9.5.2 Ajustes protecciones de la posición de línea de 400 kV

Ante una falta en una línea, se garantiza el transporte de energía mediante:

- Disparo rápido.
- Disparo selectivo (justo el trozo de la línea donde se ha producido el fallo)
- Disparo monofásico. El 80% de las faltas son monofásicas.

Las protecciones normalmente utilizadas para la protección de líneas:

- Protección diferencial de hilos piloto: sólo para líneas cortas <10km.
No es nuestro caso.
- Protección de distancia: la característica utilizada es la cuadrangular con subalcance permisivo.. Para ello, se dispone de dos relés uno en cada extremo de la línea que se encuentran comunicados para coordinar la primera zona de los relés y evitar aperturas de líneas por faltas externas.

Cada relé actúa en $t=0$ si detecta defecto en 1ª zona o sí, recibe aviso de arranque de 1ª zona del otro relé y en el relé se cumplen “condiciones de permiso” que pueden ser (una o varias):

- Arranque de 1ª o 2ª zona
- Mínima tensión
- Mínima intensidad (las dos últimas serían protecciones redundantes).

Funcionamiento (Fig 8.5.2.1): ante falta en P, Rb detecta el defecto en 1ª zona y envía aviso de arranque a Ra. Ra, recibe aviso de arranque de Rb y tiene “condiciones de permiso”, actúa en $t=0$.



Fig. 9.5.2.1 Funcionamiento protección de distancia con subalcance permisivo

- Protecciones de sobreintensidad y sobreintensidad direccional: son protecciones de respaldo de la protecciones principal de distancia.
- Reenganchadores: la gran mayoría de faltas en líneas son muy breves y la causa desaparece inmediatamente:
 - Ramas de árbol
 - Nidos
 - Objetos arrastrados o contacto entre fases por viento
 - Contorneo de aisladores por tormenta
 - Caída de rayos

Se puede reponer la línea inmediatamente y reducir tiempos sin servicio. Es difícil hacerlo manualmente por personal de operación debido a que puede haber un disparo simultáneo y tener que reponer varias líneas, o por no saber si es falta mantenida, etc. Por ello se necesita de un automatismo que permita, tras la actuación de las protecciones, reconectar la línea para minimizar la pérdida de servicio: reenganchador.

Protección de distancia (protección principal)

Funciones Incluidas: 50BF, 50/51, 50N/51N, 67N, 27/59, 79, 25, 21

Referencia: 7SA5221-4DB90-4HR4-L0S

Función 21:

-Tensión nominal: 400kV

-Datos de TT:

400000/100V

-Datos de TI:

1600/1 A

- Datos líneas:

		Longitud (Km)	R (Omh/Km)	X (Omh/Km)
L1: SII-GGII	Z1	185	0,02950089	0,289654
	Z0		0,178072	1,12358
L2: GG-GGII	Z1	28	0,04465	0,265088
	Z0		0,153078	1,071135
L3: GG-Ghedo	Z1	131,2	0,030568	0,298712
	Z0		0,198647	1,239745

-Impedancias totales en ohmios:

		PRIMARIO		SECUNDARIO		
		R (Ohm)	X (Ohm)	R (Ohm)	X (Ohm)	PHI (°)
L1: SII-GGII	Z1L	5,4577	53,586	2,1831	21,4344	84,18
	Z0L	32,9433	207,8623	13,1773	83,1449	80,99
L2: GG-GGII	Z1L	1,2502	7,4225	0,5001	2,969	80,44
	Z0L	4,2862	29,9918	1,7145	11,9967	81,87
L3: GG-Ghedo	Z1L	4,0105	39,191	1,6042	15,6764	84,16
	Z0L	26,0625	162,6545	10,425	65,0618	80,9

-Alcances:

			PRIMARIO		SECUNDARIO		
			R (Ohm)	X (Ohm)	R (Ohm)	X (Ohm)	PHI (°)
Zona 1	0,85	*L1	4,639	45,5481	1,8556	18,2192	84,18
Zona 2	0,5	*L2 + L1	6,0828	57,2973	2,4331	22,9189	83,94

Zona 3	0,5	*L3 + L1+ L2	8,7132	73,1815	3,4853	29,2726	83,21
--------	------------	--------------	--------	---------	--------	---------	-------

-Características de disparo:

	Alcance (Ohm. BT)	Temporiz. (ms.)
Zona 1	18,31	0
Zona 2	23,05	300
Zona 3	29,48	600

Función 79 (reenganchador):

- Reenganche monofásico

Número de ciclos de reenganche: 3

Tiempo de 1º ciclo: 3s

Tiempo de 2º ciclo: 30s

Tiempo de 3º ciclo: 60s

Tiempo de reinicio: 120s

Función 51 (unidad temporizada de fase):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 1.2 A

-Temporización: curva inversa índice k = 0.12

Función 50 (unidad instantánea de fase):

-Arranque: 6 A

-Temporización: 0ms

Función 51N (unidad temporizada de neutro):

- Tiempo: normal inverso
- Arranque: 0.3 A
- Temporización: curva inversa índice $k = 0.1$

Función 50N (unidad instantánea de neutro):

- Arranque: 4 A
- Temporización: 0ms

Función 67N (unidad direccional de neutro):

- Arranque: 3 A
- Temporización: 0.1s

Función 59 (unidad de sobretensión de fase):

- Arranque: 110 V (110%Un)
- Temporización: 0.5 s

Función 27 (unidad de subtensión de fase):

- Arranque: 85 V (85%Un)
- Temporización: 0.8 s

La protección de distancia secundaria o de respaldo es igual que la anterior. Se podría haber colocado una protección con las mismas funciones que la principal, pero distinta marca, para que en caso de un fallo particular de la protección principal, la secundaria esté lista para actuar, en cambio, si son iguales, se podría producir el mismo fallo y no actuar ninguna de las dos.

9.5.3 Ajustes protecciones de la posición de línea de 230 kV

En esta posición, consideramos las dos posiciones de línea de 230 kV con los mismos ajustes, debido a que los datos proporcionados por el cliente de las características de las líneas son iguales.

Protección de distancia (protección principal)

Funciones Incluidas: 50BF, 50/51, 50N/51N, 67N, 27/59, 79, 25, 21

Referencia: 7SA5221-4DB90-4HR4-L0S

Función 21:

-Tensión nominal: 230kV

-Datos de TT:

230000/100V

-Datos de TI:

800/1 A

-Datos líneas:

		Longitud (Km)	R (Omh/Km)	X (Omh/Km)
L1: SII-S	Z1	16	0,020666	0,299636
	Z0		0,167214	1,19591
L2: S-Gafarsa	Z1	81	0,026098	0,278946
	Z0		0,216781	1,289849
L3: G-Hossiana	Z1	35	0,035692	0,356134
	Z0		0,238596	1,237731

-Impedancias totales en ohmios:

		PRIMARIO		SECUNDARIO		
		R (Ohm)	X (Ohm)	R (Ohm)	X (Ohm)	PHI (°)
L1: SII-S	Z1L	0,3307	4,7942	0,115	1,6675	86,05
	Z0L	2,6754	19,1346	0,9306	6,6555	82,04
L2: S-Gafarsa	Z1L	2,1139	22,5946	0,7353	7,859	84,66
	Z0L	17,5593	104,4778	6,1076	36,3401	80,46
L3: G-Hossiana	Z1L	1,2492	12,4647	0,4345	4,3355	84,28
	Z0L	8,3509	43,3206	2,9047	15,068	79,09

-Alcances:

			PRIMARIO		SECUNDARIO		PHI (°)
			R (Ohm)	X (Ohm)	R (Ohm)	X (Ohm)	
Zona 1	0,85	*L1	0,2811	4,0751	0,0978	1,4174	86,05
Zona 2	0,5	*L2 + L1	1,3877	16,0915	0,4827	5,597	85,07
Zona 3	0,5	*L3 + L1+ L2	3,0692	33,6212	1,0675	11,6943	84,78

-Características de disparo:

	Alcance (Ohm. BT)	Temporiz. (ms.)
Zona 1	1,42	0
Zona 2	5,62	300
Zona 3	11,74	600

Función 79 (reenganchador):

- Reenganche monofásico y trifásico.

Número de ciclos de reenganche: 3

Tiempo de 1º ciclo: 3s

Tiempo de 2º ciclo: 30s

Tiempo de 3º ciclo: 60s

Tiempo de reinicio: 120s

Función 51 (unidad temporizada de fase):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 1.2 A

-Temporización: curva inversa índice k = 0.12

Función 50 (unidad instantánea de fase):

-Arranque: 6 A

-Temporización: 0ms

Función 51N (unidad temporizada de neutro):

- Tiempo: normal inverso
- Arranque: 0.3 A
- Temporización: curva inversa índice $k = 0.1$

Función 50N (unidad instantánea de neutro):

- Arranque: 4 A
- Temporización: 0ms

Función 67N (unidad direccional de neutro):

- Arranque: 3 A
- Temporización: 0.1s

Función 59 (unidad de sobretensión de fase):

- Arranque: 110 V (110% U_n)
- Temporización: 0.5 s

Función 27 (unidad de subtensión de fase):

- Arranque: 85 V (85% U_n)
- Temporización: 0.8 s

La protección de distancia secundaria o de respaldo es igual que la anterior. Se podría haber colocado una protección con las mismas funciones que la principal, pero distinta marca, para que en caso de un fallo particular de la protección principal, la secundaria esté lista para actuar, en cambio, si son iguales, se podría producir el mismo fallo y no actuar ninguna de las dos.

9.5.4 Ajustes protecciones de la posición de línea de 33 kV

Se trata de una red de distribución radial en la que se van a utilizar relés de sobreintensidad de fase y neutro (51/51N) con *tiempo normal inverso* para reducir el tiempo de despeje cuando exista una falta grave en las líneas (cuanto mayor I_F menor tiempo) y aportar mayor selectividad.

No hará falta poner protecciones de sobreintensidad direccional puesto que al ser una configuración radial, sólo vendrá aporte de corriente por el lado aguas arriba (generación).

Coordinación: $P_{CC1} \cong P_{CC2} \rightarrow I_{F1} \cong I_{F2}$

Con el mismo ajuste en relés A y B actuarían ambos. Con falta en 1 se quedaría la carga C sin suministro.

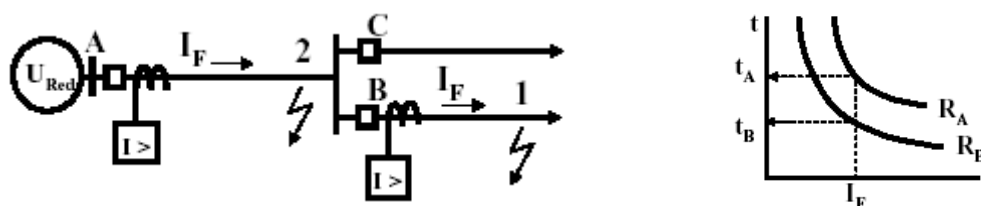


Fig. 9.5.4.1 Coordinación protecciones en una red de distribución radial.

Protección de sobreintensidad

Funciones: 51, 51N

Referencia: 7SJ6021-4EB30-1FA0

Función 51 (unidad temporizada de fase):

- Tiempo: normal inverso
- Arranque: 1.5 A
- Temporización: curva inversa índice $k = 0.12$

Función 51N (unidad temporizada de neutro):

- Tiempo: normal inverso
- Arranque: 0.4 A
- Temporización: curva inversa índice $k = 0.1$

9.5.5 Ajustes de las protecciones de la posición de autotransformador de 400/230 kV (2 posiciones iguales)

Se trata de un elemento de confluencia de potencias con un alto compromiso de funcionamiento y elevados costes de reparación por lo que sus protecciones requieren fiabilidad, obediencia, rapidez y selectividad.

En esta posición, pueden existir defectos externos e internos. Los internos son los propios del transformador: deterioro del núcleo magnético, faltas entre espiras de una fase, corte de arrollamientos, faltas de aislamiento, defectos en el circuito de aceite. Estos defectos se eliminan con protecciones equipadas en el *propio transformador* como son en el caso de nuestro transformador, las siguientes:

- Protección de sobrecarga (49)
- Dispositivo térmico (26)
- Relé de presión de gas, líquido o vacío (63)
- Relé Buchholz (97)
- Relé de nivel de aceite (99)
- Relé de presión de gas, líquido o vacío del regulador de tensión (63J)
- Relé Buchholz del regulador (97J)
- Relé del nivel de aceite del regulador (99J)

Entre los defectos externos distinguimos: sobretensiones transitorias o permanentes, subfrecuencias permanentes (sobreexcitación), cortocircuitos en red.

Las *protecciones eléctricas* utilizadas en esta posición para detener dichos efectos:

- Protección diferencial (87T). Es una protección que detecta faltas entre fases. Requiere de una protección de respaldo de sobreintensidad. Se trata de una protección absolutamente selectiva, es decir, detecta sólo las faltas internas de la posición del transformador.
- Protección de distancia (21T): detecta faltas tanto internas como externas a la posición del transformador. Es protección principal.
- Protección de sobreintensidad: detecta sobreintensidades en devanados por:
 - Faltas internas: es respaldo de la diferencial en transformadores grandes y es protección principal en pequeños (<25 MVA)
 - Faltas externas: sobreintensidad por faltas externas

La unidad instantánea de fase de la protección de sobreintensidad (50) tendrá un valor de arranque mayor que el rango de corrientes de cortocircuito externas y menor que el rango de corrientes de cortocircuito internas para poder actuar ante faltas internas, pero no actuar ante faltas externas. Deberá estar coordinada con la protección diferencial como protección de respaldo, para lo cual tendrá una temporización distinta de cero. En el caso de que no exista protección diferencial (transformadores <25 MVA), la protección actuará como principal para lo cual su temporización será 0 s.

La unidad temporizada de fase (51), en cambio, actuará para faltas próximas en salida de línea, para lo cual debe coordinarse con los relés de

salida de línea, permitiendo sobrecargas admisibles y transitorios de inserción del transformador.

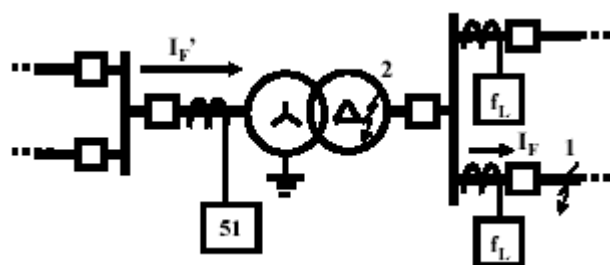
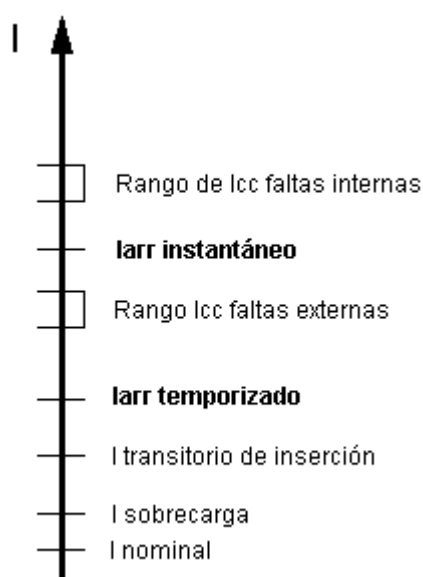


Fig. 9.5.5.1 Actuación de la protección de sobreintensidad de la posición de transformador

En la protección de sobreintensidad de neutro sólo se activa la unidad temporizada (51N), la cual vigila la corriente de neutro y cuya temporización debe estar coordinada con las 51N de salida de líneas.

- Protección de fallo de interruptor detectará fallos en la apertura de este cuando un relé cualquiera le haga disparar. En caso de que el interruptor de barras en la posición del transformador no se abriese, la protección de fallo de interruptor hará disparar todos los interruptores de barras de la subestación para que la falta no se disperse.

Protección diferencial de autotransformador

Funciones: 87, 46, 50BF, 74TC, 64

Referencia: 7UT6131-4EB92-1BA0 + L0S

Datos Trafo:

Fabricante:	AREVA	Regulación:	AT
Nº Serie:		Nº de tomas (+/-):	11
Potencia:	250 MVA	Tensión toma:	1,35 %
Tensión AT:	400 kV		
Tensión BT:	230 kV		
Conexión:	YNd11		

Datos T.I.:

<u>Lado AT:</u>	400 A	<u>Lado BT:</u>	800 A
	1 A		1 A

Ajustes de Configuración:

Grupo de conexión:

Lado AT:	Y
Lado BT:	D11

Filtro Homopolar:

Lado AT: **SI**

Lado BT: **SI**

Ajustes de Protección:

Datos nominales:

	Potencia (MVA)	Tensión (kV)	Int. prim. (A)	Int. sec. (A)
Toma máxima lado AT:	250	459,4	314,1871295	0,785467824
Toma media lado AT:	250	400	360,8439182	0,902109796
Toma mínima lado AT:	250	340,6	423,7744195	1,059436049
Toma media lado BT:	250	230	627,5546404	0,453435434

Unidad

Diferencial:

Lado AT: 0,902109796 In (0,1-2,5)

Lado BT: 0,453435434 In (0,1-2,5)

Intensidades referidas al devanado de Lado 400kV
referencia:

	Int. AT (A)	Int. BT (A)	Int. Diferencial (A)	Int. Paso (A)	Error (%)
Toma máxima:	0,785467824	0,906870868	0,121403044	0,785467824	15,45614476
Toma media:	0,902109796	0,906870868	0,004761072	0,902109796	0,527770797
Toma mínima:	1,059436049	0,906870868	0,152565181	0,906870868	16,82325308

Ajuste de la pendiente:

Error máximo de ajuste: 16,82325308 %

Error trafos de intensidad: 5 %

Error por corriente de vacio: 2 %

Error total: 23,82325308 %

Característica de operación sin armónicos:

	Int. Dif. (A)	Int. Paso (A)	Zona de Operac.	Int. Límite (A):	Operac. Unidad
Toma máxima:	0,121403044	0,785467824	ZONA II	0,353866956	NO
Toma media:	0,004761072	0,902109796	ZONA II	0,383027449	NO
Toma mínima:	0,152565181	0,906870868	ZONA II	0,384217717	NO

Unidad Diferencial:

Habilitación de Unidad:	SI	
Valor Toma Devanado 1º (A):	0,9	
Valor Toma Devanado 2º (A):	0,45	
Sensibilidad diferencial (A):	0,27	(0,5 - 5)
Pendiente (%):	25	(15 - 50)

Frenado 2º armónico (%):	25
Frenado 5º armónico (%):	25
Temporización (seg.):	0

Ajustes de Protección Diferencial:

$I_{d>}$ (p.u.):	0,2
$I_{d>>}$ (p.u.):	8

Unidad de fallo de interruptor (50BF)

-Reiteración del disparo al propio interruptor: 150 ms

-Apertura de los demás interruptores conectados a la barra donde está conectado el interruptor fallado: 250 ms

Protección de distancia (Lado de alta tensión)

Funciones Incluidas: 25, 21, 50/51, 50N/51N

Referencia: 7SA5221-4CB90-0EE0-LOS

Función 21:

- Tensión nominal: lado de 400kV

-Datos de TT:

400000/100V

-Datos de TI:

400/1 A

- Datos líneas:

		Longitud (Km)	R (Omh/Km)	X (Omh/Km)
L1: Trafo SII	Z1	1	0,02950089	0,289654
	Z0		0,178072	1,12358
L2: SII-S	Z1	28	0,04465	0,265088
	Z0		0,153078	1,071135
L3: S-Gafarsa	Z1	81	0,026098	0,278946
	Z0		0,216781	1,289849

-Impedancias totales en ohmios:

Impedancias totales (Ohm.):

		PRIMARIO		SECUNDARIO		PHI (°)
		R (Ohm)	X (Ohm)	R (Ohm)	X (Ohm)	
L1: Trafo SII	Z1L	0,0295	0,2897	0,003	0,029	84,19
	Z0L	0,1781	1,1236	0,0178	0,1124	80,99
L2: SII-S	Z1L	1,2502	7,4225	0,125	0,7423	80,44
	Z0L	4,2862	29,9918	0,4286	2,9992	81,87
L3: S-Gafarsa	Z1L	2,1139	22,5946	0,2114	2,2595	84,66

Z0L 17,5593 104,4778 1,7559 10,4478 80,46

-Alcances:

		PRIMARIO		SECUNDARIO		PHI (°)
		R (Ohm)	X (Ohm)	R (Ohm)	X (Ohm)	
Zona 1	0,85 *L1	0,0251	0,2462	0,0025	0,0246	84,18
Zona 2	0,5 *L2 + L1	0,6546	4,001	0,0655	0,4001	80,71
Zona 3	0,5 *L3 + L1+ L2	2,3367	11,587	0,2337	1,1587	78,6

-Características de disparo:

	Temporiz.	
	Alcance (Ohm. BT)	(ms.)
Zona 1	0,02	0
Zona 2	0,41	300
Zona 3	1,18	600

Función 51 (unidad temporizada de fase):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 1.3 A

-Temporización: curva inversa índice k = 0.14

Función 50 (unidad instantánea de fase):

-Arranque: 6 A

-Temporización: 150 ms

Memoria

Función 51N (unidad temporizada de neutro):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 0.2 A

-Temporización: curva inversa índice $k = 0.1$

Protección de distancia (Lado de 230 kV)

Funciones Incluidas: 25, 21, 50/51, 50N/51N

Referencia: 7SA5221-4CB90-0EE0-LOS

Función 21:

- Tensión nominal: lado de 230kV

-Datos de TT:

230000/100V

-Datos de TI:

800/1 A

- Datos líneas:

		Longitud (Km)	R (Omh/Km)	X (Omh/Km)
L1: Trafo SII	Z1	1	0,025	7,3
	Z0		0,178072	1,12358
L2: SII-GGII	Z1	185	0,02950089	0,289654
	Z0		0,178072	1,12358
L3: GG-Ghedo	Z1	28	0,04465	0,265088
	Z0		0,153078	1,071135

-Impedancias totales en ohmios:

		PRIMARIO		SECUNDARIO		PHI (°)
		R (Ohm)	X (Ohm)	R (Ohm)	X (Ohm)	
L1: Trafo SII	Z1L	0,025	7,3	0,0087	2,5391	89,8
	Z0L	0,1781	1,1236	0,0619	0,3908	80,99
L2: SII-GGII	Z1L	5,4577	53,586	1,8983	18,6386	84,18
	Z0L	32,9433	207,8623	11,4585	72,2999	80,99
L3: GG-Ghedo	Z1L	1,2502	7,4225	0,4349	2,5817	80,44
	Z0L	4,2862	29,9918	1,4909	10,4319	81,87

-Alcances:

		PRIMARIO		SECUNDARIO		PHI (°)
		R (Ohm)	X (Ohm)	R (Ohm)	X (Ohm)	
Zona 1	0,85*L1	0,0213	6,205	0,0074	2,1583	89,8
Zona 2	0,5*L2 + L1	2,7539	34,093	0,9579	11,8584	85,38
Zona 3	0,5*L3 + L1+ L2	6,1078	64,5973	2,1245	22,4686	84,6

-Características de disparo:

	Alcance (Ohm. BT)	Temporiz. (ms.)
Zona 1	2,16	0
Zona 2	11,9	300
Zona 3	22,57	600

Función 51 (unidad temporizada de fase):

- Tiempo: normal inverso
- Arranque: 1.3 A
- Temporización: curva inversa índice $k = 0.14$

Función 50 (unidad instantánea de fase):

- Arranque: 6 A
- Temporización: 150 ms

Función 51N (unidad temporizada de neutro):

- Tiempo: normal inverso
- Arranque: 0.2 A
- Temporización: curva inversa índice $k = 0.12$

9.5.6 Ajustes de las protecciones de la posición de transformador de 230/33 kV

Protección diferencial de autotransformador

Funciones: 87, 46, 50BF, 74TC, 64

Referencia: 7UT6131-5EB91-1BA0 + L0S

Datos Trafo:

Fabricante:	ZTR	Regulación:	AT
Nº Serie:		Nº de tomas (+/-):	11
Potencia:	25 MVA	Tensión toma:	1,5 %
Tensión AT:	230 kV		
Tensión BT:	33 kV		
Conexión:	YNd11		

Datos T.I.:

<u>Lado AT:</u>	100 A	<u>Lado BT:</u>	600 A
	1 A		1 A

Ajustes de Configuración:

Grupo de conexión:

Lado AT:	Y
Lado BT:	D11

Filtro Homopolar:

Lado AT:	SI
Lado BT:	SI

Ajustes de Protección:

Datos nominales:

	Potencia (MVA)	Tensión (kV)	Int. prim. (A)	Int. sec. (A)
Toma máxima lado AT:	25	267,95	53,86735111	0,538673511
Toma media lado AT:	25	230	62,75546404	0,62755464
Toma mínima lado AT:	25	192,05	75,15624436	0,751562444
Toma media lado BT:	25	33	437,3865676	0,421374343

Unidad Diferencial:

Lado AT: 0,62755464 In (0,1 - 2,5)

Lado BT: 0,421374343 In (0,1 - 2,5)

Intensidades referidas al devanado de referencia: Lado 230kV

	Int. AT (A)	Int. BT (A)	Int. Diferencial (A)	Int. Paso (A)	Error (%)
Toma máxima:	0,538673511	0,632061514	0,093388003	0,538673511	17,33666141
Toma media:	0,62755464	0,632061514	0,004506873	0,62755464	0,718164302
Toma mínima:	0,751562444	0,632061514	0,11950093	0,632061514	18,90653476

Ajuste de la pendiente:

Error máximo de ajuste:	18,90653476 %
Error trafos de intensidad:	5 %
Error por corriente de vacío:	2 %
Error total:	<u>25,90653476 %</u>

Característica de operación sin armónicos:

	Int. Dif. (A)	Int. Paso (A)	Zona de Operac.	Int. Límite (A):	Operac. Unidad
Toma máxima:	0,093388003	0,538673511	ZONA II	0,257102053	NO
Toma media:	0,004506873	0,62755464	ZONA II	0,283766392	NO
Toma mínima:	0,11950093	0,632061514	ZONA II	0,285118454	NO

Unidad Diferencial:

Habilitación de Unidad:	SI
Valor Toma Devanado 1º (A):	0,63
Valor Toma Devanado 2º (A):	0,42
Sensibilidad diferencial (A):	0,19
Pendiente (%):	30
Frenado 2º armónico (%):	30
Frenado 5º armónico (%):	30
Temporización (seg.):	0

Unidad Instantánea:

Habilitación de Unidad:	SI
Unidad Instantánea:	8 * ITOMA
Temporización (seg.):	0

Ajustes de Protección Diferencial:

$I_{d>}$ (p.u.):	0,2
$I_{d>>}$ (p.u.):	8

Unidad de fallo de interruptor (50BF)

-Reiteración del disparo al propio interruptor: 150 ms

-Apertura de los demás interruptores conectados a la barra donde está conectado el interruptor fallado: 250 ms

Protección de sobreintensidad

Funciones: 50/51, 50N/51N, 49, 46, 74TC, 86, 25

Referencia: 7SJ6221-4EB90-1FC0 + LOS

Función 51 (unidad temporizada de fase):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 1.2 A

-Temporización: curva inversa índice $k = 0.12$

Función 50 (unidad instantánea de fase):

-Arranque: 6 A

-Temporización: 0ms

Función 51N (unidad temporizada de neutro):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 0.3 A

-Temporización: curva inversa índice $k = 0.1$

Función 50N (unidad instantánea de neutro):

-Arranque: 4 A

-Temporización: 0ms

9.5.7 Ajustes de las protecciones de la posición de batería de condensadores de 400 kV

La protección de sobreintensidad tiene la misión de desconectar la batería de condensadores cuando se produce un cortocircuito entre fases o a tierra de la batería.

Generalmente dicha protección no es sensible a las averías internas de los elementos que componen la batería.

Se acostumbra a instalar relés de fase y neutro a tiempo normal inverso con elemento instantáneo.

Para evitar el disparo de los elementos instantáneos de fases en los instantes de la conexión, debido a la corriente inicial, basta retardar estos elementos en 0.1-0.3 s; o bien ajustarlos por encima de la máxima corriente de conexión; o disponer de un

filtro de armónicos. Lo que se hará en nuestro caso es ajustar el valor de arranque por encima de la corriente de inserción de la batería de condensadores.

Solamente aparecerá corriente de neutro en el supuesto de falta a tierra en la propia batería, por lo que el valor de ajuste del relé de neutro puede ser bajo.

Protección de sobreintensidad

Funciones: 50/51, 50N/51N, 50BF

Referencia: 7SJ6021-4EB30-1FA0

Unidad de fallo de interruptor (50BF)

-Reiteración del disparo al propio interruptor: 150 ms

-Apertura de los demás interruptores conectados a la barra donde está conectado el interruptor fallado: 250 ms

Función 51 (unidad temporizada de fase):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 1.2 A

-Temporización: curva inversa índice $k = 0.12$

Función 50 (unidad instantánea de fase):

-Arranque: 6 A

-Temporización: 0ms

Función 51N (unidad temporizada de neutro):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 0.3 A

-Temporización: curva inversa índice $k = 0.1$

Función 50N (unidad instantánea de neutro0):

-Arranque: 4 A

-Temporización: 0ms

9.5.8 Ajustes de las protecciones de la posición de batería de condensadores de 230 kV

Protección de sobreintensidad

Funciones: 50/51, 50N/51N, 50BF

Referencia: 7SJ6222-4EB90-1FD0

Unidad de fallo de interruptor (50BF)

-Reiteración del disparo al propio interruptor: 150 ms

-Apertura de los demás interruptores conectados a la barra donde está conectado el interruptor fallado: 250 ms

Función 51 (unidad temporizada de fase):

-Tiempo: normal inverso

-Arranque: 1.2 A

-Temporización: curva inversa índice $k = 0.12$

Función 50 (unidad instantánea de fase):

-Arranque: 6 A

-Temporización: 0ms

Función 51N (unidad temporizada de neutro):

- Tiempo: normal inverso
- Arranque: 0.3 A
- Temporización: curva inversa índice $k = 0.1$

Función 50N (unidad instantánea de neutro):

- Arranque: 4 A
- Temporización: 0ms

9.5.9 Ajustes de las protecciones de la posición de barras de 400 kV

Las barras de las subestaciones son críticas en la red, por ello el sistema de protecciones debe ser fiable:

- Obediente: una falta en barras afecta a gran parte del sistema eléctrico. Debe actuar sólo por faltas internas.
- Seguro: las protecciones de barras no deben actuar por faltas externas. No deben producirse disparos intempestivos por faltas en líneas.

Las protecciones que se van a ocupar de proteger la posición de barras son:

- Protección de distancia: se utilizará la 3ª zona de la protección de distancia de las líneas de salida hacia atrás. Ante falta en barras abren todos los interruptores de línea, aislando la barra en falta. Es instantánea.

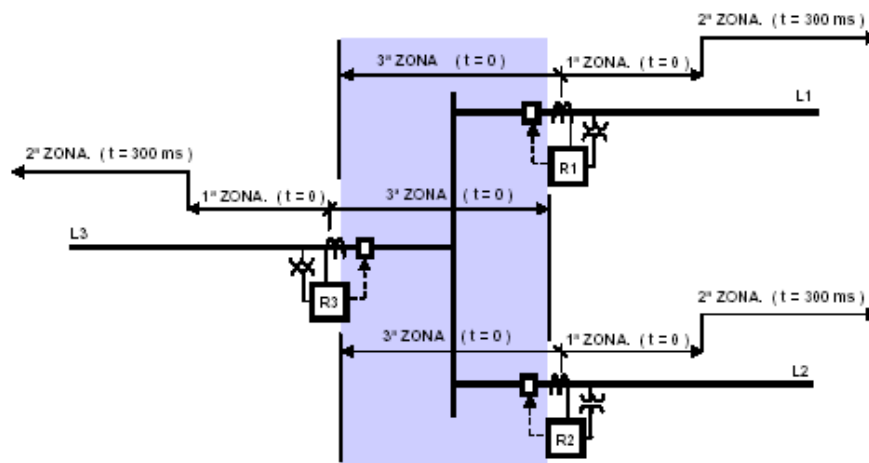


Fig. 9.5.9.1 Protección de distancia con offset

- Protección diferencial de barras: se encargará de eliminar faltas internas a las barras. Es instantánea. Abre todos los interruptores de la barra que se encuentra en falta.

Protección diferencial de barras

Funciones: 87A, 87B, 50BF

Referencia: 7SS5251-5FA01-1AA1

-Intensidad de arranque diferencial: 0.3A

-Pendiente de frenado: 20%

-Temporización: 0 s

Unidad de fallo de interruptor (50BF)

-Reiteración del disparo al propio interruptor: 150 ms

-Apertura de los demás interruptores conectados a la barra donde está conectado el interruptor fallado: 250 ms

9.5.10 Ajustes de las protecciones de la posición de barras de 230 kV

Protección diferencial de barras

Funciones: 87A, 87B, 50BF

Referencia: 7SS5251-5FA01-1AA1

-Intensidad de arranque diferencial: 0.3A

-Pendiente de frenado: 20%

-Temporización: 0 s

Unidad de fallo de interruptor (50BF)

-Reiteración del disparo al propio interruptor: 150 ms

-Apertura de los demás interruptores conectados a la barra donde está conectado el interruptor fallado: 250 ms

10. ANEXOS

10.1 Simbologías típicas.

- I > Protección de máximo de corriente (50 / 51)
- I $\leftarrow$ Protección direccional de corriente (67)
- I_o > Protección de máximo de corriente homopolar (50N / 51N)
- I_o $\leftarrow$ Protección direccional de tierra (67N)
- I_i Protección de máximo de componente inversa / desequilibrio (46)
- I Protección de imagen térmica (49)
- Δ I Protección diferencial (87)
- Δ I_o > Protección diferencial de tierra (87G)
- U < Protección de mínimo de tensión (27)
- > f > Protección de máxima y mínima frecuencia (81)
- U > Protección de máxima tensión (59)
- P $\leftarrow$ Protección contra retorno de potencia activa (32P)
- Q $\leftarrow$ Protección contra retorno de potencia reactiva o desexcitación (32Q / 40)
- U_o > Protección de máxima tensión homopolar (59N)

10.2 Funciones de los dispositivos / Códigos ANSI

10.2.1 N° Función y Descripción

1 Elemento principal es el dispositivo de iniciación, tal como el interruptor de control, relé de tensión, interruptor de flotador, etc., que sirve para poner el aparato en operación o fuera de servicio, bien directamente o a través de dispositivos, tales como relés de protección retardados

2 Relé de cierre o arranque con demora de tiempo es el que da la demora de tiempo deseado entre operaciones de una secuencia automática o de un sistema de protección, excepto cuando es proporcionado específicamente por los dispositivos 48, 62 y 79 descritos más adelante.

3 Relé de comprobación o de bloqueo es el que opera en respuesta a la posición de un número de otros dispositivos, o un número de condiciones predeterminadas, en un equipo para permitir que continúe su operación, para que se pare, o para proporcionar una prueba de la posición de estos dispositivos o de estas condiciones para cualquier fin.

4 Contactor principal es un dispositivo generalmente mandado por el dispositivo n° 1 o su equivalente y los dispositivos de permiso y protección necesarios, y que sirve para abrir y cerrar los circuitos de control necesarios para reponer un equipo en marcha, bajo las condiciones deseadas o bajo otras condiciones o anormales.

5 Dispositivo de parada es aquel cuya función primaria es quitar y mantener un equipo fuera deservicio.

6 Interruptor de arranque es un dispositivo cuya función principal es conectar la máquina a su fuente de tensión de arranque.

7 Interruptor de ánodo es el utilizado en los circuitos del ánodo de un rectificador de potencia, principalmente para interrumpir el circuito del rectificador por retorno del encendido de arco.

8 Dispositivo de desconexión de energía de control es un dispositivo de desconexión (conmutador de cuchilla, interruptor de bloque o fusibles extraíbles)

que se utiliza con el fin de conectar y desconectar, respectivamente, la fuente de energía de control hacia y desde la barra o equipo de control. Se considera que la energía de control incluye a la energía auxiliar que alimenta aparatos pequeños como motores y calefactores.

9 Dispositivo de inversión es el que se utiliza para invertir las conexiones de campo de una máquina o bien para otras funciones especiales de inversión.

10 Conmutador de secuencia es el que se utiliza para cambiar la secuencia de conectar o desconectar unidades en un equipo de unidades múltiples.

11 Reservado para futuras aplicaciones.

12 Dispositivo de exceso de velocidad es normalmente un conmutador de velocidad de conexión directa que actúa cuando la máquina se embala.

13 Dispositivo de velocidad síncrona es el que funciona con aproximadamente la velocidad síncrona normal de una máquina, tal como un conmutador de velocidad centrífuga, relés de frecuencia de deslizamiento, relé de tensión, relé de intensidad mínima o cualquier tipo de dispositivo que accione con aproximadamente la velocidad normal de la máquina.

14 Dispositivo de falta de velocidad es el que funciona cuando la velocidad de la máquina desciende por debajo de un valor predeterminado.

15 Dispositivo regulador de velocidad o frecuencia es el que funciona para mantener la velocidad o frecuencia de una máquina o sistema a un cierto valor, o bien entre ciertos límites.

16 Reservado para futuras aplicaciones.

17 Conmutador para puentear el campo serie sirve para abrir y cerrar un circuito en shunt entre los extremos de cualquier pieza o aparato (excepto una resistencia) tal como el campo de una máquina, un condensador o una reactancia. Esto excluye los dispositivos que realizan las funciones de shunt necesarias para arrancar una máquina por los dispositivos 6 ó 42, o su equivalente, y también

excluye la función del dispositivo 73 que sirve para la operación de las resistencias.

18 Dispositivo de acelerar o decelerar es el que se utiliza para cerrar o hacer cerrar los circuitos que sirven para aumentar o disminuir la velocidad de una máquina.

19 Contactos de transición de arranque a marcha normal. Su función es hacer la transferencia de las conexiones de alimentación de arranque a las de marcha normal de la máquina.

20 Válvula maniobrada eléctricamente es una válvula accionada por solenoide o motor, que se utiliza en circuitos de vacío, aire, gas, aceite, agua o similares.

21 Relés de distancia es el que funciona cuando la admitancia, impedancia o reactancia del circuito disminuyen a unos límites anteriormente fijados.

22 Interruptor igualador sirve para conectar y desconectar las conexiones igualadoras o de equilibrio de intensidad para los reguladores del campo de la máquina o de tensión de la máquina, en una instalación de unidades múltiples.

23 Dispositivo regulador de temperatura es el que funciona para mantener la temperatura de la máquina u otros aparatos dentro de ciertos límites. Un ejemplo es un termostato que enciende un calentador en un elemento de aparellaje, cuando la temperatura desciende a un valor deseado que es distinto de un dispositivo usado para proporcionar regulación de temperatura automática entre límites próximos, y que sería designado como 90T.

24 Reservado para futuras aplicaciones.

25 Dispositivo de sincronización o puesta en paralelo es el que funciona cuando dos circuitos de alterna están dentro de los límites deseados de tensión, frecuencia o ángulo de fase, lo cuál permite o causa la puesta en paralelo de estos circuitos.

26 Dispositivo térmico es el que funciona cuando la temperatura del campo en shunt, o el bobinado amortiguador de una máquina o el de una resistencia de limitación o cambio de carga o de un liquido u otro medio, excede de un valor

determinado. Si la temperatura del aparato protegido, tal como un rectificador de energía, o de cualquier otro medio, está mas abajo de un valor prefijado.

27 Relés de mínima tensión es el que funciona al descender la tensión de un valor prerreglado.

28 Detector de llama. Su función es detectar la existencia de llama en el piloto o quemador principal, por ejemplo de una caldera o una turbina de gas.

29 Contactos de aislamiento es el que se utiliza con el propósito especial de desconectar un circuito de otro, por razones de maniobra de emergencia, conservación o prueba.

30 Relé anunciador es un dispositivo de reposición no automática que da un numero de indicaciones visuales independientes al accionar el dispositivo de protección y además también puede estar dispuesto para efectuar una función de enclavamiento.

31 Dispositivo de excitación separada es el que conecta un circuito, tal como el campo shunt de una conmutatriz, a la fuente de excitación separada durante el proceso de arranque, o bien se utiliza para energizar la excitación y el circuito de encendido de un rectificador.

32 Relé direccional de potencia es el que funciona sobre un valor deseado de potencia en una dirección dada, o sobre la potencia invertida resultante del retroceso del arco en los circuitos de ánodo o cátodo de un rectificador de potencia.

33 Conmutador de posición es el que hace o abre contacto cuando el dispositivo principal o parte del aparato, que no tiene un número funcional de dispositivo, alcanza una posición dada.

34 Conmutador de secuencia movido a motor es un conmutador de contactos múltiples el cual fija la secuencia de operación de los dispositivos principales durante el arranque y la parada, o durante otras operaciones que requieran una secuencia.

35 Dispositivo de cortocircuitar las escobillas o anillos rozantes. Es para elevar, bajar o desviar las escobillas de una máquina, o para cortocircuitar los anillos rozantes.

36 Dispositivo de polaridad es el que acciona o permite accionar a otros dispositivos con una polaridad dada solamente.

37 Relé de mínima intensidad o baja potencia es el que funciona cuando la intensidad o la potencia caen por debajo de un valor predeterminado.

38 Dispositivo térmico de cojinetes es el que funciona con una temperatura excesiva de los cojinetes.

39 Detector de condiciones mecánicas. Su cometido es funcionar en situaciones mecánicas anormales (excepto las que suceden a los cojinetes de una máquina, función 38), tales como vibración excesiva, excentricidad, expansión choque, etc.

40 Relé de campo/pérdida de excitación es el que funciona a un valor anormalmente bajo de la intensidad de campo de una máquina, o por el valor excesivo de la componente reactiva de la corriente de armadura en una máquina de ca, que indica excitación de campo anormalmente baja.

41 Interruptor de campo es un dispositivo que funciona para aplicar o quitar la excitación de campo de la máquina.

42 Interruptor de marcha es un dispositivo cuya función principal es la de conectar la máquina a su fuente de tensión de funcionamiento en marcha, después de haber sido llevada hasta la velocidad deseada de la conexión de arranque.

43 Dispositivo de transferencia es un dispositivo, accionado a mano, que efectúa la transferencia de los circuitos de control para modificar el proceso de operación del equipo de conexión de los circuitos o de algunos de los dispositivos.

44 Relé de secuencia de arranque del grupo es el que funciona para arrancar la unidad próxima disponible en un equipo de unidades múltiples cuando falla o no está disponible la unidad que normalmente le precede.

45 Detector de condiciones atmosféricas. Funciona ante condiciones atmosféricas anormales como humos peligrosos, gases explosivos, fuego, etc.

46 Relé de intensidad para equilibrio o inversión de fases. Es un relé que funciona cuando las intensidades polifásicas están en secuencia inversa o desequilibrada o contienen componentes de secuencia negativa.

47 Relé de tensión para secuencia de fase es el que funciona con un valor dado de tensión polifásica de la secuencia de fase deseada.

48 Relé de secuencia incompleta es el que vuelve el equipo a la posición normal o «desconectado» y lo enclava si la secuencia normal de arranque, funcionamiento o parada no se completa debidamente dentro de un intervalo predeterminado.

49 Relé térmico para máquina, aparato o transformador es el que funciona cuando la temperatura una máquina, aparato o transformador excede de un valor fijado.

50 Relé instantáneo de sobreintensidad y velocidad de aumento de intensidad es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de la intensidad o con un valor excesivo de velocidad de aumento de la intensidad, indicando avería en el aparato o circuito que protege.

51 Relé temporizado de sobreintensidad de ca es un relé con característica de tiempo inversa o definida, que funciona cuando la intensidad de un circuito de ca sobrepasa un valor dado.

52 Interruptor de ca es el que se usa para cerrar e interrumpir un circuito de potencia de ca bajo condiciones normales o de falta o emergencia.

53 Relé de la excitatriz o del generador de cc es el que fuerza el campo de la máquina de cc durante el arranque o funciona cuando la tensión de la máquina ha llegado a un valordado.

54 Reservado para futuras aplicaciones.

55 Relé de factor de potencia es el que funciona cuando el factor de potencia en un circuito de ca no llega o sobrepasa un valor dado.

56 Relé de aplicación del campo es el que se utiliza para controlar automáticamente la aplicación de la excitación de campo de un motor de ca en un punto predeterminado en el ciclo de deslizamiento.

57 Dispositivo de cortocircuito o de puesta a tierra es el que opera por potencia o por energía almacenada y que funciona para cortocircuitar o poner a tierra un circuito, en respuesta a medios automáticos o manuales.

58 Relé de fallo de rectificador de potencia es el que funciona debido al fallo de uno o más ánodos del rectificador de potencia, o por el fallo de un diodo a conducir o bloquear propiamente.

59 Relé de sobretensión es el que funciona con un valor dado de sobretensión.

60 Relé de equilibrio de tensión es el que opera con una diferencia de tensión entre dos circuitos.

61 Reservado para futuras aplicaciones.

62 Relé de parada o apertura con demora de tiempo es el que se utiliza en unión con el dispositivo que inicia la parada total o la indicación de parada o apertura en una secuencia automática.

63 Relé de presión de gas, líquido o vacío es el que funciona con un valor dado de presión de líquido o gas, para una determinada velocidad de variación de la presión.

64 Relé de protección de tierra es el que funciona con el fallo a tierra del aislamiento de una máquina, transformador u otros aparatos, o por contorneamiento de arco a tierra de una máquina de cc. Esta función se aplica solo a un relé que detecte el paso de corriente desde el armazón de una máquina, caja protectora o estructura de una pieza de aparatos, a tierra, o detecta una tierra en un bobinado o circuito normalmente

no puesto a tierra. No se aplica a un dispositivo conectado en el circuito secundario o en el neutro secundario de un transformador o trafos de intensidad, conectados en el circuito de potencia de un sistema puesto normalmente a tierra.

65 Regulador mecánico es el equipo que controla la apertura de la compuerta o válvula de la máquina motora, para arrancarla, mantener su velocidad o detenerla.

66 Relé de pasos es el que funciona para permitir un número especificado de operaciones de un dispositivo dado o equipo, o bien un número especificado de operaciones sucesivas con un intervalo dado de tiempo entre cada una de ellas. También se utiliza para permitir el energizado periódico de un circuito, y la aceleración gradual de una máquina.

67 Relé direccional de sobreintensidad de ca es el que funciona con un valor deseado de circulación de sobreintensidad de ca en una dirección dada.

68 Relé de bloqueo es el que inicia una señal piloto para bloquear o disparar en faltas externas en una línea de transmisión o en otros aparatos bajo condiciones dadas, coopera con otros dispositivos a bloquear el disparo o a bloquear el reenganche en una condición de pérdida de sincronismo o en oscilaciones de potencia.

69 Dispositivo de supervisión y control es generalmente un interruptor auxiliar de dos posiciones accionado a mano, el cual permite una posición de cierre de un interruptor o la puesta en servicio de un equipo y en la otra posición impide el accionamiento del interruptor o del equipo.

70 Reostato es el que se utiliza para variar la resistencia de un circuito en respuesta a algún método de control eléctrico, que, o bien es accionado eléctricamente, o tiene otros accesorios eléctricos, como contactos auxiliares de posición o limitación.

71 Relé de nivel de liquido o gaseoso. Este relé funciona para valores dados de nivel de líquidos o gases, o para determinadas velocidades de variación de estos parámetros.

72 Interruptor de cc es el que se utiliza para cerrar o interrumpir el circuito de alimentación de cc bajo condiciones normales o para interrumpir este circuito bajo condiciones de emergencia

73 Contactor de resistencia en carga es el que se utiliza para puentear o meter en circuito un punto de la resistencia limitadora, de cambio o indicadora, o bien para activar un calentador, una luz, o una resistencia de carga de un rectificador de potencia u otra máquina.

74 Relé de alarma es cualquier otro relé diferente al anunciador comprendido bajo el dispositivo 30 que se utiliza para accionar u operar en unión de una alarma visible o audible.

75 Mecanismo de cambio de posición se utiliza para cambiar un interruptor desconectable en unidad entre las posiciones de conectado, desconectado y prueba.

76 Relé de sobreintensidad de cc es el que funciona cuando la intensidad en un circuito de cc sobrepasa un valor determinado.

77 Transmisor de impulsos es el que se utiliza para generar o transmitir impulsos, a través de un circuito de telemedida o hilos piloto, a un dispositivo de indicación o recepción de distancia.

78 Relé de salto de vector o medidor del ángulo de desfase (protección de salida de paralelo) es el que funciona con un valor determinado de ángulo de desfase entre dos tensiones o dos intensidades, o entre tensión e intensidad.

79 Relé de reenganche de ca es el que controla el reenganche y enclavamiento de un interruptor de ca.

80 Relé de flujo líquido o gaseoso actúa para valores dados de la magnitud del flujo o para determinadas velocidades de variación de éste.

81 Relé de frecuencia es el que funciona con una variación de la frecuencia o por la velocidad de variación de la frecuencia.

82 Relé de reenganche de cc es el que controla el cierre y reenganche de un interruptor de c.c. generalmente respondiendo a las condiciones de la carga del circuito.

83 Relé de selección o transferencia del control automático es el que funciona para elegir automáticamente entre ciertas fuentes de alimentación o condiciones de un equipo, o efectúa automáticamente una operación de transferencia.

84 Mecanismo de accionamiento es el mecanismo eléctrico completo, servomecanismo, incluyendo el motor de operación, solenoides, auxiliares de posición, etc., para un cambiador de tomas, regulador de inducción o cualquier pieza de un aparato que no tenga número de función.

85 Relé receptor de ondas portadoras o hilo piloto es el que es accionado o frenado por una señal y se usa en combinación con una protección direccional que funciona con equipos de transmisión de onda portadora o hilos piloto de cc.

86 Relé de enclavamiento es un relé accionado eléctricamente con reposición a mano o eléctrica, que funciona para parar y mantener un equipo un equipo fuera de servicio cuando concurren condiciones anormales.

87 Relé de protección diferencial es el que funciona sobre un porcentaje o ángulo de fase u otra diferencia cuantitativa de dos intensidades o algunas otras cantidades eléctricas.

88 Motor o grupo motor generador auxiliar es el que se utiliza para accionar equipos auxiliares, tales como bombas, ventiladores, excitatrices, etc.

89 Desconectador de línea es el que se utiliza como un desconectador de desconexión o aislamiento en un circuito de potencia de ca o cc cuando este dispositivo se acciona eléctricamente o bien tiene accesorios eléctricos, tales como interruptores auxiliares, enclavamiento electromagnético, etc.

90 Dispositivo de regulación es el que funciona para regular una cantidad, tal como tensión, intensidad, potencia, velocidad, frecuencia, temperatura y carga a un valor dado, o bien ciertos límites para las máquinas, líneas de unión u otros aparatos.

91 Relé direccional de tensión es el que funciona cuando la tensión entre los extremos de un interruptor o contactor abierto sobrepasa un valor dado en una dirección dada.

92 Relé direccional de tensión y potencia es un relé que permite u ocasiona la conexión de dos circuitos cuando la diferencia de tensión entre ellos excede de un valor dado en una dirección predeterminada y da lugar a que estos dos circuitos sean desconectados uno de otro cuando la potencia circulante entre ellos excede de un valor dado en la dirección opuesta.

93 Contactor de cambio de campo es el que funciona para cambiar el valor de la excitación de la máquina.

94 Relé de disparo o disparo libre es el que funciona para disparar o permitir disparar un interruptor, contactor o equipo, o evitar un reenganche inmediato de un interruptor en el caso que abra por sobrecarga, aunque el circuito inicial de mando de cierre sea mantenido.

95(*)

96(*)

97(*)

98(*)

99(*) (*) Reservado para aplicaciones especiales.

10.2.2 Letras y sufijos de las funciones descritas

- Letras que denotan dispositivos auxiliares separados

C Relé o contactor de cierre

CL Auxiliar, cerrado (energizado cuando el dispositivo principal está en posición de cierre)

CS Conmutador de control

- D** Posición «baja» del relé conmutador
- L** Relé de descenso
- O** Relé de apertura o contactor de apertura
- OP** Relé auxiliar, abierto (energizado cuando el dispositivo principal está en posición abierta)
- PB** Pulsador
- R** Relé de subida
- U** Posición «arriba» del relé conmutador
- Y** Relé auxiliar

Nota: El control de un interruptor con el llamado esquema de control del relé X-Y, el relé de X es el dispositivo cuyos contactos principales son usados para energizar la bobina de cierre o el dispositivo que, de alguna manera, como la liberación de la energía acumulada, causa el cierre del interruptor. Los contactos del relé Y proporcionan una función antibombeo al interruptor.

- Letras que indican la condición o magnitud eléctrica a la que corresponde el dispositivo o el medio al que está unido, tales como:

- A** Aire y Amperios
- C** Corriente
- E** Electrolito
- F** Frecuencia o circuito de falta
- L** Nivel o líquido
- P** Potencia o presión

PF Factor de potencia

Q Aceite

S Velocidad

T Temperatura

V Tensión o volts en vacío

VAR Potencia reactiva

VB Vibración

W Agua o Vatios

- Letras que denotan el lugar del dispositivo principal en el circuito o el tipo de circuito en el que se utiliza el dispositivo o el tipo de circuito o aparato con el que está asociado, cuando este es necesario:

A Alarma o potencia auxiliar

AC Corriente alterna

AN Ánodo

B Batería o ventilador o barra

BK Freno

BP Bypass

C Condensador o compensador o carrier o corriente

CA Cátodo

D Descarga

DC Corriente continua

E Excitatriz

F	Alimentador o campo de filamento
G	Generador o tierra (1)
H	Calentador o albergue
L	línea o lógica
M	Motor o contador
N	Red de Neutro (1)
P	Bombeo o comparación de fase
R	Reactancia o rectificador
S	Sincronización o secundario
T	Transformador o tiratrón
TH	Transformador (lado de AT)
TI	Transformador (lado de BT)
TM	Telemetro
U	Unidad

Nota (1) El sufijo «N» se usa preferentemente al «G» para dispositivos conectados en el neutro del secundario de transformadores de corriente o en el secundario del transformador de corriente, el cual, el devanado primario está localizado en el neutro de una máquina o transformador de potencia, excepto en los casos de los relés de línea de transporte donde el sufijo «G» es más comúnmente usado para aquellos relés que operen en faltas a tierra.

- Letras que denotan las partes de los dispositivos principales, divididas en dos categorías:

- Todas las partes, tales como las que se indican, excepto los contactos auxiliares, conmutadores de posición, fines de carrera y conmutadores de posición, los cuáles se tratarán por separado.

BK Freno

C Bobina o condensador

CC Bobina de cierre

HC Bobina de retención

M Motor de operación

ML Motor límite de carga

MS Motor de sincronización o de ajuste de velocidad

S Solenoide

SI Sellado

TC Bobina de disparo

V Válvula

- Todos los contactos auxiliares y los conmutadores de posición y de fin de carrera para aquellos dispositivos y equipos como interruptores, contactores, válvulas y reostatos y contactos de relés.

a Los contactos que están abiertos cuando el dispositivo principal está en la posición de referencia estándar, comúnmente denominado como posición de no operación no esenergizado y que cierra cuando el dispositivo asume la posición opuesta.

b Los contactos que están cerrados cuando el dispositivo principal está en la posición de referencia estándar, denominado posición de no operación o desenergizado, y que abre cuando el dispositivo asume la posición opuesta.

Nota La designación simple «a» o «b» es utilizada en todos los casos donde no se necesitan ajustar los contactos para cambiar de posición a cualquier punto en particular en el recorrido del dispositivo principal o donde la parte del recorrido donde los contactos cambian la posición no tiene importancia en el control o en el esquema de operación. Las designaciones «a» y «b» son suficientes para los conmutadores auxiliares del interruptor.

- Conmutadores auxiliares de los mecanismos de operación del interruptor para el mecanismo de libre disparo accionado mecánicamente, del interruptor:

aa El contacto que está abierto, cuando el mecanismo de operación del dispositivo principal está en posición de no operación y que se cierra cuando el mecanismo de operación asume la posición opuesta.

bb El contacto que está cerrado cuando el mecanismo operante del dispositivo principal está en posición no operante, y abre cuando el mecanismo operante asume la posición opuesta.

Nota La parte de recorrido en la que el conmutador auxiliar cambia de posición debería, si se necesita, especificarse en la descripción.

«**LC**» Se utiliza para designar el conmutador de comprobación de bloques de tal mecanismo, el cual está cerrado cuando los puentes del mecanismo están bloqueados después de la operación de apertura del interruptor.

«**LS**» Designa un conmutador de fin de carrera. Este es un conmutador de posición que se actúa por un dispositivo principal, tal como un reostato o la válvula cerca del extremo final de su recorrido. Su función normal es abrir el circuito del motor operante al final del recorrido del dispositivo principal, alcanzando una posición extrema del recorrido.

- El conmutador de límite de par se utiliza para abrir un circuito de motor de operación hasta un límite de par deseado al extremo final del recorrido de un dispositivo principal, tal como una válvula. Debería designarse como:

tqc Conmutador de límite de par, abierto por un mecanismo para parar el cierre de la válvula.

tqo Conmutador de límite de par, abierto por un mecanismo que responde al par, para parar la apertura. Si varios conmutadores auxiliares de posición de fin de carrera están presentes en el mismo dispositivo principal, deberán ser designados con sufijos numéricos suplementarios con 1, 2, 3, etc. Si necesario.

- Letras que cubren todas las otras funciones distintivas o condiciones, no específicamente descritas previamente, que sirven para describir el uso de los dispositivos o sus contactos en el equipo, tales como:

- A** Aceleración o automática
- B** Bloque o apoyo
- C** Cerrado o frío
- D** Decelerado o detonado o abajo o libre
- E** Emergencia o conectado
- F** Caída o adelante
- H** Caliente o alta
- HR** Reposición manual
- HS** Alta velocidad
- L** Izquierdo o local o abajo o reductor
- M** Manual
- O** Abierto
- OFF** Desconectado o parado
- ON** Conectado o en marcha
- P** Polarizante

R	Derecho o elevar o reenganche o receptor o remoto o inverso
S	Transmisión o balanceo
T	Prueba o disparo
TDC	Cierre retardado
TDO	Apertura retardada
U	Arriba

- Número de sufijos:

Si dos o más dispositivos con el mismo numero de función y sufijo están presentes, estos pueden distinguirse por sufijos numerados, como por ejemplo, 4X-1, 4X-2 y 4X-3, cuando sea necesario.

- Dispositivos realizando más de una función

Si un dispositivo realiza dos funciones relativamente importantes en un equipo en el que se desean identificar ambas funciones, puede usarse una función de doble numero y nombre, tal como relé instantáneo de sobreintensidad y temporizado 50/51.

10.3. Descripción técnica de los equipos

3.1 PROTECCIÓN DE LÍNEA 7SA522

- **Características generales:**

El equipo digital 7SA522 es una protección de distancia con funciones de control integradas Su aplicación principal es la protección de líneas aéreas y cables, para redes de muy alta tensión.

El diálogo con el operador se realiza mediante el display y teclado situado en el frontal del aparato. Display de 4x20 caracteres

La protección dispone de un interfaces de servicio RS232 (V24) situado en el frontal, para conexión a PC. Adicionalmente el equipo puede disponer de hasta dos interfaces traseros para fibra óptica 820 nm, RS232 o RS485 que permite la conexión desde un PC remoto mediante DIGSI, o/y a un Sistema de control. El programa DIGSI, en entorno WINDOWS, permite al usuario la parametrización del equipo, así como el análisis de los eventos almacenados.

La adquisición y tratamiento de las señales de medida, se realiza mediante un microprocesador de avanzada tecnología, reduciendo las influencias de armónicos en altas frecuencias y las componentes transitorias superpuestas a la señal.

Circuitos de medida de intensidad: 4 (I1,I2,I3, 3Io)

Circuitos de medida de tensión: 4 (U1, U2, U3,U4)

Sincronización horaria para señal DCF77, IRIG B vía entrada binaria, interface de sistema de control o SCADA.

El equipo dispone de 4 teclas de función libremente asignables por el usuario.

Las funciones de control implementadas permiten al usuario realizar las tareas de control de unidades de conmutación mediante: el teclado integrado, entrada binaria, DIGSI o un sistema de control.

- **Funciones de protección:**

- ☐ Protección de distancia para fases y tierra, independiente(21, 21N)
- ☐ Teleprotección universal. (85-21)
- ☐ Esquema seleccionable.: PUTT, POTT, Unblocking, Blocking, Dutt
- ☐ Función eco.
- ☐ Función bloqueo transitorio.
- ☐ Disparo transferido rápido en caso de conexión bajo falta. (Intertripping)

- ❑ Teledisparo en caso de alimentación débil en un extremo o actuación por sobretensión. (27W)
- ❑ Protección de sobreintensidad de emergencia, con posibilidad selección de curvas de disparo $I(t)$ de tiempo definido o curvas inversas. (50, 50N, 51, 51N).
Curvas ANSI/IEEE
- ❑ Localizador distancia a la falta.
- ❑ Supervisión del circuito de disparo (74TC), para 2 bobina.
- ❑ Registro cronológico de 200 eventos.
- ❑ Osciloperturbografía: -100 ms a 4900 ms.
- ❑ Medidas en servicio:
 - 3 x I fase, 3 I_o , I_g ,
 - 3 x V fase-tierra, 3x Vfase-fase, 3 V_o , V_{en} , V_{syncr}
 - Componentes simétricas: I_1 , I_2 , V_1 , V_2
 - Potencia activa, P
 - Potencia reactiva Q
 - Potencia aparente S
 - Factor de potencia
 - Frecuencia
 - Carga en servicio, Impedancias primarias y secundarias
 - Valores límites de supervisión
- ❑ Autosupervisión.
- ❑ Conmutación a distancia (vía entrada digital) entre 4 tablas de parámetros previamente definidos.

□ Protección de sobreintensidad faltas a tierra de elevada resistividad en redes puestas a tierra. (50N, 51N, 67N)

- Direccional o no direccional con característica de tiempo definido.
- Direccional o no direccional con características de tiempo inverso seleccionables.
- Direccional o no direccional con característica dependiente de la tensión homopolar.
- Selectiva por fase.
- Coordinación con el reenganchador.

□ Protección contra conexión bajo falta (50HS)

□ Función Lockout integrada (86)

• **Funciones opcionales**

□ Reenganchador automático mono/tripolar (79).

▪ Reenganche mono/tripolar en coordinación con las funciones de protección selectivas por fase.

▪ Ciclo de reenganche con tiempos corto y largo.

▪ Coordinación con las zonas de distancia y con la teleprotección.

▪ Posibilidad de trabajar con protecciones externas.

□ Verificación de sincronismo (25)

□ Protección contra fallo de interruptor (50BF)

□ Función de sobretensión (59)

□ Sobreintensidad contra faltas a tierra (50N, 51N, 67N)

El equipo 7S522 dispone de la capacidad de maniobrar hasta 6 elementos de mando vía entrada binaria, sistema de control de subestaciones integrado o software DIGSI.

El estado de los equipos principales así como de los elementos auxiliares será comunicado al equipo 7SA522 vía entrada binaria, de este modo el equipo podrá detectar e indicar las posiciones Abierto, Cerrado, Posición intermedia.

Mediante la ayuda de una autoridad de conmutación, es posible determinar si un comando de control es permitido de modo remoto, local o no disponible.

La lógica integrada permite al usuario, mediante un interfaz gráfico (CFC) definir funciones específicas para la automatización de la celda o subestación.

7SA5221-4DB90-4HR4-LOS (posición de línea de 230kV y 400kV)

Transformadores de corriente (*****I-*****-*****-***).

Entrada de intensidad para fases: 1A (50 Hz)

Entrada de intensidad para neutro: 1A sensibilidad normal (min. = 0.05A)

Tensión auxiliar (*****_4****_****_***).

60/125Vcc, umbral de entrada binaria 17Vcc.

*Tipo de bornes y número de entradas y salidas digitales (*****-D***-*****-***).*

Bornes tipo tornillo

Entradas digitales: 24 parametrizables.

Salidas digitales: 25 parametrizables.

*Idioma (*****-**B**-****-***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****-***90-****-LOS):*

IEC 618506), 100 Mbit Ethernet

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: vacío

*Modo de disparo (*****-****-4***-***):*

Mono-Tripolar

*Característica para función de distancia (*****0-****-*HR4-***):*

Poligonal y/o Mho con detección de balanceo de potencia (68) (H)

Con funciones 79,25,27,59,81,50N/51N,67N

7SA5221-4CB90-0EE0-LOS (posición de autotransformador 400/230kV)

*Transformadores de corriente (*****I-*****-****-***):*

Entrada de intensidad para fases: 1A (50 Hz)

Entrada de intensidad para neutro: 1A sensibilidad normal (min. = 0.05A)

*Tensión auxiliar (*****-4****-****-***):*

60/125Vcc, umbral de entrada binaria 17Vcc.

*Tipo de bornes y número de entradas y salidas digitales (*****-*C***-****-***):*

Bornes tipo tornillo

Entradas digitales: 16 parametrizables

Salidas digitales: 17 parametrizables

*Idioma (*****-**B**-****-***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****-***90-****-L0S):*

IEC 618506), 100 Mbit Ethernet

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: vacío

*Modo de disparo (*****-*****-0***-***):*

Tripolar

*Característica para función de distancia (*****-*****-*EE0-***):*

Poligonal y/o Mho

Con función 25

3.2 PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD CON FUNCIONES DE CONTROL 7SJ64.

- **Características generales:**

El equipo digital 7SJ64 es una protección multifuncional con funciones de control implementadas. Su aplicación principal se encuentra en las redes de media tensión como protección principal, así como protección de reserva en redes de protección diferencial para línea, transformadores y generadores.

Las redes pueden ser de tipo aislada, compensada, o puesta a tierra con bajo ohmiaje.

El diálogo con el operador se realiza, en función de la versión, mediante el display y teclado situado en el frontal del aparato.

7SJ640: Display texto de 4x20 caracteres

7SJ641/2/5 Display gráfico de 128x256 caracteres

La protección dispone de un interfaz de servicio RS232 (V24) situado en el frontal, para conexión al PC. Adicionalmente el equipo puede disponer de hasta dos interfaces traseros tipo: RS232, RS485, fibra óptica 820 nm o RJ45 (IEC61850) que permiten la conexión desde un PC remoto al equipo mediante DIGSI o a un Sistema de Control. El programa DIGSI, en entorno WINDOWS, permite al usuario la parametrización del equipo, así como el análisis de los eventos almacenados

La adquisición y tratamiento de las señales de medida, se realiza mediante un microprocesador de avanzada tecnología, reduciendo las influencias de armónicos en altas frecuencias y las componentes transitorias superpuestas a la señal.

Circuitos de medida de intensidad: 4 (I1, I2, I3, 3Io)

Circuitos de medida de tensión 4: (U1, U2, U3, Usinc)

Sincronización horaria para señal DCF77, IRIG B vía entrada binaria, interfaz de sistema de control o SCADA.

El equipo dispone de 4 teclas de función libremente asignables por el usuario.

En las versiones 7SJ641/2/5, el equipo integra en el frontal llave de conmutación local-remoto, llave de conmutación servicio normal-prueba y 3 teclas propias de funciones de control.

Las funciones de control implementadas permiten al usuario realizar las tareas de control de unidades de conmutación mediante: el teclado integrado, entrada binaria, DIGSI o un sistema de control.

- **Funciones incluidas:**

El equipo 7SJ64 dispone de distintas versiones, las cuales equipan distintas funciones en función de las necesidades del usuario:

Funciones implementadas en la totalidad de las versiones

- ☐ 4 Juegos de parámetros libremente parametrizables.
- ☐ Registro cronológico de los ocho últimos eventos,
- ☐ Osciloperturbografía: -100 ms a 4900 ms.(5 segundos)
- ☐ Medidas de servicio, I_1 , I_2 , I_3 , I_N , f , $\cos \phi$; U_{sinc} , U_1 , U_2 , U_3 , U_N , U_{12} , U_{13} , U_{23} , P , Q , S . Temperatura media de funcionamiento para la función de sobrecarga. Contador de horas en servicio.
- ☐ Autosupervisión.
- ☐ Interfaz para comunicación con Termo-box, para la integración de las medidas procedentes de sondas de temperatura.
- ☐ Valores medio, máximo y mínimo de los parámetros medidos.
- ☐ Paquetes multifunción

Opciones

LAS SIGUIENTES FUNCIONES SE AÑADIRÁN DE MANERA INDEPENDIENTE A LA TOTALIDAD DE LAS OPCIONES ARRIBA INDICADAS

- ☐ Función de verificación de Sincronismo (25)
- ☐ Función de reenganche (79)
- ☐ Localización de la distancia a la falta (21FL)

El equipo 7SJ64 dispone de la capacidad de maniobrar desde 3 (versión 7SJ640) hasta un máximo de 10 aparatos de maniobra (versión 7SJ645) vía frontal, sistema de control de subestaciones integrado o software DIGSI

El estado de los equipos principales así como de los elementos auxiliares será comunicado al equipo 7SJ64 vía entrada binaria, de este modo el equipo podrá detectar e indicar las posiciones Abierto, Cerrado, Posición intermedia.

Mediante la ayuda de una autoridad de conmutación, es posible determinar si un comando de control es permitido de modo remoto, local o no disponible.

La lógica integrada permite al usuario, mediante un interfaz gráfico (CFC) definir funciones específicas para la automatización de la celda o subestación.

Protocolo IEC570-1-103, Profibus FMS, Profibus DP, Modbus, DNP 3.0 e IEC61850 para sistema integrado de control de subestaciones (Puerto de comunicaciones opcional). Con el protocolo IEC 61850 es posible recoger los mensajes de operación y de faltas así como el registro de faltas mediante un servidor. El acceso a los equipos vía Ethernet es posible también mediante el DIGSI. Dispone de un web server que proporciona acceso directo al equipo desde cualquier punto mediante un navegador web.

7SJ6401-4EB91-1FA4 + L0S (posición de barras de 230kV y 400kV)

*Entradas y salidas digitales (*****0*_*****_*****_***).*

Entradas digitales: 7 parametrizables

Salidas digitales: 5 parametrizables

*Transformadores de corriente (*****I-*****-*****-***):*

Entrada de intensidad para fases: 1A (50 Hz)

Entrada de intensidad para neutro: 1A (min. = 0.05A)

*Tensión auxiliar (*****-4*****-*****-***):*

60/125Vcc, umbral de entrada binaria 17Vcc.

*Tipo de bornes(*****-*E***-*****-***):*

Bornes tipo tornillo

*Idioma (*****-**B**-*****-***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****-***9I-*****-LOS):*

IEC 618506), 100 Mbit Ethernet

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: RS232

*Medida/oscilografía (*****-*****-I***-***):*

Oscilografía

*Multifunción con sincronización (*****-*****-*FA4-***):*

Multifunción FA

-Protección de sobreintensidad trifásica de fase (50/51).

-Protección de sobreintensidad de neutro calculada (50N/51N)

-Protección de sobreintensidad de neutro medida independiente (50N/51N)

- Protección flexible para magnitudes derivadas de corriente (50/50N)
- Protección de sobrecarga por imagen térmica (49)
- Protección contra desequilibrios de cargas (46)
- Falta a tierra restringida (87N)
- Sentido de Giro (47)
- Tensión de desplazamiento (64)
- Control de subcorriente (37)
- Protección de fallo de interruptor (50 BF)
- Supervisión del circuito de disparo (74TC)
- Función de bloqueo y rearme (86).

Con función 25 (4)

3.3 PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD CON FUNCIONES DE CONTROL 7SJ62

- **Características generales:**

El equipo digital 7SJ62 es una protección de sobreintensidad con funciones de control implementadas. Su aplicación principal se encuentra en las redes de media tensión como protección principal, así como protección de reserva en redes de protección diferencial para línea, transformadores y generadores.

Las redes pueden ser de tipo aislada, compensada, o puesta a tierra con bajo ohmiaje.

El dialogo con el operador se realiza mediante el display y teclado situado en el frontal del aparato. Display de 4x20 caracteres

La protección dispone de un interfaces de servicio RS232 (V24) situado en el frontal, para conexión a PC. Adicionalmente el equipo puede disponer de hasta dos interfases traseros para: fibra óptica 820 nm, RS232 o RS485 que permite la conexión desde un PC remoto mediante DIGSI, o/y a un Sistema de control. El programa DIGSI, en entorno WINDOWS, permite al usuario la parametrización del equipo, así como el análisis de los eventos almacenados.

La adquisición y tratamiento de las señales de medida, se realiza mediante un microprocesador de avanzada tecnología, reduciendo las influencias de armónicos en altas frecuencias y las componentes transitorias superpuestas a la señal.

Circuitos de medida de intensidad : 4 (I1,I2,I3, 3Io)

Circuitos de medida de tensión 3: (U1, U2, U3/Ut)

Sincronización horaria para señal DCF77, IRIG B vía entrada binaria, interfase de sistema de control o SCADA.

El equipo dispone de 4 teclas de función libremente asignables por el usuario.

Las funciones de control implementadas permiten al usuario realizar las tareas de control de unidades de conmutación mediante: el teclado integrado, entrada binaria, DIGSI o un sistema de control.

- **Funciones incluidas:**

El equipo 7SJ62 dispone de distintas versiones, las cuales equipan distintas funciones en función de las necesidades del usuario:

Funciones implementadas en la totalidad de las versiones

- ❑ 4 Bloques de parámetros libremente parametrizables.
- ❑ Registro cronológico de los ocho últimos eventos,
- ❑ Osciloperturbografía: -100 ms a 4900 ms.(5 segundos)

- ❑ Medidas de servicio, $I_1, I_2, I_3, I_N, f, \cos \phi$; $U_1, U_2, U_3, U_N, U_{12}, U_{13}, U_{23}, P, Q, S$. Temperatura media de funcionamiento para la función de sobrecarga. Contador de horas en servicio.
- ❑ Autosupervisión.
- ❑ Protocolo IEC570-1-103, Profibus FMS, Profibus DP, Modbus ó DNP 3.0 para sistema integrado de control de subestaciones (Puerto de comunicaciones opcional).
- ❑ Paquetes multifunción.

Opciones

LAS SIGUIENTES FUNCIONES SE AÑADIRÁN DE MANERA INDEPENDIENTE A LA TOTALIDAD DE LAS OPCIONES ARRIBA INDICADAS

- ❑ Valores medio, máximo y mínimo de los parámetros medidos.
- ❑ Función de reenganche (79)
- ❑ Localización de la distancia a la falta

• Funciones de control

El equipo 7SJ62 dispone de la capacidad de maniobrar 1 aparato de mando vía entrada binaria, sistema de control de subestaciones integrado o software DIGSI

El estado de los equipos principales así como de los elementos auxiliares será comunicado al equipo 7SJ62 vía entrada binaria, de este modo el equipo podrá detectar e indicar las posiciones Abierto, Cerrado, Posición intermedia.

Mediante la ayuda de una autoridad de conmutación, es posible determinar si un comando de control es permitido de modo remoto, local o no disponible.

La lógica integrada permite al usuario, mediante un interfase gráfico (CFC) definir funciones específicas para la automatización de la celda o subestación.

- **Referencias para pedido**

7SJ6221-4EB90-1FC0 + L0S (posición de transformador 230/33kV)

*Entradas y salidas digitales (*****2*_*****_*****_***):*

Entradas digitales: 11

Salidas digitales: 6

*Transformadores de corriente (*****I_*****_*****_***):*

Entrada de intensidad para fases: 1A (50 Hz)

Entrada de intensidad para neutro: 1A (min. = 0.05A)

*Tensión auxiliar (*****_4*****_*****_***):*

60/125Vcc, umbral de entrada binaria 17Vcc.

*Tipo de bornes(*****_E****_*****_***):*

Bornes tipo tornillo

*Idioma (*****_**B**_*****_***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****_***90_*****-L0S):*

IEC 61850), 100 Mbit Ethernet

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: RS232

*Medida/oscilografía (*****_*****_I***_***):*

Oscilografía

*Multifunción con sincronización (*****_*****_FC4-***):*

Multifunción FC

- Protección de sobreintensidad trifásica de fase (50/51).
- Protección de sobreintensidad de neutro (50N/51N).
- Protección de sobrecarga por imagen térmica.(49)
- Protección de fallo de interruptor (50 BF)
- Protección contra desequilibrios de cargas.(46)
- Supervisión del circuito de disparo (74TC)
- Función de bloqueo y rearme (86)
- Determinación direccional de sobreintensidad fases y tierra (67/67N)
- Sentido de giro (47)

Con función 25 (4)

7SJ6222-4EB90-1FD0 + L0S (posición de baterías de condensadores 230 y 400kV)

*Entradas y salidas digitales (*****2*_*****_*****_***):*

Entradas digitales: 11

Salidas digitales: 6

*Transformadores de corriente (*****2-*****-****-***):*

Entrada de intensidad para fases: 1A (50 Hz)

Entrada de intensidad para neutro: sensitiva (min. = 0.001A)

*Tensión auxiliar (*****4****-****-***):*

60/125Vcc, umbral de entrada binaria 17Vcc.

*Tipo de bornes(*****-E***-****-***):*

Bornes tipo tornillo

*Idioma (*****-B**-****-***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****-***90-****-LOS):*

IEC 61850), 100 Mbit Ethernet

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: RS232

*Medida/oscilografía (*****-****-I***-***):*

Oscilografía

*Multifunción con sincronización (*****-*****-FD4-***):*

Multifunción FD

-Protección de sobreintensidad trifásica de fase (50/51).

-Protección de sobreintensidad de neutro (50N/51N).

-Protección de sobrecarga por imagen térmica.(49)

-Protección de fallo de interruptor (50 BF)

- Protección contra desequilibrios de cargas.(46)
- Supervisión del circuito de disparo (74TC)
- Función de bloqueo y rearme (86)
- Determinación direccional de sobreintensidad fases y tierra (67/67N)
- Sentido de giro (47)
- Determinación direccional faltas a tierra en redes aisladas/compensadas (67Ns)
- Tensión de desplazamiento (64)

Con función 25 (4)

3.4. PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD 7SJ602

- **Características generales:**

La protección de Sobreintensidad 7SJ602 es un equipo digital cuya principal aplicación se encuentra en redes de media tensión como protección principal; así como protección de reserva para líneas, transformadores y generadores.

El dialogo con el operador se realiza mediante el display y teclado situado en el frontal del aparato

La protección dispone de un interface RS485 ó RS232 ó Fibra óptica ST situado en la parte posterior del equipo, para conexión a Sistema de Control (p.e. SIEMENS SINAUT LSA) con protocolo IEC870-5-103, así como un interface frontal para parametrización local con PC portátil o parametrización remota a través de un acoplador en estrella. El programa DIGSI, en entorno WINDOWS, permite al usuario la parametrización del equipo, así como el análisis de los eventos y funcionamientos incorrectos.

La adquisición y tratamiento de las señales de medida, se realiza mediante un microprocesador de avanzada tecnología, reduciendo las influencias de armónicos por altas frecuencias, así como las componentes transitorias superpuestas a la señal.

Circuitos de medida de intensidad: 3 fases + neutro.

- **Funciones incluidas:**

- ❑ Protección de sobreintensidad trifásica (50/51, 50N/51N), con doble escalón.
- ❑ Protección contra sobrecarga, con posibilidad de detección de stress previo a la sobrecarga.(49)
- ❑ Vigilancia de tiempo de arranque, protege al motor de posibles arranques excesivamente largos.
- ❑ Protección contra desequilibrios de cargas.(46).
- ❑ Protección de barra mediante esquema de bloqueo reversible.
- ❑ Registro cronológico de los ocho últimos eventos, 30 eventos de falta con referencia de tiempo y resolución de 1ms
- ❑ Osciloperturbografía: -100 ms a 4900 ms.
- ❑ Medidas de servicio:I1,I2,I3, I_E Sobretemperatura O/Odisparo
- ❑ Autosupervisión.
- ❑ Supervisión vía entrada binaria del circuito de disparo de disparo del interruptor.
- ❑ Disparo de prueba para verificación de los circuitos de disparo.
- ❑ Reenganche automático (opcional).(79).

- **Referencia:** **7SJ602*-*B**-*A***

7SJ6021-4EB30-1FA0 (posiciones de línea de 33kV)

*Transformadores de corriente (*****I-*****-*****-***):*

Entrada de intensidad para fases: 1A (50 Hz)

*Tensión auxiliar (*****-4*****-*****-***):*

48/125Vcc

*Tipo de bornes(*****-*E***-*****-***):*

Bornes tipo tornillo

*Idioma (*****-*B**-*****-***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****-***30-*****-L0S):*

Protocolo IEC 60870-5-103, 820 nm de fibra, conector ST

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: RS232

*Medida/oscilografía (*****-*****-I***-***):*

Oscilografía

*Multifunción con sincronización (*****-*****-*FA0-***):*

Multifunción FA

-Protección de sobreintensidad trifásica de fase (50/51).

-Protección de sobreintensidad de neutro (50N/51N).

-Protección de sobrecarga por imagen térmica.(49)

-Protección de fallo de interruptor (50 BF)

-Protección contra desequilibrios de cargas.(46)

-Supervisión del circuito de disparo (74TC)

-Función de bloqueo y rearme (86)

Sin localizador de falta (0)

3.5. PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARA TRANSFORMADORES, GENERADORES Y MOTORES DE DOS Y TRES DEVANADOS 7UT613

- **Características generales:**

La protección diferencial 7UT613 es un equipo digital de aplicación a transformadores, máquinas y generadores de dos y tres devanados, de todos los niveles de tensión. Así mismo el equipo es adecuado como protección diferencial de barras centralizada (hasta 12 bahías) así como protección de nodos.. La protección se adapta vía software, de manera óptima, al equipo protegido.

El equipo puede ser parametrizado para la protección de transformadores monofásicos y trifásicos, la función de imagen térmica integrada permite la supervisión de las pérdidas óhmicas de la instalación.

El dialogo con el operador se realiza mediante el display y teclado situado en el frontal del aparato. Display de 4x20 caracteres

La protección dispone de un interfaces de servicio RS232 (V24) situado en el frontal, para conexión a PC. Adicionalmente el equipo puede disponer de hasta dos interfaces traseros tipo: RS232, RS485, fibra óptica 820 nm o RJ45 (IEC61850*) que permiten la conexión desde un PC remoto al equipo mediante DIGSI o a un Sistema de Control. El programa DIGSI, en entorno WINDOWS, permite al usuario la parametrización del equipo, así como el análisis de los eventos almacenados.

La adquisición y tratamiento de las señales de medida, se realiza mediante un microprocesador de avanzada tecnología, reduciendo las influencias de armónicos en altas frecuencias y las componentes transitorias superpuestas a la señal.

Circuitos de medida de intensidad: 12 Entradas de Intensidad

- **Funciones incluidas:**

- ❑ 4 Bloques de parámetros libremente parametrizables.
- ❑ Registro cronológico de los ocho últimos eventos,
- ❑ Osciloperturbografía: -100 ms a 4900 ms.(5 segundos)
- ❑ Medidas de servicio, I1,I2,I3,I4, I5, I6, I7 temperatura media de funcionamiento para la función de sobrecarga. Contador de horas en servicio.
- ❑ Autosupervisión.
- ❑ Protocolos IEC570-1-103, PROFIBUS FMS, PROFIBUS DP, MODBUS y DNP 3.0 para sistema integrado de control de subestaciones.

*Protocolo IEC 61850, en desarrollo, el acceso a los equipos via Ethernet (RJ45) es posible también mediante el DIGSI. El protocolo IEC 61850 permite recoger los mensajes de operación y de faltas así como el registro de faltas mediante un servidor.

- **Funciones específicas**

- ❑ Protección de cortocircuito para transformadores de dos arrollamientos con adaptación integrada de grupos de conexión y relación de transformación, estabilización contra sobretensiones en la conexión y sobreexcitación.(87)
- ❑ Protección de cortocircuito para generadores y motores con elevada sensibilidad de ajuste.(87H)

- ❑ Protección de cortocircuito para barras de hasta 12 bahías y para nodos.
- ❑ Protección de sobrecarga con característica térmica, con escalón de alarma previa, para dos arrollamientos (49).
- ❑ Protección de sobreintensidad entre fases con características directa e inversa, con dos escalones, para un arrollamiento. (50/51)
- ❑ Función Lockout integrada (86)

- **Funciones opcionales**

- ❑ Protección falta tierra restrictivo, pequeña y alta impedancia (87G)
- ❑ Protección contra desequilibrios de cargas.(46)
- ❑ Protección contra fallo de interruptor (50BF)
- ❑ Supervisión del circuito de disparo (74TC)

- **Funciones de control**

- ❑ El equipo 7UT61 dispone de la capacidad de maniobrar 1 aparato de mando vía entrada binaria, sistema de control de subestaciones integrado o software DIGSI
- ❑ El estado de los equipos principales así como de los elementos auxiliares será comunicado al equipo 7UT613 vía entrada binaria, de este modo el equipo podrá detectar e indicar las posiciones Abierto, Cerrado, Posición intermedia.
- ❑ Mediante la ayuda de una autoridad de conmutación, es posible determinar si un comando de control es permitido de modo remoto, local o no disponible.
- ❑ La lógica integrada permite al usuario, mediante un interfaz gráfico (CFC) definir funciones específicas para la automatización de la celda o subestación.

• **Referencia:** **7UT613*_*****_**A0**

7UT6131-4EB92-1BA0 + L0S (posición de autotransformador 400/230 kV)

*Relación de corriente (*****I_*****_*****_***):*

$$I_N = 1A$$

*Tensión auxiliar (*****_4*****_*****_***):*

$$60/125V_{cc}$$

*Tipo de bornes(*****_E***_*****_***):*

Bornes tipo tornillo

*Idioma (*****_**B**_*****_***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****_***92_*****-L0S):*

DNP 3.0, 820 nm de fibra, conector ST

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: RS485

*Medida/monitoreo (*****_*****_I***_***):*

Valores de medida básicos

*Funciones adicionales (*****_*****_**B**_***):*

Protección falta tierra restrictivo, pequeña y alta impedancia (87G)

Protección contra desequilibrios de cargas.(46)

Protección contra fallo de interruptor (50BF)

Supervisión del circuito de disparo (74TC)

Protección contra fuga del depósito (64)

7UT6131-5EB91-1BA0 + L0S (posición de transformador 230/33 kV)

*Relación de corriente (*****I-*****-*****-***):*

$$I_N = 1A$$

*Tensión auxiliar (*****5*****-*****-***):*

$$110/250V_{cc}$$

*Tipo de bornes(*****-E***-*****-***):*

Bornes tipo tornillo

*Idioma (*****-B**-*****-***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****-***9I-*****-L0S):*

DNP 3.0, 820 nm de fibra, conector ST

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: RS232

*Medida/monitoreo (*****-*****-I***-***):*

Valores de medida básicos

*Funciones adicionales (*****-*****-B**-***):*

Protección falta tierra restrictivo, pequeña y alta impedancia (87G)

Protección contra desequilibrios de cargas.(46)

Protección contra fallo de interruptor (50BF)

Supervisión del circuito de disparo (74TC)

Protección contra fuga del depósito (64)

3.6 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE BARRAS DESCENTRALIZADA 7SS52

- **Descripción del sistema**

El sistema digital de protección diferencial de barras descentralizado 7SS52, es el resultado de las continuas inversiones en I+D, con el único objeto de adaptar la tecnología a las necesidades de nuestros clientes.

El sistema es adecuado para aquellas instalaciones en las que resulta difícil la implementación de una configuración centralizada tradicional, bien porque se trate de una instalación con un elevado número de posiciones, bien por la falta de espacio en la subestación o por la dificultad a la hora de realizar las labores de cableado de señales.

Por otra parte, la reducción del cableado permite la optimización en el coste de la instalación y un aumento de la inmunidad electromagnética del sistema.

En el sistema 7SS52, Siemens ha continuado el desarrollo de los principios de medida ya incorporados en los equipos de protección de barras con tecnología digital 7SS50 y 7SS51, con más de *250 instalaciones en el mundo*.

El sistema está constituido por una única Unidad Central 7SS5220 interconexionada con las unidades de campo 7SS523 de manera que, por cada una de las posiciones exista una única unidad de campo cuya función principal es la captación de señales de campo, las cuales serán enviadas vía fibra óptica a la unidad central, cuyo procesador central procesará la totalidad de las señales, generando de modo centralizado las ordenes de disparo en caso de falta en las barras.

- **Características Generales del Sistema**

- ☐ Sistema de captación descentralizado.
- ☐ Medida selectiva por fase por cada una de las secciones de barras.

- ☐ Tiempo de disparo: 15 ms
- ☐ Protección de fallo de interruptor integrada.
- ☐ Protección de Sobreintensidad de Respaldo como opción.
- ☐ Único requisito de los transformadores de intensidad: libres de saturación durante 3 ms.
- ☐ Función “ Checkzone” integrada.
- ☐ Barra de transferencia configurada como sección de barras independiente.
- ☐ Detección de cortocircuitos en los Acoplamientos, incluso entre la zona comprendida entre los transformadores de corriente y los interruptores de potencia.
- ☐ Bloqueo de los comandos de disparo para faltas externas (función Chekzone).
- ☐ Operación del Sistema a través del Software de Protecciones Siemens, DIGSI4.
- ☐ Sencilla Configuración de la Subestación mediante gráficos.
- ☐ Operación y Parametrización de las Unidades de Campo desde la Unidad Central.
- ☐ Puerto de Sincronización horaria
-
- **Máxima configuración del Sistema 7SS52**
 - ☐ Configurable hasta 48 Posiciones de Campo.
 - ☐ 4 Barras ó 3 Barras + Barra de Transferencia.
 - ☐ 12 Secciones de Barras.

- ☐ 16 Acoplamientos Transversales.
- ☐ 24 Seccionadores Longitudinales.

- **Funcionalidad de la Unidad Central 7SS5220**

- ☐ Protección selectiva de fases para cada sección de Barras.
- ☐ Protección contra fallo del interruptor
- ☐ Transmisión de datos vía serie a las unidades de campo a través de Fibra óptica.
- ☐ Puerto de Sincronización mediante IEC, IRIG-B ó DCF77.
- ☐ Sincronización con la unidades de campo.
- ☐ Prueba cíclica de la globalidad del sistema.
- ☐ Tareas de verificación y control de la parametrización, así como de la configuración del sistema.
- ☐ Supervisión de los distintos interfaces de comunicaciones vía serie.
- ☐ Señalizaciones de eventos y alarmas.
- ☐ 12 Entradas Binarias y 16 Salidas de Señalización ó Alarma.
- ☐ Osciloperturbografía

- **Funcionalidad de la Unidad de Campo 7SS523**

- ☐ Captación, Tratamiento, Preparación, Prueba y Visualización de los valores de medida.
- ☐ Tratamiento especial de los valores de medida para las unidades instaladas en las posiciones de acoplamiento.

- ☐ Captación y memorización de la posición de los Seccionadores.
- ☐ Elaboración de valores de señales asociadas a la función de fallo de interruptor.
- ☐ Conexión vía serie con la unidad central.
- ☐ Pruebas cíclicas, Autodiagnóstico.
- ☐ Elaboración de señales en caso de producirse disparos en la instalación.

- **Interfaz de comunicaciones entre la Unidad central y la Unidad de campo.**

- ☐ Transmisión de Datos sincronizada entre ambas unidades.
- ☐ Transmisión fullduplex mediante 2 cables de fibra óptica.
- ☐ Conectores para Fibra Óptica según estándares tipo ST.
- ☐ 1,2 Mbaud
- ☐ Ciclo de tiempo: 1ms
- ☐ Distancia Hamming: H=4

- **Interfaz de comunicaciones entre la Unidad central y Sistema de Control.**

Protocolo de Comunicación según estándar Internacional IEC60870-5-103. Puerto de Comunicación Fibra Óptica.

Protocolo IEC 61850 permite recoger los mensajes de operación y de faltas así como el registro de faltas mediante un servidor, el acceso a los equipos vía Ethernet (RJ45) es posible también mediante el DIGSI.

- **Interfaz de comunicaciones entre la Unidad central y Software de Parametrización y Análisis Digsí 4.**

□ Puerto de Comunicación para Control y Parametrización de Servicio Local o a Distancia mediante Software DIGSI 4 en RS232 ó RS485 integrado en la totalidad de las versiones. Opcionalmente se puede suministrar en Fibra Óptica.

- **Referencias para pedido:**

□ **Unidad Central: 7SS52*0-*****-1*A0**

7SS5220-4AB92-1AA0 + L0R (posición de barras de 400kV, unidad central)

*Frecuencia (*****2*-*****-*****-***):*

50/60 Hz

*Tensión auxiliar (*****-4****-*****-***):*

110/125Vcc

*Armazón (*****-A***-*****-***):*

ES902C

*Idioma (*****-B**-*****-***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****-***92-*****-L0R):*

IEC 618506), 100 Mbit Ethernet,

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: RS485

*Equipado con (*****-*****-A**-***):*

8 posiciones

Memoria

7SS5220-4AB92-1AA0 + L0R (posición de barras de 230kV, unidad central)

*Frecuencia (*****2*-*****-****-***):*

50/60 Hz

*Tensión auxiliar (*****4*****-****-***):*

110/125Vcc

*Armazón (*****-A***-****-***):*

ES902C

*Idioma (*****-B**-****-***):*

Inglés británico

*Tipo de puerto de comunicación posterior para comunicación con el sistema de control y protocolo de comunicación deseado (*****-***92-****-L0R):*

IEC 618506), 100 Mbit Ethernet,

Tipo de puerto de comunicación posterior para DIGSI: RS485

*Equipado con (*****-*****-B**-***):*

16 posiciones

☐ **Unidad de campo: 7SS525*-**A01-AA1**

7SS5251-5FA01-1AA1 (posición de barras de 400 y 230kV, unidad de campo)

*Relación de corriente a 50/60 Hz (*****I-*****-***):*

$I_N = 1A$

*Tensión auxiliar (*****5*****-****-***):*

48-250Vcc

*Armazón (*****-F***-****):*

7XP2040-2

*Funciones adicionales (*****-****-I**):*

Con protección de sobrecorriente

3.7 RELE DE SUPERVISION DE DISPARO 7PA30

- **Características:**

El relé de supervisión de disparo 7PA30 es utilizado en aquellas aplicaciones en las que es necesario un control continuo del estado de los interruptores de potencia.

El relé está siempre excitado, independientemente de la posición del interruptor (abierto/cerrado).

El relé 7PA30 detecta el retraso en la operación de disparo si es mayor de 150 ms, desde que se recibe la orden desde las protecciones.

- **Construcción mecánica**

- ❑ Frecuencia nominal : 50 Hz
- ❑ Tensión nominal auxiliar: 24, 30, 60, 110/125, 220 Vcc
- ❑ Construcción: para montaje empotrado o en armario.
- ❑ Incluye caja bornero, modelo 7XP9010.
- ❑ Protección según EN 60529: Caja: IP50

- **Referencia:** **7PA30*0-***

Deberá indicarse adicionalmente:

- Tensión auxiliar: 24, 30, 60, 110/125, 220 Vcc

3.8 SOFTWARE DE PARAMETRIZACIÓN Y ANÁLISIS “ DIGSI”

- Licencia de Software DIGSI 4, Profesional

Referencia: 7XS5402-0AA0

Soporte: CD-Rom

Idioma: Español, Inglés, Alemán, Francés,...

Software DIGSI v3.32 incluido en la licencia

- Requerimientos

- Software

- Sistemas operativos:

⇒ Windows 95,

⇒ Windows 98 o

⇒ Windows NT

- Hardware

- Pentium con procesador 120 MHz

- 200 Mbyte de espacio libre en el disco duro

- 32 Mbyte de RAM

- Módulos incluidos :

Memoria

- **Módulo DIGSI de parametrización** de equipos de protección y transmisión de oscilos y eventos desde los equipos de protección al puestos de análisis.
- **Módulo DIGRA** para la visualización y el análisis de faltas
- **Módulo Editor de Display** para el diseño y edición de Diagramas unifilares como programa gráfico.
- **Módulo Editor Lógico CFC** para la configuración de funciones de control de subestación
- **Módulo de Comunicación** para conexión remota vía modem.

3.8. ARMARIOS DE PROTECCIONES Y CONTROL

- **Descripción del suministro**

A continuación se indican las características de los armarios de protecciones y control así como la documentación y pruebas incluidas en el suministro.

1- Estructura

La estructura estándar que sirve de base para el montaje de los armarios de protecciones y control es de fabricación SIEMENS (serie SIRIUS), RITTAL (serie PS) o similar. Esta estructura se compone de varias piezas que se ensamblan con tornillos.

Las dimensiones estándar son:

Altura: 2000 mm.

Anchura: 800 mm.

Fondo: 600 mm.

Zócalo inferior: 200 mm.

Prevía consulta y estudio de la repercusión en precio y plazo de entrega se pueden utilizar estructuras de otras dimensiones, de diseño especial o de chapa soldada. En todos los casos, la estructura será autoportante, para instalación interior y construida con chapa de acero de al menos 2,5 mm para los perfiles y 2 mm para paneles y puertas. El grado de protección es IP51. Para facilitar la carga y descarga, la estructura llevará accesorios de elevación en el techo.

En su ejecución estándar, los armarios cuentan con bastidor giratorio y puerta delantera transparente. Al no ser necesario acceder por la parte trasera, pueden ser instalados contra paramentos verticales. Para facilitar el acceso al interior, el giro del bastidor giratorio será superior a 120° y contará con un retenedor que permita su inmovilización tanto en la posición de abierto como una vez cerrado. La empuñadura de la puerta frontal del armario llevará cerradura con llave. Opcionalmente pueden construirse con bastidor fijo y puerta trasera así como “tipo panel”, sin puerta delantera y con acceso posterior.

Los equipos principales, módulos de control y protecciones, así como los elementos de mando, pulsadores y conmutadores, se montarán en el bastidor giratorio. Los materiales auxiliares, como interruptores magnetotérmicos, relés biestables, relés multiplicadores de contactos, etc., así como los listones de bornas se montarán en la placa posterior del armario.

Se incluye una resistencia de caldeo anticondensación, con termostato, montada en la parte inferior del armario. El calor disipado por los equipos normalmente instalados en estos armarios no precisa rejillas de ventilación, techos de aireación ni ventiladores con filtro adicionales. Pueden montarse, no obstante, previa consulta y estudio de su repercusión en el precio.

La iluminación interior del armario está compuesta de tubo fluorescente, situado debajo del techo, y final de carrera activado por el bastidor giratorio. Se incluyen también dos tomas de corriente alterna para conexión de ordenadores portátiles y aparatos de prueba. Para la protección de estos circuitos de corriente alterna, se incorpora un interruptor magnetotérmico de 16 A.

2- Cableado

Se realizará con cable de fabricación nacional con certificado AENOR para temperaturas de servicio de 70°C, libre de halógenos y no propagador de la llama.

Las secciones a emplear son:

4 mm² para los circuitos de medida de intensidad.

2,5 mm² para los circuitos de disparo y alimentación auxiliar

1,5 mm² para el resto de circuitos

Los equipos Siemens precisan terminales de dos tipos: en anillo, con diámetro interno de 6mm.

en puntera, sin aislamiento. Para las bornas se emplearán terminales preaislados. Para los equipos auxiliares se seleccionarán los terminales adecuados. Todos los finales de los cables se marcarán con su destino. Se preferirán las señalizaciones rotuladas con ordenador.

Se montarán bornas de la marca SIEMENS, PHOENIX, WEIDMÜLLER, ENTRELEC o similar, incluyendo los accesorios necesarios y de acuerdo con lo indicado en los esquemas de listones de bornes. Las bornas de medida de intensidad llevarán puentes desplazables y clavijas de prueba. Se dejará libre al menos un 40% de las canaletas de cableado.

Se montará una pletina de tierra de Cu de 20x5 mm. de sección, aislada de la estructura, con trenza de puesta a tierra y 20 bornas para fijación de las pantallas de los cables de campo. La puesta a tierra de los equipos principales se realizará con cable de Cu de color amarillo/verde de sección no inferior a 16 mm²

11. BIBLIOGRAFÍA

- [---03] Centro de Formación Schneider. Protecciones eléctricas en MT.
Publicación Técnica Schneider: PT-071. Edición: Mayo 2003
- [---05] Criterios de ajuste y coordinación de los sistemas de protección del Sein.
Diciembre 2005
- [---95] Criterios generales de protección del sistema eléctrico peninsular español.
Red Eléctrica. Noviembre del 1995
- [LOZA--] purificación Lozano Ciriano. Resumen protección de acoplamiento de barras de AT: estudio alternativas de realización. Dpto. dirección de Explotación y Calidad de Suministro de Endesa en Barcelona.
- [RUSS71] C. Russell Mason. El arte y la ciencia de la protección por relevadores.
Compañía editorial Ctinental, S.A. Junio del 1971.
- [MONT92] Paulino Montané, Protecciones eléctricas en las instalaciones eléctricas. Editorial Marcombo. 1992

PLANOS

LISTA DE PLANOS

PLANO N°1 Esquema unifilar subestación Sebeta II 400/230/33 kV

PLANO N°2 Esquema layout Sebeta II 400/230/33 kV

PLANO N°3 Esquema de medida y protección. Posición banco de condensadores
230 kV

PLANO N°4 Esquema de medida y protección. Posición acoplamiento de barras
230 kV

PLANO N°5 Esquema de medida y protección. Posición autotransformador AT-2
230 kV

PLANO N°6 Esquema de medida y protección. Posición autotransformador AT-3
230 kV

PLANO N°7 Esquema de medida y protección. Posición de línea de 230 kV

PLANO N°8 Esquema de medida y protección. Posición de línea de 230 kV

PLANO N°9 Esquema de medida y protección. Posición de barras de 230 kV

PLANO N°10 Esquema de medida y protección. Posición de banco de
condensadores de 400 kV

PLANO N°11 Esquema de medida y protección. Posición de línea de 400 kV

PLANO N°12 Esquema de medida y protección. Posición de autotransformador
AT-2 400 kV

PLANO N°13 Esquema de medida y protección. Posición de autotransformador
AT-3 400 kV

PLANO N°14 Esquema de medida y protección. Posición acoplamiento de barras
400 kV

PLANO N°15 Esquema de medida y protección. Posición de barras de 400 kV

**PLIEGO DE CONDICIONES
GENERALES**

Table of Contents

A. Contract and Interpretation	1
1. Definitions.....	1
2. Contract Documents.....	4
3. Interpretation.....	4
4. Notices	6
5. Governing Law	7
6. Settlement of Disputes	7
B. Subject Matter of Contract.....	8
7. Scope of Facilities.....	8
8. Time for Commence- ment and Completion	9
9. Contractor's Responsibili- ties.....	10
10. Employer's Responsibili- ties	11
C. Payment.....	12
11. Contract Price.....	12
12. Terms of Payment.....	12
13. Securities.....	13
14. Taxes and Duties.....	14
D. Intellectual Property	15
15. Copyright	15
16. Confidential Information	15
E. Execution of the Facilities	16
17. Representa- tives.....	16
18. Work Program.....	18
19. Subcontracting	20
20. Design and Engineering.....	20
21. Procurement	22
22. Installation.....	24
23. Test and Inspection	29
24. Completion of the Facilities.....	30
25. Commissio- ning and Operational Acceptance	32
F. Guarantees and Liabilities	34
26. Completion Time Guarantee.....	34
27. Defect Liability	35
28. Functional Guarantees	37
29. Patent Indemnity	38
30. Limitation of Liability.....	40
G. Risk Distribution.....	40
31. Transfer of Ownership	40
32. Care of Facilities	41

33.	Loss of or Damage to Property; Accident or Injury to Workers; Indemnifica-tion.....	42
34.	Insurance	43
35.	Unforeseen Conditions.....	46
36.	Change in Laws and Regulations.....	47
37.	Force Majeure	47
38.	War Risks.....	49
H. Change in Contract Elements		51
39.	Change in the Facilities.....	51
40.	Extension of Time for Completion	54
41.	Suspension	55
42.	Termination.....	57
43.	Assignment	64

General Conditions of Contract

A. Contract and Interpretation

1. Definitions

- 1.1 The following words and expressions shall have the meanings hereby assigned to them:

“Contract” means the Contract Agreement entered into between the Employer and the Contractor, together with the Contract Documents referred to therein; they shall constitute the Contract, and the term “the Contract” shall in all such documents be construed accordingly.

“Contract Documents” means the documents listed in Article 1.1 (Contract Documents) of the Form of Contract Agreement (including any amendments thereto).

“GCC” means the General Conditions of Contract hereof.

“SCC” means the Special Conditions of Contract.

“Day” means calendar day of the Gregorian Calendar.

“Month” means calendar month of the Gregorian Calendar.

“Employer” means the person named as such in the SCC and includes the legal successors or permitted assigns of the Employer.

“Project Manager” means the person appointed by the Employer in the manner provided in GCC Sub-Clause 17.1 (Project Manager) hereof and named as such in the SCC to perform the duties delegated by the Employer.

“Contractor” means the person(s) whose bid to perform the Contract has been accepted by the Employer and is named as such in the Contract Agreement, and includes the legal successors or permitted assigns of the Contractor.

“Contractor’s Representative” means any person nominated by the Contractor and named as such in the SCC and approved by the Employer in the manner provided in GCC Sub-Clause 17.2 (Contractor’s Representative and Construction Manager) hereof to perform the duties delegated by the Contractor.

General Conditions of Contract

A. Contract and Interpretation

1. Definitions

- 1.1 The following words and expressions shall have the meanings hereby assigned to them:

“Contract” means the Contract Agreement entered into between the Employer and the Contractor, together with the Contract Documents referred to therein; they shall constitute the Contract, and the term “the Contract” shall in all such documents be construed accordingly.

“Contract Documents” means the documents listed in Article 1.1 (Contract Documents) of the Form of Contract Agreement (including any amendments thereto).

“GCC” means the General Conditions of Contract hereof.

“SCC” means the Special Conditions of Contract.

“Day” means calendar day of the Gregorian Calendar.

“Month” means calendar month of the Gregorian Calendar.

“Employer” means the person named as such in the SCC and includes the legal successors or permitted assigns of the Employer.

“Project Manager” means the person appointed by the Employer in the manner provided in GCC Sub-Clause 17.1 (Project Manager) hereof and named as such in the SCC to perform the duties delegated by the Employer.

“Contractor” means the person(s) whose bid to perform the Contract has been accepted by the Employer and is named as such in the Contract Agreement, and includes the legal successors or permitted assigns of the Contractor.

“Contractor’s Representative” means any person nominated by the Contractor and named as such in the SCC and approved by the Employer in the manner provided in GCC Sub-Clause 17.2 (Contractor’s Representative and Construction Manager) hereof to perform the duties delegated by the Contractor.

under the rules of the Bank as further elaborated in the SCC.

“Site” means the land and other places upon which the Facilities are to be installed, and such other land or places as may be specified in the Contract as forming part of the Site.

“Effective Date” means the date of fulfillment of all conditions stated in Article 3 (Effective Date for Determining Time for Completion) of the Form of Contract Agreement, for the purpose of determining the Time for Completion.

“Time for Completion” means the time within which Completion of the Facilities as a whole (or of a part of the Facilities where a separate Time for Completion of such part has been prescribed) is to be attained in accordance with the specifications in the SCC and the relevant provisions of the Contract.

“Completion” means that the Facilities (or a specific part thereof where specific parts are specified in the SCC) have been completed operationally and structurally and put in a tight and clean condition, and that all work in respect of Precommissioning of the Facilities or such specific part thereof has been completed; in other words, that the Facilities or specific part thereof are ready for Commissioning as provided in GCC Clause 24 (Completion) hereof.

“Precommissioning” means the testing, checking and other requirements specified in the Technical Specifications that are to be carried out by the Contractor in preparation for Commissioning as provided in GCC Clause 24 (Completion) hereof.

“Commissioning” means operation of the Facilities or any part thereof by the Contractor following Completion, which operation is to be carried out by the Contractor as provided in GCC Sub-Clause 25.1 (Commissioning) hereof, for the purpose of carrying out Guarantee Test(s).

“Guarantee Test(s)” means the test(s) specified in the Technical Specifications to be carried out to ascertain whether the Facilities or a specified part thereof is able to attain the Functional Guarantees specified in the Technical Specifications in accordance with the provisions of GCC Sub-Clause 25.2 (Guarantee Test) hereof.

“Operational Acceptance” means the acceptance by the Employer of the Facilities (or any part of the Facilities where the Contract provides for acceptance of the Facilities in parts), which

certifies the Contractor's fulfillment of the Contract in respect of Functional Guarantees of the Facilities (or the relevant part thereof) in accordance with the provisions of GCC Clause 28 (Functional Guarantees) hereof and shall include deemed acceptance in accordance with GCC Clause 25 (Commissioning and Operational Acceptance) hereof.

"Defect Liability Period" means the period of validity of the warranties given by the Contractor commencing at Completion of the Facilities or a part thereof, during which the Contractor is responsible for defects with respect to the Facilities (or the relevant part thereof) as provided in GCC Clause 27 (Defect Liability) hereof.

2. **Contract Documents**
 - 2.1 Subject to Article 1.2 (Order of Precedence) of the Contract Agreement, all documents forming part of the Contract (and all parts thereof) are intended to be correlative, complementary and mutually explanatory. The Contract shall be read as a whole.
3. **Interpretation**
 - 3.1 Language
 - 3.1.1 Unless the Contractor is a national of the Employer's country and the Employer and the Contractor agree to use the national language, all Contract Documents, all correspondence and communications to be given, and all other documentation to be prepared and supplied under the Contract shall be written in English, and the Contract shall be construed and interpreted in accordance with that language.
 - 3.1.2 If any of the Contract Documents, correspondence or communications are prepared in any language other than the governing language under GCC Sub-Clause 3.1.1 above, the English translation of such documents, correspondence or communications shall prevail in matters of interpretation.
 - 3.2 Singular and Plural
The singular shall include the plural and the plural the singular, except where the context otherwise requires.
 - 3.3 Headings
The headings and marginal notes in the General Conditions of Contract are included for ease of reference, and shall neither constitute a part of the Contract nor affect its interpretation.
 - 3.4 Persons
Words importing persons or parties shall include firms, corporations and government entities

3.5 Incoterms

Unless inconsistent with any provision of the Contract, the meaning of any trade term and the rights and obligations of parties there under shall be as prescribed by *Incoterms*.

Incoterms means international rules for interpreting trade terms published by the International Chamber of Commerce (latest edition), 38 Cours Albert 1^{er}, 75008 Paris, France.

3.6 Entire Agreement

Subject to GCC Sub-Clause 16.4 hereof, the Contract constitutes the entire agreement between the Employer and Contractor with respect to the subject matter of Contract and supersedes all communications, negotiations and agreements (whether written or oral) of parties with respect thereto made prior to the date of Contract.

3.7 Amendment

No amendment or other variation of the Contract shall be effective unless it is in writing, is dated, expressly refers to the Contract, and is signed by a duly authorized representative of each party hereto.

3.8 Independent Contractor

The Contractor shall be an independent contractor performing the Contract. The Contract does not create any agency, partnership, joint venture or other joint relationship between the parties hereto.

Subject to the provisions of the Contract, the Contractor shall be solely responsible for the manner in which the Contract is performed. All employees, representatives or Subcontractors engaged by the Contractor in connection with the performance of the Contract shall be under the complete control of the Contractor and shall not be deemed to be employees of the Employer, and nothing contained in the Contract or in any subcontract awarded by the Contractor shall be construed to create any contractual relationship between any such employees, representatives or Subcontractors and the Employer.

3.9 Joint Venture or Consortium

If the Contractor is a joint venture or consortium of two or more persons, all such firms shall be jointly and severally bound to the Employer for the fulfillment of the provisions of the Contract and shall designate one of such persons to act as a leader with authority to bind the joint venture or consortium. The composition or the constitution of the joint venture or consortium shall not be altered without the prior consent of the Employer.

3.10 Non-Waiver

3.10.1 Subject to GCC Sub-Clause 3.10.2 below, no relaxation, forbearance, delay or indulgence by either party in enforcing any of the terms and conditions of the Contract or the granting of time by either party to the other shall prejudice, affect or restrict the rights of that party under the Contract, nor shall any waiver by either party of any breach of Contract operate as waiver of any subsequent or continuing breach of Contract.

3.10.2 Any waiver of a party's rights, powers or remedies under the Contract must be in writing, must be dated and signed by an authorized representative of the party granting such waiver, and must specify the right and the extent to which it is being waived.

3.11 Severability

If any provision or condition of the Contract is prohibited or rendered invalid or unenforceable, such prohibition, invalidity or unenforceability shall not affect the validity or enforceability of any other provisions and conditions of the Contract.

3.12 Country of Origin

"Origin" means the place where the materials, equipment and other supplies for the Facilities are mined, grown, produced or manufactured, and from which the services are provided.

4. Notices

4.1 Unless otherwise stated in the Contract, all notices to be given under the Contract shall be in writing, and shall be sent by personal delivery, airmail post, special courier, cable, telegraph, telex, facsimile or Electronic Data Interchange (EDI) to the address of the relevant party set out in the SCC, with the following provisions:

4.1.1 Any notice sent by cable, telegraph, telex, facsimile or EDI shall be confirmed within two (2) days after dispatch by notice sent by airmail post or special courier, except as otherwise specified in the Contract.

4.1.2 Any notice sent by airmail post or special courier shall be deemed (in the absence of evidence of earlier receipt) to have been delivered ten (10) days after dispatch. In proving the fact of dispatch, it shall be sufficient to show that the envelope containing such notice was properly addressed, stamped and conveyed to the postal authorities or courier service for transmission by airmail or special courier.

4.1.3 Any notice delivered personally or sent by cable, telegraph, telex, facsimile or EDI shall be deemed to have been delivered on date of its dispatch.

4.1.4 Either party may change its postal, cable, telex, facsimile or EDI address or addressee for receipt of such notices by ten (10) days' notice to the other party in writing.

4.2 Notices shall be deemed to include any approvals, consents, instructions, orders and certificates to be given under the Contract.

5. Governing Law

5.1 The Contract shall be governed by and interpreted in accordance with laws of the country specified in the SCC.

6. Settlement of Disputes

6.1 Adjudicator

6.1.1 If any dispute of any kind whatsoever shall arise between the Employer and the Contractor in connection with or arising out of the Contract, including without prejudice to the generality of the foregoing, any question regarding its existence, validity or termination, or the execution of the Facilities—whether during the progress of the Facilities or after their completion and whether before or after the termination, abandonment or breach of the Contract—the parties shall seek to resolve any such dispute or difference by mutual consultation. If the parties fail to resolve such a dispute or difference by mutual consultation, then the dispute shall be referred in writing by either party to the Adjudicator, with a copy to the other party.

6.1.2 The Adjudicator shall give its decision in writing to both parties within twenty-eight (28) days of a dispute being referred to it. If the Adjudicator has done so, and no notice of intention to commence arbitration has been given by either the Employer or the Contractor within fifty-six (56) days of such reference, the decision shall become final and binding upon the Employer and the Contractor. Any decision that has become final and binding shall be implemented by the parties forthwith.

6.1.3 The Adjudicator shall be paid an hourly fee at the rate specified in the SCC plus reasonable expenditures incurred in the execution of its duties as Adjudicator, and these costs shall be divided equally between the Employer and the Contractor.

6.1.4 Should the Adjudicator resign or die, or should the

Employer and the Contractor agree that the Adjudicator is not fulfilling its functions in accordance with the provisions of the Contract, a new Adjudicator shall be jointly appointed by the Employer and the Contractor. Failing agreement between the two within twenty-eight (28) days, the new Adjudicator shall be appointed at the request of either party by the Appointing Authority specified in the SCC.

6.2 Arbitration

6.2.1 If either the Employer or the Contractor is dissatisfied with the Adjudicator's decision, or if the Adjudicator fails to give a decision within twenty-eight (28) days of a dispute being referred to it, then either the Employer or the Contractor may, within fifty-six (56) days of such reference, give notice to the other party, with a copy for information to the Adjudicator, of its intention to commence arbitration, as hereinafter provided, as to the matter in dispute, and no arbitration in respect of this matter may be commenced unless such notice is given.

6.2.2 Any dispute in respect of which a notice of intention to commence arbitration has been given, in accordance with GCC Sub-Clause 6.2.1, shall be finally settled by arbitration. Arbitration may be commenced prior to or after completion of the Facilities.

6.2.3 Arbitration proceedings shall be conducted in accordance with the rules of procedure designated in the SCC.

6.3 Notwithstanding any reference to the Adjudicator or arbitration herein,

- (a) The parties shall continue to perform their respective obligations under the Contract unless they otherwise agree
- (b) The Employer shall pay the Contractor any monies due the Contractor.

B. Subject Matter of Contract

7. Scope of Facilities

7.1 Unless otherwise expressly limited in the Technical Specifications, the Contractor's obligations cover the provision of all Plant and Equipment and the performance of all Installation Services required for the design, the manufacture (including procurement, quality assurance, construction, installation, associated civil works, Precommissioning and -

22

delivery) of the Plant and Equipment and the installation, completion and commissioning of the Facilities in accordance with the plans, procedures, specifications, drawings, codes and any other documents as specified in the Technical Specifications. Such specifications include, but are not limited to, the provision of supervision and engineering services; the supply of labor, materials, equipment, spare parts (as specified in GCC Sub-Clause 7.3 below) and accessories; Contractor's Equipment; construction utilities and supplies; temporary materials, structures and facilities; transportation (including, without limitation, unloading and hauling to, from and at the Site); and storage, except for those supplies, works and services that will be provided or performed by the Employer, as set forth in the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract Agreement.

7.2 The Contractor shall, unless specifically excluded in the Contract, perform all such work and/or supply all such items and materials not specifically mentioned in the Contract but that can be reasonably inferred from the Contract as being required for attaining Completion of the Facilities as if such work and/or items and materials were expressly mentioned in the Contract.

7.3 In addition to the supply of Mandatory Spare Parts included in the Contract, the Contractor agrees to supply spare parts required for the operation and maintenance of the Facilities for the period specified in the Special Conditions of Contract. However, the identity, specifications and quantities of such spare parts and the terms and conditions relating to the supply thereof are to be agreed between the Employer and the Contractor, and the price of such spare parts shall be that given in Price Schedule No. 6, which shall be added to the Contract Price. The price of such spare parts shall include the purchase price therefore and other costs and expenses (including the Contractor's fees) relating to the supply of spare parts.

8. Time for Commencement and Completion

8.1 The Contractor shall commence work on the Facilities within the period specified in the SCC and without prejudice to GCC Sub-Clause 26.2 hereof, the Contractor shall thereafter proceed with the Facilities in accordance with the time schedule specified in the corresponding Appendix (Time Schedule) to the Contract Agreement.

8.2 The Contractor shall attain Completion of the Facilities (or of a part where a separate time for Completion of such part is specified in the Contract) within the time stated in the SCC or within such extended time to which the Contractor shall be entitled under GCC Clause 40 hereof.

9. Contractor's Responsibilities

- 9.1 The Contractor shall design, manufacture (including associated purchases and/or subcontracting), install and complete the Facilities with due care and diligence in accordance with the Contract.
- 9.2 The Contractor confirms that it has entered into this Contract on the basis of a proper examination of the data relating to the Facilities (including any data as to boring tests) provided by the Employer, and on the basis of information that the Contractor could have obtained from a visual inspection of the Site (if access thereto was available) and of other data readily available to it relating to the Facilities as of the date twenty-eight (28) days prior to bid submission. The Contractor acknowledges that any failure to acquaint itself with all such data and information shall not relieve its responsibility for properly estimating the difficulty or cost of successfully performing the Facilities.
- 9.3 The Contractor shall acquire in its name all permits, approvals and/or licenses from all local, state or national government authorities or public service undertakings in the country where the Site is located that are necessary for the performance of the Contract, including, without limitation, visas for the Contractor's and Subcontractor's personnel and entry permits for all imported Contractor's Equipment. The Contractor shall acquire all other permits, approvals and/or licenses that are not the responsibility of the Employer under GCC Sub-Clause 10.3 hereof and that are necessary for the performance of the Contract.
- 9.4 The Contractor shall comply with all laws in force in the country where the Facilities are installed and where the Installation Services are carried out. The laws will include all local, state, national or other laws that affect the performance of the Contract and bind upon the Contractor. The Contractor shall indemnify and hold harmless the Employer from and against any and all liabilities, damages, claims, fines, penalties and expenses of whatever nature arising or resulting from the violation of such laws by the Contractor or its personnel, including the Subcontractors and their personnel, but without prejudice to GCC Sub-Clause 10.1 hereof.
- 9.5 Any Plant, Material and Services that will be incorporated in or be required for the Facilities and other supplies shall have their origin as specified under GCC Clause 1 (Country of Origin)
- 9.6 The Contractor shall permit the Bank to inspect the Contractor's

accounts and records relating to the performance of the Contractor and to have them audited by auditors appointed by the Bank, if so required by the Bank

**10. Employer's
Responsibilities**

- 10.1 The Employer shall ensure the accuracy of all information and/or data to be supplied by the Employer as described in the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract, except when otherwise expressly stated in the Contract.
- 10.2 The Employer shall be responsible for acquiring and providing legal and physical possession of the Site and access thereto, and for providing possession of and access to all other areas reasonably required for the proper execution of the Contract, including all requisite rights of way, as specified in the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract Agreement. The Employer shall give full possession of and accord all rights of access thereto on or before the date(s) specified in that Appendix.
- 10.3 The Employer shall acquire and pay for all permits, approvals and/or licenses from all local, state or national government authorities or public service undertakings in the country where the Site is located. Such authorities or undertakings require the Employer to obtain them in the Employer's name, are necessary for the execution of the Contract (they include those required for the performance by both the Contractor and the Employer of their respective obligations under the Contract), and are specified in the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract Agreement.
- 10.4 If requested by the Contractor, the Employer shall use its best endeavors to assist the Contractor in obtaining in a timely and expeditious manner all permits, approvals and/or licenses necessary for the execution of the Contract from all local, state or national government authorities or public service undertakings that such authorities or undertakings require the Contractor or Subcontractors or the personnel of the Contractor or Subcontractors, as the case may be, to obtain.
- 10.5 Unless otherwise specified in the Contract or agreed upon by the Employer and the Contractor, the Employer shall provide sufficient, properly qualified operating and maintenance personnel; shall supply and make available all raw materials, utilities, lubricants, chemicals, catalysts, other materials and facilities; and shall perform all work and services of whatsoever nature, including those required by the Contractor to properly

carry out Precommissioning, Commissioning and Guarantee Tests, all in accordance with the provisions of the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract Agreement at or before the time specified in the program furnished by the Contractor under GCC Sub-Clause 18.2 hereof and in the manner thereupon specified or as otherwise agreed upon by the Employer and the Contractor.

- 10.6 The Employer shall be responsible for the continued operation of the Facilities after Completion, in accordance with GCC Sub-Clause 24.8, and shall be responsible for facilitating the Guarantee Test(s) for the Facilities, in accordance with GCC Sub-Clause 25.2.
- 10.7 All costs and expenses involved in the performance of the obligations under this GCC Clause 10 shall be the responsibility of the Employer, save those to be incurred by the Contractor with respect to the performance of Guarantee Tests, in accordance with GCC Sub-Clause 25.2.

C. Payment

- 11. Contract Price** 11.1 The Contract Price shall be as specified in Article 2 (Contract Price and Terms of Payment) of the Form of Contract Agreement.
- 11.2 Unless indicated otherwise in the SCC, the Contract Price shall be a firm lump sum not subject to any alteration, except in the event of a Change in the Facilities or as otherwise provided in the Contract
- 11.3 Subject to GCC Sub-Clauses 9.2, 10.1 and 35 hereof, the Contractor shall be deemed to have satisfied itself as to the correctness and sufficiency of the Contract Price, which shall, except as otherwise provided for in the Contract, cover all its obligations under the Contract.
- 12. Terms of Payment** 12.1 The Contract Price shall be paid as specified in the corresponding Appendix (Terms and Procedures of Payment) to the Contract Agreement. The procedures to be followed in making application for and processing payments shall be those outlined in the same Appendix.
- 12.2 No payment made by the Employer herein shall be deemed to constitute acceptance by the Employer of the Facilities or any part(s) thereof.

- 12.3 In the event that the Employer fails to make any payment by its respective due date or within the period set forth in the Contract, the Employer shall pay to the Contractor interest on the amount of such delayed payment at the rate(s) shown in the corresponding Appendix (Terms and Procedures of Payment) to the Contract Agreement for the period of delay until payment has been made in full, whether before or after judgment or arbitrage award.
- 12.4 The currency or currencies in which payments are made to the Contractor under this Contract shall be specified in the corresponding Appendix (Terms and Procedures of Payment) to the Contract Agreement, subject to the general principle that payments will be made in the currency or currencies in which the Contract Price has been stated in the Contractor's bid.
- 12.5 All payments shall be made in the currency or currencies specified in the corresponding Appendix (Terms and Procedures of Payment) to the Contract Agreement, pursuant to GCC 12.4.

13. Securities

13.1 Issuance of Securities

The Contractor shall provide the securities specified below in favor of the Employer at the times, and in the amount, manner and form specified below.

13.2 Advance Payment Security

13.2.1 The Contractor shall, within twenty-eight (28) days of the notification of contract award, provide a security in an amount equal to the advance payment calculated in accordance with the corresponding Appendix (Terms and Procedures of Payment) to the Contract Agreement, and in the same currency or currencies.

13.2.2 The security shall be in the form provided in the bidding documents or in another form acceptable to the Employer. The amount of the security shall be reduced in proportion to the value of the Facilities executed by and paid to the Contractor from time to time, and shall automatically become null and void when the full amount of the advance payment has been recovered by the Employer. The security shall be returned to the Contractor immediately after its expiration.

13.3 Performance Security

13.3.1 The Contractor shall, within twenty-eight (28) days of the notification of contract award, provide a security for the due performance of the Contract in the amount specified in the SCC.

13.3.2 The security shall be denominated in the currency or currencies of the Contract, or in a freely convertible currency acceptable to the Employer, and shall be in one of the forms of bank guarantees provided in the bidding documents, as stipulated by the Employer in the SCC, or in another form acceptable to the Employer.

13.3.3 The security shall automatically be reduced by half on the date of the Operational Acceptance and shall become null and void, eighteen (18) months after Completion of the Facilities or twelve (12) months after Operational Acceptance of the Facilities, whichever occurs first; provided, however, that if the Defects Liability Period has been extended on any part of the Facilities pursuant to GCC Sub-Clause 27.8 hereof, the Contractor shall issue an additional security in an amount proportionate to the Contract Price of that part. The security shall be returned to the Contractor immediately after its expiration, provided, however, that if the Contractor, pursuant to GCC Sub-Clause 27.10, is liable for an extended warranty obligation, the performance security shall be extended for the period and up to the amount specified in the SCC.

14. Taxes and Duties

14.1 Except as otherwise specifically provided in the Contract, the Contractor shall bear and pay all taxes, duties, levies and charges assessed on the Contractor, its Subcontractors or their employees by all municipal, state or national government authorities in connection with the Facilities in and outside of the country where the Site is located.

14.2 Notwithstanding GCC Sub-Clause 14.1 above, the Employer shall bear and promptly pay all customs and import duties as well as other local taxes like, e.g., a value added tax (VAT), imposed by the law of the country where the Site is located on the Plant and Equipment specified in Price Schedule No. 1 and that are to be incorporated into the Facilities.

14.3 If any tax exemptions, reductions, allowances or privileges may be available to the Contractor in the country where the Site is located, the Employer shall use its best endeavors to enable the Contractor to benefit from any such tax savings to the maximum allowable extent.

14.4 For the purpose of the Contract, it is agreed that the Contract Price specified in Article 2 (Contract Price and Terms of Payment) of the Form of Contract Agreement is based on the taxes, duties, levies and charges prevailing at the date twenty-

eight (28) days prior to the date of bid submission in the country where the Site is located (hereinafter called "Tax" in this GCC Sub-Clause 14.4). If any rates of Tax are increased or decreased, a new Tax is introduced, an existing Tax is abolished, or any change in interpretation or application of any Tax occurs in the course of the performance of Contract, which was or will be assessed on the Contractor, Subcontractors or their employees in connection with performance of the Contract, an equitable adjustment of the Contract Price shall be made to fully take into account any such change by addition to the Contract Price or deduction there from, as the case may be, in accordance with GCC Clause 36 hereof.

D. Intellectual Property

15. Copyright

15.1 The copyright in all drawings, documents and other materials containing data and information furnished to the Employer by the Contractor herein shall remain vested in the Contractor or, if they are furnished to the Employer directly or through the Contractor by any third party, including suppliers of materials, the copyright in such materials shall remain vested in such third party.

16. Confidential Information

16.1 The Employer and the Contractor shall keep confidential and shall not, without the written consent of the other party hereto, divulge to any third party any documents, data or other information furnished directly or indirectly by the other party hereto in connection with the Contract, whether such information has been furnished prior to, during or following termination of the Contract. Notwithstanding the above, the Contractor may furnish to its Subcontractor(s) such documents, data and other information it receives from the Employer to the extent required for the Subcontractor(s) to perform its work under the Contract, in which event the Contractor shall obtain from such Subcontractor(s) an undertaking of confidentiality similar to that imposed on the Contractor under this GCC Clause 16.

16.2 The Employer shall not use such documents, data and other information received from the Contractor for any purpose other than the operation and maintenance of the Facilities. Similarly, the Contractor shall not use such documents, data and other information received from the Employer for any purpose other than the design, procurement of Plant and Equipment, construction or such other work and services as are required for the performance of the Contract.

16.3 The obligation of a party under GCC Sub-Clauses 16.1 and 16.2 above, however, shall not apply to that information which

- (a) now or hereafter enters the public domain through no fault of that party
- (b) can be proven to have been possessed by that party at the time of disclosure and which was not previously obtained, directly or indirectly, from the other party hereto
- (c) otherwise lawfully becomes available to that party from a third party that has no obligation of confidentiality.

16.4 The above provisions of this GCC Clause 16 shall not in any way modify any undertaking of confidentiality given by either of the parties hereto prior to the date of the Contract in respect of the Facilities or any part thereof.

16.5 The provisions of this GCC Clause 16 shall survive termination, for whatever reason, of the Contract.

E. Execution of the Facilities

17. Representatives

17.1 Project Manager

If the Project Manager is not named in the Contract, then within fourteen (14) days of the Effective Date, the Employer shall appoint and notify the Contractor in writing of the name of the Project Manager. The Employer may from time to time appoint some other person as the Project Manager in place of the person previously so appointed, and shall give a notice of the name of such other person to the Contractor without delay. No such appointment shall be made at such a time or in such a manner as to impede the progress of work on the Facilities. Such appointment shall only take effect upon receipt of such notice by the Contractor. The Project Manager shall represent and act for the Employer at all times during the currency of the Contract. All notices, instructions, orders, certificates, approvals and all other communications under the Contract shall be given by the Project Manager, except as herein otherwise provided.

All notices, instructions, information and other communications given by the Contractor to the Employer under the Contract shall be given to the Project Manager, except as herein otherwise provided.

17.2 Contractor's Representative & Construction Manager

17.2.1 If the Contractor's Representative is not named in the Contract, then within fourteen (14) days of the Effective Date, the Contractor shall appoint the Contractor's

Representative and shall request the Employer in writing to approve the person so appointed. If the Employer makes no objection to the appointment within fourteen (14) days, the Contractor's Representative shall be deemed to have been approved. If the Employer objects to the appointment within fourteen (14) days giving the reason therefore, then the Contractor shall appoint a replacement within fourteen (14) days of such objection, and the foregoing provisions of this GCC Sub-Clause 17.2.1 shall apply thereto.

17.2.2 The Contractor's Representative shall represent and act for the Contractor at all times during the currency of the Contract and shall give to the Project Manager all the Contractor's notices, instructions, information and all other communications under the Contract.

All notices, instructions, information and all other communications given by the Employer or the Project Manager to the Contractor under the Contract shall be given to the Contractor's Representative or, in its absence, its deputy, except as herein otherwise provided.

The Contractor shall not revoke the appointment of the Contractor's Representative without the Employer's prior written consent, which shall not be unreasonably withheld. If the Employer consents thereto, the Contractor shall appoint some other person as the Contractor's Representative, pursuant to the procedure set out in GCC Sub-Clause 17.2.1.

17.2.3 The Contractor's Representative may, subject to the approval of the Employer (which shall not be unreasonably withheld), at any time delegate to any person any of the powers, functions and authorities vested in him or her. Any such delegation may be revoked at any time. Any such delegation or revocation shall be subject to a prior notice signed by the Contractor's Representative, and shall specify the powers, functions and authorities thereby delegated or revoked. No such delegation or revocation shall take effect unless and until a copy thereof has been delivered to the Employer and the Project Manager.

Any act or exercise by any person of powers, functions and authorities so delegated to him or her in accordance with this GCC Sub-Clause 17.2.3 shall be deemed to be an act or exercise by the Contractor's Representative.

17.2.4 From the commencement of installation of the Facilities at

the Site until Completion, the Contractor's Representative shall appoint a suitable person as the construction manager (hereinafter referred to as "the Construction Manager"). The Construction Manager shall supervise all work done at the Site by the Contractor and shall be present at the Site throughout normal working hours except when on leave, sick or absent for reasons connected with the proper performance of the Contract. Whenever the Construction Manager is absent from the Site, a suitable person shall be appointed to act as his or her deputy.

17.2.5 The Employer may by notice to the Contractor object to any representative or person employed by the Contractor in the execution of the Contract who, in the reasonable opinion of the Employer, may behave inappropriately, may be incompetent or negligent, or may commit a serious breach of the Site regulations provided under GCC Sub-Clause 22.3. The Employer shall provide evidence of the same, whereupon the Contractor shall remove such person from the Facilities.

17.2.6 If any representative or person employed by the Contractor is removed in accordance with GCC Sub-Clause 17.2.5, the Contractor shall, where required, promptly appoint a replacement.

18. Work Program

18.1 Contractor's Organization

The Contractor shall supply to the Employer and the Project Manager a chart showing the proposed organization to be established by the Contractor for carrying out work on the Facilities. The chart shall include the identities of the key personnel together with the curricula vitae of such key personnel to be employed within twenty-one (21) days of the Effective Date. The Contractor shall promptly inform the Employer and the Project Manager in writing of any revision or alteration of such an organization chart.

18.2 Program of Performance

Within twenty-eight (28) days after the date of signing the Contract Agreement, the Contractor shall prepare and submit to the Project Manager a detailed program of performance of the Contract, made in the form specified in the SCC and showing the sequence in which it proposes to design, manufacture, transport, assemble, install and precommission the Facilities, as well as the date by which the Contractor reasonably requires that the Employer shall have fulfilled its obligations under the Contract so as to enable the Contractor to execute the Contract in accordance with the program and to achieve Completion,

Commissioning and Acceptance of the Facilities in accordance with the Contract. The program so submitted by the Contractor shall accord with the Time Schedule included in the corresponding Appendix (Time Schedule) to the Contract Agreement and any other dates and periods specified in the Contract. The Contractor shall update and revise the program as and when appropriate or when required by the Project Manager, but without modification in the Times for Completion given in the SCC and any extension granted in accordance with GCC Clause 40, and shall submit all such revisions to the Project Manager.

18.3 Progress Report

The Contractor shall monitor progress of all the activities specified in the program referred to in GCC Sub-Clause 18.2 above, and supply a progress report to the Project Manager every month.

The progress report shall be in a form acceptable to the Project Manager and shall indicate: (a) percentage completion achieved compared with the planned percentage completion for each activity; and (b) where any activity is behind the program, giving comments and likely consequences and stating the corrective action being taken.

18.4 Progress of Performance

If at any time the Contractor's actual progress falls behind the program referred to in GCC Sub-Clause 18.2, or it becomes apparent that it will so fall behind, the Contractor shall, at the request of the Employer or the Project Manager, prepare and submit to the Project Manager a revised program, taking into account the prevailing circumstances, and shall notify the Project Manager of the steps being taken to expedite progress so as to attain Completion of the Facilities within the Time for Completion under GCC Sub-Clause 8.2, any extension thereof entitled under GCC Sub-Clause 40 1, or any extended period as may otherwise be agreed upon between the Employer and the Contractor.

18.5 Work Procedures

The Contract shall be executed in accordance with the Contract Documents and the procedures given in the section on Sample Forms and Procedures of the Contract Documents.

The Contractor may execute the Contract in accordance with its own standard project execution plans and procedures to the extent that they do not conflict with the provisions contained in the Contract.

- 19. Subcontracting**
- 19.1 The corresponding Appendix (List of Approved Subcontractors) to the Contract Agreement specifies major items of supply or services and a list of approved Subcontractors against each item, including vendors. Insofar as no Subcontractors are listed against any such item, the Contractor shall prepare a list of Subcontractors for such item for inclusion in such list. The Contractor may from time to time propose any addition to or deletion from any such list. The Contractor shall submit any such list or any modification thereto to the Employer for its approval in sufficient time so as not to impede the progress of work on the Facilities. Such approval by the Employer for any of the Subcontractors shall not relieve the Contractor from any of its obligations, duties or responsibilities under the Contract.
- 19.2 The Contractor shall select and employ its Subcontractors for such major items from those listed in the lists referred to in GCC Sub-Clause 19.1.
- 19.3 For items or parts of the Facilities not specified in the corresponding Appendix (List of Approved Subcontractors) to the Contract Agreement, the Contractor may employ such Subcontractors as it may select, at its discretion.
- 20. Design and Engineering**
- 20.1 Specifications and Drawings
- 20.1.1 The Contractor shall execute the basic and detailed design and the engineering work in compliance with the provisions of the Contract, or where not so specified, in accordance with good engineering practice.
- The Contractor shall be responsible for any discrepancies, errors or omissions in the specifications, drawings and other technical documents that it has prepared, whether such specifications, drawings and other documents have been approved by the Project Manager or not, provided that such discrepancies, errors or omissions are not because of inaccurate information furnished in writing to the Contractor by or on behalf of the Employer.
- 20.1.2 The Contractor shall be entitled to disclaim responsibility for any design, data, drawing, specification or other document, or any modification thereof provided or designated by or on behalf of the Employer, by giving a notice of such disclaimer to the Project Manager.
- 20.2 Codes and Standards
- Wherever references are made in the Contract to codes and standards in accordance with which the Contract shall be

executed, the edition or the revised version of such codes and standards current at the date twenty-eight (28) days prior to date of bid submission shall apply unless otherwise specified. During Contract execution, any changes in such codes and standards shall be applied after approval by the Employer and shall be treated in accordance with GCC Clause 39.

20.3 Approval/Review of Technical Documents by Project Manager

20.3.1 The Contractor shall prepare (or cause its Subcontractors to prepare) and furnish to the Project Manager the documents listed in the corresponding Appendix (List of Documents for Approval or Review) to the Contract Agreement for its approval or review as specified and in accordance with the requirements of GCC Sub-Clause 18.2 (Program of Performance).

Any part of the Facilities covered by or related to the documents to be approved by the Project Manager shall be executed only after the Project Manager's approval thereof.

GCC Sub-Clauses 20.3.2 through 20.3.7 shall apply to those documents requiring the Project Manager's approval, but not to those furnished to the Project Manager for its review only.

20.3.2 Within fourteen (14) days after receipt by the Project Manager of any document requiring the Project Manager's approval in accordance with GCC Sub-Clause 20.3.1, the Project Manager shall either return one copy thereof to the Contractor with its approval endorsed thereon or shall notify the Contractor in writing of its disapproval thereof and the reasons therefore and the modifications that the Project Manager proposes.

If the Project Manager fails to take such action within the said fourteen (14) days, then the said document shall be deemed to have been approved by the Project Manager.

20.3.3 The Project Manager shall not disapprove any document, except on the grounds that the document does not comply with some specified provision of the Contract or that it is contrary to good engineering practice.

20.3.4 If the Project Manager disapproves the document, the Contractor shall modify the document and resubmit it for the Project Manager's approval in accordance with GCC Sub-Clause 20.3.2. If the Project Manager approves the document subject to modification(s), the Contractor shall

make the required modification(s), whereupon the document shall be deemed to have been approved.

20.3.5 If any dispute or difference occurs between the Employer and the Contractor in connection with or arising out of the disapproval by the Project Manager of any document and/or any modification(s) thereto that cannot be settled between the parties within a reasonable period, then such dispute or difference may be referred to an Adjudicator for determination in accordance with GCC Sub-Clause 6.1 hereof. If such dispute or difference is referred to an Adjudicator, the Project Manager shall give instructions as to whether and if so, how, performance of the Contract is to proceed. The Contractor shall proceed with the Contract in accordance with the Project Manager's instructions, provided that if the Adjudicator upholds the Contractor's view on the dispute and if the Employer has not given notice under GCC Sub-Clause 6.1.2 hereof, then the Contractor shall be reimbursed by the Employer for any additional costs incurred by reason of such instructions and shall be relieved of such responsibility or liability in connection with the dispute and the execution of the instructions as the Adjudicator shall decide, and the Time for Completion shall be extended accordingly.

20.3.6 The Project Manager's approval, with or without modification of the document furnished by the Contractor, shall not relieve the Contractor of any responsibility or liability imposed upon it by any provisions of the Contract except to the extent that any subsequent failure results from modifications required by the Project Manager.

20.3.7 The Contractor shall not depart from any approved document unless the Contractor has first submitted to the Project Manager an amended document and obtained the Project Manager's approval thereof, pursuant to the provisions of this GCC Sub-Clause 20.3.

If the Project Manager requests any change in any already approved document and/or in any document based thereon, the provisions of GCC Clause 39 shall apply to such request.

21. Procurement

21.1 Plant and Equipment

Subject to GCC Sub-Clause 14.2, the Contractor shall manufacture or procure and transport all the Plant and Equipment in an expeditious and orderly manner to the Site.

21.2 Employer-Supplied Plant, Equipment, and Materials



If the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract Agreement provides that the Employer shall furnish any specific items of machinery, equipment or materials to the Contractor, the following provisions shall apply:

21.2.1 The Employer shall, at its own risk and expense, transport each item to the place on or near the Site as agreed upon by the parties and make such item available to the Contractor at the time specified in the program furnished by the Contractor, pursuant to GCC Sub-Clause 18.2, unless otherwise mutually agreed.

21.2.2 Upon receipt of such item, the Contractor shall inspect the same visually and notify the Project Manager of any detected shortage, defect or default. The Employer shall immediately remedy any shortage, defect or default, or the Contractor shall, if practicable and possible, at the request of the Employer, remedy such shortage, defect or default at the Employer's cost and expense. After inspection, such item shall fall under the care, custody and control of the Contractor. The provision of this GCC Sub-Clause 21.2.2 shall apply to any item supplied to remedy any such shortage or default or to substitute for any defective item, or shall apply to defective items that have been repaired.

21.2.3 The foregoing responsibilities of the Contractor and its obligations of care, custody and control shall not relieve the Employer of liability for any undetected shortage, defect or default, nor place the Contractor under any liability for any such shortage, defect or default whether under GCC Clause 27 or under any other provision of Contract.

21.3 Transportation

21.3.1 The Contractor shall at its own risk and expense transport all the Plant and Equipment and the Contractor's Equipment to the Site by the mode of transport that the Contractor judges most suitable under all the circumstances.

21.3.2 Unless otherwise provided in the Contract, the Contractor shall be entitled to select any safe mode of transport operated by any person to carry the Plant and Equipment and the Contractor's Equipment.

21.3.3 Upon dispatch of each shipment of the Plant and Equipment and the Contractor's Equipment, the

Contractor shall notify the Employer by telex, cable, facsimile or Electronic Data Interchange (EDI) of the description of the Plant and Equipment and of the Contractor's Equipment, the point and means of dispatch, and the estimated time and point of arrival in the country where the Site is located, if applicable, and at the Site. The Contractor shall furnish the Employer with relevant shipping documents to be agreed upon between the parties.

21.3.4 The Contractor shall be responsible for obtaining, if necessary, approvals from the authorities for transportation of the Plant and Equipment and the Contractor's Equipment to the Site. The Employer shall use its best endeavors in a timely and expeditious manner to assist the Contractor in obtaining such approvals, if requested by the Contractor. The Contractor shall indemnify and hold harmless the Employer from and against any claim for damage to roads, bridges or any other traffic facilities that may be caused by the transport of the Plant and Equipment and the Contractor's Equipment to the Site.

21.4 Customs Clearance

The Contractor shall, at its own expense, handle all imported Plant and Equipment and Contractor's Equipment at the point(s) of import and shall handle any formalities for customs clearance, subject to the Employer's obligations under GCC Sub-Clause 14.2, provided that if applicable laws or regulations require any application or act to be made by or in the name of the Employer, the Employer shall take all necessary steps to comply with such laws or regulations. In the event of delays in customs clearance that are not the fault of the Contractor, the Contractor shall be entitled to an extension in the Time for Completion, pursuant to GCC Clause 40.

22. Installation

22.1 Setting Out/Supervision/Labor

22.1.1 *Bench Mark:* The Contractor shall be responsible for the true and proper setting-out of the Facilities in relation to bench marks, reference marks and lines provided to it in writing by or on behalf of the Employer.

If, at any time during the progress of installation of the Facilities, any error shall appear in the position, level or alignment of the Facilities, the Contractor shall forthwith notify the Project Manager of such error and, at its own expense, immediately rectify such error to the reasonable satisfaction of the Project Manager. If such error is based

on incorrect data provided in writing by or on behalf of the Employer, the expense of rectifying the same shall be borne by the Employer.

22.1.2 Contractor's Supervision: The Contractor shall give or provide all necessary superintendence during the installation of the Facilities, and the Construction Manager or its deputy shall be constantly on the Site to provide full-time superintendence of the installation. The Contractor shall provide and employ only technical personnel who are skilled and experienced in their respective callings and supervisory staff who are competent to adequately supervise the work at hand.

22.1.3 Labor:

- (a) The Contractor shall provide and employ on the Site in the installation of the Facilities such skilled, semi-skilled and unskilled labor as is necessary for the proper and timely execution of the Contract. The Contractor is encouraged to use local labor that has the necessary skills.
- (b) Unless otherwise provided in the Contract, the Contractor shall be responsible for the recruitment, transportation, accommodation and catering of all labor, local or expatriate, required for the execution of the Contract and for all payments in connection therewith.
- (c) The Contractor shall be responsible for obtaining all necessary permit(s) and/or visa(s) from the appropriate authorities for the entry of all labor and personnel to be employed on the Site into the country where the Site is located.
- (d) The Contractor shall at its own expense provide the means of repatriation to all of its and its Subcontractor's personnel employed on the Contract at the Site to their various home countries. It shall also provide suitable temporary maintenance of all such persons from the cessation of their employment on the Contract to the date programmed for their departure. In the event that the Contractor defaults in providing such means of transportation and temporary maintenance, the Employer may provide the same to such personnel and recover the cost of doing so from the Contractor.

- (e) The Contractor shall at all times during the progress of the Contract use its best endeavors to prevent any unlawful, riotous or disorderly conduct or behavior by or amongst its employees and the labor of its Subcontractors.
- (f) The Contractor shall, in all dealings with its labor and the labor of its Subcontractors currently employed on or connected with the Contract, pay due regard to all recognized festivals, official holidays, religious or other customs and all local laws and regulations pertaining to the employment of labor.

22.2 Contractor's Equipment

22.2.1 All Contractor's Equipment brought by the Contractor onto the Site shall be deemed to be intended to be used exclusively for the execution of the Contract. The Contractor shall not remove the same from the Site without the Project Manager's consent that such Contractor's Equipment is no longer required for the execution of the Contract

22.2.2 Unless otherwise specified in the Contract, upon completion of the Facilities, the Contractor shall remove from the Site all Equipment brought by the Contractor onto the Site and any surplus materials remaining thereon.

22.2.3 The Employer will, if requested, use its best endeavors to assist the Contractor in obtaining any local, state or national government permission required by the Contractor for the export of the Contractor's Equipment imported by the Contractor for use in the execution of the Contract that is no longer required for the execution of the Contract.

22.3 Site Regulations and Safety

The Employer and the Contractor shall establish Site regulations setting out the rules to be observed in the execution of the Contract at the Site and shall comply therewith. The Contractor shall prepare and submit to the Employer, with a copy to the Project Manager, proposed Site regulations for the Employer's approval, which approval shall not be unreasonably withheld.

Such Site regulations shall include, but shall not be limited to, rules in respect of security, safety of the Facilities, gate control, sanitation, medical care, and fire prevention.

22.4 Opportunities for Other Contractors

22.4.1 The Contractor shall, upon written request from the Employer or the Project Manager, give all reasonable opportunities for carrying out the work to any other contractors employed by the Employer on or near the Site.

22.4.2 If the Contractor, upon written request from the Employer or the Project Manager, makes available to other contractors any roads or ways the maintenance for which the Contractor is responsible, permits the use by such other contractors of the Contractor's Equipment, or provides any other service of whatsoever nature for such other contractors, the Employer shall fully compensate the Contractor for any loss or damage caused or occasioned by such other contractors in respect of any such use or service, and shall pay to the Contractor reasonable remuneration for the use of such equipment or the provision of such services.

22.4.3 The Contractor shall also so arrange to perform its work as to minimize, to the extent possible, interference with the work of other contractors. The Project Manager shall determine the resolution of any difference or conflict that may arise between the Contractor and other contractors and the workers of the Employer in regard to their work.

22.4.4 The Contractor shall notify the Project Manager promptly of any defects in the other contractors' work that come to its notice, and that could affect the Contractor's work. The Project Manager shall determine the corrective measures, if any, required to rectify the situation after inspection of the Facilities. Decisions made by the Project Manager shall be binding on the Contractor.

22.5 Emergency Work

If, by reason of an emergency arising in connection with and during the execution of the Contract, any protective or remedial work is necessary as a matter of urgency to prevent damage to the Facilities, the Contractor shall immediately carry out such work.

If the Contractor is unable or unwilling to do such work immediately, the Employer may do or cause such work to be done as the Employer may determine is necessary in order to prevent damage to the Facilities. In such event the Employer shall, as soon as practicable after the occurrence of any such emergency, notify the Contractor in writing of such emergency, the work done and the reasons therefore. If the work done or

caused to be done by the Employer is work that the Contractor was liable to do at its own expense under the Contract, the reasonable costs incurred by the Employer in connection therewith shall be paid by the Contractor to the Employer. Otherwise, the cost of such remedial work shall be borne by the Employer.

22.6 Site Clearance

22.6.1 *Site Clearance in Course of Performance:* In the course of carrying out the Contract, the Contractor shall keep the Site reasonably free from all unnecessary obstruction, store or remove any surplus materials, clear away any wreckage, rubbish or temporary works from the Site, and remove any Contractor's Equipment no longer required for execution of the Contract.

22.6.2 *Clearance of Site after Completion:* After Completion of all parts of the Facilities, the Contractor shall clear away and remove all wreckage, rubbish and debris of any kind from the Site, and shall leave the Site and Facilities clean and safe.

22.7 Watching and Lighting

The Contractor shall provide and maintain at its own expense all lighting, fencing, and watching when and where necessary for the proper execution and the protection of the Facilities, or for the safety of the owners and occupiers of adjacent property and for the safety of the public.

22.8 Work at Night and on Holidays

22.8.1 Unless otherwise provided in the Contract, no work shall be carried out during the night and on public holidays of the country where the Site is located without prior written consent of the Employer, except where work is necessary or required to ensure safety of the Facilities or for the protection of life, or to prevent loss or damage to property, when the Contractor shall immediately advise the Project Manager, provided that provisions of this GCC Sub-Clause 22.8.1 shall not apply to any work which is customarily carried out by rotary or double-shifts.

22.8.2 Notwithstanding GCC Sub-Clauses 22.8.1 or 22.1.3, if and when the Contractor considers it necessary to carry out work at night or on public holidays so as to meet the Time for Completion and requests the Employer's consent thereto, the Employer shall not unreasonably withhold such consent.

{

23. Test and Inspection

23.1 The Contractor shall at its own expense carry out at the place of manufacture and/or on the Site all such tests and/or inspections of the Plant and Equipment and any part of the Facilities as are specified in the Contract.

23.2 The Employer and the Project Manager or their designated representatives shall be entitled to attend the aforesaid test and/or inspection, provided that the Employer shall bear all costs and expenses incurred in connection with such attendance including, but not limited to, all traveling and board and lodging expenses.

23.3 Whenever the Contractor is ready to carry out any such test and/or inspection, the Contractor shall give a reasonable advance notice of such test and/or inspection and of the place and time thereof to the Project Manager. The Contractor shall obtain from any relevant third party or manufacturer any necessary permission or consent to enable the Employer and the Project Manager (or their designated representatives) to attend the test and/or inspection.

23.4 The Contractor shall provide the Project Manager with a certified report of the results of any such test and/or inspection.

If the Employer or Project Manager (or their designated representatives) fails to attend the test and/or inspection, or if it is agreed between the parties that such persons shall not do so, then the Contractor may proceed with the test and/or inspection in the absence of such persons, and may provide the Project Manager with a certified report of the results thereof.

23.5 The Project Manager may require the Contractor to carry out any test and/or inspection not required by the Contract, provided that the Contractor's reasonable costs and expenses incurred in the carrying out of such test and/or inspection shall be added to the Contract Price. Further, if such test and/or inspection impedes the progress of work on the Facilities and/or the Contractor's performance of its other obligations under the Contract, due allowance will be made in respect of the Time for Completion and the other obligations so affected.

23.6 If any Plant and Equipment or any part of the Facilities fails to pass any test and/or inspection, the Contractor shall either rectify or replace such Plant and Equipment or part of the Facilities and shall repeat the test and/or inspection upon giving a notice under GCC Sub-Clause 23.3.

23.7 If any dispute or difference of opinion shall arise between the parties in connection with or arising out of the test and/or

inspection of the Plant and Equipment or part of the Facilities that cannot be settled between the parties within a reasonable period of time, it may be referred to an Adjudicator for determination in accordance with GCC Sub-Clause 6.1.

23.8 The Contractor shall afford the Employer and the Project Manager, at the Employer's expense, access at any reasonable time to any place where the Plant and Equipment are being manufactured or the Facilities are being installed, in order to inspect the progress and the manner of manufacture or installation, provided that the Project Manager shall give the Contractor a reasonable prior notice.

23.9 The Contractor agrees that neither the execution of a test and/or inspection of Plant and Equipment or any part of the Facilities, nor the attendance by the Employer or the Project Manager, nor the issue of any test certificate pursuant to GCC Sub-Clause 23.4, shall release the Contractor from any other responsibilities under the Contract.

23.10 No part of the Facilities or foundations shall be covered up on the Site without the Contractor carrying out any test and/or inspection required under the Contract. The Contractor shall give a reasonable notice to the Project Manager whenever any such part of the Facilities or foundations are ready or about to be ready for test and/or inspection; such test and/or inspection and notice thereof shall be subject to the requirements of the Contract.

23.11 The Contractor shall uncover any part of the Facilities or foundations, or shall make openings in or through the same as the Project Manager may from time to time require at the Site, and shall reinstate and make good such part or parts.

If any parts of the Facilities or foundations have been covered up at the Site after compliance with the requirement of GCC Sub-Clause 23.10 and are found to be executed in accordance with the Contract, the expenses of uncovering, making openings in or through, reinstating, and making good the same shall be borne by the Employer, and the Time for Completion shall be reasonably adjusted to the extent that the Contractor has thereby been delayed or impeded in the performance of any of its obligations under the Contract.

24. Completion of the Facilities

24.1 As soon as the Facilities or any part thereof has, in the opinion of the Contractor, been completed operationally and structurally and put in a tight and clean condition as specified in the Technical Specifications, excluding minor items not materially

affecting the operation or safety of the Facilities, the Contractor shall so notify the Employer in writing.

- 24.2 Within seven (7) days after receipt of the notice from the Contractor under GCC Sub-Clause 24.1, the Employer shall supply the operating and maintenance personnel specified in the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract Agreement for Precommissioning of the Facilities or any part thereof.

Pursuant to the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract Agreement, the Employer shall also provide, within the said seven (7) day period, the raw materials, utilities, lubricants, chemicals, catalysts, facilities, services and other matters required for Precommissioning of the Facilities or any part thereof.

- 24.3 As soon as reasonably practicable after the operating and maintenance personnel have been supplied by the Employer and the raw materials, utilities, lubricants, chemicals, catalysts, facilities, services and other matters have been provided by the Employer in accordance with GCC Sub-Clause 24.2, the Contractor shall commence Precommissioning of the Facilities or the relevant part thereof in preparation for Commissioning.

- 24.4 As soon as all works in respect of Precommissioning are completed and, in the opinion of the Contractor, the Facilities or any part thereof is ready for Commissioning, the Contractor shall so notify the Project Manager in writing.

- 24.5 The Project Manager shall, within fourteen (14) days after receipt of the Contractor's notice under GCC Sub-Clause 24.4, either issue a Completion Certificate in the form specified in the Sample Forms and Procedures section in the bidding documents, stating that the Facilities or that part thereof have reached Completion as of the date of the Contractor's notice under GCC Sub-Clause 24.4, or notify the Contractor in writing of any defects and/or deficiencies.

If the Project Manager notifies the Contractor of any defects and/or deficiencies, the Contractor shall then correct such defects and/or deficiencies, and shall repeat the procedure described in GCC Sub-Clause 24.4.

If the Project Manager is satisfied that the Facilities or that part thereof have reached Completion, the Project Manager shall, within seven (7) days after receipt of the Contractor's repeated notice, issue a Completion Certificate stating that the Facilities or

that part thereof have reached Completion as of the date of the Contractor's repeated notice.

If the Project Manager is not so satisfied, then it shall notify the Contractor in writing of any defects and/or deficiencies within seven (7) days after receipt of the Contractor's repeated notice, and the above procedure shall be repeated.

24.6 If the Project Manager fails to issue the Completion Certificate and fails to inform the Contractor of any defects and/or deficiencies within fourteen (14) days after receipt of the Contractor's notice under GCC Sub-Clause 24.4 or within seven (7) days after receipt of the Contractor's repeated notice under GCC Sub-Clause 24.5, or if the Employer makes use of the Facilities or part thereof, then the Facilities or that part thereof shall be deemed to have reached Completion as of the date of the Contractor's notice or repeated notice, or as of the Employer's use of the Facilities, as the case may be.

24.7 As soon as possible after Completion, the Contractor shall complete all outstanding minor items so that the Facilities are fully in accordance with the requirements of the Contract, failing which the Employer will undertake such completion and deduct the costs thereof from any monies owing to the Contractor

24.8 Upon Completion, the Employer shall be responsible for the care and custody of the Facilities or the relevant part thereof, together with the risk of loss or damage thereto, and shall thereafter take over the Facilities or the relevant part thereof.

25. Commissioning and Operational Acceptance

25.1 Commissioning

25.1.1 Commissioning of the Facilities or any part thereof shall be commenced by the Contractor immediately after issue of the Completion Certificate by the Project Manager, pursuant to GCC Sub-Clause 24.5, or immediately after issue of the deemed Completion, under GCC Sub-Clause 24.6.

25.1.2 The Employer shall supply the operating and maintenance personnel and all raw materials, utilities, lubricants, chemicals, catalysts, facilities, services and other matters required for Commissioning.

25.2 Guarantee Test

25.2.1 The Guarantee Test (and repeats thereof) shall be conducted by the Contractor during Commissioning of the Facilities or the relevant part thereof to ascertain whether the Facilities or the relevant part can attain the Functional

Guarantees specified in the Technical Specifications. The Contractor's and Project Manager's advisory personnel shall attend the Guarantee Test, and shall advise and assist the Employer. The Employer shall promptly provide the Contractor with such information as the Contractor may reasonably require in relation to the conduct and results of the Guarantee Test (and any repeats thereof).

25.2.2 If for reasons not attributable to the Contractor, the Guarantee Test of the Facilities or the relevant part thereof cannot be successfully completed within the period from the date of Completion specified in the SCC or any other period agreed upon by the Employer and the Contractor, the Contractor shall be deemed to have fulfilled its obligations with respect to the Functional Guarantees, and GCC Sub-Clauses 28.2 and 28.3 shall not apply.

25.3 Operational Acceptance

25.3.1 Subject to GCC Sub-Clause 25.4 below, Operational Acceptance shall occur in respect of the Facilities or any part thereof when

- (a) the Guarantee Test has been successfully completed and the Functional Guarantees are met; or
- (b) the Guarantee Test has not been successfully completed or has not been carried out for reasons not attributable to the Contractor within the period from the date of Completion specified in the SCC or any other agreed upon period as specified in GCC Sub-Clause 25.2.2 above; or
- (c) the Contractor has paid the liquidated damages specified in GCC Sub-Clause 28.3 hereof; and
- (d) any minor items mentioned in GCC Sub-Clause 24.7 hereof relevant to the Facilities or that part thereof have been completed.

25.3.2 At any time after any of the events set out in GCC Sub-Clause 25.3.1 have occurred, the Contractor may give a notice to the Project Manager requesting the issue of an Operational Acceptance Certificate in the form provided in the Bidding Documents or in another form acceptable to the Employer in respect of the Facilities or the part thereof specified in such notice as of the date of such notice.

25.3.3 The Project Manager shall, after consultation with the

Employer, and within seven (7) days after receipt of the Contractor's notice, issue an Operational Acceptance Certificate.

25.3.4 If within seven (7) days after receipt of the Contractor's notice, the Project Manager fails to issue the Operational Acceptance Certificate or fails to inform the Contractor in writing of the justifiable reasons why the Project Manager has not issued the Operational Acceptance Certificate, the Facilities or the relevant part thereof shall be deemed to have been accepted as of the date of the Contractor's said notice.

25.4 Partial Acceptance

25.4.1 If the Contract specifies that Completion and Commissioning shall be carried out in respect of parts of the Facilities, the provisions relating to Completion and Commissioning including the Guarantee Test shall apply to each such part of the Facilities individually, and the Operational Acceptance Certificate shall be issued accordingly for each such part of the Facilities.

25.4.2 If a part of the Facilities comprises facilities such as buildings, for which no Commissioning or Guarantee Test is required, then the Project Manager shall issue the Operational Acceptance Certificate for such facility when it attains Completion, provided that the Contractor shall thereafter complete any outstanding minor items that are listed in the Operational Acceptance Certificate.

F. Guarantees and Liabilities

26. Completion Time Guarantee

26.1 The Contractor guarantees that it shall attain Completion of the Facilities (or a part for which a separate time for completion is specified in the SCC) within the Time for Completion specified in the SCC pursuant to GCC Sub-Clause 8.2, or within such extended time to which the Contractor shall be entitled under GCC Clause 40 hereof.

26.2 If the Contractor fails to attain Completion of the Facilities or any part thereof within the Time for Completion or any extension thereof under GCC Clause 40, the Contractor shall pay to the Employer liquidated damages in the amount specified in the SCC as a percentage rate of the Contract Price, or the relevant part thereof. The aggregate amount of such liquidated damages shall in no event exceed the amount specified as "Maximum" in the SCC. Once the "Maximum" is reached, the Employer may

consider termination of the Contract, pursuant to GCC Sub-Clause 42.2.2.

Such payment shall completely satisfy the Contractor's obligation to attain Completion of the Facilities or the relevant part thereof within the Time for Completion or any extension thereof under GCC Clause 40. The Contractor shall have no further liability whatsoever to the Employer in respect thereof.

However, the payment of liquidated damages shall not in any way relieve the Contractor from any of its obligations to complete the Facilities or from any other obligations and liabilities of the Contractor under the Contract.

Save for liquidated damages payable under this GCC Sub-Clause 26.2, the failure by the Contractor to attain any milestone or other act, matter or thing by any date specified in the corresponding Appendix (Time Schedule) to the Contract Agreement and/or other program of work prepared pursuant to GCC Sub-Clause 18.2 shall not render the Contractor liable for any loss or damage thereby suffered by the Employer.

- 26.3 If the Contractor attains Completion of the Facilities or any part thereof before the Time for Completion or any extension thereof under GCC Clause 40, the Employer shall pay to the Contractor a bonus in the amount specified in the SCC. The aggregate amount of such bonus shall in no event exceed the amount specified as "Maximum" in the SCC

27. Defect Liability

- 27.1 The Contractor warrants that the Facilities or any part thereof shall be free from defects in the design, engineering, materials and workmanship of the Plant and Equipment supplied and of the work executed.
- 27.2 The Defect Liability Period shall be eighteen (18) months from the date of Completion of the Facilities (or any part thereof) or twelve (12) months from the date of Operational Acceptance of the Facilities (or any part thereof), whichever first occurs, unless specified otherwise in the SCC.

If during the Defect Liability Period any defect should be found in the design, engineering, materials and workmanship of the Plant and Equipment supplied or of the work executed by the Contractor, the Contractor shall promptly, in consultation and agreement with the Employer regarding appropriate remedying of the defects, and at its cost, repair, replace or otherwise make good (as the Contractor shall, at its discretion, determine) such defect as well as any damage to the Facilities caused by such

defect. The Contractor shall not be responsible for the repair, replacement or making good of any defect or of any damage to the Facilities arising out of or resulting from any of the following causes:

- (a) improper operation or maintenance of the Facilities by the Employer
- (b) operation of the Facilities outside specifications provided in the Contract
- (c) normal wear and tear

27.3 The Contractor's obligations under this GCC Clause 27 shall not apply to

- (a) any materials that are supplied by the Employer under GCC Sub-Clause 21.2, are normally consumed in operation, or have a normal life shorter than the Defect Liability Period stated herein
- (b) any designs, specifications or other data designed, supplied or specified by or on behalf of the Employer or any matters for which the Contractor has disclaimed responsibility herein
- (c) any other materials supplied or any other work executed by or on behalf of the Employer, except for the work executed by the Employer under GCC Sub-Clause 27.7.

27.4 The Employer shall give the Contractor a notice stating the nature of any such defect together with all available evidence thereof, promptly following the discovery thereof. The Employer shall afford all reasonable opportunity for the Contractor to inspect any such defect.

27.5 The Employer shall afford the Contractor all necessary access to the Facilities and the Site to enable the Contractor to perform its obligations under this GCC Clause 27.

The Contractor may, with the consent of the Employer, remove from the Site any Plant and Equipment or any part of the Facilities that are defective if the nature of the defect, and/or any damage to the Facilities caused by the defect, is such that repairs cannot be expeditiously carried out at the Site.

27.6 If the repair, replacement or making good is of such a character that it may affect the efficiency of the Facilities or any part

thereof, the Employer may give to the Contractor a notice requiring that tests of the defective part of the Facilities shall be made by the Contractor immediately upon completion of such remedial work, whereupon the Contractor shall carry out such tests.

If such part fails the tests, the Contractor shall carry out further repair, replacement or making good (as the case may be) until that part of the Facilities passes such tests. The tests shall be agreed upon by the Employer and the Contractor.

27.7 If the Contractor fails to commence the work necessary to remedy such defect or any damage to the Facilities caused by such defect within a reasonable time (which shall in no event be considered to be less than fifteen (15) days), the Employer may, following notice to the Contractor, proceed to do such work, and the reasonable costs incurred by the Employer in connection therewith shall be paid to the Employer by the Contractor or may be deducted by the Employer from any monies due the Contractor or claimed under the Performance Security.

27.8 If the Facilities or any part thereof cannot be used by reason of such defect and/or making good of such defect, the Defect Liability Period of the Facilities or such part, as the case may be, shall be extended by a period equal to the period during which the Facilities or such part cannot be used by the Employer because of any of the aforesaid reasons.

27.9 Except as provided in GCC Clauses 27 and 33, the Contractor shall be under no liability whatsoever and howsoever arising, and whether under the Contract or at law, in respect of defects in the Facilities or any part thereof, the Plant and Equipment, design or engineering or work executed that appear after Completion of the Facilities or any part thereof, except where such defects are the result of the gross negligence, fraud, criminal or willful action of the Contractor.

27.10 In addition, the Contractor shall also provide an extended warranty for any such component of the Facilities and during the period of time as may be specified in the SCC. Such obligation shall be in addition to the defect liability specified under GCC Sub-Clause 27.2.

28. Functional Guarantees

28.1 The Contractor guarantees that during the Guarantee Test, the Facilities and all parts thereof shall attain the Functional Guarantees specified in the corresponding Appendix (Functional Guarantees) to the Contract Agreement, subject to and upon the conditions therein specified.

(

28.2 If, for reasons attributable to the Contractor, the minimum level of the Functional Guarantees specified in the corresponding Appendix (Functional Guarantees) to the Contract Agreement are not met either in whole or in part, the Contractor shall at its cost and expense make such changes, modifications and/or additions to the Plant or any part thereof as may be necessary to meet at least the minimum level of such Guarantees. The Contractor shall notify the Employer upon completion of the necessary changes, modifications and/or additions, and shall request the Employer to repeat the Guarantee Test until the minimum level of the Guarantees has been met. If the Contractor eventually fails to meet the minimum level of Functional Guarantees, the Employer may consider termination of the Contract, pursuant to GCC Sub-Clause 42.2.2.

28.3 If, for reasons attributable to the Contractor, the Functional Guarantees specified in the corresponding Appendix (Functional Guarantees) to the Contract Agreement are not attained either in whole or in part, but the minimum level of the Functional Guarantees specified in the said Appendix to the Contract Agreement is met, the Contractor shall, at the Contractor's option, either

- (a) make such changes, modifications and/or additions to the Facilities or any part thereof that are necessary to attain the Functional Guarantees at its cost and expense, and shall request the Employer to repeat the Guarantee Test or
- (b) pay liquidated damages to the Employer in respect of the failure to meet the Functional Guarantees in accordance with the provisions in the corresponding Appendix (Functional Guarantees) to the Contract Agreement.

28.4 The payment of liquidated damages under GCC Sub-Clause 28.3, up to the limitation of liability specified in the SCC, shall completely satisfy the Contractor's guarantees under GCC Sub-Clause 28.3, and the Contractor shall have no further liability whatsoever to the Employer in respect thereof. Upon the payment of such liquidated damages by the Contractor, the Project Manager shall issue the Operational Acceptance Certificate for the Facilities or any part thereof in respect of which the liquidated damages have been so paid.

29. Patent Indemnity

29.1 The Contractor shall, subject to the Employer's compliance with GCC Sub-Clause 29.2, indemnify and hold harmless the Employer and its employees and officers from and against any and all suits, actions or administrative proceedings, claims, demands, losses, damages, costs, and expenses of whatsoever

nature, including attorney's fees and expenses, which the Employer may suffer as a result of any infringement or alleged infringement of any patent, utility model, registered design, trademark, copyright or other intellectual property right registered or otherwise existing at the date of the Contract by reason of: (a) the installation of the Facilities by the Contractor or the use of the Facilities in the country where the Site is located; and (b) the sale of the products produced by the Facilities in any country.

Such indemnity shall not cover any use of the Facilities or any part thereof other than for the purpose indicated by or to be reasonably inferred from the Contract, any infringement resulting from the use of the Facilities or any part thereof, or any products produced thereby in association or combination with any other equipment, plant or materials not supplied by the Contractor, pursuant to the Contract Agreement.

- 29.2 If any proceedings are brought or any claim is made against the Employer arising out of the matters referred to in GCC Sub-Clause 29.1, the Employer shall promptly give the Contractor a notice thereof, and the Contractor may at its own expense and in the Employer's name conduct such proceedings or claim and any negotiations for the settlement of any such proceedings or claim.

If the Contractor fails to notify the Employer within twenty-eight (28) days after receipt of such notice that it intends to conduct any such proceedings or claim, then the Employer shall be free to conduct the same on its own behalf. Unless the Contractor has so failed to notify the Employer within the twenty-eight (28) day period, the Employer shall make no admission that may be prejudicial to the defense of any such proceedings or claim.

The Employer shall, at the Contractor's request, afford all available assistance to the Contractor in conducting such proceedings or claim, and shall be reimbursed by the Contractor for all reasonable expenses incurred in so doing.

- 29.3 The Employer shall indemnify and hold harmless the Contractor and its employees, officers and Subcontractors from and against any and all suits, actions or administrative proceedings, claims, demands, losses, damages, costs, and expenses of whatsoever nature, including attorney's fees and expenses, which the Contractor may suffer as a result of any infringement or alleged infringement of any patent, utility model, registered design, trademark, copyright or other intellectual property right registered or otherwise existing at the date of the Contract arising out of or in connection with any design, data, drawing,

specification, or other documents or materials provided or designed by or on behalf of the Employer.

30. Limitation of Liability

30.1 Except in cases of criminal negligence or willful misconduct

- (a) the Contractor shall not be liable to the Employer, whether in contract, tort, or otherwise, for any indirect or consequential loss or damage, loss of use, loss of production, or loss of profits or interest costs, provided that this exclusion shall not apply to any obligation of the Contractor to pay liquidated damages to the Employer and
- (b) the aggregate liability of the Contractor to the Employer, whether under the Contract, in tort or otherwise, shall not exceed the total Contract Price, provided that this limitation shall not apply to the cost of repairing or replacing defective equipment, or to any obligation of the Contractor to indemnify the Employer with respect to patent infringement.

G. Risk Distribution

31. Transfer of Ownership

- 31.1 Ownership of the Plant and Equipment (including spare parts) to be imported into the country where the Site is located shall be transferred to the Employer upon loading on to the mode of transport to be used to convey the Plant and Equipment from the country of origin to that country.
- 31.2 Ownership of the Plant and Equipment (including spare parts) procured in the country where the Site is located shall be transferred to the Employer when the Plant and Equipment are brought on to the Site.
- 31.3 Ownership of the Contractor's Equipment used by the Contractor and its Subcontractors in connection with the Contract shall remain with the Contractor or its Subcontractors.
- 31.4 Ownership of any Plant and Equipment in excess of the requirements for the Facilities shall revert to the Contractor upon Completion of the Facilities or at such earlier time when the Employer and the Contractor agree that the Plant and Equipment in question are no longer required for the Facilities.
- 31.5 Notwithstanding the transfer of ownership of the Plant and Equipment, the responsibility for care and custody thereof together with the risk of loss or damage thereto shall remain with the Contractor pursuant to GCC Clause 32 (Care of Facilities) hereof until Completion of the Facilities or the part thereof in

which such Plant and Equipment are incorporated.

**32. Care of
Facilities**

32.1 The Contractor shall be responsible for the care and custody of the Facilities or any part thereof until the date of Completion of the Facilities pursuant to GCC Clause 24 or, where the Contract provides for Completion of the Facilities in parts, until the date of Completion of the relevant part, and shall make good at its own cost any loss or damage that may occur to the Facilities or the relevant part thereof from any cause whatsoever during such period. The Contractor shall also be responsible for any loss or damage to the Facilities caused by the Contractor or its Subcontractors in the course of any work carried out, pursuant to GCC Clause 27. Notwithstanding the foregoing, the Contractor shall not be liable for any loss or damage to the Facilities or that part thereof caused by reason of any of the matters specified or referred to in paragraphs (a), (b) and (c) of GCC Sub-Clauses 32.2 and 38.1.

32.2 If any loss or damage occurs to the Facilities or any part thereof or to the Contractor's temporary facilities by reason of

- (a) insofar as they relate to the country where the Site is located) nuclear reaction, nuclear radiation, radioactive contamination, pressure wave caused by aircraft or other aerial objects, or any other occurrences that an experienced contractor could not reasonably foresee, or if reasonably foreseeable could not reasonably make provision for or insure against, insofar as such risks are not normally insurable on the insurance market and are mentioned in the general exclusions of the policy of insurance, including War Risks and Political Risks, taken out under GCC Clause 34 hereof
- (b) any use or occupation by the Employer or any third party (other than a Subcontractor) authorized by the Employer of any part of the Facilities
- (c) any use of or reliance upon any design, data or specification provided or designated by or on behalf of the Employer, or any such matter for which the Contractor has disclaimed responsibility herein,

the Employer shall pay to the Contractor all sums payable in respect of the Facilities executed, notwithstanding that the same be lost, destroyed or damaged, and will pay to the Contractor the replacement value of all temporary facilities and all parts thereof lost, destroyed or damaged. If the Employer requests the Contractor in writing to make good any loss or damage to the Facilities thereby occasioned, the Contractor shall make good the

same at the cost of the Employer in accordance with GCC Clause 39. If the Employer does not request the Contractor in writing to make good any loss or damage to the Facilities thereby occasioned, the Employer shall either request a change in accordance with GCC Clause 39, excluding the performance of that part of the Facilities thereby lost, destroyed or damaged, or, where the loss or damage affects a substantial part of the Facilities, the Employer shall terminate the Contract pursuant to GCC Sub-Clause 42.1 hereof.

32.3 The Contractor shall be liable for any loss of or damage to any Contractor's Equipment, or any other property of the Contractor used or intended to be used for purposes of the Facilities, except (i) as mentioned in GCC Sub-Clause 32.2 (with respect to the Contractor's temporary facilities), and (ii) where such loss or damage arises by reason of any of the matters specified in GCC Sub-Clauses 32.2 (b) and (c) and 38.1.

32.4 With respect to any loss or damage caused to the Facilities or any part thereof or to the Contractor's Equipment by reason of any of the matters specified in GCC Sub-Clause 38.1, the provisions of GCC Sub-Clause 38.3 shall apply.

**33. Loss of or
Damage to
Property;
Accident or
Injury to
Workers;
Indemnifica-
tion**

33.1 Subject to GCC Sub-Clause 33.3, the Contractor shall indemnify and hold harmless the Employer and its employees and officers from and against any and all suits, actions or administrative proceedings, claims, demands, losses, damages, costs, and expenses of whatsoever nature, including attorney's fees and expenses, in respect of the death or injury of any person or loss of or damage to any property (other than the Facilities whether accepted or not), arising in connection with the supply and installation of the Facilities and by reason of the negligence of the Contractor or its Subcontractors, or their employees, officers or agents, except any injury, death or property damage caused by the negligence of the Employer, its contractors, employees, officers or agents.

33.2 If any proceedings are brought or any claim is made against the Employer that might subject the Contractor to liability under GCC Sub-Clause 33.1, the Employer shall promptly give the Contractor a notice thereof and the Contractor may at its own expense and in the Employer's name conduct such proceedings or claim and any negotiations for the settlement of any such proceedings or claim.

If the Contractor fails to notify the Employer within twenty-eight (28) days after receipt of such notice that it intends to conduct any such proceedings or claim, then the Employer shall be free to conduct the same on its own behalf. Unless the Contractor has

so failed to notify the Employer within the twenty-eight (28) day period, the Employer shall make no admission that may be prejudicial to the defense of any such proceedings or claim.

The Employer shall, at the Contractor's request, afford all available assistance to the Contractor in conducting such proceedings or claim, and shall be reimbursed by the Contractor for all reasonable expenses incurred in so doing.

33.3 The Employer shall indemnify and hold harmless the Contractor and its employees, officers and Subcontractors from any liability for loss of or damage to property of the Employer, other than the Facilities not yet taken over, that is caused by fire, explosion or any other perils, in excess of the amount recoverable from insurances procured under GCC Clause 34, provided that such fire, explosion or other perils were not caused by any act or failure of the Contractor.

33.4 The party entitled to the benefit of an indemnity under this GCC Clause 33 shall take all reasonable measures to mitigate any loss or damage, which has occurred. If the party fails to take such measures, the other party's liabilities shall be correspondingly reduced.

34. Insurance

34.1 To the extent specified in the corresponding Appendix (Insurance Requirements) to the Contract Agreement, the Contractor shall at its expense take out and maintain in effect, or cause to be taken out and maintained in effect, during the performance of the Contract, the insurances set forth below in the sums and with the deductibles and other conditions specified in the said Appendix. The identity of the insurers and the form of the policies shall be subject to the approval of the Employer, who should not unreasonably withhold such approval.

(a) Cargo Insurance During Transport

Covering loss or damage occurring while in transit from the Contractor's or Subcontractor's works or stores until arrival at the Site, to the Plant and Equipment (including spare parts therefore) and to the Contractor's Equipment.

(b) Installation All Risks Insurance

Covering physical loss or damage to the Facilities at the Site, occurring prior to Completion of the Facilities, with an extended maintenance coverage for the Contractor's liability in respect of any loss or damage occurring during the Defect Liability Period while the Contractor is on the Site for the purpose of performing its obligations during the Defect Liability Period.

- (c) Third Party Liability Insurance
Covering bodily injury or death suffered by third parties (including the Employer's personnel) and loss of or damage to property occurring in connection with the supply and installation of the Facilities.
- (d) Automobile Liability Insurance
Covering use of all vehicles used by the Contractor or its Subcontractors (whether or not owned by them) in connection with the execution of the Contract.
- (e) Workers' Compensation
In accordance with the statutory requirements applicable in any country where the Contract or any part thereof is executed.
- (f) Employer's Liability
In accordance with the statutory requirements applicable in any country where the Contract or any part thereof is executed.
- (g) Other Insurances
Such other insurances as may be specifically agreed upon by the parties hereto as listed in the said the corresponding Appendix.

34.2 The Employer shall be named as co-insured under all insurance policies taken out by the Contractor pursuant to GCC Sub-Clause 34.1, except for the Third Party Liability, Workers' Compensation and Employer's Liability Insurances, and the Contractor's Subcontractors shall be named as co-insured under all insurance policies taken out by the Contractor pursuant to GCC Sub-Clause 34.1 except for the Cargo Insurance During Transport, Workers' Compensation and Employer's Liability Insurances. All insurers' rights of subrogation against such co-insured for losses or claims arising out of the performance of the Contract shall be waived under such policies.

34.3 The Contractor shall, in accordance with the provisions of the corresponding Appendix (Insurance Requirements) to the Contract Agreement, deliver to the Employer certificates of insurance (or copies of the insurance policies) as evidence that the required policies are in full force and effect. The certificates shall provide that no less than twenty-one (21) days' notice shall be given to the Employer by insurers prior to cancellation or material modification of a policy.

- 34.4 The Contractor shall ensure that, where applicable, its Subcontractor(s) shall take out and maintain in effect adequate insurance policies for their personnel and vehicles and for work executed by them under the Contract, unless such Subcontractors are covered by the policies taken out by the Contractor.
- 34.5 The Employer shall at its expense take out and maintain in effect during the performance of the Contract those insurances specified in the corresponding Appendix (Insurance Requirements) to the Contract Agreement, in the sums and with the deductibles and other conditions specified in the said Appendix. The Contractor and the Contractor's Subcontractors shall be named as co-insured under all such policies. All insurers' rights of subrogation against such co-insured's for losses or claims arising out of the performance of the Contract shall be waived under such policies. The Employer shall deliver to the Contractor satisfactory evidence that the required insurances are in full force and effect. The policies shall provide that not less than twenty-one (21) days' notice shall be given to the Contractor by all insurers prior to any cancellation or material modification of the policies. If so requested by the Contractor, the Employer shall provide copies of the policies taken out by the Employer under this GCC Sub-Clause 34.5.
- 34.6 If the Contractor fails to take out and/or maintain in effect the insurances referred to in GCC Sub-Clause 34.1, the Employer may take out and maintain in effect any such insurances and may from time to time deduct from any amount due the Contractor under the Contract any premium that the Employer shall have paid to the insurer, or may otherwise recover such amount as a debt due from the Contractor. If the Employer fails to take out and/or maintain in effect the insurances referred to in GCC 34.5, the Contractor may take out and maintain in effect any such insurances and may from time to time deduct from any amount due the Employer under the Contract any premium that the Contractor shall have paid to the insurer, or may otherwise recover such amount as a debt due from the Employer. If the Contractor fails to or is unable to take out and maintain in effect any such insurances, the Contractor shall nevertheless have no liability or responsibility towards the Employer, and the Contractor shall have full recourse against the Employer for any and all liabilities of the Employer herein.
- 34.7 Unless otherwise provided in the Contract, the Contractor shall prepare and conduct all and any claims made under the policies effected by it pursuant to this GCC Clause 34, and all monies payable by any insurers shall be paid to the Contractor. The

Employer shall give to the Contractor all such reasonable assistance as may be required by the Contractor. With respect to insurance claims in which the Employer's interest is involved, the Contractor shall not give any release or make any compromise with the insurer without the prior written consent of the Employer. With respect to insurance claims in which the Contractor's interest is involved, the Employer shall not give any release or make any compromise with the insurer without the prior written consent of the Contractor.

**35. Unforeseen
Conditions**

35.1 If, during the execution of the Contract, the Contractor shall encounter on the Site any physical conditions (other than climatic conditions) or artificial obstructions that could not have been reasonably foreseen prior to the date of the Contract Agreement by an experienced contractor on the basis of reasonable examination of the data relating to the Facilities (including any data as to boring tests) provided by the Employer, and on the basis of information that it could have obtained from a visual inspection of the Site (if access thereto was available) or other data readily available to it relating to the Facilities, and if the Contractor determines that it will in consequence of such conditions or obstructions incur additional cost and expense or require additional time to perform its obligations under the Contract that would not have been required if such physical conditions or artificial obstructions had not been encountered, the Contractor shall promptly, and before performing additional work or using additional Plant and Equipment or Contractor's Equipment, notify the Project Manager in writing of

- (a) the physical conditions or artificial obstructions on the Site that could not have been reasonably foreseen
- (b) the additional work and/or Plant and Equipment and/or Contractor's Equipment required, including the steps which the Contractor will or proposes to take to overcome such conditions or obstructions
- (c) the extent of the anticipated delay
- (d) the additional cost and expense that the Contractor is likely to incur.

On receiving any notice from the Contractor under this GCC Sub-Clause 35.1, the Project Manager shall promptly consult with the Employer and Contractor and decide upon the actions to be taken to overcome the physical conditions or artificial obstructions encountered. Following such consultations, the,

Project Manager shall instruct the Contractor, with a copy to the Employer, of the actions to be taken.

35.2 Any reasonable additional cost and expense incurred by the Contractor in following the instructions from the Project Manager to overcome such physical conditions or artificial obstructions referred to in GCC Sub-Clause 35.1 shall be paid by the Employer to the Contractor as an addition to the Contract Price.

35.3 If the Contractor is delayed or impeded in the performance of the Contract because of any such physical conditions or artificial obstructions referred to in GCC Sub-Clause 35.1, the Time for Completion shall be extended in accordance with GCC Clause 40.

**36. Change in
Laws and
Regulations**

36.1 If, after the date twenty-eight (28) days prior to the date of Bid submission, in the country where the Site is located, any law, regulation, ordinance, order or by-law having the force of law is enacted, promulgated, abrogated or changed (which shall be deemed to include any change in interpretation or application by the competent authorities) that subsequently affects the costs and expenses of the Contractor and/or the Time for Completion, the Contract Price shall be correspondingly increased or decreased, and/or the Time for Completion shall be reasonably adjusted to the extent that the Contractor has thereby been affected in the performance of any of its obligations under the Contract. Notwithstanding the foregoing, such additional or reduced costs shall not be separately paid or credited if the same has already been accounted for in the price adjustment provisions where applicable, in accordance with the SCC.

37. Force Majeure

37.1 "Force Majeure" shall mean any event beyond the reasonable control of the Employer or of the Contractor, as the case may be, and which is unavoidable notwithstanding the reasonable care of the party affected, and shall include, without limitation, the following:

- (a) war, hostilities or warlike operations (whether a state of war be declared or not), invasion, act of foreign enemy and civil war
- (b) rebellion, revolution, insurrection, mutiny, usurpation of civil or military government, conspiracy, riot, civil commotion and terrorist acts
- (c) confiscation, nationalization, mobilization, commandeering or requisition by or under the order of any government or

de jure or de facto authority or ruler or any other act or failure to act of any local state or national government authority

- (d) strike, sabotage, lockout, embargo, import restriction, port congestion, lack of usual means of public transportation and communication, industrial dispute, shipwreck, shortage or restriction of power supply, epidemics, quarantine and plague
- (e) earthquake, landslide, volcanic activity, fire, flood or inundation, tidal wave, typhoon or cyclone, hurricane, storm, lightning, or other inclement weather condition, nuclear and pressure waves or other natural or physical disaster
- (f) shortage of labor, materials or utilities where caused by circumstances that are themselves Force Majeure.

37.2 If either party is prevented, hindered or delayed from or in performing any of its obligations under the Contract by an event of Force Majeure, then it shall notify the other in writing of the occurrence of such event and the circumstances thereof within fourteen (14) days after the occurrence of such event.

37.3 The party who has given such notice shall be excused from the performance or punctual performance of its obligations under the Contract for so long as the relevant event of Force Majeure continues and to the extent that such party's performance is prevented, hindered or delayed. The Time for Completion shall be extended in accordance with GCC Clause 40.

37.4 The party or parties affected by the event of Force Majeure shall use reasonable efforts to mitigate the effect thereof upon its or their performance of the Contract and to fulfill its or their obligations under the Contract, but without prejudice to either party's right to terminate the Contract under GCC Sub-Clauses 37.6 and 38.5.

37.5 No delay or nonperformance by either party hereto caused by the occurrence of any event of Force Majeure shall

- (a) constitute a default or breach of the Contract
- (b) (Subject to GCC Sub-Clauses 32.2, 38.3 and 38.4) give rise to any claim for damages or additional cost or expense occasioned thereby

if and to the extent that such delay or nonperformance is caused by the occurrence of an event of Force Majeure.

37.6 If the performance of the Contract is substantially prevented, hindered or delayed for a single period of more than sixty (60) days or an aggregate period of more than one hundred and twenty (120) days on account of one or more events of Force Majeure during the currency of the Contract, the parties will attempt to develop a mutually satisfactory solution, failing which either party may terminate the Contract by giving a notice to the other, but without prejudice to either party's right to terminate the Contract under GCC Sub-Clause 38.5.

37.7 In the event of termination pursuant to GCC Sub-Clause 37.6, the rights and obligations of the Employer and the Contractor shall be as specified in GCC Sub-Clauses 42.1.2 and 42.1.3.

37.8 Notwithstanding GCC Sub-Clause 37.5, Force Majeure shall not apply to any obligation of the Employer to make payments to the Contractor herein.

38. War Risks

38.1 "War Risks" shall mean any event specified in paragraphs (a) and (b) of GCC Sub-Clause 37.1 and any explosion or impact of any mine, bomb, shell, grenade or other projectile, missile, munitions or explosive of war, occurring or existing in or near the country (or countries) where the Site is located.

38.2 Notwithstanding anything contained in the Contract, the Contractor shall have no liability whatsoever for or with respect to

(a) destruction of or damage to Facilities, Plant and Equipment, or any part thereof

(b) destruction of or damage to property of the Employer or any third party

(c) injury or loss of life

if such destruction, damage, injury or loss of life is caused by any War Risks, and the Employer shall indemnify and hold the Contractor harmless from and against any and all claims, liabilities, actions, lawsuits, damages, costs, charges or expenses arising in consequence of or in connection with the same.

38.3 If the Facilities or any Plant and Equipment or Contractor's Equipment or any other property of the Contractor used or intended to be used for the purposes of the Facilities shall sustain

destruction or damage by reason of any War Risks, the Employer shall pay the Contractor for

- (a) any part of the Facilities or the Plant and Equipment so destroyed or damaged (to the extent not already paid for by the Employer)
- (b) replacing or making good any Contractor's Equipment or other property of the Contractor so destroyed or damaged
- (c) replacing or making good any such destruction or damage to the Facilities or the Plant and Equipment or any part thereof

so far as may be required by the Employer, and as may be necessary for completion of the Facilities.

If the Employer does not require the Contractor to replace or make good any such destruction or damage to the Facilities, the Employer shall either request a change in accordance with GCC Clause 39, excluding the performance of that part of the Facilities thereby destroyed or damaged or, where the loss, destruction or damage affects a substantial part of the Facilities, shall terminate the Contract, pursuant to GCC Sub-Clause 42.1.

38.4 Notwithstanding anything contained in the Contract, the Employer shall pay the Contractor for any increased costs or incidentals to the execution of the Contract that are in any way attributable to, consequent on, resulting from, or in any way connected with any War Risks, provided that the Contractor shall as soon as practicable notify the Employer in writing of any such increased cost.

38.5 If during the performance of the Contract any War Risks shall occur that financially or otherwise materially affect the execution of the Contract by the Contractor, the Contractor shall use its reasonable efforts to execute the Contract with due and proper consideration given to the safety of its and its Subcontractors' personnel engaged in the work on the Facilities, provided, however, that if the execution of the work on the Facilities becomes impossible or is substantially prevented for a single period of more than sixty (60) days or an aggregate period of more than one hundred and twenty (120) days on account of any War Risks, the parties will attempt to develop a mutually satisfactory solution, failing which either party may terminate the Contract by giving a notice to the other.

38.6 In the event of termination pursuant to GCC Sub-Clauses 38.3 or 38.5, the Contractor shall be entitled to be paid by the Employer, in addition to any amounts payable pursuant to GCC Sub-Clause 38.4, the sum of the following:

38.5, the rights and obligations of the Employer and the Contractor shall be specified in GCC Sub-Clauses 42.1.2 and 42.1.3.

H. Change in Contract Elements

39. Change in the Facilities

39.1 Introducing a Change

39.1.1 Subject to GCC Sub-Clauses 39.2.5 and 39.2.7, the Employer shall have the right to propose, and subsequently require, that the Project Manager order the Contractor from time to time during the performance of the Contract to make any change, modification, addition or deletion to, in or from the Facilities (hereinafter called "Change"), provided that such Change falls within the general scope of the Facilities and does not constitute unrelated work and that it is technically practicable, taking into account both the state of advancement of the Facilities and the technical compatibility of the Change envisaged with the nature of the Facilities as specified in the Contract.

39.1.2 The Contractor may from time to time during its performance of the Contract propose to the Employer (with a copy to the Project Manager) any Change that the Contractor considers necessary or desirable to improve the quality, efficiency or safety of the Facilities. The Employer may at its discretion approve or reject any Change proposed by the Contractor, provided that the Employer shall approve any Change proposed by the Contractor to ensure the safety of the Facilities.

39.1.3 Notwithstanding GCC Sub-Clauses 39.1.1 and 39.1.2, no change made necessary because of any default of the Contractor in the performance of its obligations under the Contract shall be deemed to be a Change, and such change shall not result in any adjustment of the Contract Price or the Time for Completion.

39.1.4 The procedure on how to proceed with and execute Changes is specified in GCC Sub-Clauses 39.2 and 39.3, and further details and sample forms are provided in the Sample Forms and Procedures section in the bidding documents.

39.2 Changes Originating from Employer

39.2.1 If the Employer proposes a Change pursuant to GCC Sub-Clause 39.1.1, it shall send to the Contractor a "Request

for Change Proposal,” requiring the Contractor to prepare and furnish to the Project Manager as soon as reasonably practicable a “Change Proposal,” which shall include the following:

- (a) brief description of the Change
- (b) effect on the Time for Completion
- (c) estimated cost of the Change
- (d) effect on Functional Guarantees (if any)
- (e) effect on any other provisions of the Contract.

39.2.2 Prior to preparing and submitting the “Change Proposal,” the Contractor shall submit to the Project Manager an “Estimate for Change Proposal,” which shall be an estimate of the cost of preparing and submitting the Change Proposal.

Upon receipt of the Contractor’s Estimate for Change Proposal, the Employer shall do one of the following:

- (a) accept the Contractor’s estimate with instructions to the Contractor to proceed with the preparation of the Change Proposal
- (b) advise the Contractor of any part of its Estimate for Change Proposal that is unacceptable and request the Contractor to review its estimate
- (c) advise the Contractor that the Employer does not intend to proceed with the Change.

39.2.3 Upon receipt of the Employer’s instruction to proceed under GCC Sub-Clause 39.2.2 (a), the Contractor shall, with proper expedition, proceed with the preparation of the Change Proposal, in accordance with GCC Sub-Clause 39.2.1.

39.2.4 The pricing of any Change shall, as far as practicable, be calculated in accordance with the rates and prices included in the Contract. If such rates and prices are inequitable, the parties thereto shall agree on specific rates for the valuation of the Change.

39.2.5 If before or during the preparation of the Change Proposal it becomes apparent that the aggregate effect of compliance therewith and with all other Change Orders that have already become binding upon the Contractor under this GCC Clause 39 would be to increase or

decrease the Contract Price as originally set forth in Article 2 (Contract Price) of the Contract Agreement by more than fifteen percent (15%), the Contractor may give a written notice of objection thereto prior to furnishing the Change Proposal as aforesaid. If the Employer accepts the Contractor's objection, the Employer shall withdraw the proposed Change and shall notify the Contractor in writing thereof.

The Contractor's failure to so object shall neither affect its right to object to any subsequent requested Changes or Change Orders herein, nor affect its right to take into account, when making such subsequent objection, the percentage increase or decrease in the Contract Price that any Change not objected to by the Contractor represents.

39.2.6 Upon receipt of the Change Proposal, the Employer and the Contractor shall mutually agree upon all matters therein contained. Within fourteen (14) days after such agreement, the Employer shall, if it intends to proceed with the Change, issue the Contractor with a Change Order.

If the Employer is unable to reach a decision within fourteen (14) days, it shall notify the Contractor with details of when the Contractor can expect a decision.

If the Employer decides not to proceed with the Change for whatever reason, it shall, within the said period of fourteen (14) days, notify the Contractor accordingly. Under such circumstances, the Contractor shall be entitled to reimbursement of all costs reasonably incurred by it in the preparation of the Change Proposal, provided that these do not exceed the amount given by the Contractor in its Estimate for Change Proposal submitted in accordance with GCC Sub-Clause 39.2.2.

39.2.7 If the Employer and the Contractor cannot reach agreement on the price for the Change, an equitable adjustment to the Time for Completion, or any other matters identified in the Change Proposal, the Employer may nevertheless instruct the Contractor to proceed with the Change by issue of a "Pending Agreement Change Order."

Upon receipt of a Pending Agreement Change Order, the Contractor shall immediately proceed with effecting the Changes covered by such Order. The parties shall

thereafter attempt to reach agreement on the outstanding issues under the Change Proposal.

If the parties cannot reach agreement within sixty (60) days from the date of issue of the Pending Agreement Change Order, then the matter may be referred to the Adjudicator in accordance with the provisions of GCC Sub-Clause 6.1.

39.3 Changes Originating from Contractor

39.3.1 If the Contractor proposes a Change pursuant to GCC Sub-Clause 39.1.2, the Contractor shall submit to the Project Manager a written "Application for Change Proposal," giving reasons for the proposed Change and including the information specified in GCC Sub-Clause 39.2.1.

Upon receipt of the Application for Change Proposal, the parties shall follow the procedures outlined in GCC Sub-Clauses 39.2.6 and 39.2.7. However, should the Employer choose not to proceed, the Contractor shall not be entitled to recover the costs of preparing the Application for Change Proposal.

40. Extension of Time for Completion

40.1 The Time(s) for Completion specified in the SCC shall be extended if the Contractor is delayed or impeded in the performance of any of its obligations under the Contract by reason of any of the following:

- (a) any Change in the Facilities as provided in GCC Clause 39
- (b) any occurrence of Force Majeure as provided in GCC Clause 37, unforeseen conditions as provided in GCC Clause 35, or other occurrence of any of the matters specified or referred to in paragraphs (a), (b) and (c) of GCC Sub-Clause 32.2
- (c) any suspension order given by the Employer under GCC Clause 41 hereof or reduction in the rate of progress pursuant to GCC Sub-Clause 41.2 or
- (d) any changes in laws and regulations as provided in GCC Clause 36 or
- (e) any default or breach of the Contract by the Employer, specifically including failure to supply the items listed in the corresponding Appendix (Scope of Works and Supply by the Employer) to the Contract Agreement, or any/

activity, act or omission of any other contractors employed by the Employer or

(f) any other matter specifically mentioned in the Contract

by such period as shall be fair and reasonable in all the circumstances and as shall fairly reflect the delay or impediment sustained by the Contractor.

40.2 Except where otherwise specifically provided in the Contract, the Contractor shall submit to the Project Manager a notice of a claim for an extension of the Time for Completion, together with particulars of the event or circumstance justifying such extension as soon as reasonably practicable after the commencement of such event or circumstance. As soon as reasonably practicable after receipt of such notice and supporting particulars of the claim, the Employer and the Contractor shall agree upon the period of such extension. In the event that the Contractor does not accept the Employer's estimate of a fair and reasonable time extension, the Contractor shall be entitled to refer the matter to an Adjudicator, pursuant to GCC Sub-Clause 6.1.

40.3 The Contractor shall at all times use its reasonable efforts to minimize any delay in the performance of its obligations under the Contract.

41. Suspension

41.1 The Employer may request the Project Manager, by notice to the Contractor, to order the Contractor to suspend performance of any or all of its obligations under the Contract. Such notice shall specify the obligation of which performance is to be suspended, the effective date of the suspension and the reasons therefore. The Contractor shall thereupon suspend performance of such obligation (except those obligations necessary for the care or preservation of the Facilities) until ordered in writing to resume such performance by the Project Manager.

If, by virtue of a suspension order given by the Project Manager, other than by reason of the Contractor's default or breach of the Contract, the Contractor's performance of any of its obligations is suspended for an aggregate period of more than ninety (90) days, then at any time thereafter and provided that at that time such performance is still suspended, the Contractor may give a notice to the Project Manager requiring that the Employer shall, within twenty-eight (28) days of receipt of the notice, order the resumption of such performance or request and subsequently order a change in accordance with GCC Clause 39, excluding the performance of the suspended obligations from the Contract.

If the Employer fails to do so within such period, the Contractor may, by a further notice to the Project Manager, elect to treat the suspension, where it affects a part only of the Facilities, as a deletion of such part in accordance with GCC Clause 39 or, where it affects the whole of the Facilities, as termination of the Contract under GCC Sub-Clause 42.1.

41.2 If

- (a) the Employer has failed to pay the Contractor any sum due under the Contract within the specified period, has failed to approve any invoice or supporting documents without just cause pursuant to the corresponding Appendix (Terms and Procedures of Payment) to the Contract Agreement, or commits a substantial breach of the Contract, the Contractor may give a notice to the Employer that requires payment of such sum, with interest thereon as stipulated in GCC Sub-Clause 12.3, requires approval of such invoice or supporting documents, or specifies the breach and requires the Employer to remedy the same, as the case may be. If the Employer fails to pay such sum together with such interest, fails to approve such invoice or supporting documents or give its reasons for withholding such approval, or fails to remedy the breach or take steps to remedy the breach within fourteen (14) days after receipt of the Contractor's notice or
- (b) the Contractor is unable to carry out any of its obligations under the Contract for any reason attributable to the Employer, including but not limited to the Employer's failure to provide possession of or access to the Site or other areas in accordance with GCC Sub-Clause 10.2, or failure to obtain any governmental permit necessary for the execution and/or completion of the Facilities,

then the Contractor may by fourteen (14) days' notice to the Employer suspend performance of all or any of its obligations under the Contract, or reduce the rate of progress.

41.3 If the Contractor's performance of its obligations is suspended or the rate of progress is reduced pursuant to this GCC Clause 41, then the Time for Completion shall be extended in accordance with GCC Sub-Clause 40.1, and any and all additional costs or expenses incurred by the Contractor as a result of such suspension or reduction shall be paid by the Employer to the Contractor in addition to the Contract Price, except in the case of suspension or reduction in the rate of progress by reason of

the Contractor's default or breach of the Contract.

- 41.4 During the period of suspension, the Contractor shall not remove from the Site any Plant and Equipment, any part of the Facilities or any Contractor's Equipment, without the prior written consent of the Employer.

42. Termination

42.1 Termination for Employer's Convenience

42.1.1 The Employer may at any time terminate the Contract for any reason by giving the Contractor a notice of termination that refers to this GCC Sub-Clause 42.1.

42.1.2 Upon receipt of the notice of termination under GCC Sub-Clause 42.1.1, the Contractor shall either immediately or upon the date specified in the notice of termination

- (a) cease all further work, except for such work as the Employer may specify in the notice of termination for the sole purpose of protecting that part of the Facilities already executed, or any work required to leave the Site in a clean and safe condition
- (b) terminate all subcontracts, except those to be assigned to the Employer pursuant to paragraph (d) (ii) below
- (c) remove all Contractor's Equipment from the Site, repatriate the Contractor's and its Subcontractors' personnel from the Site, remove from the Site any wreckage, rubbish and debris of any kind, and leave the whole of the Site in a clean and safe condition
- (d) In addition, the Contractor, subject to the payment specified in GCC Sub-Clause 42.1.3, shall
 - (i) deliver to the Employer the parts of the Facilities executed by the Contractor up to the date of termination
 - (ii) to the extent legally possible, assign to the Employer all right, title and benefit of the Contractor to the Facilities and to the Plant and Equipment as of the date of termination, and, as may be required by the Employer, in any subcontracts concluded between the Contractor and its Subcontractors

- (iii) deliver to the Employer all non-proprietary drawings, specifications and other documents prepared by the Contractor or its Subcontractors as at the date of termination in connection with the Facilities.

42.1.3 In the event of termination of the Contract under GCC Sub-Clause 42.1.1, the Employer shall pay to the Contractor the following amounts:

- (a) the Contract Price, properly attributable to the parts of the Facilities executed by the Contractor as of the date of termination
- (b) the costs reasonably incurred by the Contractor in the removal of the Contractor's Equipment from the Site and in the repatriation of the Contractor's and its Subcontractors' personnel
- (c) any amounts to be paid by the Contractor to its Subcontractors in connection with the termination of any subcontracts, including any cancellation charges
- (d) costs incurred by the Contractor in protecting the Facilities and leaving the Site in a clean and safe condition pursuant to paragraph (a) of GCC Sub-Clause 42.1.2
- (e) the cost of satisfying all other obligations, commitments and claims that the Contractor may in good faith have undertaken with third parties in connection with the Contract and that are not covered by paragraphs (a) through (d) above.

42.2 Termination for Contractor's Default

42.2.1 The Employer, without prejudice to any other rights or remedies it may possess, may terminate the Contract forthwith in the following circumstances by giving a notice of termination and its reasons therefore to the Contractor, referring to this GCC Sub-Clause 42.2:

- (a) if the Contractor becomes bankrupt or insolvent, has a receiving order issued against it, compounds with its creditors, or, if the Contractor is a corporation, a resolution is passed or order is made for its winding up (other than a voluntary liquidation for the purposes of amalgamation or reconstruction), a receiver is appointed over any part of its undertaking

or assets, or if the Contractor takes or suffers any other analogous action in consequence of debt

- (b) if the Contractor assigns or transfers the Contract or any right or interest therein in violation of the provision of GCC Clause 43.
- (c) if the Contractor, in the judgment of the Employer has engaged in corrupt or fraudulent practices in competing for or in executing the Contract.
For the purpose of this Sub-Clause:

“corrupt practice,” means the offering, giving, receiving or soliciting of any thing of value to influence the action of a public official in the procurement process or in contract execution.

“Fraudulent practice” means a misrepresentation of facts in order to influence a procurement process or the execution of a contract to the detriment of the Employer, and includes collusive practice among bidders (prior to or after bid submission) designed to establish bid prices at artificial non-competitive levels and to deprive the Employer of the benefits of free and open competition.

42.2.2 If the Contractor

- (a) has abandoned or repudiated the Contract
- (b) has without valid reason failed to commence work on the Facilities promptly or has suspended (other than pursuant to GCC Sub-Clause 41.2) the progress of Contract performance for more than twenty-eight (28) days after receiving a written instruction from the Employer to proceed
- (c) persistently fails to execute the Contract in accordance with the Contract or persistently neglects to carry out its obligations under the Contract without just cause
- (d) refuses or is unable to provide sufficient materials, services or labor to execute and complete the Facilities in the manner specified in the program furnished under GCC Sub-Clause 18.2 at rates of progress that give reasonable assurance to the

Employer that the Contractor can attain Completion of the Facilities by the Time for Completion as extended,

then the Employer may, without prejudice to any other rights it may possess under the Contract, give a notice to the Contractor stating the nature of the default and requiring the Contractor to remedy the same. If the Contractor fails to remedy or to take steps to remedy the same within fourteen (14) days of its receipt of such notice, then the Employer may terminate the Contract forthwith by giving a notice of termination to the Contractor that refers to this GCC Sub-Clause 42.2.

42.2.3 Upon receipt of the notice of termination under GCC Sub-Clauses 42.2.1 or 42.2.2, the Contractor shall, either immediately or upon such date as is specified in the notice of termination,

- (a) cease all further work, except for such work as the Employer may specify in the notice of termination for the sole purpose of protecting that part of the Facilities already executed, or any work required to leave the Site in a clean and safe condition
- (b) terminate all subcontracts, except those to be assigned to the Employer pursuant to paragraph (d) below
- (c) deliver to the Employer the parts of the Facilities executed by the Contractor up to the date of termination
- (d) to the extent legally possible, assign to the Employer all right, title and benefit of the Contractor to the Facilities and to the Plant and Equipment as of the date of termination, and, as may be required by the Employer, in any subcontracts concluded between the Contractor and its Subcontractors
- (e) deliver to the Employer all drawings, specifications and other documents prepared by the Contractor or its Subcontractors as of the date of termination in connection with the Facilities.

42.2.4 The Employer may enter upon the Site, expel the Contractor, and complete the Facilities itself or by employing any third party. The Employer may, to the exclusion of any right of the Contractor over the same,

take over and use with the payment of a fair rental rate to the Contractor, with all the maintenance costs to the account of the Employer and with an indemnification by the Employer for all liability including damage or injury to persons arising out of the Employer's use of such equipment, any Contractor's Equipment owned by the Contractor and on the Site in connection with the Facilities for such reasonable period as the Employer considers expedient for the supply and installation of the Facilities.

Upon completion of the Facilities or at such earlier date as the Employer thinks appropriate, the Employer shall give notice to the Contractor that such Contractor's Equipment will be returned to the Contractor at or near the Site and shall return such Contractor's Equipment to the Contractor in accordance with such notice. The Contractor shall thereafter without delay and at its cost remove or arrange removal of the same from the Site.

42.2.5 Subject to GCC Sub-Clause 42.2.6, the Contractor shall be entitled to be paid the Contract Price attributable to the Facilities executed as of the date of termination, the value of any unused or partially used Plant and Equipment on the Site, and the costs, if any, incurred in protecting the Facilities and in leaving the Site in a clean and safe condition pursuant to paragraph (a) of GCC Sub-Clause 42.2.3. Any sums due the Employer from the Contractor accruing prior to the date of termination shall be deducted from the amount to be paid to the Contractor under this Contract.

42.2.6 If the Employer completes the Facilities, the cost of completing the Facilities by the Employer shall be determined.

If the sum that the Contractor is entitled to be paid, pursuant to GCC Sub-Clause 42.2.5, plus the reasonable costs incurred by the Employer in completing the Facilities exceeds the Contract Price, the Contractor shall be liable for such excess.

If such excess is greater than the sums due the Contractor under GCC Sub-Clause 42.2.5, the Contractor shall pay the balance to the Employer, and if such excess is less than the sums due the Contractor under GCC Sub-Clause 42.2.5, the Employer shall pay the balance to the Contractor.

The Employer and the Contractor shall agree, in writing, on the computation described above and the manner in which any sums shall be paid.

42.3 Termination by Contractor

42.3.1 If

- (a) the Employer has failed to pay the Contractor any sum due under the Contract within the specified period, has failed to approve any invoice or supporting documents without just cause pursuant to the corresponding Appendix (Terms and Procedures of Payment) of the Contract Agreement, or commits a substantial breach of the Contract, the Contractor may give a notice to the Employer that requires payment of such sum, with interest thereon as stipulated in GCC Sub-Clause 12.3, requires approval of such invoice or supporting documents, or specifies the breach and requires the Employer to remedy the same, as the case may be. If the Employer fails to pay such sum together with such interest, fails to approve such invoice or supporting documents or give its reasons for withholding such approval, fails to remedy the breach or take steps to remedy the breach within fourteen (14) days after receipt of the Contractor's notice, or
- (b) the Contractor is unable to carry out any of its obligations under the Contract for any reason attributable to the Employer, including but not limited to the Employer's failure to provide possession of or access to the Site or other areas or failure to obtain any governmental permit necessary for the execution and/or completion of the Facilities,

then the Contractor may give a notice to the Employer thereof, and if the Employer has failed to pay the outstanding sum, to approve the invoice or supporting documents, to give its reasons for withholding such approval, or to remedy the breach within twenty-eight (28) days of such notice, or if the Contractor is still unable to carry out any of its obligations under the Contract for any reason attributable to the Employer within twenty-eight (28) days of the said notice, the Contractor may by a further notice to the Employer referring to this GCC Sub-Clause 42.3.1, forthwith terminate the Contract.

42.3.2 The Contractor may terminate the Contract forthwith by

giving a notice to the Employer to that effect, referring to this GCC Sub-Clause 42.3.2, if the Employer becomes bankrupt or insolvent, has a receiving order issued against it, compounds with its creditors, or, being a corporation, if a resolution is passed or order is made for its winding up (other than a voluntary liquidation for the purposes of amalgamation or reconstruction), a receiver is appointed over any part of its undertaking or assets, or if the Employer takes or suffers any other analogous action in consequence of debt.

42.3.3 If the Contract is terminated under GCC Sub-Clauses 42.3.1 or 42.3.2, then the Contractor shall immediately

- (a) cease all further work, except for such work as may be necessary for the purpose of protecting that part of the Facilities already executed, or any work required to leave the Site in a clean and safe condition
- (b) terminate all subcontracts, except those to be assigned to the Employer pursuant to paragraph (d) (ii)
- (c) remove all Contractor's Equipment from the Site and repatriate the Contractor's and its Subcontractors' personnel from the Site.
- (d) In addition, the Contractor, subject to the payment specified in GCC Sub-Clause 42.3.4, shall
 - (i) deliver to the Employer the parts of the Facilities executed by the Contractor up to the date of termination
 - (ii) to the extent legally possible, assign to the Employer all right, title and benefit of the Contractor to the Facilities and to the Plant and Equipment as of the date of termination, and, as may be required by the Employer, in any subcontracts concluded between the Contractor and its Subcontractors
 - (iii) deliver to the Employer all drawings, specifications and other documents prepared by the Contractor or its Subcontractors as of the date of termination in connection with the

Facilities.

42.3.4 If the Contract is terminated under GCC Sub-Clauses 42.3.1 or 42.3.2, the Employer shall pay to the Contractor all payments specified in GCC Sub-Clause 42.1.3, and reasonable compensation for all loss, except for loss of profit, or damage sustained by the Contractor arising out of, in connection with or in consequence of such termination.

42.3.5 Termination by the Contractor pursuant to this GCC Sub-Clause 42.3 is without prejudice to any other rights or remedies of the Contractor that may be exercised in lieu of or in addition to rights conferred by GCC Sub-Clause 42.3.

42.4 In this GCC Clause 42, the expression "Facilities executed" shall include all work executed, Installation Services provided, and all Plant and Equipment acquired (or subject to a legally binding obligation to purchase) by the Contractor and used or intended to be used for the purpose of the Facilities, up to and including the date of termination.

42.5 In this GCC Clause 42, in calculating any monies due from the Employer to the Contractor, account shall be taken of any sum previously paid by the Employer to the Contractor under the Contract, including any advance payment paid pursuant to the corresponding Appendix (Terms and Procedures of Payment) to the Contract Agreement

43. Assignment

43.1 Neither the Employer nor the Contractor shall, without the express prior written consent of the other party (which consent shall not be unreasonably withheld), assign to any third party the Contract or any part thereof, or any right, benefit, obligation or interest therein or there under, except that the Contractor shall be entitled to assign either absolutely or by way of charge any monies due and payable to it or that may become due and payable to it under the Contract.

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

15. PROTECTION SYSTEM

15.1 Object and Limits of Supply

15.1.1 Object of the Supply

The supply shall include the design, manufacturing, painting, factory tests, shipping, erection on site, tests and commissioning of the following equipment:

a. Gilgel Gibe 400/230/132/33 kV Substation

- one (1) protection system for 400 kV overhead line to Gilgel Gibe II Substation and related 400 kV shunt reactor;
- two (2) protection system for 400/230 kV autotransformers and related 400 kV and 230 kV bays;
- one (1) protection system for 230/132/33 kV autotransformers and related 230 kV and 132 kV bays;
- one (1) protection system for 400 kV shunt reactor and related bay;
- one (1) 400 kV bus-bars protection system including the bus coupler;
- four (4) protection system for 230 kV overhead lines;
- one (1) 230 kV bus-bar protection system including the bus coupler;
- modification, interface, integration and upgrade of the existing protection system in Gilgel Gibe 132/15kV existing substation due to the introduction of new 132 kV transformer bay and extension of the 132 bus-bar.
- modification, interface, integration upgrade and setting of protection in Gilgel Gibe 230 kV existing substation due to the change of connection of the outgoing transmission lines.

b. Sebeta II 400/230/33 kV Substation

- one (1) 400 kV protection system for 400 kV overhead lines;
- two (2) protection system for 400/230 kV autotransformers and related 400 kV, 230 kV bays;
- one (1) protection system for 400 kV capacitor bank;
- one (1) 400 kV bus-bars protection system including the bus coupler;
- two (2) 230 kV protection system for 230 kV overhead lines;
- one (1) protection system for 230/33 kV transformer and related bay;
- one (1) protection system for 230 kV capacitor bank;
- one (1) 230 kV bus-bars protection system including the bus coupler;

c. Sebeta 230 kV Substation

- two (2) 230 kV protection system for 230 kV overhead lines;
- modification, interface, integration upgrade and setting of the existing protection system bus-bar protection, ...etc, in existing Sebeta substation due to the extension of the 230 kV bus-bar and introduction of new 230 kV bays

d. Ghedo, Wolkite 230 kV and Gilgel Gibe I 230/132/13.8 kV Substations

- Interface, setting, modification, upgrade, integration, coordination, etc of protection system at Ghedo, Wolkite and Gilgel Gibe I substations to maintain proper functioning of the system supplied by different vendors/suppliers in

order to integrate with the new one. End to end test of the system and put into operation.

15.1.2 Limits of the Supply

a. General

The protection systems to be supplied shall be according to these Technical Specifications and the annexed drawings.

The quantity of the relays, their characteristics and redundancies required by these technical documents reflect the protection systems in use on the Employer's networks.

The bus bar protection system shall have adequate capacity for future extensions in each substation and the spare capacity shall not be less than 100%.

The supply shall include also the specified spare parts, the special tools and installation materials and accessories, not mentioned in present specification, but necessary to the installation, operation and maintenance of the plant.

b. Gilgel Gibe 400/230/132/33 kV Substation

The protection system shall be completely integrated in the microprocessor based control system of the substation.

Any modification, work, and material due to the connection of the existing 132 kV substation shall be included in the scope of supply.

The protection systems of the Substation shall be carried out in order to obtain complete and operating protection systems. For sizing of some relays, as for instance bus-bars differential relays, the Contractor shall consider also the future development of the Substation as shown by the annexed drawings.

c. Sebeta II 400/230/33 kV Substation

The protection system shall be completely integrated in the microprocessor based control system of the substation.

d. Existing Sebeta 230 kV Substation

The protection system associated to the 230 kV bays consists in an extension of the existing Switchyard. Therefore the Contractor shall include in its supply all works and materials needed to integrate the new supply with the existing protection system. The Contractor shall supply all the equipment and shall modify all those parts of the existing plant interested by the introduction of the new equipment.

15.2 Design Data

a. D.C. Auxiliary Supply

Control, protection and signalling circuits shall be fed by the D.C. system with the following characteristics:

- Voltage 110 V D.C
+10% -15%
- Ripple 5 %

In case of faults in the battery charger and in other particular conditions, the voltage may undergo temporary oscillations in the range 110 V +50% -30%.

b. Voltage Circuits

VT's secondary voltages are the following:

- voltage 100 V, $100\sqrt{3}$ V
- frequency 50 Hz +2% -6%

The protection system voltage overloading capacity shall be the following:

- continuous overloading 120 %
- transient overloading for 1 s 200 %

c. Current Circuits

CT's secondary currents are 1 as indicated in these Technical Specifications and on the annexed drawings.

The protection system current overloading capacity shall be the following:

- continuous overloading 200 %
- transient overload for 1 s 5 000 %

d. Voltage test of the Equipment

- Voltage test at industrial frequency
for 1 minute, ground side and between circuits 2 000 V
- Voltage test at industrial frequency
for 1 minute, between circuits with opened contacts 1 000 V

15.3 Design Criteria**15.3.1 General**

The protection systems, as well as the associated equipment, shall be designed, manufactured and tested in accordance with IEC Standards.

All data provided by the present specification and scheme represented in the annexed drawings, must be regarded as informative.

Relays scheme and their characteristics shall match the specific characteristics of the lines, transformers and other equipment of the Substations and Switchyards for which they will be supplied and shall be coordinated with the existing protection relays installed on the Employer's HV network.

No contractual responsibility shall be addressed to the Employer, due to incomplete or not correct information.

The Contractor shall undertake protection study of the system and submit his design for approval.

The Contractor shall bear full responsibility for selecting and providing the protection system, however the selection shall be in accordance with the protection relays department of the Employer. Therefore he shall verify and modify, wherever necessary, characteristics and scheme indicated in the present specifications and annexed drawings, if so required on the basis of its expertise, experience and knowledge of the Substations and Switchyards, providing for any changes adequate justification to the Engineer.

The Contractor will remain the only responsible for the correct operation of new equipment.

15.3.2 400 and 230 kV Overhead Line Relays Operating Characteristics

a. General

When main and back-up protection systems are required, they shall be independent systems and shall include all the protection functions foreseen by the annexed drawings. In each protection system it is preferable to implement different protection functions in numerical relays.

b. Main Distance Protection (Device Code 21-I)

Line protection comprising, but not necessarily limited to:

- i) Three zone phase and earth fault distance relay. Zone 1 and 2 shall have mho or other suitable characteristic. Zone 3 shall have an offset mho or other suitable characteristic and be used for starting, back up and high speed tripping when closing onto a faulted line. The zone 3 elements shall have contacts available for use in a permissive overreach transfer trip scheme.
- ii) Separate trip outputs: 1 per phase giving a single output on the faulted phase for zone 1 or accelerated single-phase to earth faults, and suitable for use with single-pole autoreclosing. One three-phase trip output for all multiphase faults, timed clearance for all zone 2 or 3 faults, and suitable for three-pole delayed autoreclosing.
- iii) Complete reset of high speed trip measuring circuits, after arc extinction has occurred on the open phase of the faulted circuit following single-pole-tripping providing high speed tripping should the fault develop to multiphase
- iv) A setting range for the Zone 1 impedance measuring element of 50% to 120% of line length of all protected lines.
- v) A setting capability for Zone 2 overreach protection to give typically 125% of each line length with a time delay in the range of 0.2 to 1.5 seconds. The setting range should at least to cover 180% of the protected line length.
- vi) Zone-3 protection time delay range of 0.8 to 3.0 seconds with a setting range to cover at least 280% of protected line length.
- vii) Blocking of relay tripping in the event of loss of V.T. supplies on one or more phases to the relays and changeover to overcurrent mode facilities shall be available.
- viii) A sensitive directional comparison earth fault protection using a separate protection signalling circuit and a timer to co-ordinate with Zone 1 of the distance relay. This relay shall trip single phase (single pole breaker) further timer shall trip three-phase in the event of a persistent fault without receipt of the carrier signal from the remote end.
- ix) Locking panel-front mounted switch, to enable the protective system to be taken out of service. This switch shall allow routine testing of the protective scheme, with the line alive and without interfering with the normal function of other protective relays.
- x) Breaker failure protection facilities.

- xi) Distance-to-fault locator, which indicates the distance in kilometre (Km). The fault locator shall have the zero sequence mutual compensation facilities. The locator must operate correctly for all types of 1-phase-to earth and 3-phase faults and shall not have an inherent measuring error in excess of 3%.
- xii) Single and three-phase auto-reclosure.
- xiii) Synchronism check, voltage check and autoreclosing (single and three phase reclosing) facilities.
- xiv) Switch-on-to-fault (SOFT) feature.
- xv) Zero sequence mutual compensation facilities for parallel transmission lines.
- xvi) Power swing blocking facilities.
- xvii) Indication lamps or LEDs for the following functions
 - Protection DC supply healthy
 - Distance protection out of service
 - V.T. supply indicating lamps or LEDs (3)

All auxiliary relays, time delay relays, high speed tripping relays and any other equipment, not specifically listed in this specification but which are required for the satisfactory operation of the protective systems.

c. Backup Distance Protection (Device Code 21-II)

Back-up Distance protection shall have same characteristics as the Main distance protection but shall be implemented in a separate system

d. Backup Non-Overcurrent Protection (Device Code 50/51))

Provide three-pole IDMT non-directional overcurrent backup circuit protection using inverse time overcurrent relays connected in each line. This protection shall trip all three poles of the associated circuit breakers and permit all auto-reclose equipment on those circuit breakers for operating. Each inverse definite minimum time (IDMT) non-directional relay shall have an instantaneous element, which shall be brought out to a separate trip output which, shall be disconnectable. The time current characteristics shall be as per BS 142 or similar standards.

c. Tripping and Auto-reclosure Logic

Provide tripping and auto-reclose logic for HV kV line's breakers according to the following principles: -

- i) All circuit breaker and protection signalling operation devices shall seal in to ensure that complete breaker operation occurs and that the protection signalling equipment remote, receive relays operate, but release to allow auto-reclose to proceed. The use of the time-delayed reset latching relays in those parts of the circuit not applicable to high-speed single-pole reclose would be acceptable.
- ii) Both single-pole & three pole high speed and three-pole delayed reclose logic shall be selectable separately for each 400 and 230 kV circuit auto-reclosure. Separate time settings for high speed and delayed reclose shall be provided on each auto-reclosure. It shall be possible to select by switching, single-pole high speed reclosing for one of a pair of circuit breakers controlling a line, and three-pole delayed reclose logic for the other circuit breaker controlling the same line.

- iii) Single and three-pole reclosure shall be prevented on circuit breakers that were open prior to fault
- iv) All single-pole trip outputs shall initiate single-pole reclosing following tripping of the appropriate phase
- v) All three-pole trips shall prevent single-pole reclosing on the affected circuit breakers
- vi) If more than 1 pole trip output occurs, this shall initiate a three-pole trip and inhibit single-pole reclosing
- vii) Three-pole trips initiated at any stage during any reclose operation shall cause immediate trip of any closed phases and achieve three-phase trip, and inhibit single-pole reclosure
- viii) Three-pole trips shall initiate three-pole reclosure where selected unless cancelled by trip on energising, or backup overcurrent trips. Closing or reclosing onto a fault shall lock out the auto-reclose equipment and prevent further reclosure.
- ix) Three-pole reclose shall be interlocked to prevent it from operating if a local or direct transfer trip signal has not reset, or if the appropriate circuit breaker is not able to reclose. If a direct transfer trip signal is maintained for more than 10 seconds, delayed auto-reclose on all associated circuit breakers shall be cancelled.
- x) Selector switches on the appropriate relay panels shall select the following duties or the relay shall show the following selected option through LEDs or displays: -
 - (I) High-speed single & three pole reclose.
 - (II) High speed single-pole for single-phase or delayed three-pole for multi-phase faults respectively dependent on the type of fault.
 - (III) High speed and Delayed three-pole reclose.
 - (IV) Reclose off.

The circuit breaker tripping circuits shall be connected to trip three-pole for selections III) and IV)
- xi) Facilities to enable, where the high speed reclose time required is less than the zone 2 clearance time from one end when signal channels are faulty, the high speed single-pole reclose equipment to be blocked by a "system fail" signal if the permissive transfer trip channel has failed.
- xii) Operation counters to record separately the number of operations for single-pole and three-pole trips
- xiii) A DC supply supervision relay with contacts for a lamp and remote alarm
- xiv) Indicating lamps or LEDs for the following functions
 - Auto-reclosure DC supply health
 - Auto-reclose 'off'

All auxiliary relays, time delay relays and any other equipment, not specifically listed in this specification but which are required for the satisfactory operation of the auto-reclose systems.

/ / A C

f. Synchro Check Relays (Device Code 25)

Each synchro-check relay shall permit the closing of the associated circuit breaker only if differences in upstream and downstream voltage, frequency and phase are within preset tolerances.

Closing angle, voltage and operation times shall be adjustable. The synchro-check relay shall be capable to operate within 250 ms for a frequency difference of 250 mHz and a phase angle difference of 45°.

Each synchro-check relay shall incorporate an adjustable under-voltage check relay to allow closing of the circuit breaker in case one side is without voltage (dead bus or dead line).

Each voltage check relay shall have an operating time shorter than 250 ms.

Separate synchro check relays and associated voltage check relays shall be provided to supervise automatic reclosing and manual closing operations of circuit breakers.

Any additional auxiliary relay, switch, etc., as required for synchronism check shall be provided.

g. Fault Locator and Disturbance Recorder (Device Code OSC)

Line Fault Locator One line fault locator with high accuracy shall be provided for each overhead line. The accuracy of the distance measuring function shall be independent of the line load and shall not be influenced by the magnitude of the fault resistance.

Each line fault locator shall be provided with test switch and front indication of the fault distance. Under normal conditions, by pressing the test switch it shall be possible to read input values of current and voltage as well as active and reactive power.

Disturbance Recorder One disturbance recorder shall be provided for each overhead line. Each disturbance recorder shall have high resolution (1 ms) and shall be able to print up to 8 analog input signals and 16 events. Pre and post-fault recording times shall be adjustable. Total recording time shall be up to 20 s

Means shall be provided to transfer recorded disturbances to a portable personal computer included in the supply.

15.3.3 Autotransformers - Transformer and Bus-bars Relays Protection Operating Characteristics

a. Autotransformer bay: one impedance relay (Device Code 21T)

Characteristic as per line bays but without autoreclosing function.

The step-up transformer bay impedance relays will be set for a forward zone including a substantial amount of transformer impedance and for a reverse zone which will include the bus-bars and the incoming line according to the network protection scheme criteria.

b. Percentage Differential Relays (Device Code 87T)

They shall be of the percentage type with adjustable sensitivity between 15% and 50% for transformer protection.

Handwritten marks: a signature and the number 11.

They shall be for instantaneous operation. The relays shall operate for phase-to-phase faults and for phase-to-ground faults. The differential relays used for transformer protection shall be provided with harmonic restraint.

In accordance with the need of the plant the transformer differential protection shall be suitable to protect the transformer with two or three windings. Main current transformers mismatch or shall be compensated by appropriate software.

c. Restricted Earth Fault Relay

The restricted earth-fault and residual earth-fault relay shall be intended to be used for the earth-fault protection of transformers. The relay shall contain two energizing input circuits for a differential earth-fault current circuit and for a residual earth-fault current circuit.

The operation of the restricted earth-fault stage shall be exclusively on faults inside the area of protection.

The relay shall be at inverse time characteristic according to IEC 60255-4-2. The curve sets are referred to as "Normal inverse", "Very inverse", "Extremely inverse" and "Long-time inverse".

d. Non-Directional Over-current Relays (Device Code 50/51) and Non-Directional Over-current Ground Relays (Device Code 50/51N)

They shall be three phase type and provided with two thresholds. One threshold shall be definite-time or inverse-time current type with characteristic curves in accordance with IEC Standards 255-4.

The other threshold shall be definite-time type.

Switches shall be provided for exclusion of thresholds and also for selection of instantaneous operation.

Operating currents shall be adjustable over a wide range, approximately within 50 to 300% of CT secondary rated current for the inverse-time unit and 50 to 2000% of CT secondary current for the definite-time unit.

The operating time of the definite-time threshold shall be adjustable in the range 0.1 to 10 s in steps of 0.01 s.

of the H.V. network.

c. Bus Differential Relays (Device Code 87A, 87B)

The bus differential protection shall be three phase, high speed, percentage restraint of impedance type, with adjustable sensitivity between 20% and 50%.

The bus-bar protection shall consist of discriminating zones (one for each bus section) and are check zone. Tripping of any bus-bar section shall occur only when both the check zone and the discriminating zone have been operated.

The operating time shall be lower than 20ms. The relay shall operate whenever phase-to-phase or phase-to earth faults occur on the bus-bars.

All internal faults shall be detected even in case of current transformers saturation. Stability during external faults shall be guaranteed also in case of current transformer saturation



The bus-bars differential scheme shall be performed according to the Switchyard arrangement. Therefore, depending on the single line diagram of the Switchyard to be protected the differential protection shall include the needed relays quantity and shall be provided of switching of current transformer secondary circuits as required by the relevant scheme.

f. Breaker Failure Protection (Device Code 50 BF)

In case circuit breaker fails to trip within its normal time, the BF-protection shall work in two steps. In step one the BF-protection shall give a trip-command again to the fail-breaker. In step two the BF-protection shall energize the trip circuits of all the CB necessary to isolate the fault.

Lock out relays shall be provided to prevent reclosure, either manual or automatic, until the lock-out relays are reset. The breaker failure protection shall be started by non directional instantaneous over current relays in conjunction with timing relays. The breaker failure protection shall be initiated by tripping relays of the main and back-up protections.

g. Automatic Voltage Regulator (Device Code AVR)

This voltage regulating relay shall be used to control the secondary voltage of power transformers with on-load tap-changer.

The AVR shall be a solid state device and shall permit parallel control of two or more transformers equipped of same AVR.

The inputs shall be protected with insulating transformers provided with taps for matching the input to the supply voltage.

The setting of the required voltage level shall be adjustable continuously according to the tapping range of the transformer.

The AVR shall be provided with a current compensation adjustable in the approximate range $\pm 1\%$ to $\pm 4\%$ of the rated voltage. Switch shall be provided for the exclusion of this function.

The actuation characteristic shall be of the inverse time type. It shall be possible to set the time delay corresponding to the actuating voltage deviation in the range of few seconds to some minutes.

Under voltage and over voltage blocking functions shall be provided to prevent unwanted regulation in case of a considerable voltage drop or when voltage disappears and in case that over currents occur.

The AVR shall be supplied together with timer and under voltage relay. The signal from the AVR to execute the tap change operation, when the regulating voltage is out of the voltage regulation level, shall be delayed by the timer with a setting time of 0-60 s. If the control voltage abnormally falls, the movement of the tap changer shall be locked by the contact of the under voltage relay, even if the contacts of the AVR are working.

h. Programmable Temperature Digital Devices (Device Code 26T)

The devices shall be apt for the surveillance and control of the temperature of the autotransformer fitted with RTDs.

The same shall be constituted by continuous control modules, each one capable to be connected to two thermoresistances. Each module shall have two independent adjustable thresholds.

Each Module shall be operating in a way independent from the other, allowing a continuous temperature check

Devices shall be microprocessor type, easily programmable from the front side of the equipment.

Operations executed and shown on the front side of the equipment are the following:

- temperature reading in the range $0 \div 150$ °C;
- high temperature alarm signal;
- RTD interruption alarm signal;
- RTD short circuit alarm signal;
- loss of auxiliary power alarm;
- high temperature tripping signal;
- recording of the max checked value.

The alarms signalling shall be easily visible on the front side of the equipment by LEDs.

The alarms signalling contacts shall be available in order to perform the alarm and to start lock out relays.

i. Trip Supervision Relay (Device Code TCS)

Relays shall be provided to detect faults such as loss of voltage and interruption of circuit breaker trip circuits. This monitoring function shall be accomplished by circulating a low level current through the trip circuits. An alarm shall be given in case a fault is detected.

j. Transformer Auxiliary Protections

Auxiliary and flag relays shall be provided for contacts increasing and local signaling for the transformer auxiliary protections (i.e. bushels, temperature, etc.).

k. Loss of DC Voltage Alarm Relays (Device Code 80)

They shall have standard speed and slow drop out characteristics. They shall give an alarm in case of loss of DC potential to relays or circuit breaker control circuits.

l. Lock-out Relays (Device Code 86T)

They shall be fast-operating, multi-contact attracted armature relays with a high degree of mechanical stability and suitable for the required tripping duties. They will be provided with hand reset operation indicator and will satisfactorily operate between 80% and 120% of the rated auxiliary voltage 110 V DC.

The contact breaking capacity shall be at least 1 A at 110 V DC with L/R less than 40 ms.

15.3.4 Shunt Reactor Protection Relay Operating Characteristics

a. Percentage Differential Relays (Device Code 87T)

The same provision as the Autotransformer Transformer 87T shall be applied

b. Non-Directional Over-current Relays (Device Code 50/51) and Non-Directional Over-current Ground Relays (Device Code 50/51N)

The same provision as the Autotransformer Transformer 50/51 and 50/51 N shall be applied

c. Switching Controller (Device Code SC)

The aim is to control closing to minimize the energizing transients (voltage transients as well as inrush currents).

When the capacitor bank is to be energized, an input commands shall be given to the controller. Following the command, the controller shall determine a reference time instant, related to the phase angle of the busbar voltage. When this has been done, and after an internally created waiting time, the controller will then give an output closing command to the circuit breaker. The time instant for the output closing command is determined by the make time of the circuit breaker and the target point for making.

Both the predictable make time and target shall be pre-programmed into the controller.

15.3.5 Capacitor Bank Relays Operating Characteristics

a. Capacitor Bank Bridge Over-current Unbalance, (Device Code 50/51N)

Each non-directional over-current ground relay shall be single-phase type.

The operating characteristics shall be inverse time current or definite time type, with one or two thresholds.

Time and operating currents shall be adjustable over a wide range.

The Contractor shall choose the relay characteristics in order to ensure selectivity with respect to the ground protection system of the H.V. network.

b. Switching Controller (Device Code SC)

The aim is to control closing to minimize the energizing transients (voltage transients as well as inrush currents).

When the capacitor bank is to be energized, an input commands shall be given to the controller. Following the command, the controller shall determine a reference time instant, related to the phase angle of the busbar voltage. When this has been done, and after an internally created waiting time, the controller will then give an output closing command to the circuit breaker. The time instant for the output closing command is determined by the make time of the circuit breaker and the target point for making.

Both the predictable make time and target shall be pre-programmed into the controller.

15.4 Construction Characteristics

15.4.1 Protection Relays

The protection relay relays shall be microprocessor numerical based. No static or electromechanical relay will be not accepted. Microprocessor based static relays are

not either accepted. The tripping decision must be based upon a microprocessor thus being of numerical design.

The protection relays shall support as minimum:

- internal self-supervision, thus minimizing the need of periodical system maintenance and relay testing;
- event recording such as e.g. the phase current value at the moment of trip, duration of protection stage pick-up etc.
- communication with the BCU and the field bus, with fully transparency at the Centralized Control System enabling to read and to set all parameters and data stored in relays remotely;
- At least 2 setting bank by which shall be possible to be changed on the fly either manually at the front of the relay, remotely from the Centralized Control System or alternatively an external binary input of relay.

The protection functions shall be an integrated function of the bay terminals with the minimum need for any stand-alone protection hardware.

The protection relays shall communicate, by means of suitable ports to:

- the Centralized Control System through the field bus;
- a laptop PC included in the scope of supply.

Furthermore it shall be possible to change setting parameters from a local man machine interface.

The physical media with the substation shall be fibre optics. A relay using media e.g. twisted pair is not accepted.

The communication protocol shall be IEC 61850

The relays shall be conceived to be fed directly by 110 DC auxiliary power source.

If a different auxiliary power source is required, a complete relaying system can be fed by its own auxiliary power supply module. The modules shall be two and connected in a redundant mode. Adequate means of voltage supervision shall be provided and a local indication for the power supply module in operation shall be given.

Alarm shall be given when an auxiliary power module is removed or when its auxiliary power supply to the relay is interrupted.

When main and backup protection relays are foreseen, the auxiliary power source shall be independent for each one of the above main protection system.

The arrangement of the protection relays and power supply modules in the relevant boards must be done in order to obtain autonomous and integrated protection systems corresponding to the equipment or line to be protected.

Each relay shall be provided with contacts as required for local and remote signalling, chronological event recorder and tripping, plus two spare free potential contacts.

Each relay contact shall at least withstand 30 A for 0,5 seconds and shall have continuous rated current 5 A and breaking capacity 0,2 A at 110 V DC with L/R less than 40 ms, unless otherwise specified. In any case contact relay characteristics must match the requirements of relevant operated equipment.

Ranges of calibration of protective relays shall be agreed with the protection relays department of the Employer.

15.4.2 Board Structure

The board is intended for indoor installation. The protection class shall be IP 41, with doors opened, IP 20. Access to the board shall be from the front side.

Board structure shall consist of a modular, metal enclosed, self-supporting steel frame, welded and bolted, with enough resistance to withstand without damages, all the mechanical stresses applied during delivery, assembling and operation, including stresses due to short circuits.

For assembling purposes, the board shall be fitted with removable uplift devices and reinforcing girder.

The steel plate utilized for the walls will be carefully selected, avoiding sharp edges, with plane surface, without visible defects.

The board shall be anchored to the floor by means of an heavy steel structure; the board bottom shall be so rigid to withstand transportation on reels at the assembling time.

All the board sections shall be fitted by access door, hinge type, complete with handle and locking devices (all the locking will be operated by the same key).

The front door shall include transparent material, plexiglass or similar, on its total height.

Internal light and power socket fed by a 220 V A.C. shall be provided inside each panel.

All the components shall be of easy assembling and interchangeable type. In order to facilitate the access, the doors shall be removable by means of normal tools.

Both power and control cables access shall be in accordance with the installation types adopted in the plant. Cables anchoring facilities shall be provided.

Bottom steel plates shall be removable, with ovalized holes and adequate glands to facilitate cables installation. Holes shall be sealed, after cables installation, by anti-fire materials, included in the supply.

The energized parts shall be protected against accidental contacts of the personnel, during occasional intervention on the board in operation.

15.4.3 Control, Indicating, Synchronizing, Metering And Relay Panels And Ancillary Apparatus

a. General

The provision in this paragraph are mainly related for Existing Sebata 230 kV Substation where the new panels shall have the same characteristics as the existing ones.

The panels shall be supplied complete with the equipment specified herein including: terminal blocks, wiring and other miscellaneous devices as indicated or required. The equipment shall include all required auxiliary current and potential transformers, auxiliary relays, protective devices, fuses and resistors, whether or not they are

explicitly specified. All instruments, relays, circuit breakers, coils, contacts and similar features shall be suitable for the apparatus controlled or the purpose intended.

All required relays, conductors, switches and any other devices necessary for the proper control of on-load tap changers of the transformers shall be supplied and installed. All auxiliary relays associated with transformer protection devices such as oil level, Bucholz relay; oil and winding temperature detectors, etc. shall similarly be supplied and installed.

The Contractor shall locate and arrange terminal blocks so that external cable connections can be made in neat and proper fashion.

b. General Construction

Control, synchronizing, metering and relay panels shall be of the free standing self contained metal enclosed type and shall be made of specially selected smooth and robust sheet steel panels of *not less than 2.5 mm* thick unless otherwise approved. Panels shall be bolted at the bottom to suitable steel channel sills to be supplied as part of this Contract. Suitable grouting and anchor boltholes shall be provided in the channel sills. Panels shall be reinforced where necessary to prevent distortion or the mal-operation of relays or other apparatus by impact, having regard to the number and size of cut-outs and the size of the panel.

Cubicles shall be drip-proof, dust-proof and vermin proof. Equipment shall be arranged to give reasonable access to all components mounted on the panel front and inside. To assist in achieving this, cubicle widths shall not be *less than 600 mm* wide and the depth shall not exceed the width. The width between apparatus mounted on the cubicle side shall not be less than that which will permit full and easy access to all terminals and to apparatus mounted on the panels. *Panel size shall be 80 cm wide, 220 cm high; 5 cm from sides, 10 cm from top and 40 cm from bottom shall be left free.*

All screws and bolts used shall be provided with lock washers or other locking devices. To prevent warping of panels, all heavy devices shall be adequately supported by means of brackets or straps.

The panels, trim, doors and frames shall match, and shall present a neat appearance when assembled as a control board, which shall, as far as is practicable, be the standard manufacture of the Contractor and shall be suitable for extension by the simple addition of further units of panels.

Each panel shall have a hinged door with fully concealed hinges to allow the door to swing through not less than 105 degrees from the closed position. Some form of restraining devices shall be provided to limit the swing and prevent damage to hinges and equipment. Each door shall be supplied with a lock and removable keys. All locks shall be keyed alike and two keys per lock shall be provided.

Rear access cubicle doors shall be hinged to lie back flat to avoid restricting access. Hinges shall be of the lift-off type. Doors shall be secured by integral handles and provision shall be made for padlocking. A set of padlocks shall be provided for each suite of panels. Barrel locks incorporated in the door handle are not acceptable. Each cubicle door shall be closed by a handle that operates on 3-point closing device (e.g. Espagnolette type).

94

Handles and padlocks shall not be more than *1.5 meters* above floor level. Top and bottom doors shall not be interlocked and cross stiffeners shall not impede access to the cubicle. Moulded gaskets of non-ageing materials shall be used to provide close sealing.

A lamp shall be fitted inside each cubicle and so arranged that all wiring be illuminated as evenly as possible without dazzle. The lamps shall be controlled from a door limit switch.

Heaters shall be provided in panels operated from a control switch and thermostat. Circuit labels shall be provided on the front and back of the panels and on the outside of cubicle doors. Where cubicles accommodate more than one primary circuit, appropriate interior and exterior labelling shall clearly distinguish each circuit.

The arrangement of equipment and the design of the control shall be such that adequate space is provided for inspection and maintenance of wiring, terminals and equipment. The front of the panels shall accommodate flush mounted instruments, control and position indicating switches, annunciator and mimic bus, all arranged neatly and symmetrically. The inside of the panels shall accommodate terminal blocks, plastic cable ducts and any other devices as required. Principal apparatus shall be flush mounted on the front of the cubicle.

All exterior surfaces shall be free from holes, seam, dents, weld marks, loose scale and other imperfections. All ferrous metal surfaces of the control board shall be cleaned, or given an equivalent preparation, after all welding is completed and then lately primed with a surface and primed suitable for use as an undercoat for the finish. Both the exterior and interior surfaces shall be *semi-gloss finished* with not less than two coats of lacquer or enamel of appropriate shade and colour and similar to the finish given to existing cubicles.

c. Control Cubicles

One control cubicle may accommodate apparatus associated with not more than two primary circuits in which case vertical barriers must be provided within the cubicle to segregate the wiring associated with each primary circuit and the front panel shall preferably have space for separation of the two primary circuits. The construction of the panels shall be as per sub - clause 15.4.3 (b).

d. Relay Cubicles

Separate cubicles must be provided for the protection relays associated with each primary circuit (bays). Equipment shall be mounted on the *swing-out frame of the panel/cubicles*. Each cubicle shall be provided with a front door. The door shall consist of a full length and width *translucent (glass-plate) window* contained in a steel frame. The door shall be closed by a handle that operates on a 3-point closing device (e.g. Espagnolette type) and provision shall be made for padlocking as specified for rear doors in paragraph 15.4.3 (b) above.

e. Metering Cubicles

Separate cubicles must be provided for the energy meters associated with each primary circuits (bays). The front door shall have test blocks. The meters shall be flash mounted on the front of the cubicles. The cubicle's door shall be closed by a handle that operates on a 3-point closing device and provision shall be made for

padlocking as specified for rear doors in paragraph 2.15.2 above. The cubicles shall contain all the transducers.

f. Common control cubicles

Separate cubicle must be provided for common control and synchronizing frame. The panels shall contain the common alarm system of the plant and all signals of 33kV panels, rectifier chargers, communication and telephone exchange. The panel shall also contain all bells, common lamp test button, alarm-reset button, horn reset button, etc. The double swing recessable synchronizing frame, bus bar voltmeters, etc. shall be flash mounted on the panel. The cubicle's door shall be closed by a handle that operate on 3-point closing devices and provision shall be made for padlocking as specified for rear door in paragraph 15.4.3 (b) above.

15.4.4 Wiring

All wiring used inside the board shall conform to IEC Standards and to the General Technical Specification.

All hinged wiring shall be extra flexible.

The internal wiring of each basic panel shall be neatly and carefully installed in suitable wiring ducts with removable covers and connected to terminal blocks.

The terminal arrangement shall group all leads for each particular function to facilitate connections to the incoming and outgoing cables.

The wiring between adjacent panel shall be routed through raceways and wiring trays, terminated and connected to terminal blocks in order to permit easy separation of the panels.

All panels split for shipment shall be provided with suitable lengths of wiring for interconnection between the panel sections.

15.4.5 Power Supply Disconnectors

Auxiliary power supplies for panel-mounted devices shall be provided with automatic miniature circuit breakers for protecting and isolating the d.c. and a.c. circuits.

All automatic miniature circuit breakers shall be provided with one auxiliary contact to provide an alarm when they are in open position.

One synthetic alarm for d.c. source lack and one synthetic alarm for a.c. source lack shall be transmitted to the annunciator on the control panel.

The Contractor shall be fully responsible for proper selection of automatic miniature circuit breakers in order to ensure correct protection of a.c. and d.c. circuits taking into account actual values of continuous and short-time currents.

The automatic miniature circuit breakers shall be located inside the panels and engraved nameplates shall be provided for their identification.

15.4.6 Wire, Terminal Block and Device Designations

All wires and terminals shall receive the same alphanumeric designation as indicated in the schematic and wiring diagrams.

The same designation shall also be indicated in the schematic and wiring diagrams. As a rule, a designation will not change until the wire is terminated or connected to other equipment. All wiring shall be designated at both ends by printing on wire designation sleeves. Wire designation shall be by permanent and unaffected by heat, solvents, or steam.

Each designation of terminal blocks shall be engraved or neatly marked with permanent ink on removable marking strips.

Approximately 20% of spare wire designation sleeves shall be furnished; adhesive labels shall not be acceptable.

The Standard device number of each device shall be marked on the rear of the panels directly behind or adjacent to the corresponding device.

15.4.7 Terminal Blocks

All outgoing power and control circuits shall be terminated on terminal blocks, rated 600 V and suitable for 2.5 mm² to 10 mm² conductors.

Not less than 20% of the installed terminals of each terminal block shall be left as spare.

Accessibility to terminal blocks shall not be lessened by interference with structural members or instruments.

Ample space shall be provided at terminal blocks for termination of all external circuits.

15.4.8 Test Switches

Test switches shall be of the built-in type.

All test switches shall permit to isolate completely the relays from instrument transformers and other external circuits and to provide means for testing the relays through multipole test plugs fed either by an external energy source or by instrument transformers.

A number of test plugs as required for a complete test on meters, instrument or relay shall be furnished for each type of test switch. All test switches shall be so arranged to prevent that current transformer secondary circuits may be open-circuited in any position while the test plug is being plugged in or removed.

15.4.9 Auxiliary Components

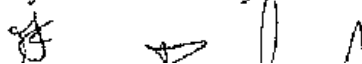
a. Auxiliary Transformers

Where auxiliary transformers are required for correct operation of specific relaying equipment, the Contractor shall furnish such additional transformers as required by the supplied equipment.

b. Time Delay Relays

They shall be of the analog or digital static type, with adjustable time delay, and shall be vibration proof and shock proof.

They shall be capable to operate correctly and continuously from 80% to 110% of the rated voltage of the feeding circuit.



The contacts shall be single pole, double-throw.

Time delay range and number of contacts shall comply with the requirements of the corresponding schematic diagrams.

c. Auxiliary Relays

They shall be used for increasing the contact quantity, for galvanic insulation of the circuits, for implementation of logic schemes and for attaining the tripping and making capacity required by the controlled circuits.

Their characteristics are given in the General Technical Specifications.

15.4.10 Nameplates

Nameplates of approved design and dimensions shall be provided as follows:

- One (1) plate indicating the item of board, installed at the top in a suitable position;
- One (1) plate for each instrument, relay and device mounted either on the face or inside the cubicle, in accordance with the approved wiring diagrams.

Material for nameplate shall be plastic laminate. The letters shall be white on black background.

The nameplate shall be held by self-tapping screws.

Furthermore, each equipment, instrument and device shall have its own rating plate in accordance with the relevant IEC Standards.

15.5 Tests

15.5.1 Factory Tests

Tests indicated in the present section are listed in accordance with the following categories:

- routine tests;
- type tests.

The routine tests shall be carried out on the boards completely assembled and on all components.

All tests shall be carried out in accordance with the latest edition of applicable IEC Standards.

In the following description, it will be considered routine test all tests which are not specified as type tests.

a. Tests on the Components

The Manufacturer shall carry out the routine tests foreseen by relevant Standards, on the components before the assembling. The equipment to be tested shall be, at least, the following:

- protection and auxiliary relays
- instruments and auxiliary equipment.
- measuring transformers.

11 11 11

b. Routine Tests

On the boards, completely assembled, tests shall be carried out according to the Standards and at least the following:

- Visual inspections of the equipment, including inspection of wiring;
- dielectric test;
- insulation resistance measurement;
- verification of mechanical operations;
- operating tests which shall include at least the following:
 - sequences of the operating circuits;
 - accuracy of calibrated pick-up and drop-off levels for min and max points of the range of settings;
 - accuracy of timing elements.

c. Type Tests

Type tests may be replaced by submission of satisfactory type test certificates. Otherwise, the Contractor shall carry out the following specified type tests:

- Limits of operation and timing tests with varying reference conditions (frequency, temperature, ripple, waveform, auxiliary supply, etc.)
- continuous thermal requirements;
- short time overload requirements;
- sensitivity to harmonic content or D.C. component of fault current or voltage;
- mechanical durability;
- contact rating;
- tests of environmental compatibility for electronic control circuits, mainly including vibration tests, climatic tests and electromagnetic compatibility.

15.5.2 Site Tests

After erection at site and before the starting, at least the following tests shall be carried out:

- visual inspection;
- insulation resistance tests;
- wiring check.
- sequence checks and operational tests;
- according to specific relay, primary or secondary injection relay calibration tests shall be carried out; the tests shall permit to record the actual relay setting and as a final proof of the integrity of all secondary connections
- measuring of the burdens connected to VTs and CTs.
- During the starting of the board tests shall include at least the following:
 - check of controls, alarms and protection circuits,
 - on-load relay tests shall be done on some protections to demonstrate stability and operation limits according to the relay calibration.

15.6 Spare Parts and Special Tools

The Contractor shall supply the following spare parts and special tools:

- one (1) protection relay of each type;
- two (2) auxiliary and time delay relays of each type;

∩ 4 C

- one (1) unit of each type of auxiliary equipment included in the protection system.
- At least the following special tools shall be included:
- one (1) complete portable relay testing equipment for secondary injection test to be applied on the protection relays included in the supply.
- two (2) laptop PCs with software for relay setting and configuration.

PRESUPUESTO

SUBESTACIÓN SEBETA II 400/230/33 KV**Línea 400 kV**

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
2	Protección de distancia	7SA5221-4DB90-4HR4	8.914,50€	17.829,0€
1	Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	148,90€	148,90€
SUBTOTAL			17.977,90€	

Autotransformador 400/230 kV

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
4	Protección de distancia	7SA5221-4CB90-0EE0	8.046,20€	32.184,70€
2	Protección diferencial de trafo	7UT6131-4EB92-1BA0	4.091,40€	8.182,80€
4	Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	148,90€	595,60€
2	Regulador de tensión	TAPCON 230	3.973,50€	7.947,00€
SUBTOTAL			48.909,90€	

Banco capacitivo 400 kV

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
1	Protección de sobreintensidad	7SJ6222-4EB90-1FD0	2.696,00€	2.696,00€
1	Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	148,90€	148,90€
SUBTOTAL			2.844,90€	

Barras 400 kV

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
1	Protección de diferencial de barras (unidad central)	7SS5220-4AB92-1AA0	42.969,60€	42.969,60€
5	Protección de diferencial de barras (unidad de bahía)	7SS5251-5FA01-1AA1	7.090,70€	35.453,60€
1	Protección de sobreintensidad	7SJ6401-4EB91-1FA4	3.596,50€	3.596,50€
1	Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	148,90€	148,90€
SUBTOTAL			82.168,60€	

Línea 230 kV

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
4	Protección de distancia	7SA5221-4DB90-4HR4	8.914,50€	35.658,00€
2	Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	148,90€	297,80€
SUBTOTAL			35.955,80€	

Autotransformador 230/33 kV

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
1	Protección de sobreintensidad de respaldo (lado de 230 kV)	7SJ6221-4EB90-1FC0	2.697,00€	2.697,00€
1	Protección diferencial de trafo	7UT6131-5EB91-1BA0	4.091,40€	4091,40€
2	Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	148,90€	297,80€
1	Regulador de tensión	TAPCON 230	3.973,50€	3.973,50€
SUBTOTAL			11.059,60€	

33 kV

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
4	Protección de sobreintensidad	7SJ6021-4EB30-1FA0	1.544,70€	6.178,80€
SUBTOTAL			6.178,80€	

Banco capacitivo 230 kV

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
1	Protección de sobreintensidad	7SJ6222-4EB90-1FD0	2.697,00€	2.697,00€
1	Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	148,90€	148,90€
SUBTOTAL			2.845,90€	

Barras 230 kV

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
1	Protección de diferencial de barras (unidad central)	7SS5220-4AB92-1BA0	42.969,60€	42.969,60€
7	Protección de diferencial de barras (unidad de bahía)	7SS5251-5FA01-1AA1	7.090,70€	49.635,00€
1	Protección de sobreintensidad	7SJ6401-4EB91-1FA4	3.596,50€	3.596,50€
1	Relé de supervisión de circuito de disparo	7PA3030-1	148,90€	148,90€
SUBTOTAL				96.350,00€

Software de configuración

Uds.	Descripción	Referencia	Precio Unitario (€)	Importe Total (€)
1	Software de configuración DIGSI	7XS5402-0AA00	4.405,90€	4.405,90€

TOTAL PROTECCIONES **308.698,10€**

El presupuesto final del sistema de protecciones también incluye los siguientes conceptos:

CONCEPTO	COSTE (€)
Suministros	308.698,10
Ingeniería	103.896,20
Supervisión	51.577,00
Montaje	72.231,60
Puesta en servicio	68.954,30
Transporte	12.590,00
TOTAL	617.947,20