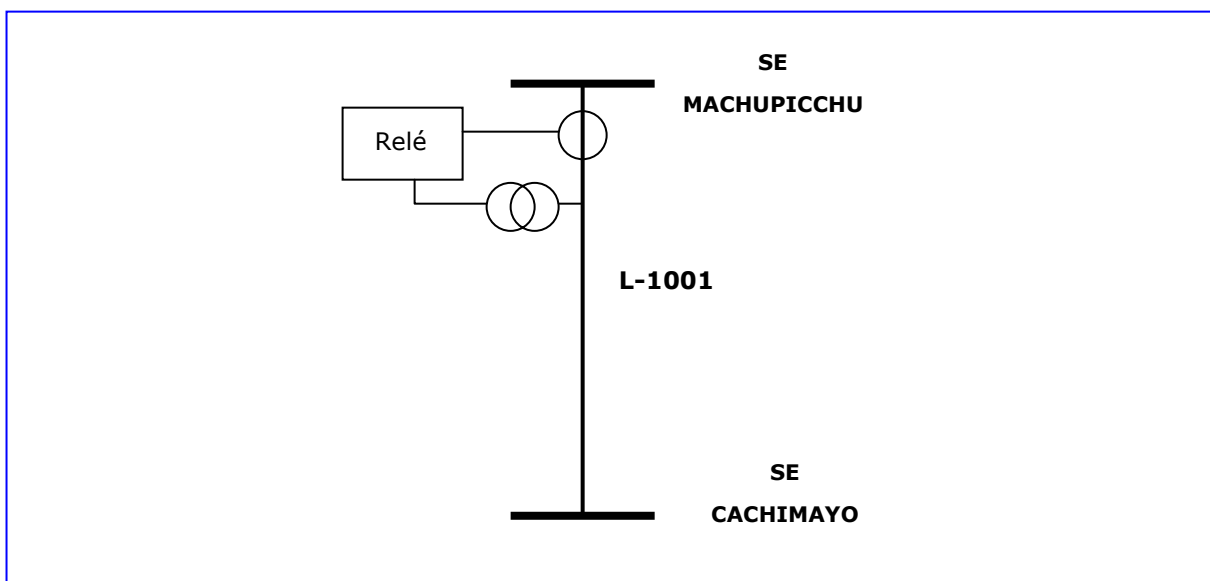


ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL

| MEMORIA DE CALCULO | | | | | |
|---|----------------|--------------|-------|----------|-----------|
| Instalación: | SE MACHUPICCHU | N° PSS: | 61104 | Tensión: | 138 kV |
| Empresa: | EGEMSA | | | | |
| PROTECCION DE LINEA L-1001 [Cachimayo] | | | | | |
| Marca: | | Modelo: | | Tipo: | DISTANCIA |
| Responsable: | | Coordinador: | | | |

| Rev. | Fecha | Nombre | Descripción | Aprobó | Fecha |
|------|-------|--------|-------------|--------|-------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

DIAGRAMA UNIFILAR



1 Resumen de Ajustes a Implementar:

1.1 Protección de Distancia:

| Ajustes | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona de Reversa | Zona de Arranque |
|-----------------|---------|---------|---------|-----------------|------------------|
| Dirección | Forward | Forward | Forward | Reverse | F/R |
| XP (Ω) | 34.0 | 46.0 | 86.0 | -15.0 | 105.0/-30.0 |
| RP (Ω) | 70.0 | 70.0 | 70.0 | -70.0 | 90.0/-90.0 |
| RE (Ω) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | -100.0 | 100.0/-100.0 |
| T (s) | 0.0 | 0.7 | 1.2 | 0.9 | 2.0 |

2 Parámetros Generales

De acuerdo a la base de datos, la línea L-1001 tiene los siguientes parámetros:

L= 78.55 km

Rd= 12.4 ohm primario

Xd= 39.59 ohm primario

R0= 32.34 ohm primario

X0= 127.61 ohm primario

2.1 Escenarios analizados:

- Avenida Máxima 2006: Av06max
- Avenida Media 2006: Av06med
- Avenida Mínima 2006: Av06min
- Estiaje Máxima 2006: Es06max
- Estiaje Media 2006: Es06med
- Estiaje Mínima 2006: Es06min

2.2 Impedancia de Carga:

S= 93.2 MVA (Máxima carga posible por la línea de acuerdo a la capacidad suministrada por los parámetros de la línea).

$$Z_{carga} = (0.85 \cdot U)^2 / S = (0.85 \cdot 138)^2 / 93.2 \text{ MVA} = 147.6 \text{ ohm}$$

Se adoptará 0.8 veces de la mínima Zcarga. Zmín carga \approx 118.1 ohm.

Los ajustes propuestos mas adelante deberán ser menores a este último valor calculado, para garantizar el correcto funcionamiento de la protección frente a la capacidad de transporte de la línea.

La máxima carga actual se da para el flujo: LT1002_FS y es de S = 81.5 MVA, correspondiendo a 341 A.

$$Z_{carga \text{ actual}} = 0.8 [(0.85 \cdot 138)^2 / 81.5] = 135 \text{ ohms primarios}$$

2.3 Factores de compensación homopolar:

El factor de compensación homopolar K_0 de la línea.

$K_0 \text{ modulo} = 0.73$

$K_0 \text{ ángulo} = 4.63$

Con los parámetros de líneas se calculan los factores de K_{0R} y K_{0X} compensación homopolar de corriente.

$K_{0R} = 0.54$

$K_{0X} = 0.74$

3 Ajustes Actuales de la Protección de Distancia

| Ajustes | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona de Reversa | Zona de Arranque |
|-----------------|---------|---------|---------|-----------------|------------------|
| Dirección | Forward | Forward | Forward | Reverse | Forward |
| XP (Ω) | 32.1 | 61.76 | 52.1 | -10.01 | 80.21 |
| RP (Ω) | 34.5 | 34.5 | 34.5 | -34.5 | 34.5 |
| RE (Ω) | 34.5 | 34.5 | 34.5 | -34.5 | 34.5 |
| T (s) | 0.0 | 0.65 | 0.45 | 1.2 | 0.8 |

4 Protección de Distancia

4.1 Zona 1:

Dirección: Forward

Ajustes:

Fase-Fase

Alcance Reactivo: Para cubrir fallas hasta el 85% de la línea Machupicchu - Cachimayo.

X1P 34.0 ohm primario

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo de fase de la zona 3.

R1P 70.0 ohm primario

Temporización:

T1P 0.0 seg.

Fase-Tierra

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo de tierra de la zona 3.

R1E 100.0 ohm primario

Resumiendo la zona 1 tiene los siguientes ajustes:

| | |
|------------|--------------------|
| X1P | 34.0 ohm primario |
| R1P | 70.0 ohm primario |
| R1E | 100.0 ohm primario |
| T1P | 0.0 seg. |

4.2 Zona 2:

Dirección: Forward

Ajustes:

Fase-Fase

Alcance Reactivo: Para cubrir fallas en la barra Dolorespata 138 kV.

| | |
|------------|-------------------|
| X2P | 46.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo de fase de la zona 3.

| | |
|------------|-------------------|
| R2P | 70.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Temporización:

| | |
|------------|----------|
| T2P | 0.7 seg. |
|------------|----------|

Fase-Tierra

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo tierra de la zona 3.

| | |
|------------|--------------------|
| R2E | 100.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Resumiendo la zona 2 tiene los siguientes ajustes:

| | |
|------------|--------------------|
| X2P | 46.0 ohm primario |
| R2P | 70.0 ohm primario |
| R2E | 100.0 ohm primario |
| T2P | 0.7 seg. |

4.3 Zona 3:

Dirección: Forward

Ajustes:

Fase-Fase

Alcance Reactivo: Para cubrir fallas hasta el 50% de la línea Cachimayo - Abancay.

| | |
|------------|-------------------|
| X3P | 86.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Alcance Resistivo: Para cubrir fallas bifásicas de 10 ohm hasta el 50% de la línea Cachimayo - Abancay.

| | |
|------------|-------------------|
| R3P | 70.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Temporización:

| | |
|------------|----------|
| T3P | 1.2 seg. |
|------------|----------|

Fase-Tierra

Alcance Resistivo: Para cubrir fallas monofásicas de 10 ohm hasta el 50% de la línea Cachimayo - Abancay.

| | |
|------------|--------------------|
| R3E | 100.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Resumiendo la zona 3 tiene los siguientes ajustes:

| | |
|------------|--------------------|
| X3P | 86.0 ohm primario |
| R3P | 70.0 ohm primario |
| R3E | 100.0 ohm primario |
| T3P | 1.2 seg. |

4.4 Zona Reversa:

Dirección: Reverse

Ajustes:

Fase-Fase

Alcance Reactivo: Para cubrir fallas hasta el 20% del transformador Machupicchu 138 - 13.8.

| | |
|------------|--------------------|
| XRP | -15.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo de fase de la zona 1.

| | |
|------------|--------------------|
| RRP | -70.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Temporización:

| | |
|------------|----------|
| TRP | 0.9 seg. |
|------------|----------|

Fase-Tierra

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo tierra de la zona 1.

| | |
|------------|---------------------|
| RRE | -100.0 ohm primario |
|------------|---------------------|

Resumiendo la zona reversa tiene los siguientes ajustes:

| | |
|------------|---------------------|
| XRP | -15.0 ohm primario |
| RRP | -70.0 ohm primario |
| RRE | -100.0 ohm primario |
| TRP | 0.9 seg. |

4.5 Zona de Arranque:

4.5.1 Dirección: Forward

Ajustes:

Fase-Fase

Alcance Reactivo: Igual a 1.2 veces el alcance reactivo de la zona 3.

| | |
|------------|--------------------|
| XAP | 105.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Alcance Resistivo: Igual a 1.2 veces el alcance resistivo de fase de la zona 3.

| | |
|------------|-------------------|
| RAP | 90.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Temporización:

| | |
|------------|----------|
| TAP | 2.0 seg. |
|------------|----------|

Fase-Tierra

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo tierra de la zona 3.

| | |
|------------|--------------------|
| RAE | 100.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

4.5.2 Dirección: Reverse

Ajustes:

Fase-Fase

Alcance Reactivo: Hasta el 30% del alcance reactivo de la zona de arranque forward.

| | |
|------------|--------------------|
| XAP | -30.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo de fase de la zona de arranque forward.

| | |
|------------|--------------------|
| RAP | -90.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Fase-Tierra

Alcance Resistivo: Igual al alcance resistivo de tierra de la zona de arranque forward.

| | |
|------------|---------------------|
| RAE | -100.0 ohm primario |
|------------|---------------------|

Resumiendo la zona de arranque tiene los siguientes ajustes:

| | |
|------------|---------------------------|
| XAP | 105.0/-30.0 ohm primario |
| RAP | 90.0/-90.0 ohm primario |
| RAE | 100.0/-100.0 ohm primario |
| TAP | 2.0 seg. |

5 Protección de Oscilación de Potencia – 68

Se propone mantener la misma banda de detección de oscilación, la cual advierte oscilaciones cuando la variación de la reactancia o resistencia es menor a 900 ohms/seg.

Los umbrales actuales de la corriente de neutro ($I_{n>}$) y de la corriente de secuencia negativa ($I_{2>}$) poseen valores por debajo de lo aconsejado por el fabricante, se propone implementar los siguientes ajustes:

$I_{n>} = 35\%$

$I_{2>} = 15\%$

Con respecto al ajuste de $I_{max\ line>}$ proponemos ajustar lo aconsejado por el fabricante: el 80% de la mínima corriente de falla trifásica en la barra remota, la cual es de 566 A:

$I_{max\ line>} = 0.8 \cdot 566 = 453\ A$, debido que este valor esta por debajo del rango de ajuste del pelé, se propone ajustar el mínimo valor permitido, o sea $1\ I_n = 800\ A$, por lo tanto:

$I_{max\ line>} = 800\ A$.

6 Comparación direccional DEF

La mínima corriente de tierra vista por la protección, para fallas monofásicas con $R_f = 10\ ohm$ en el 50% de la línea Cachimayo - Dolorespata es del orden de los 110 A. Se propone ajustar:

$I_N\ Adelante = 0.8 \cdot 110 = 88\ A$ primarios

El tiempo de disparo debe garantizar la efectividad de iniciación del recierre por parte de la función impedancia, por lo tanto se propone

La temporización de disparo = 200 mseg.

La mínima tensión residual corresponde a fallas considerada en el párrafo anterior es:

$U_{primaria} = 0.05 \cdot 138000 / 1.73 = 3983\ V$ primarios.

Para garantizar la decisión direccional se propone

$V > Ajuste\ tensión = 3983 \cdot 0.8 = 3186$ o sea $3186 / 1380 = 2.3\ V$ secundarios.

Por ser una barra de generación, las tensiones homopolares que se producen son muy bajas, lo que imposibilita la detección de fallas altamente resistivas. Valores menores de ajuste de tensión podrían ocasionar la actuación de la protección por errores propios de los transformadores de tensión.

7 Protección de Recierre – 79

Según estudios realizados por el CESI y en acuerdo con su informe sobre arco secundario ES, se propone un tiempo de recierre de 500 mseg

Se consideran adecuados el resto de los valores actuales de ajuste.