

ELECTROLIMA
SERVICIO PROYECTOS TRANSMISION
DEPARTAMENTO CENTROS TRANSFORMACION
LIMA - PERU

SPT - 005

PROTECCION DE FALLAS A TIERRA CON ALTA
RESISTENCIA EN LAS REDES DE 10 KV. DE -
LA S. E. VILLA EL SALVADOR

LIMA, SETIEMBRE DE 1984

I N D I C E

1. ANTECEDENTES
2. MOTIVO
3. PRUEBAS AL RELE ASEA TIPO RXPE41
4. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES HOMOPOLARES EN SISTEMAS CON NEUTRO CORRIDO
5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS
6. RECOMENDACIONES PARA LA CALIBRACION DE LOS RELES DE SOBRECORRIENTE
7. OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GRAFICOS

ANEXO

1. ANTECEDENTES

Dentro de la problemática de la detección de fallas a tierra con altas resistencias de falla se tiene básicamente dos casos. El primer caso es el de detectar este tipo de fallas en sistemas con neutro aislado, este problema ha sido tratado por el Servicio Planeamiento Eléctrico en el estudio " Análisis de Redes de Distribución Primaria con Neutro Aislado en Condiciones de Falla Monofásica a Tierra.. Sistema de Protección Recomendado " y también por la Consultoría de la MONENCO. Las recomendaciones dadas fueron tomadas en cuenta con resultados satisfactorios.

El segundo caso dentro de la problemática, sería de detección de fallas a tierra en sistemas solidamente puestos a tierra, dentro de este caso tenemos en primer termino, la detección de fallas en sistemas sin neutro corrido y en segundo termino la detección de falla en sistemas con neutro corrido y cargas fase - neutro. Según lo recomendado por MONENCO los resultados obtenidos del anterior estudio para sistemas con neutro aislado, podían llevarse a la práctica en Villa El Salvador, por lo que se instalaron en las celdas 10 KV. de la S.E. 60/10 KV. Villa El Salvador los relés direccionales ASEA, tipo RXPE41 y los relés de secuencia negativa GEC tipo CAN, sin resultados satisfactorios.

2. MOTIVO

El presente estudio está motivado por el hecho de tener que solucionar la problemática de la detección de fallas a tierra en las redes primarias de distribución de la S.E. Villa El Salvador, ya que esta instalación cuenta con el neutro en 10 KV. puesto solidamente a tierra y con el neutro corrido.

3. PRUEBAS AL RELE ASEA TIPO RXPE41

3.1. Características del Equipo de Protección Relé RXPE41

Sensibilidad 10 - 40 mA.

Transformador de Corriente Toroidal

200 / 1 A

3.2. Pruebas Efectuadas en Villa El Salvador (En sistema 10 KV. con neutro corrido)

Previamente a las pruebas efectuadas en el alimentador 10 KV., SA-3 en Villa El Salvador, se efectuarán cálculos teóricos para determinar el comportamiento ante fallas a tierra, los resultados se muestran en los siguientes gráficos :

GRAFICO 1 : Corriente homopolar vs. Resistencia de falla
GRAFICO 2 : Tensión homopolar vs. Resistencia de falla
GRAFICO 3 : Corriente homopolar vs. Tensión Homopolar

Tal como se muestra en el gráfico No. 3, donde se ha colocado la zona de operación de los relés direccionales en base a sus características y de los transformadores de medida, a partir de corrientes homopolares del orden de los 280 A ($I_f = 3 \times 280 = 840$ A), el relé estaría en condiciones de operar, lo que es muy difícil dado las características del terreno no hacen posible obtener corrientes homopolares de ese orden.

La prueba efectuada consistió en dejar caer la fase T del alimentador SA - 3, obteniéndose los registros que se muestran en el gráfico No. 4.

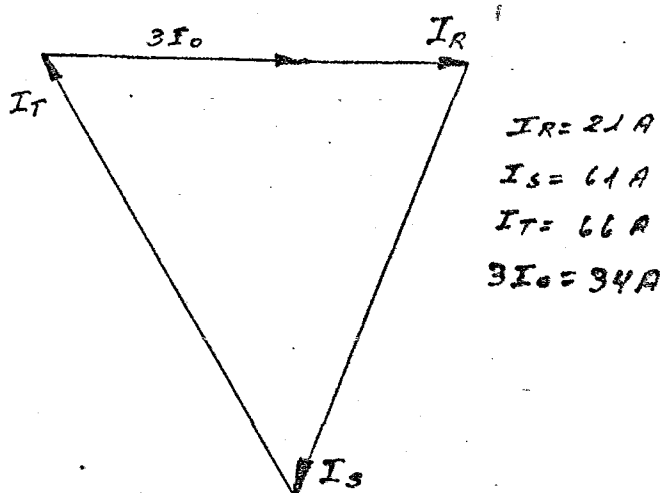
En el registro se aprecian los siguientes aspectos interesantes :

- La corriente $3I_0$ prácticamente no varia, existiendo corriente de falla apreciable, tal como se aprecia en la corriente de la fase T.
- La tensión $3V_0$ permanece prácticamente invariable y de valores tan pequeños que no pueden polarizar al relé direccional, según se puede deducir del gráfico No. 3

El hecho de que la distribución sea con el neutro corrido y con cargas conectadas al conductor neutro, hacen que las corrientes en cada fase se comporten de manera independiente, originando corrientes homopolares normalmente, en función del desbalance de las cargas, y del número de transformadores fase - neutro, ello hace difícil la detección de fallas a tierra en los alimentadores que presentan más desbalance y que cuentan con mayor número de unidades monofásicas instaladas.

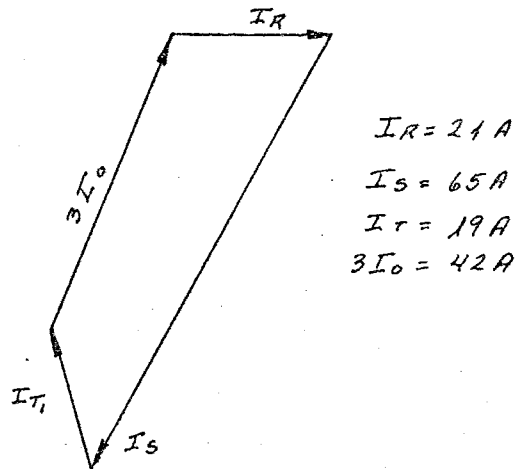
A continuación se da una explicación fasorial del porque no varia la corriente homopolar, según se aprecia en el gráfico No. 4.

Antes de la Falla

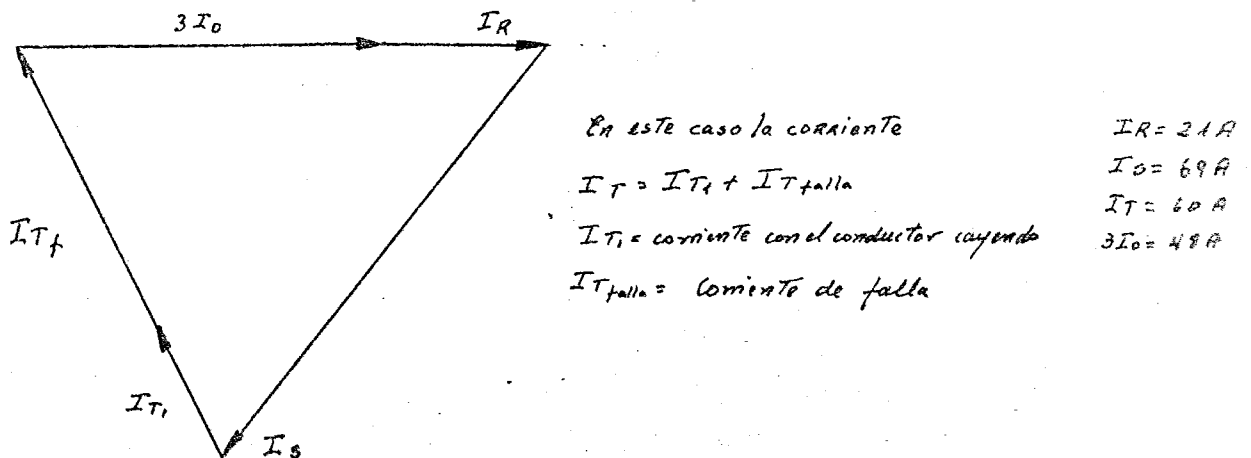


Conductor Cayendo

Cuando se rompe el conductor de la fase T la corriente disminuye.



Conductor en el Suelo



Como apreciamos en los diagramas fasoriales el fasor $3I_0$ solo cambia de ángulo y su magnitud no varía considerablemente.

3.3. Pruebas Efectuadas en la S.E. Puente (Sistema 10 KV. con Neutro Aislado)

Para este caso también se efectuaron cálculos teóricos previos para determinar el comportamiento del relé ante fallas a tierra, en el alimentador 10 KV., los resultados se muestran en los siguientes gráficos :

- GRAFICO 5 : Corriente Homopolar vs. Resistencia de Falla
- GRAFICO 6 : Tensión Homopolar vs. Resistencia de Falla
- GRAFICO 7 : Corriente Homopolar vs. Tensión Homopolar

En este caso según el gráfico No. 7 el relé debe operar con corrientes primarias de falla superiores a los $3 \times 1 = 3$ A. para barras unidas y $3 \times 0.7 = 2.1$ A para barras separadas cuando el relé está calibrado en su máxima sensibilidad. De este gráfico se determina también que el relé debe operar para valores de corrientes primarias de fallas superiores a $3 \times 3.2 = 9.6$ A para barras unidas y $3 \times 2.66 = 8$ A para barras separadas cuando el relé está calibrado en su mínima sensibilidad.

La prueba que se efectuó consistió en dejar caer la fase R del alimentador A - 9, obteniéndose los registros que se muestran en el gráfico No. 8, donde se aprecia claramente variaciones tanto de la corriente homopolar como de la tensión homopolar.

A continuación se comparará algunos resultados prácticos con los cálculos teóricos considerando que la S.E. Puente operaba con barras separadas.

<u>V_0 (KV)</u>			
<u>I_0 (A)</u>	<u>CALCULADO</u>	<u>REGISTRADO</u>	<u>ERROR</u>
8.3	$5.1 / \sqrt{3}$	$4.54 / \sqrt{3}$	12 %
15.6	$9. / \sqrt{3}$	$7.91 / \sqrt{3}$	13 %

Del cuadro comparativo se aprecia que los errores encontrados son aceptables, teniendo en cuenta que todos los instrumentos que intervienen en las mediciones tienen errores propios, así como el error de medir las tensiones homopolar en los registros. Adicionalmente hay que señalar que los cálculos se efectuaron considerando una topología en 10 KV. que pudo haber cambiado ligeramente en el momento de efectuar la prueba.

4. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES HOMOPOLARES EN SISTEMA CON NEUTRO CORRIDO

El análisis que a continuación se desarrolla es para visualizar el comportamiento de las corrientes homopolar en los sistemas con neutro corrido y para tomar medidas correctivas, sobre los parámetros del sistema en caso necesario.

Para el cumplimiento del análisis es necesario que el neutro se encuentre -
corrido totalmente ya que de otra manera el análisis sería más dificultoso.

Distribución en Villa El Salvador

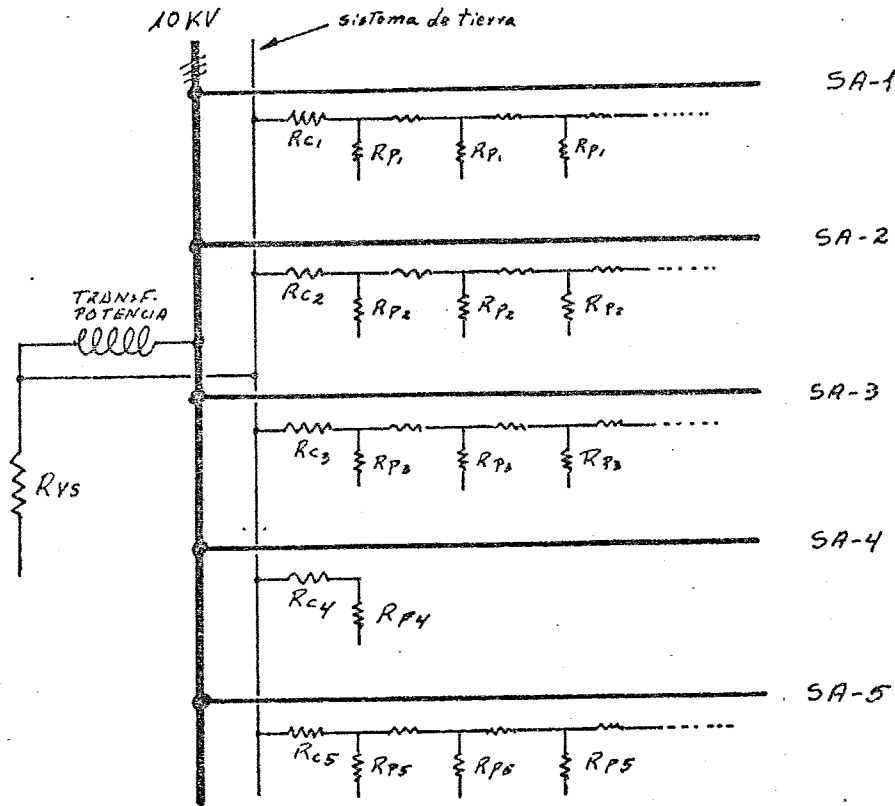


FIGURA 1

Donde :

- R_{vs} = Resistencia de puesta a tierra de la malla de Villa El Salvador
- R_c = Resistencia de la funda del cable o del conductor neutro hasta el primer poste a tierra.
- R_p = Resistencia de puesta a tierra de un pozo típico
- n = Número de pozos por alimentador

Según el análisis de Tagg cuando la distancia entre los pozos de tierra es grande, la resistencia equivalente de varios pozos conectados se pueden --
aproximar a lo siguiente :

$$R_{eq} \approx R_p/n$$

Con lo que el esquema anterior se reduce a lo siguiente :

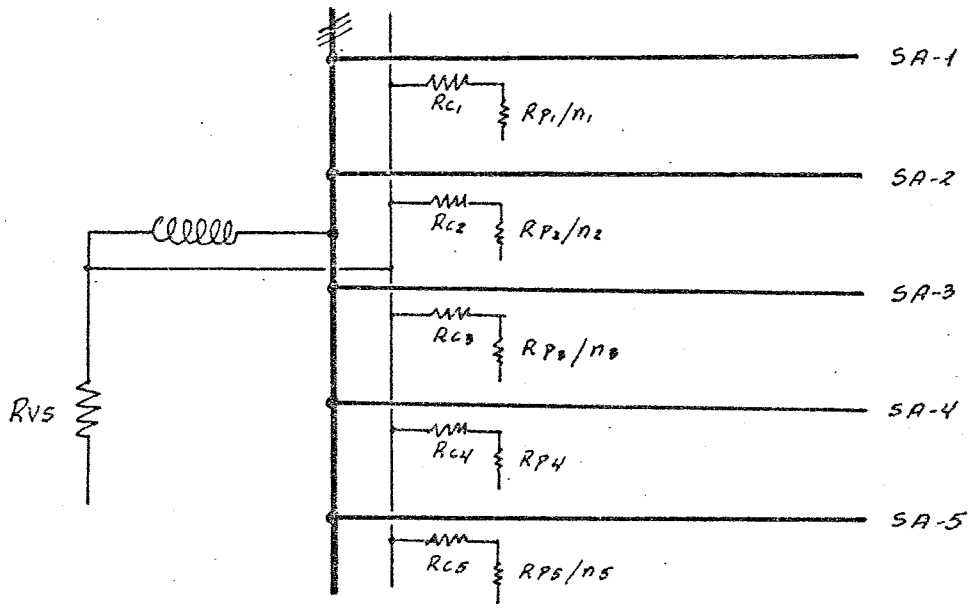


FIGURA 2

En el caso analizado el alimentador SA - 4 no tiene el neutro corrido por lo que análisis se efectua considerando que este alimentador sale con cable y las botellas terminales están puestos a tierra en ambos extremos.

Para ver el comportamiento de las corrientes, a continuación analizaremos uno de los alimentadores por ejemplo el SA - 1 .

4.1. Condiciones Normales de Carga

Debido a que el sistema en Villa El Salvador es con el neutro corrido normalmente se presentan corrientes homopolares en las líneas, estas corrientes homopolares retornan a través del conductor neutro corrido y del terreno según el siguiente análisis.

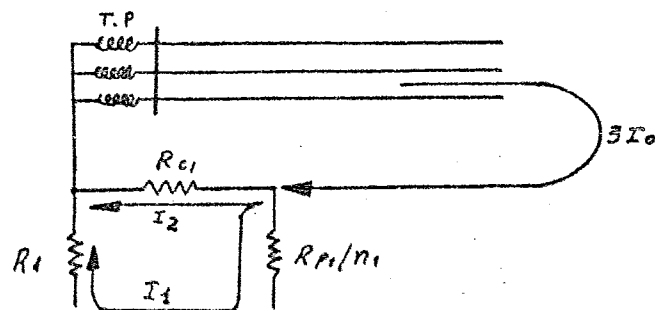


FIGURA 3

Donde :

- R_{c1} = Resistencia hasta el primer pozo del alimentador.
 R_{p1} = Resistencia de pozo típico del alimentador
 R_1 = $R_{vs} // (R_{c2} + R_{p2}/n2) // (R_{c3} + R_{p3}/n3) // (R_{c4} + R_{p4}) // (R_{c5} + R_{p5}/n)$
 n = Número de pozos por alimentador.
 R_{vs} = Resistencia de puesta a tierra de la malla de Villa El Salvador.
 I_2 = Corriente que retorna por el conductor neutro.
 I_1 = Corriente que retorna por tierra.

Del esquema equivalente tenemos las siguientes ecuaciones :

$$I_1 + I_2 = 3 I_0$$

$$R_{c1} I_2 = \left[\frac{R_{p1}}{n1} + R_1 \right] I_1$$

La corriente de retorno por tierra es

$$I_1 = \frac{R_{c1}}{\frac{R_{p1}}{n1} + R_1} I_2$$

Finalmente :

$$\frac{I_1}{3 I_0} = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_{c1}} + \frac{R_{p1}}{n R_{c1}}}$$

Esta ecuación se ha representado en el gráfico No. 9.

4.2. Condiciones Bajo Falla

Quando ocurre una falla las corrientes se distribuyen de la forma siguiente:

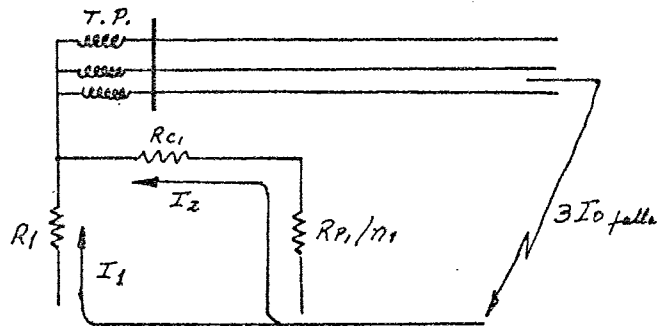


FIGURA 4

De donde obtenemos las siguientes ecuaciones :

$$I_1 + I_2 = 3 I_o f$$

$$\left(R_{c1} + \frac{R_{p1}}{n_1} \right) I_2 = R_1 I_1$$

La corriente de retorno por tierra es

$$I_1 = \frac{R_{c1} + \frac{R_{p1}}{n_1}}{R_1} I_2$$

Y finalmente :

$$\frac{I_1}{3 I_o f} = \frac{1 + \frac{R_{p1}}{n R_{c1}}}{1 + \frac{R_1}{R_{c1}} + \frac{R_{p1}}{n R_{c1}}}$$

Esta ecuación se ha representado en el gráfico No. 10

4.3. Efecto de la Corriente de Falla en los Alimentadores no Fallados

Otro aspecto importante en este tipo de instalaciones es que al caer un conductor de uno de los alimentadores a tierra, la corriente de falla retorna al neutro del transformador de potencia a través del conduc

tor neutro corrido del mismo alimentador, de los otros alimentadores - y del terreno mismo según el siguiente análisis.

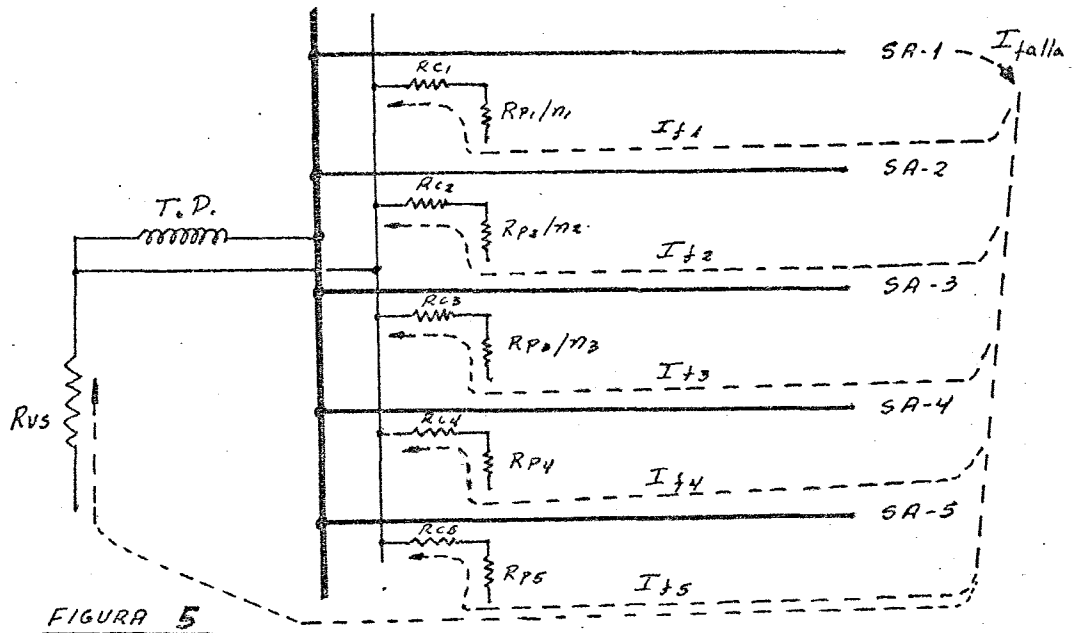


FIGURA 5

Donde la resistencia de puesta a tierra total es :

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{vs}} + \frac{1}{R_{c1} + R_{p1}/n_1} + \frac{1}{R_{c2} + R_{p2}/n_2} + \frac{1}{R_{c3} + R_{p3}/n_3} + \frac{1}{R_{c4} + R_{p4}} + \frac{1}{R_{c5} + \frac{R_{p5}}{n_5}}$$

Debido a que $R_c \ll \frac{R_p}{n}$

La expresión se reduce a :

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{vs}} + \frac{1}{\frac{R_{p1}}{n_1}} + \frac{1}{\frac{R_{p2}}{n_2}} + \frac{1}{\frac{R_{p3}}{n_3}} + \frac{1}{R_{p4}} + \frac{1}{\frac{R_{p5}}{n_5}}$$

$$R_t = 1 / \left(\frac{1}{R_{vs}} + \frac{n_1}{R_{p1}} + \frac{n_2}{R_{p2}} + \frac{n_3}{R_{p3}} + \frac{1}{R_{p4}} + \frac{n_5}{R_{p5}} \right)$$

Luego :

$$R_t I_f = \frac{R_{p1}}{n_1} I_{f1} = \frac{R_{p2}}{n_2} I_{f2} = \frac{R_{p3}}{n_3} I_{f3} = \frac{R_{p4}}{n_4} I_{f4} = \frac{R_{p5}}{n_5} I_{f5}$$

De donde obtenemos las siguientes ecuaciones para la corriente de retorno por el conductor neutro corrido.

$$I_{f1} = n_1 \frac{R_t}{R_{p1}} I_f$$

$$I_{f2} = n_2 \frac{R_t}{R_{p2}} I_f$$

$$I_{f3} = n_3 \frac{R_t}{R_{p3}} I_f$$

$$I_{f4} = n_4 \frac{R_t}{R_{p4}} I_f$$

$$I_{f5} = n_5 \frac{R_t}{R_{p5}} I_f$$

Solo para fines de comparación y de visualización del problema se asu mirá que $R_{p1} = R_{p2} = R_{p3} = R_{p4} = R_{p5} = R_p$

$$\text{y } n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = n_5 = n$$

Luego las ecuaciones anteriores se reducen a lo siguiente :

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{vs}} + \frac{4n}{R_p} + \frac{1}{R_p}$$

$$R_t = \frac{R_{vs} R_p}{R_{vs} + R_p + 4nR_{vs}}$$

obteniéndose finalmente las siguientes ecuaciones :

$$I_{f1} = I_{f2} = I_{f3} = I_{f4} = I_{f5} = n I_f$$

y

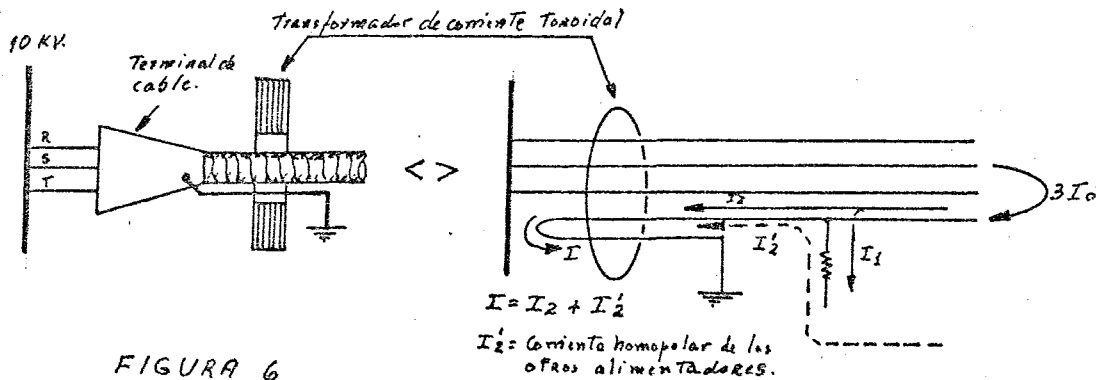
$$\frac{I_f 4}{I_f} = \frac{1}{1 + \frac{R_p}{R_{vs}} + 4n}$$

$$\frac{I_{f1}}{I_f} = \frac{I_{f2}}{I_f} = \frac{I_{f3}}{I_f} = \frac{I_{f5}}{I_f} = n \frac{1}{1 + \frac{R_p}{R_{vs}} + 4n}$$

Estas expresiones se han representado en el gráfico No. 11

4.4. Detección de las Corrientes Homopolares en los Sistemas con Neutro Corrido

El esquema de conexionado de la figura No. 6 tiene la característica de anular por completo la componente I que puede existir por el conductor neutro.



De esta forma podemos medir solo la corriente $3I_0$ y que en condiciones normales de funcionamiento y en función del número de unidades transformativas monofásicas en el alimentador y del desbalance de corrientes, puede llegar a tener valores del orden de magnitud de las corrientes en las fases. El problema de tener el valor de $3I_0$ demasiado alto es que al existir una falla, la variación de corriente que se mide en el transformador de corriente no representa la variación de la corriente de falla en el terreno, tal como se aprecia en el gráfico No. 4, haciendo imposible la detección de la falla.

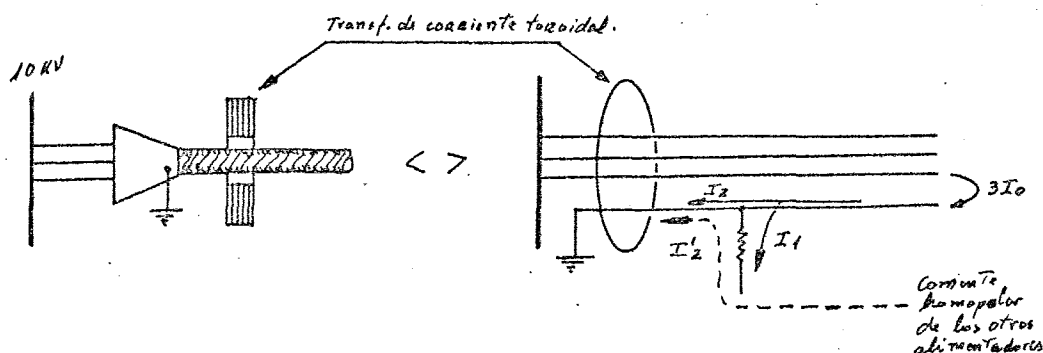


FIGURA 7

En cambio con la conexión de la figura No. 7, el transformador en condiciones normales estaría detectando una corriente que es igual a la diferencia fasorial $3 I_o - I_2 - I_1$

En el caso que el valor de I_2 sea pequeño y el valor de $3 I_o$ sea grande, esta conexión es conveniente ya que estaría midiendo prácticamente el valor I_1 que según el gráfico No. 9 es un valor más pequeño en comparación de la corriente normal $3 I_o$.

En el caso de que la corriente $3 I_o$ sea pequeña y el valor de I_2 sea mayor a $3 I_o$ la conexión de la figura 7 no es tan ventajosa ya que se estaría midiendo I_2 , para esta condición es preferible la conexión de la figura No. 6.

Bajo condiciones de falla a tierra en un alimentador, si el valor de $3 I_o$ es pequeña es preferible la conexión de la figura No. 6 ya que se mediría la corriente de falla, cuando el valor de $3 I_o$ no es tan pequeña y si lo es I_2 es más conveniente la conexión de la figura No. 7 ya que para fallas, prácticamente se estaría midiendo la corriente de retorno por el terreno I_1 que considerando los parámetros del sistema según el gráfico No. 10, da una corriente resultante que es un gran porcentaje de la corriente de falla y es factible la detección de este tipo de fallas.

Ante la ocurrencia de una falla de tierra, por el neutro de los otros alimentadores retorna parte de la corriente de falla que cumplen con las curvas del gráfico No. 11 para las condiciones que se indican en 4.3, en este caso es conveniente la conexión de la figura No. 6.

4.5. Mediciones de las Corrientes Homopolares en los Alimentadores

En los gráficos No. 12 y 13, se muestran las corrientes homopolares registrados para los alimentadores SA - 1, SA - 2, SA - 3, y SA - 5 bajo las conexiones de las figuras No. 6 y No. 7.

4.6. Mediciones de las Corrientes Homopolares en Villa El Salvador ante una Falla Fase a Tierra

Con el fin de corroborar la teoría desarrollada sobre el comportamiento de las corrientes homopolares ante una falla fase a tierra y para conocer las ordenes de magnitud para un mejor entendimiento y solución al problema en estudio, se solicitó que se efectue nuevamente la prueba de dejar caer un conductor del alimentador SA - 3 de Villa El Salvador pero esta vez registrando las corrientes homopolares en todos los alimentadores -- bajo la conexión de la figura No. 7, esta prueba se efectuó después de haber balanceado las cargas en los alimentadores, recomendación que sugerimos cuando se efectuó la primera prueba en Villa El Salvador según el informe adjunto, obteniéndose los resultados que se muestran en el gráfico No. 14.

4.7. Cálculo de la Resistencia del Conductor Neutro

A continuación procederemos a efectuar el cálculo de la resistencia del conductor neutro hasta el primer poste donde el terminal de cable debe estar puesto a tierra a través de un pozo de tierra.

Los valores de la resistencia del conductor neutro hasta el primer pozo a tierra son los siguientes, considerando que la funda de plomo de un cable 10 KV. NKY 3 x 240 mm². tiene una sección de 398 mm².

$$\rho_{pb} = 0.208 \text{ mm}^2 \text{ ohm / m.}$$

$$\rho_{pb} = \frac{0.208 \text{ mm}^2}{398 \text{ mm}^2} \frac{\text{ohm}}{\text{m}} \times 1000 \frac{\text{m}}{\text{Km}}$$

$$\rho_{pb} = 0.5226 \text{ ohm / Km. (Para el SA - 4)}$$

Estos valores juntamente con los demás parámetros del sistema, que deberán ser medidos por el sector correspondiente, son necesarios en caso que el sector encargado de la calibración de los relés necesite predecir el comportamiento de las corrientes homopolares para algún requerimiento especial

Los otros alimentadores tienen cables de 240 mm² con un conductor neutro de 120 mm².

$$\rho_{cu} = 0.01786 \text{ mm}^2 \text{ ohm/m}$$

$$\rho_{cu} = \frac{0.01786 \text{ mm}^2}{120 \text{ mm}^2} \frac{\text{ohm}}{\text{m}} \times 1000 \frac{\text{m}}{\text{Km}}$$

$$\rho_{cu} = 0.1488 \text{ ohm / Km}$$

La longitud del conductor neutro de los alimentadores hasta el primer poste puesto a tierra es :

SA	-	1	=	46	m.
SA	-	2	=	146	m.
SA	-	3	=	170	m.
SA	-	4	=	50	m.
SA	-	5	=	80	m.

De donde :

Rc1	=	0.0068	ohm
Rc2	=	0.0217	ohm
Rc3	=	0.0253	ohm
Rc4	=	0.0261	ohm
Rc5	=	0.0119	ohm

5. ANALISIS DE LOS GRAFICOS

- Del gráfico No. 3 se deduce que la protección direccional de sobrecorriente en 10 KV. es muy difícil que funcione en la S.E. Villa El Salvador debido al hecho de encontrarse el neutro del sistema puesto a tierra solidamente.
- Del gráfico No. 4 se observa que los alimentadores con mucho desbalance de corrientes, originan corrientes homopolares considerables que no permiten que la medición de la corriente homopolar represente la corriente de falla a tierra ; adicionalmente se observa que la tensión homopolar practicamente no varia y tiene valores muy pequeños. Esto se puede corroborar en el gráfico No. 3 en la que se ha puesto la zona de operación de los relés para el sistema de Villa El Salvador con neutro puesto a tierra.
- Del gráfico No. 8 se observa que cuando el sistema es con neutro aislado, no existe ningun problema para la operación de los relés direccionales de sobrecorriente, haciendose esta protección muy confiable y sensible, este hecho se puede corroborar en el gráfico No. 7 en la que se ha puesto la zona de operación de los relés para el sistema de Puente con neutro aislado.
- De los gráficos No. 9, 10 y 11 , se puede deducir facilmente que parámetros hay que modificar para tener un mejor comportamiento de las corrientes homopolares de acuerdo a nuestras necesidades.
- En los gráficos No. 12 y 13 en los cuales se ha medido las corrientes homopolares en condiciones normales de funcionamiento se puede observar lo siguiente :

- Las corrientes en el SA - 1 y SA - 5 bajo el esquema de conexión de la figura N° 6 es pequeña mientras que para la conexión de la figura N° 7 no lo es tanto, esto quiere decir que $I'2 > 3 \times I_0$, siendo $I'2$ la corriente homopolar de retorno de los otros alimentadores.
- El registro de las corrientes del alimentador SA - 3 no varia para las diferentes conexiones, la razón es que el conductor neutro se encuentra interrumpido y gran parte de la corriente homopolar retorna por el terreno.
- Al SA - 4 no se le hizo mediciones ya que no presenta transformadores conectados al neutro, por lo que la corriente homopolar debe ser cero.
- En el gráfico N° 13 se encuentran los registros correspondientes al SA - 2, en el que se puede observar que es más conveniente la conexión de la figura N° 7 por presentar una corriente homopolar menor, este comportamiento esta de acuerdo a lo explicado en 4.1. ya que se estaría midiendo I_1 .
- En el gráfico N° 14 se muestran los resultados de las mediciones de la nueva prueba falla a tierra que se solicitó y del cual se puede deducir lo siguiente :
 - En el alimentador fallado (SA - 3), la corriente homopolar medida con la conexión de la figura N° 7, se comporta de acuerdo a lo analizado en 4.2. y en caso de elegir esta conexión para algún alimentador, esta conexión si es capaz de detectar un porcentaje de la corriente de falla a tierra lo cual permitiría por ejemplo disparar un relé de sobrecorriente homopolar.
 - La corriente homopolar de retorno por tierra generada en un alimentador (SA - 3) en falla, se introduce por el neutro de los otros alimentadores de acuerdo al análisis planteado en 4.3, este hecho se debe tomar en cuenta en el caso de tenerse un otro alimentador bajo la conexión de la figura N° 7, de tal forma que la temporización del relé de este otro alimentador sea mayor que el del relé del alimentador fallado, de manera que la falla sea despejada sin que actúe el relé del otro alimentador que tiene la conexión de la figura N° 7 y que no se encuentra en falla.
 - Se puede observar que los relés de secuencia negativa actuaron. Esto se debe principalmente al hecho de haber balanceado las cargas; por lo que podemos decir que en Villa El Salvador existe protección contra falla a tierra y conductor abierto con las limitaciones de alcance que ofrece este tipo de protección.
 - En los gráficos N° 12 y 13 se observa que los valores de corrientes homopolares registrados en condiciones normales de operación son pequeños para las conexiones de las figuras N° 6 ó N° 7, por lo que si instalamos relés de sobrecorriente homopolar, que esten calibrados por encima del máximo valor de corriente homopolar en condiciones normales de operación, estos serán capaces de detectar una falla a tierra de un conductor ya que la falla originará corrientes homopolares muy por encima de los valores normales. Por otro, lado estos relés son independientes de las tensiones homopolares del sistema. De acuerdo al gráfico N° 12 sería conveniente un relé de sobrecorriente homopolar con un rango de calibración entre 10 a 150 mA., esta condición lo cumplen los relés ASEA tipo RXIB24,

el catálogo del relé se adjunta en el anexo.

- La distribución de unidades transformativas fase - neutro en los alimentadores es aproximadamente la siguiente :

SA - 1	0 unidades
SA - 2	65 unidades
SA - 3	45 unidades
SA - 4	0 unidades
SA - 5	0 unidades

De lo cual podemos concluir que a más unidades monofásicas fase - neutro, - mayor corriente homopolar en condiciones normales.

6. RECOMENDACIONES PARA LA CALIBRACION DE LOS RELES DE SOBRECORRIENTE PARA EL SISTEMA DE VILLA EL SALVADOR

- Después de haber balanceado todos los alimentadores se debe tomar el registro de las corrientes homopolares, con la conexión de la figura No. 6 para el SA - 1, SA - 3, SA - 4 y SA - 5, y luego calibrar los relés de sobre corriente a un valor superior a estos.
- Para el SA - 2 deberá constatarse si existe todo el conductor neutro, en caso contrario completarlo, adicionalmente deberá balancearse las cargas para así bajar las corrientes homopolares y posteriormente efectuar una comparación entre las corrientes homopolares obtenidas con los esquemas de conexiones de las figuras No. 6 y No. 7 y elegir el esquema que presente menos corriente homopolar.
- En el alimentador SA - 3 se deberá completar el conductor neutro y balancear las cargas de manera que bajen los valores de corriente homopolar registrados utilizando la conexión de la figura No. 6, ello permitirá la calibración de los relés antes mencionados.
- El tiempo de calibración de los relés de sobrecorriente homopolar deben ser superiores a los relés directos por alimentador.
- En lo que respecta al SA - 2 si el esquema de conexiones fuera el de la figura No. 7, de acuerdo al párrafo 2 de esta sección, el tiempo de calibración del relé deberá ser mayor a los otros alimentadores para así evitar la apertura de este alimentador, debido a las corrientes que retornan por el conductor neutro, cuando ocurran fallas en los otros alimentadores.

7. OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES


- En sistemas con el neutro puesto a tierra solidamente, los relés direccionales de sobrecorriente generalmente no funcionan debido a que es muy difícil de conseguir tensiones homopolares de polarización.
- La protección de fallas a tierra en alimentadores con cargas conectadas al neutro es muy difícil y su calibración es muy inestable, ya sea por desbalance de las corrientes, por rotura del conductor neutro o por maniobras de operación, originando corrientes homopolares que pueden dar una falsa apertura.
- La protección de sistemas puestos a tierra solidamente, sin cargas conectados al neutro es simple, seguro, estable y se puede realizar con los relés de sobrecorriente semejantes al ASEA tipo RXIB 24 con un rango de calibración entre 10 - 150 mA. para reductores de corriente seccionable de 200/1 A.
- De las pruebas efectuadas en Puente se observa que la protección de este tipo de fallas en instalaciones con el neutro aislado, es aún más simple de ser detectado y su calibración puede ser ajustada aún más, para detectar fallas con altas resistencias, debido a que los relés utilizados son direccionales.

Adicionalmente no hay que tener en cuenta para la adquisición de los relés, las grandes corrientes de fase a neutro que se presentan en los sistemas -- puestos a tierra solidamente.

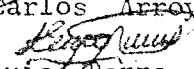
- Se recomienda que en la S.E. Villa El Salvador se efectúe periódicamente un balanceo de las cargas en los alimentadores así como chequear la continuidad del neutro, para de esta forma conseguir disminuir en condiciones normales la componente de corriente homopolar y poder calibrar mejor los relés de secuencia negativa.
- Para poder efectuar lo recomendado en el último párrafo, se deberá instalar un transformador de corriente en la fase S de los alimentadores : - --
SA = 2 y SA - 3, así como conmutadores amperimétricos en todas las celdas de 10 KV.
- En la S.E. Villa El Salvador se recomienda instalar en los alimentadores, - relés de sobrecorriente sensibles semejantes al ASEA tipo RXIB 24 con un - rango de corriente entre 10 - 150 mA. y una temporización entre 1 - 10 segundos, para reductores de corriente seccionables de 200/1 A, (Ver catálogo adjunto).

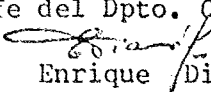
La conexión de los alimentadores SA - 1, SA - 3, SA - 4 y SA - 5 deberá ser de acuerdo a la conexión de la figura No. 6. El alimentador SA - 2 si no fuera posible bajar su corriente homopolar, de acuerdo a lo recomendado en el párrafo 2 de la sección 6, se deberá conectar de acuerdo a la figura No. 7 ya que según el gráfico No. 13 para esta conexión se presenta la menor corriente homopolar.

- Se puede concluir que los alimentadores que tienen más unidades transformativas fase - neutro, presentan mayor corriente homopolar y por lo tanto - mayor problema para efectuar una buena protección contra fallas a tierra - por lo que se debe empezar a cambiar las unidades transformativas fase - neutro en los alimentadores SA - 2 y SA - 3, las que originan medidas adicionales que tomar así como menor sensibilidad en la protección de fallas a tierra en estos alimentadores.
- Desde el punto de vista de la protección contra fallas a tierra, considerando lo mencionado anteriormente se recomienda pasar el sistema de distribución de Villa El Salvador (neutro corrido) a un sistema de distribución normal con el neutro aislado, mientras tanto en el proceso de cambio se deberá instalar en los alimentadores los relés de sobrecorriente recomendados anteriormente. Cuando se termine con el proceso de cambiar las unidades fase a tierra a unidades fase a fase en los alimentadores, se deberá aislar el neutro del sistema de Villa El Salvador y cambiar los relés de sobrecorriente por relés direccionales ASEA tipo RXPE 41 con un rango de operación entre 10 - 40 mA. para obtener aún más sensibilidad ante este tipo de fallas y asegurar una buena performance del sistema de protección contra fallas a tierra.
- Por lo que respecta a la protección de secuencia negativa utilizada para la rotura de conductores, es conveniente que la protección tome la configuración mostrado en el gráfico No. 15, lo que permitirá eliminar la componente de secuencia cero en el relé, adicionalmente con el esquema propuesto, se tomará en cuenta el efecto de la corriente en la fase S, lo que es más correcto para sistemas con el neutro corrido. Esta modificación solo se hará en el SA - 2 y SA - 3.
- Otra consideración que se debé tomar en cuenta en el futuro, es que los relés de secuencia negativa sean posibles de calibrar desde una componente de secuencia negativa del orden del 3 % hasta el 15 % del In, con el fin de tener la posibilidad de llegar lo más lejos posible en el alcance.


 Ing. Carlos Arroyo Arana

EJECUCION :
 REVISION :
 V O B O :


 Ing. Luis Parra López
 (Jefe del Dpto. Centros Transformación)


 Ing. Enrique Dianderas Salhuana
 (Jefe del Serv. Proyectos Transmisión)

mlg.

18.09.84

A N E X O S

FECHA O SELLO

OBJETO:

I N F O R M E

PRUEBAS DE RELES DIRECCIONALES DE PUESTA A TIERRA Y DE SECUENCIA NEGATIVA EN LA SUB-ESTACION DE TRANS - MISION VILLA EL SALVADOR

En relación al asunto en referencia, cumpla con informarle acerca de algunos aspectos singulares, puesto que el informe en detalle esta siendo elaborado por el Servicio de Mantenimiento Equipos. - Eléctricos.

1. DATA

Lugar : S.E. Villa el Salvador
 Fecha : 30.05.84
 Alimentador : SA 3 (10 KV.)
 Prueba : - Detección de fallas de conductores a tierra - por relé direccional de corriente, marca ASEA tipo RXPE41.
 - Detección de fallas de conductores abiertos - por relé de secuencia negativa, marca GEC, tipo CAN.

2. ANTECEDENTES

2.1. Un análisis preliminar determinó teóricamente que los relés direccionales de puesta a tierra no deberían actuar debido que estando el neutro del transformador conectado directamente a tierra, la reactancia homopolar del sistema 10 KV. en Villa el Salvador, es aproximadamente la del transformador ($\approx 0.68 \Omega$). Por otro lado la mínima tensión homopolar de polarización del relé es 190 V (tensión referida al lado 10 KV.); ello significa que se requiere de una corriente homopolar del orden de $I_0 = 279A$, lo cual representa una corriente de falla de $I_f = 3 \times I_0 = 838A.$, que no es posible de obtenerse en Villa el Salvador debido a la característica arenosa del terreno.

2.2. En cuanto al relé de secuencia negativa, el análisis preliminar indicaba que debería actuar.

3. PROCEDIMIENTO

Se dejó caer la fase T del alimentador SA - 3 en un punto cercano a la sub-estación.

4. RESULTADO DE LA PRUEBA

4.1. El relé direccional de corriente marca ASEA, tipo RXPE41

INTERNO

FECHA O SELLO

no detectó la falla.

4.2. El relé de secuencia negativa marca GEC, tipo CAN no detectó la falla.

5. COMENTARIOS RELACIONADOS CON LOS RESULTADOS

5.1. La no actuación del relé direccional de corriente marca ASEA, tipo RXPE41, era previsible de acuerdo a lo manifestado en el punto 2.1.

5.2. La no actuación del relé de secuencia negativa, se debió principalmente al hecho de que el alimentador en prueba SA3, en condiciones normales presenta un desbalance de corriente apreciable, pudiéndose notar que por la fase R circulaba una corriente del orden 30 A mientras que por la fase T circulaba una corriente del orden 65 A. Ello obligó a calibrar el relé para esta condición. *(en el secundario)*

Quando se produjo la falla interrumpiéndose la fase T, quedo solo la fase R, de menor corriente, alimentando al relé de secuencia negativa, con lo que la componente de secuencia negativa en falla, está por debajo del punto de calibración, razón por lo que el relé no activó.

6. RECOMENDACIONES

6.1. A fin de asegurar la actuación de los relés de secuencia negativa, GEC tipo CAN, es recomendable efectuar urgentemente el balance de cargas en los alimentadores 10 KV. de la sub-estación de transmisión Villa el Salvador, para poder así, efectuar a los relés de secuencia negativa una calibración más ajustada.

6.2. Considerando que los relés de secuencia negativa, solo podrían despejar una parte de las fallas de conductores a tierra (cuando la falla se aleja de la barra 10 KV. la componente de secuencia negativa tiende a disminuir - pudiéndose llegar a valores por debajo de la calibración del relé) se hace necesario continuar estudiando medidas más convenientes.

6.3. Ante la evidencia de la no actuación de los relés direccionales de puesta a tierra en la zona de Villa el Salvador es aún más urgente efectuar las acciones indicadas en 6.1. y 6.2.

6.4. Se recomienda efectuar la misma prueba en la sub-estación de transmisión " Puente " que tiene el sistema de 10 KV. en delta y en donde los análisis preliminares indican que ambos relés si actuarían.

ENRIQUE DIANDERAS &
Jefe de Servicio
Proyectos Transmisión

JOS PARRA LOPEZ
del Departamento Centros
de Transformación

High-speed instantaneous ac overcurrent relay Type RXIB 24

Abstract

- o Operate time 3.5-6.5 ms for currents > 2 times the set value
- o Reset time 4.5-11 ms
- o Consistent operation with respect to variations in temperature, auxiliary voltage, and frequency
- o 6 scale ranges available:
 - 1-15 mA 0.2-3 A
 - 10-150 mA 1-15 A
 - 0.1-1.5 A 6-90 A
- o Low CT burden
- o Built-in reed-type output relay

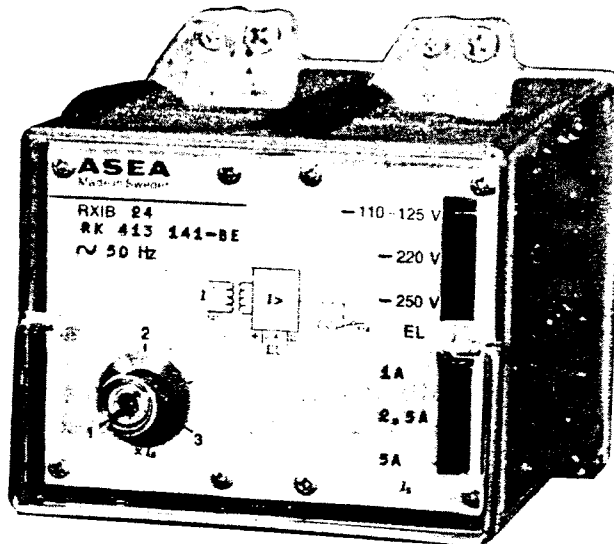


Fig 1. Type RXIB 24 overcurrent relay. (822193)

Application

The RXIB 24 is generally used where high-speed and consistent operate and reset times are required.

Its speed and consistency make the RXIB 24 especially suitable for breaker-failure applications where it is important that the set breaker-failure time is not unduly influenced by variations in operate or reset time of the current-measuring relay. The RAICA breaker-failure relay, for example, incorporates the RXIB 24 for its current-measuring function. Similarly, the RXIB 24's speed and precision in both operate and reset time are ideal for high-speed current-blocking relay applications. For example, it is important to supervise the operation of transformer sudden-pressure relays, which may operate incorrectly as a result of severe external faults. The RXIB 24 is used in a protective system which responds rapidly to the external fault condition, operating quickly enough to open the pressure relay trip circuit before the pressure relay can operate. Additionally, this high-speed relay can be used to improve the security of other sensitive high-speed relays by modifying their pickup setting without adversely affecting overall operating time. The RXIB 24 should also be considered for high-set direct trip applications because of its high speed and low transient overreach.

Design

The RXIB 24 is a static, high-speed instantaneous ac overcurrent relay. It consists mainly of an air-gapped input current transformer with 3 setting taps on the primary side, single-phase to three-phase voltage converter, three-phase rectifier, auxiliary-voltage regulator with potentiometer (to provide an adjustable reference voltage), and level detector stage (which drives a reed-type output relay with 1 normally open contact). The voltage from the input CT is converted to a three-phase quantity to reduce the ripple voltage at the output of the rectifier circuit. This technique reduces filtering requirements, thus contributing to the relay's high speed on both operate and reset.

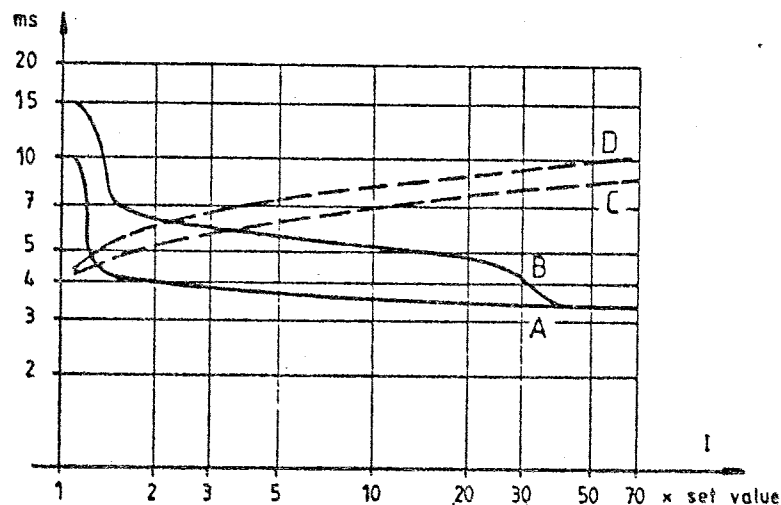
The operate current is set by means of the potentiometer knob which can be continuously adjusted from 1 to 3 times the scale factor (I_s). The knob can be reached by inserting a small screwdriver through a normally plugged hole in the clear plastic cover.

The scale factor (I_s) is changed by reconnecting a lead to 1 of 3 positions on a screw-type CT tap block, located at the lower right side of the module face plate. Normal precautions should be taken during reconnection of the scale factor to avoid opening a CT secondary circuit. There are 6 sets of reconnectible scale factors available.

Two ranges of RXIB 24 are available with respect to auxiliary voltage. One can be reconnected (via a screw-type block at the upper right side of the face plate) for dc 36 and 48-55 V, the other for dc 110-125, 220 and 250 V. Auxiliary voltage is normally supplied directly from the station battery.

Technical data

Operate current	Continuously adjustable from 1 to 3 times the scale factor I_s
Scale factor I_s	Reconnectible for: 1, 2.5 and 5 mA or 10, 25 and 50 mA or 0.1, 0.25 and 0.5 mA or 0.2, 0.5 and 1 A or 1, 2.5 and 5 A or 6, 15 and 30 A
Rated frequency	50 or 60 Hz
Reset ratio	> 87 %
Operate time	See fig 2.
Reset time	See fig 2.
Overload capacity at $n \times$ lowest setting	
continuous (max 20A)	30 x lowest setting
1 second (max 350A)	500 x lowest setting
Auxiliary voltage EL	Reconnectible for dc 36 and 48-55 V or dc 110-125, 220 and 250 V
Permitted frequency deviation	± 5 Hz
Permitted auxiliary voltage deviation	± 20 %
Permitted ambient temperature	-25 to +55°C
Transient overreach	10 % at $t \geq 10$ ms



- A= Operate times for currents with no dc component
- B= Operate times for currents with fully developed dc component
- C= Reset times at 60 Hz
- D= Reset times at 50 Hz

Fig 2. Operate and reset times.

Percent change in operate
current due to:

frequency change	-2.5 %/Hz
auxiliary voltage change	0.05 %/%
temperature change	< 0.15 %/°C

Power consumption
in auxiliary voltage
circuit at rated voltage:

	Before operation	After operation
36 V	0.4 W	0.6 W
48/55 V	0.7/1.2 W	1.2/1.6 W
110/125 V	0.5/0.7 W	1.1/1.4 W
220/250 V	1.6/1.8 W	2.3/2.6 W

in measuring circuit
at current = lowest setting

Scale factor range:

0.25 mA-0.25 A	7 mVA
10 mA-0.5 A	9 mVA
1 A	18 mVA
2.5 A	55 mVA
5 A	150 mVA
6 A	0.7 VA
15 A	2.1 VA
30 A	5 VA

Dielectric test voltage

Between a circuit and ground or between circuits	2500V, 1 min, 50 Hz
Between terminals of an open contact circuit	500 V, 1 min, 50 Hz

Disturbance test voltage 2500 V, 1 MHz

Impulse withstand test voltage 5000 V, 1.2/50 μ s, 0.5 Joule

Contact data:

Contacts	1 normally open (no)
Max system voltage	dc or ac 250 V

Current carrying capacity
(for already closed contact)

200 ms/1 s	3/2 A
continuously	2 A

Making and conducting
capacity

200 ms/1 s	2/2 A
------------	-------

Breaking capacity

ac PF > 0.1	max 250 V	0.6 A
dc L/R < 40 ms	55/110 V	0.4/0.2 A
	125/220 V	0.16/0.1 A
	250 V	0.08 A

Mass 0.7 kg

Dimension 2S 12C (where S=44.45 mm and
C=7 mm)

Installation and connection

RXIB 24 is intended to be plugged into an RX 2 or RX 4 type terminal base of the COMBIFLEX system. The terminal base can be mounted on apparatus bars in an equipment frame, in a case or directly on a panel. ASEA's COMBIFLEX modular system is described in Catalogue RK 92-10E.

A short-circuiting connector, type RTXK, is supplied with the relay. This connector mounts on the rear of the terminal base (not supplied). The relay current-measuring circuit is fed through the RTXK so that the current transformer secondary circuit is automatically short-circuited when the relay is removed from the terminal base.

The relay is to be connected according to fig 3.

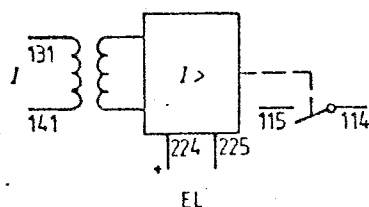


Fig 3. Terminal diagram.

To order

Specify:

- o Type RXIB 24
- o Quantity
- o Ordering no. (consists of a number for auxiliary voltage and letters for desired frequency and scale range); example: RK 413 140-BB

Number selection table, rated auxiliary dc voltage EL

36, 48-55 V	110-125, 220, 250 V
RK 413 140-..	RK 413 141-..

Letter selection table, scale ranges

1-15 mA	10-150 mA	0.1-1.5 A	0.2-3 A	1-15 A	6-90 A
50 Hz:					
BA	BB	BC	BD	BE	BF
60 Hz:					
CA	CB	CC	CD	CE	CF

Reference

Modular system COMBIFLEX Catalogue RK 92-10E

G R A F I C O S

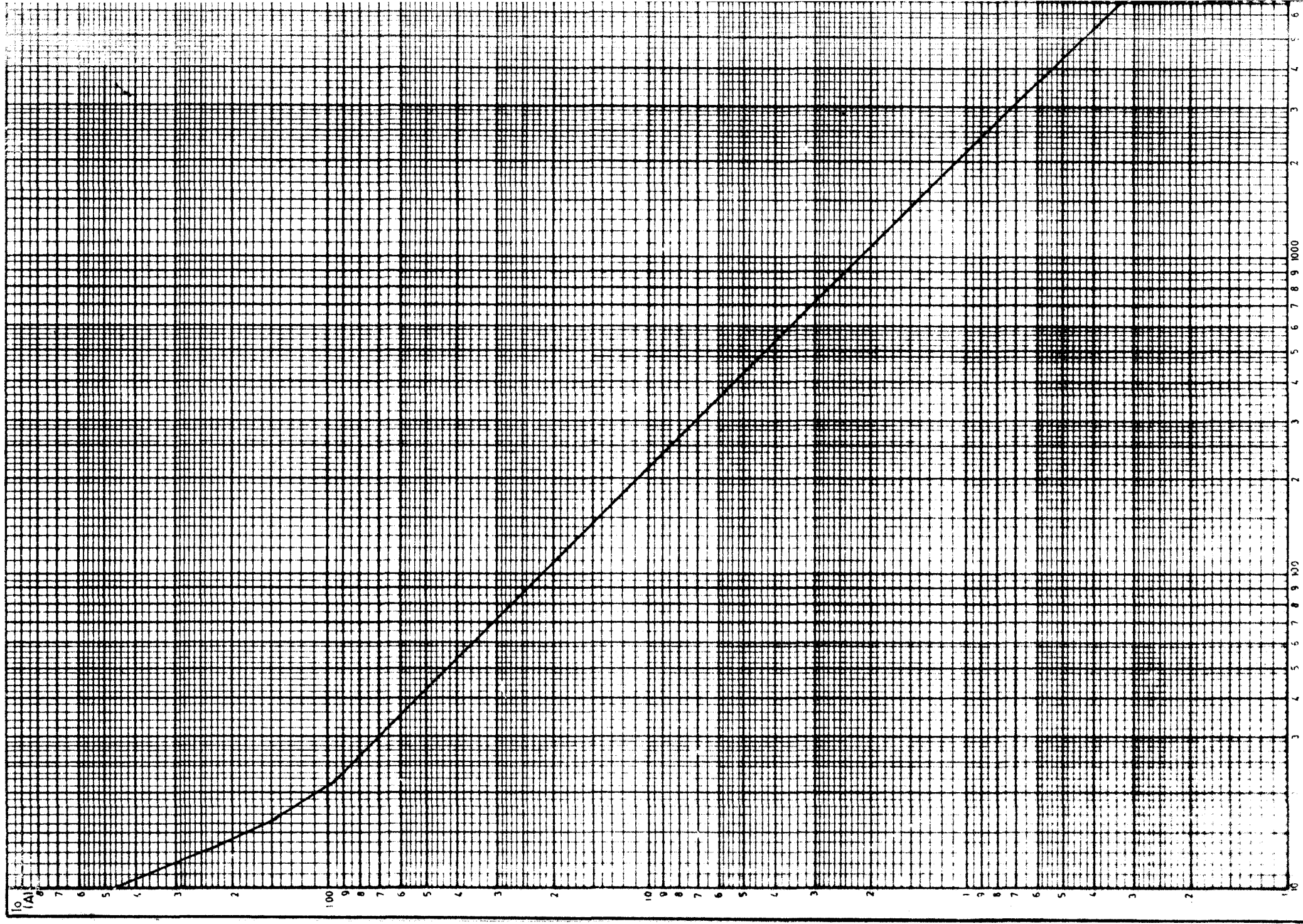


Gráfico Nº 1

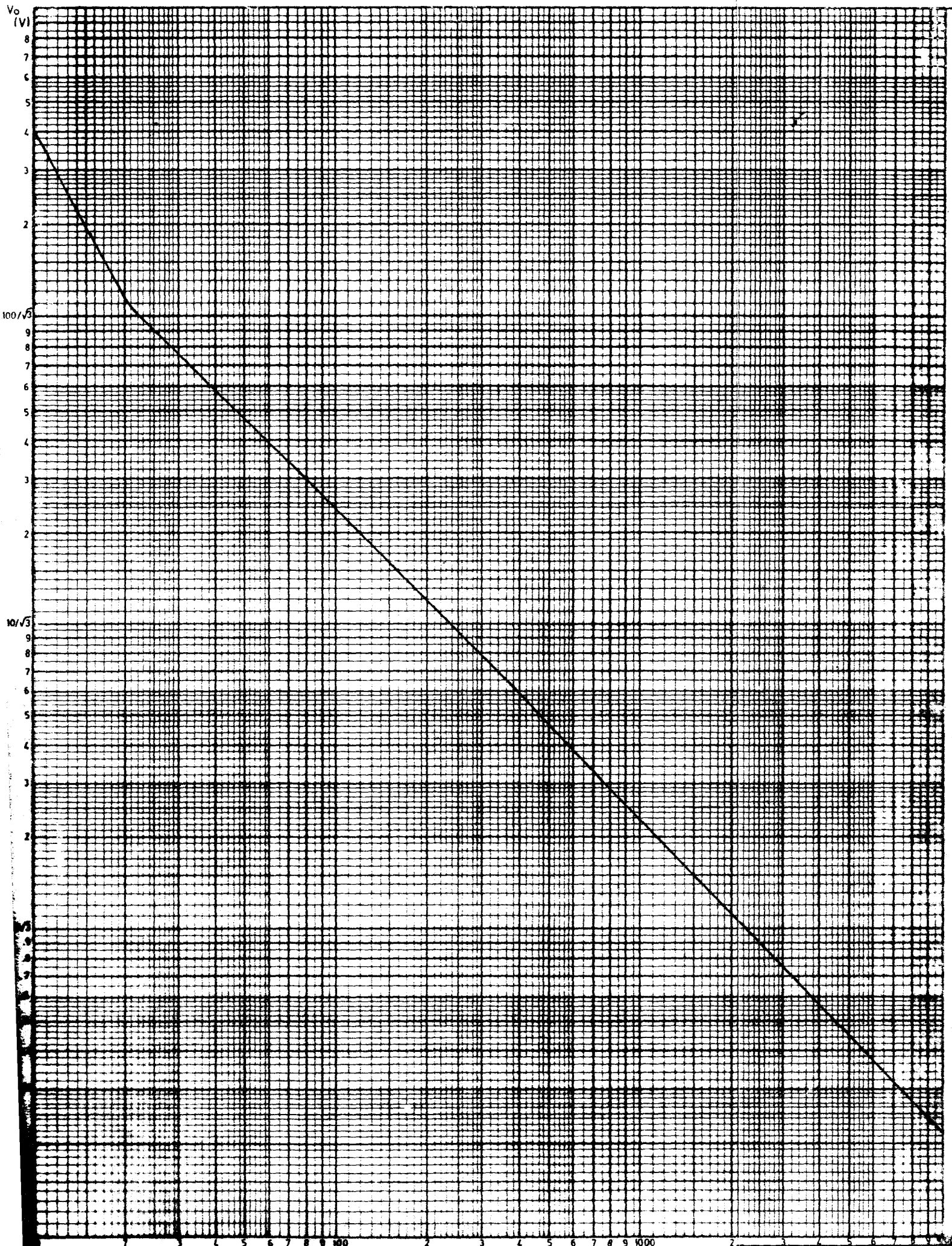


Gráfico Nº 2

DISEÑO	DIBUJO	FECHA

SE. VILLA EL SALVADOR 60/10 kV

Gráfico N°1 Corriente homopolar en 10 kV
(falla L-G en SA-3)

Gráfico N°2 Tensión homopolar en 10 kV
(falla L-G en SA-3)

Resistencia de falla
[ohm]

DBUJO	FECHA
J B L	OCTUBRE 1984

electrolima
SERVICIO PROYECTOS TRANSMISION

ESTUDIO	REVISO	V°B°
Ing° C A A	Ing° L P L	Ing° E O S
Gráficos N°1 - N°2		

I_o (A)

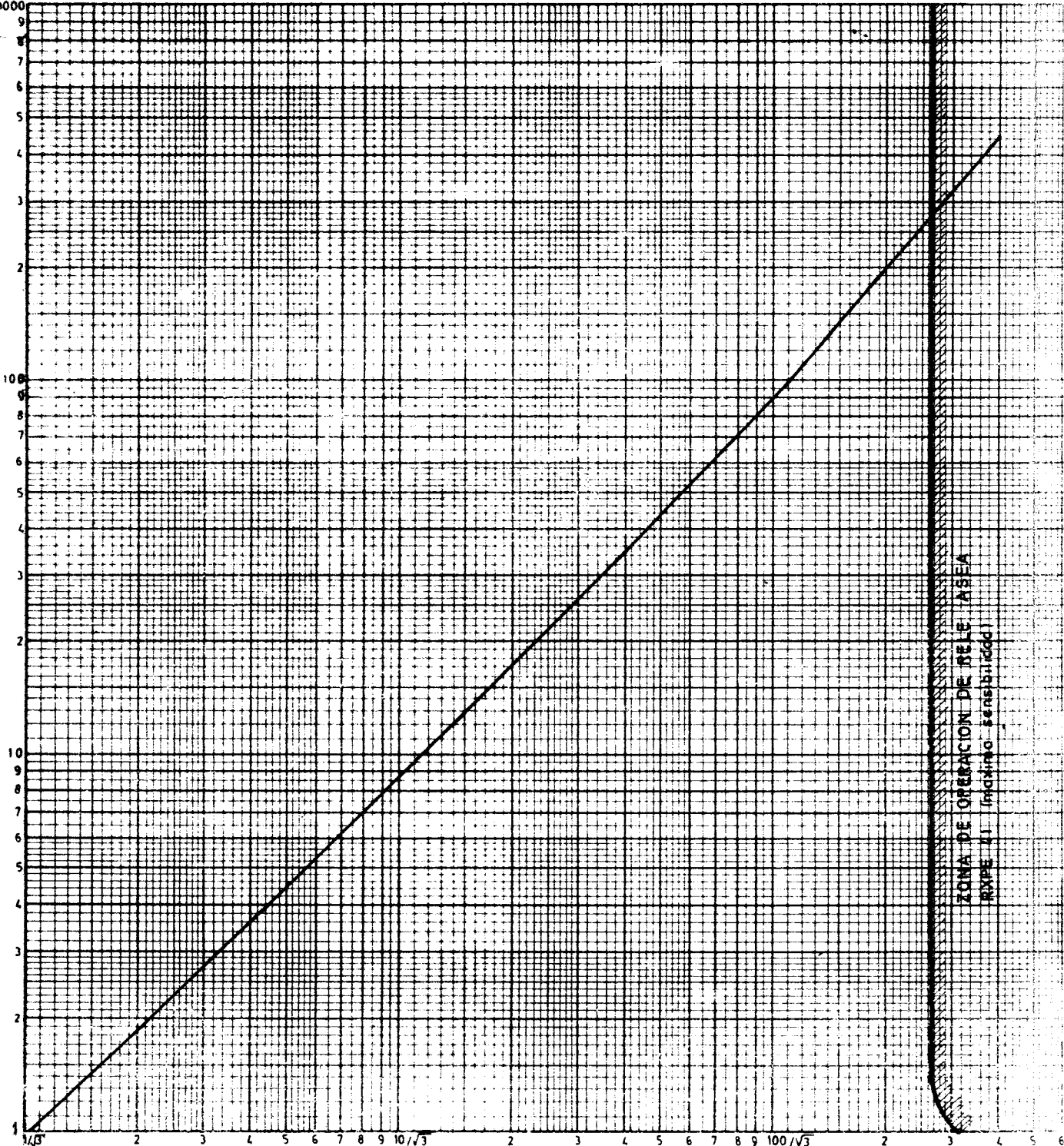


Gráfico Nº 3

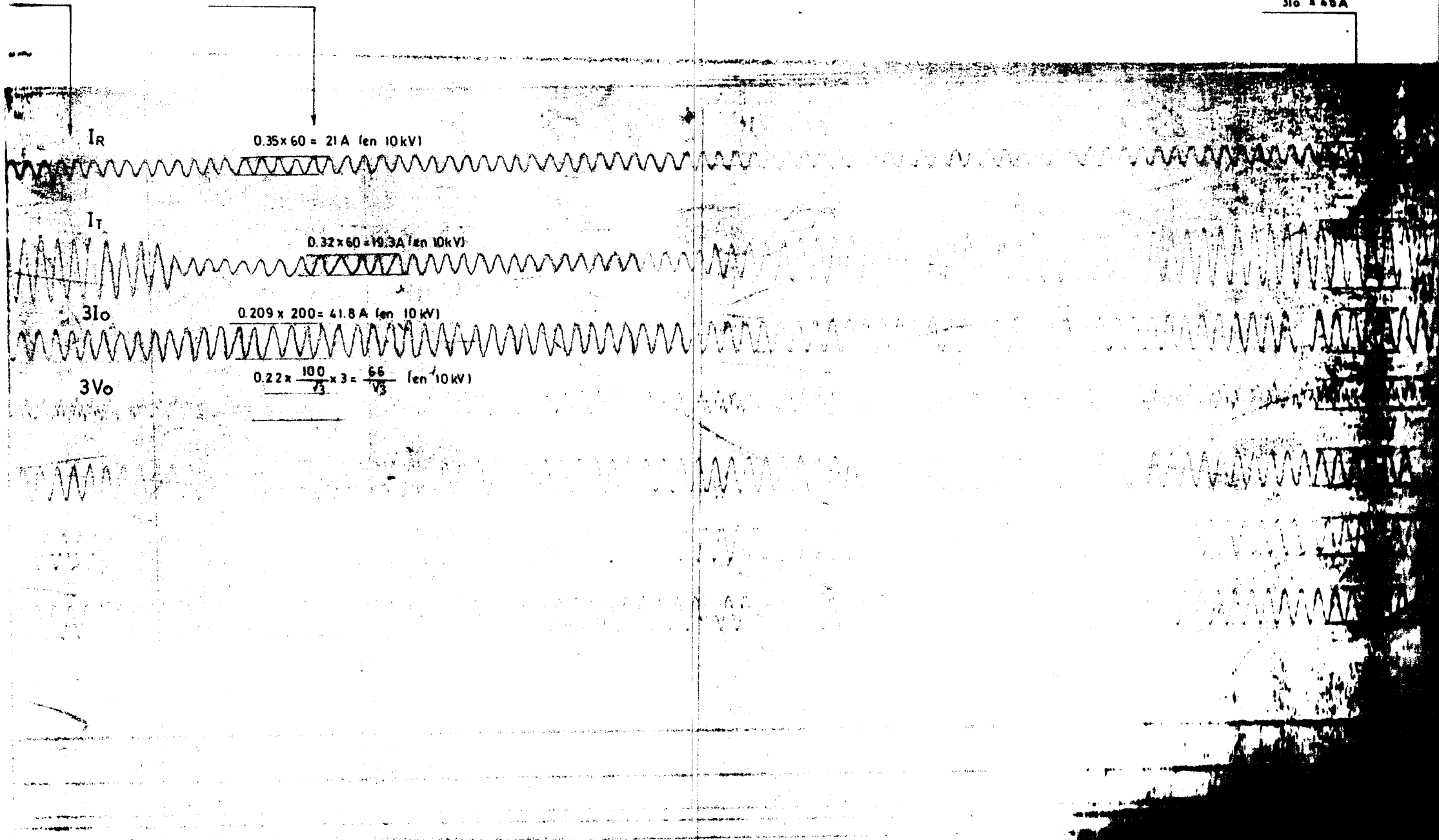
SE. VILLA EL SALVADOR 60/10 kV

Corriente homopolar vs. Tensión homopolar en 10 kV

$I_R = 21 \text{ A}$
 $I_S = 61 \text{ A}$
 $I_T = 66 \text{ A}$
 $3I_o = 34 \text{ A}$

$I_R = 21 \text{ A}$
 $I_S = 65.39 \text{ A}$
 $I_T = 19.32 \text{ A}$
 $3I_o = 41.8 \text{ A}$

$I_R = 21 \text{ A}$
 $I_S = 69 \text{ A}$
 $I_T = 60 \text{ A}$
 $3I_o = 48 \text{ A}$



Apertura del conductor

Conductor cae al suelo

Gráfico Nº 5

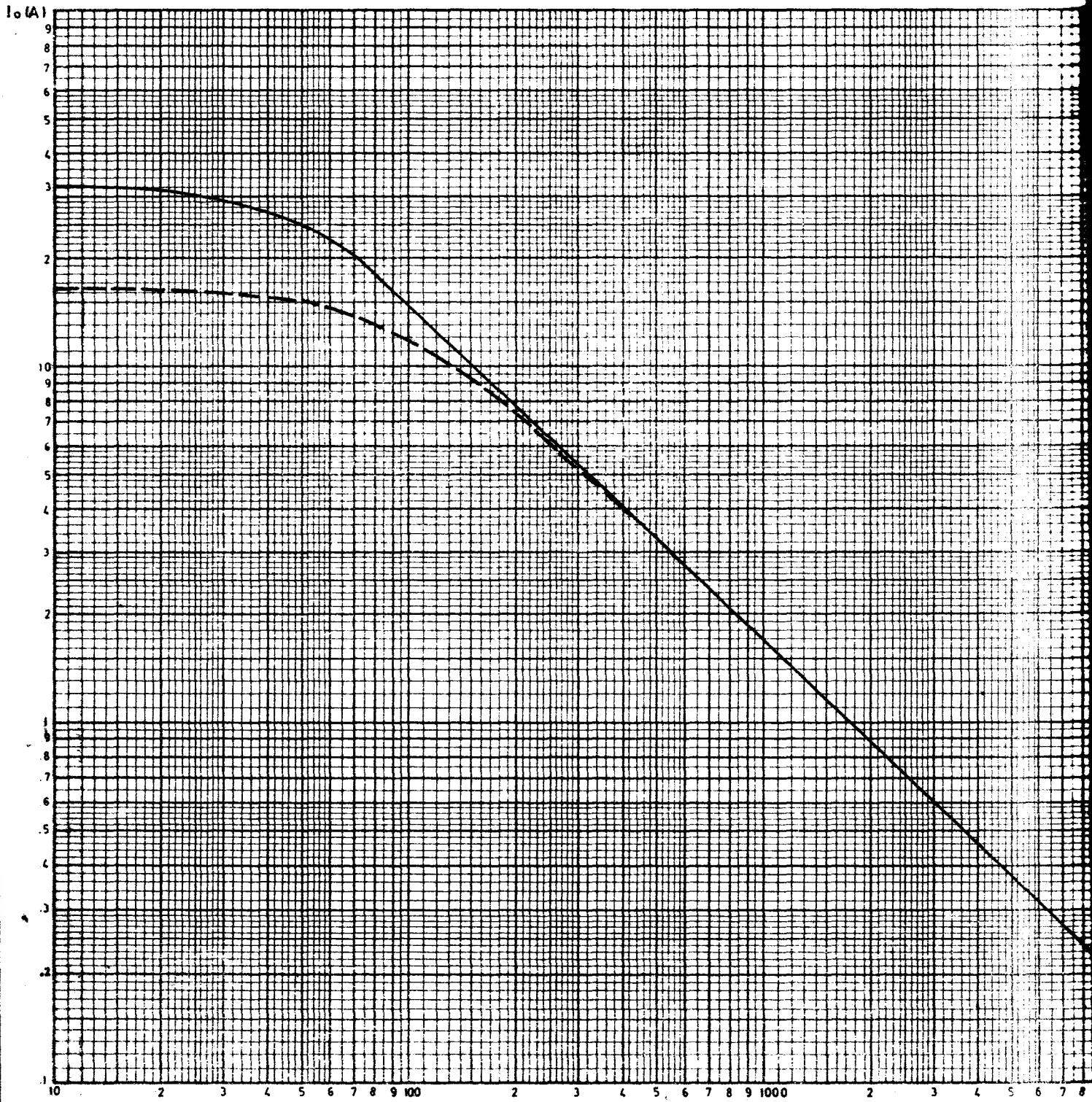
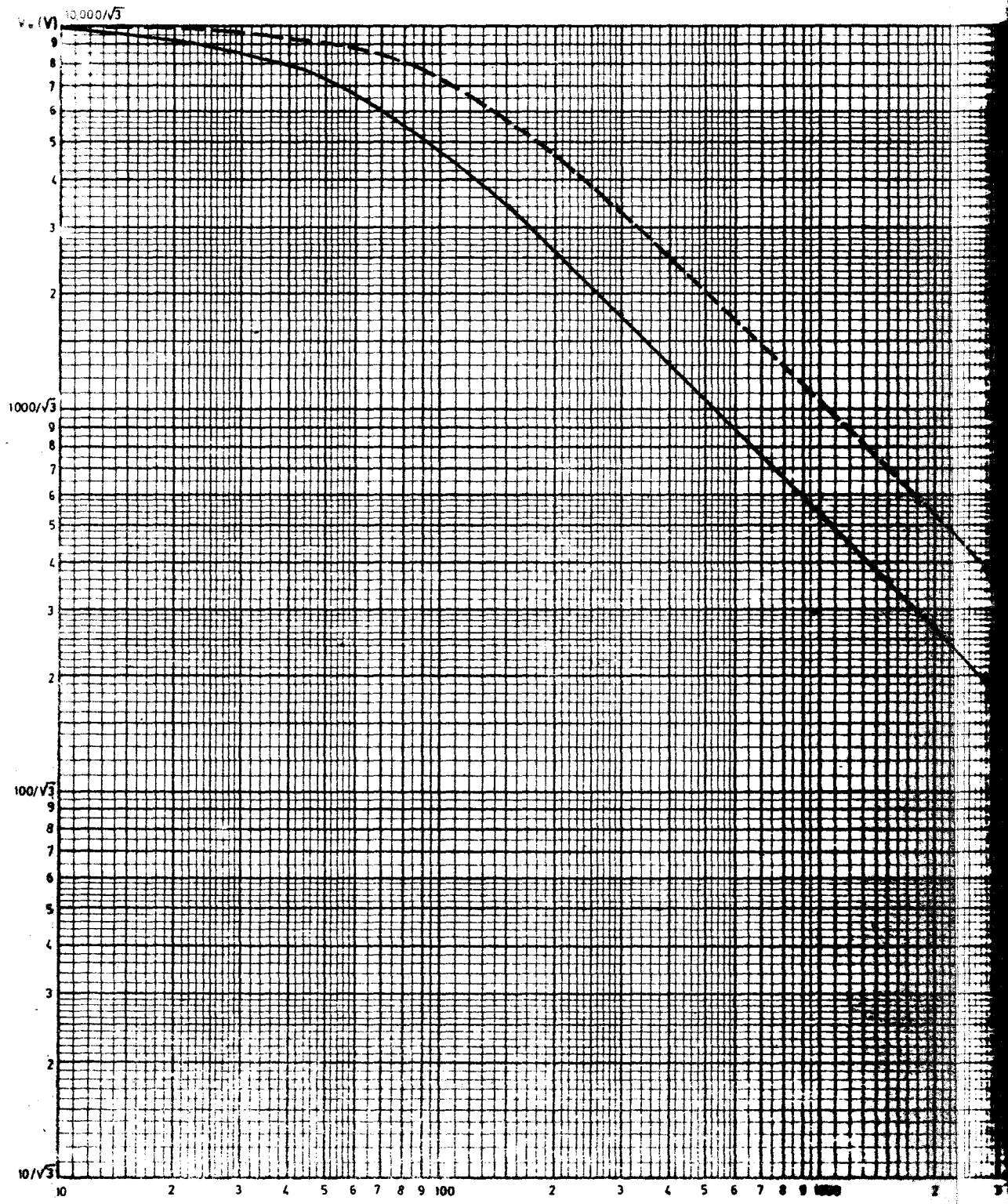
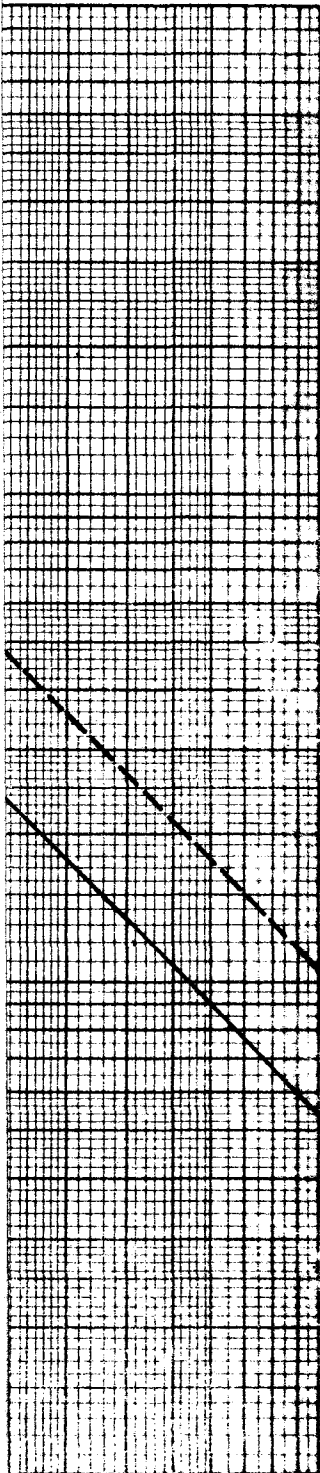


Gráfico Nº 6



(ohm)
Resistencia
de fallo



3 4 5 6 7 8 9 10000
 (ohm)
 Resistencia
 de falla

SE. PUENTE 60/10 kV

Gráfico Nº 5 Corriente homopolar en 10 kV
 (falla L-G en A-9)

Gráfico Nº 6 Tensión homopolar en 10 kV
 (falla L-G en A-9)

————— Barras unidas
 - - - - - Barras separadas

DISEÑO	DIBUJO	FECHA	electrolima SERVICIO PROYECTOS TRANSMISION			ESTUDIO	REVISO	Vº Bº
						Ingº C. A. A.	Ingº L. P. L.	Ingº E. D. S.
G. A. G.	J. B. L.	OCTUBRE 1984				Gráficos Nº 5 - Nº 6		

I_0 (A)

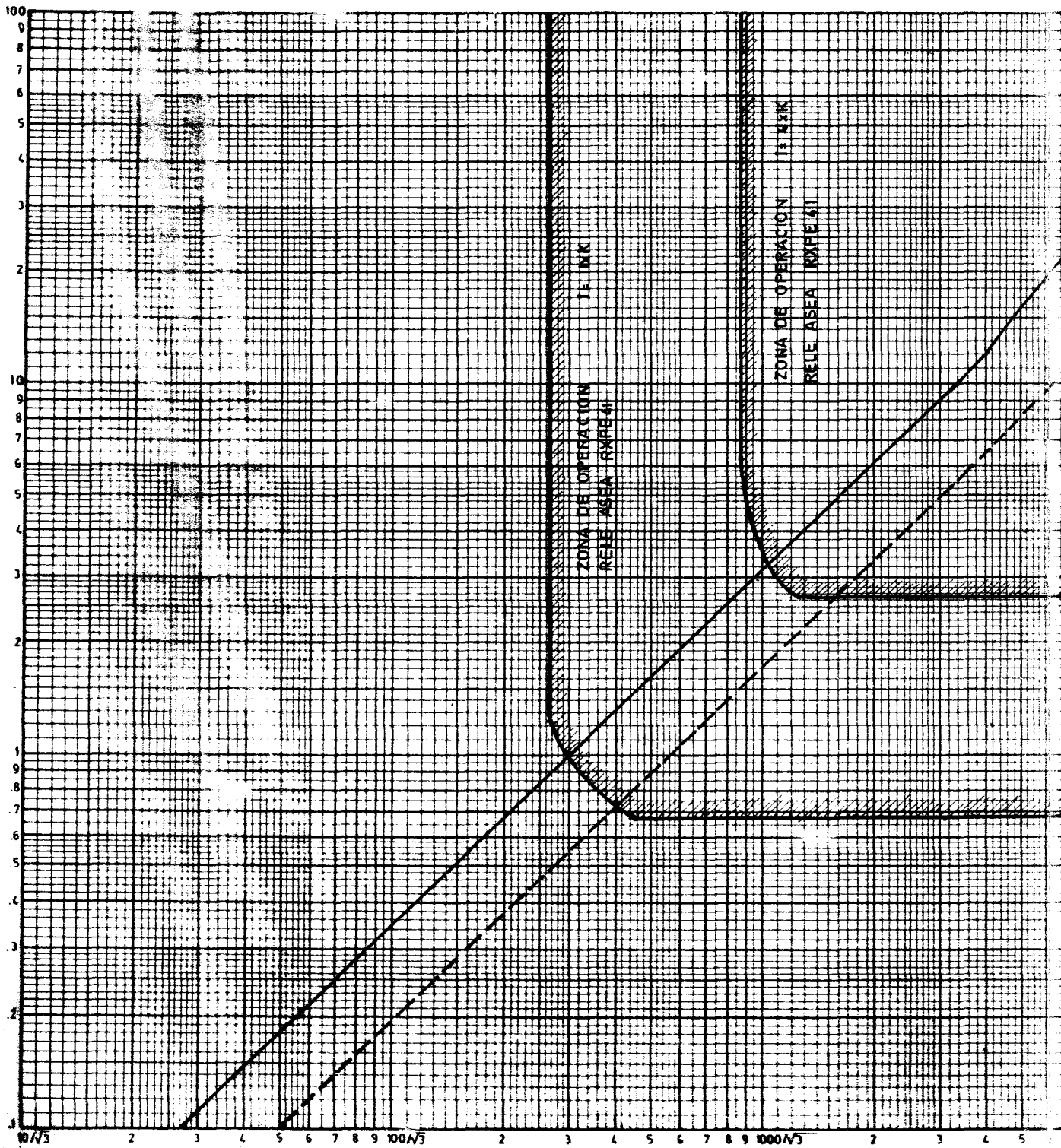
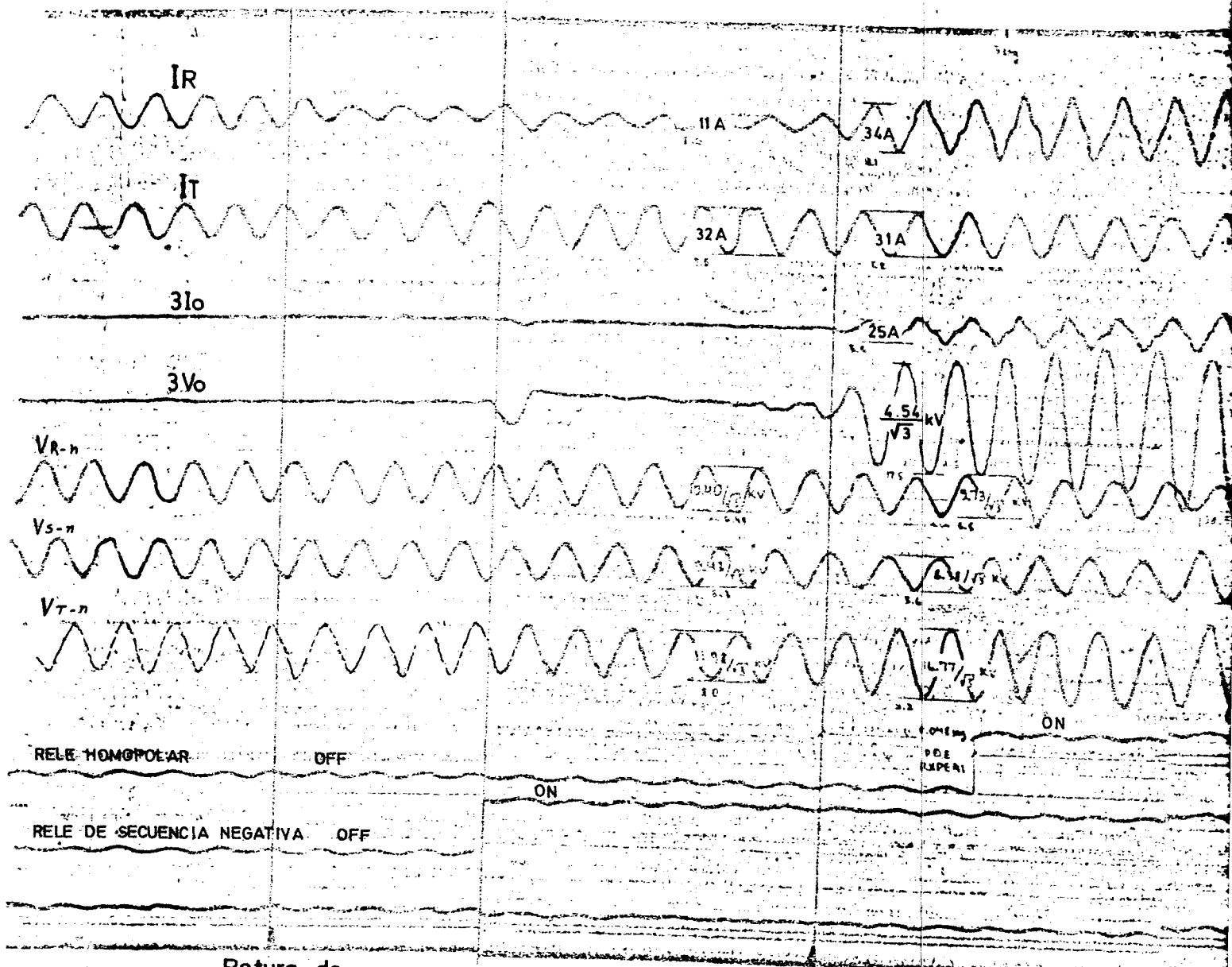


Gráfico Nº 7

SE. PUENTE 60/10 kV

Corriente homopolar vs. Tension homopolar en 10kV

- Barras unidas
- - - - Barras separadas

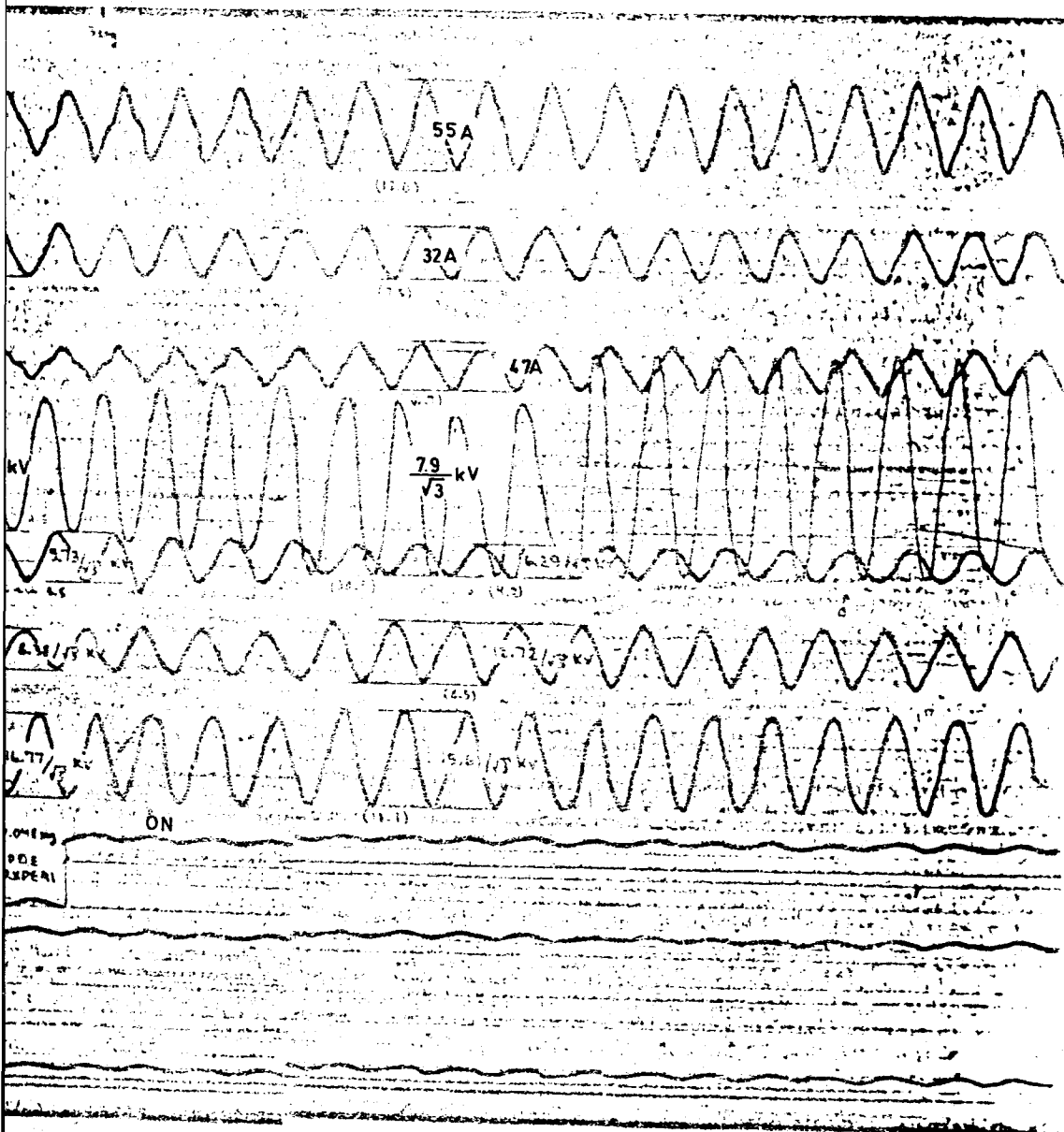


Rotura de Conductor

Conductor cae al Suelo

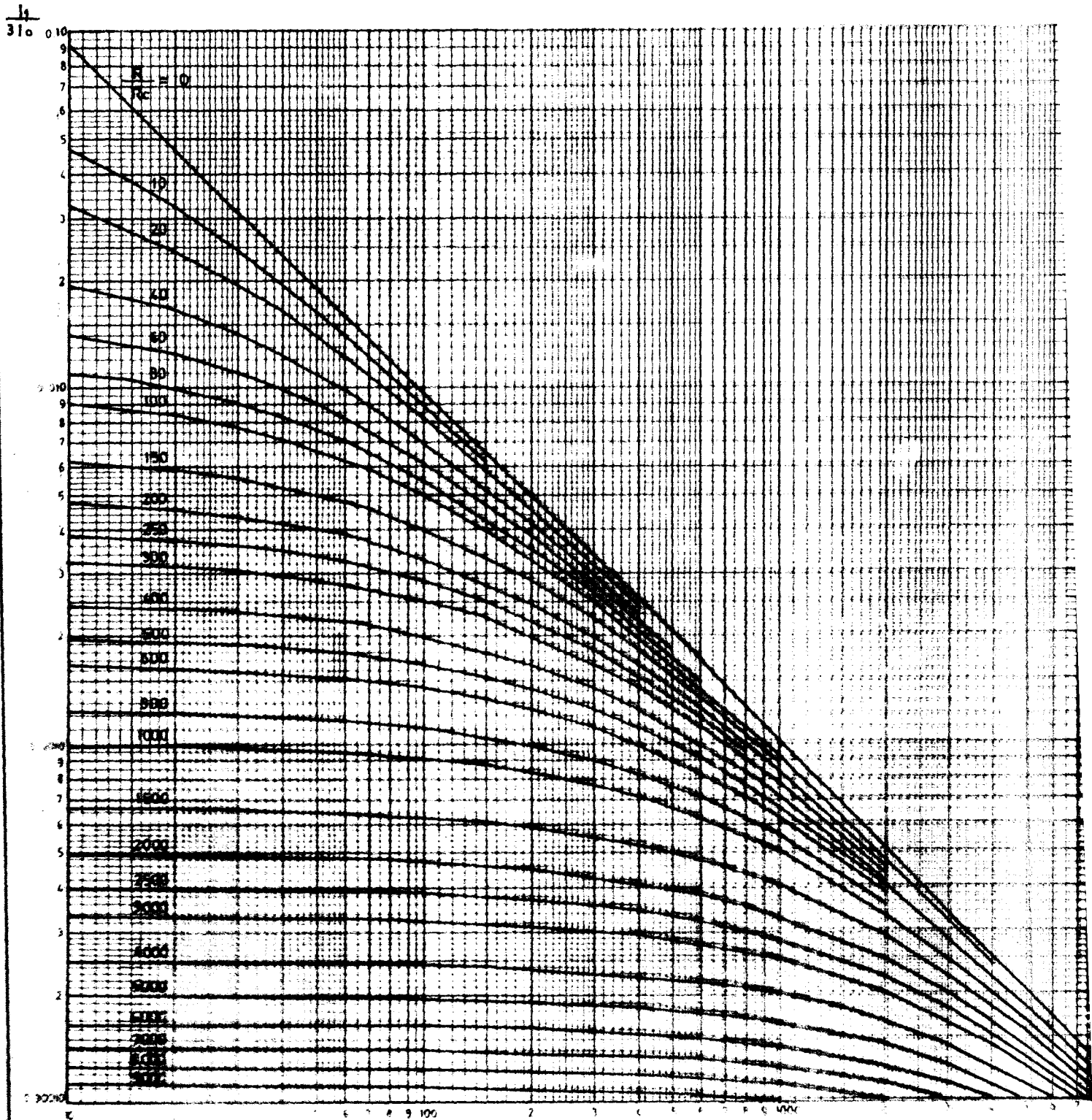
Gráfico Nº 8

DISEÑO	DIBUJO	FECHA
G. A. G.	J. B. L.	OCTUBRE 1984



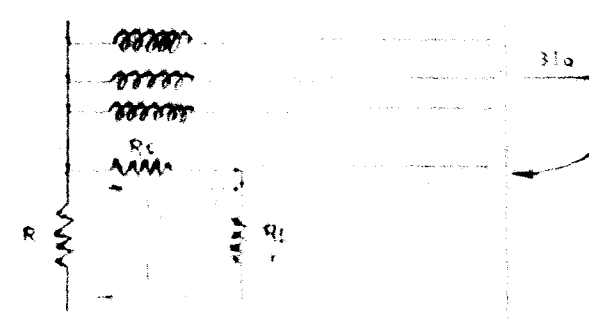
DISEÑO	DIBUJO	FECHA	electrolima	ESTUDIO	REVISO	VºBº
				Ingº C.A. A.	Ingº L.P. L.	Ingº E.D. S.
G. A. G.	J. B. L.	OCTUBRE 1984	SERVICIO PROYECTOS TRANSMISION	Graficos Nº 7 - Nº 8		

Gráfico Nº 9



$\frac{R}{R_c}$
 0
 10
 20
 30
 40
 50
 60
 70
 80
 90
 100
 150
 200
 300
 400
 500
 600
 700
 800
 900
 1000
 1500
 2000
 3000
 4000
 5000

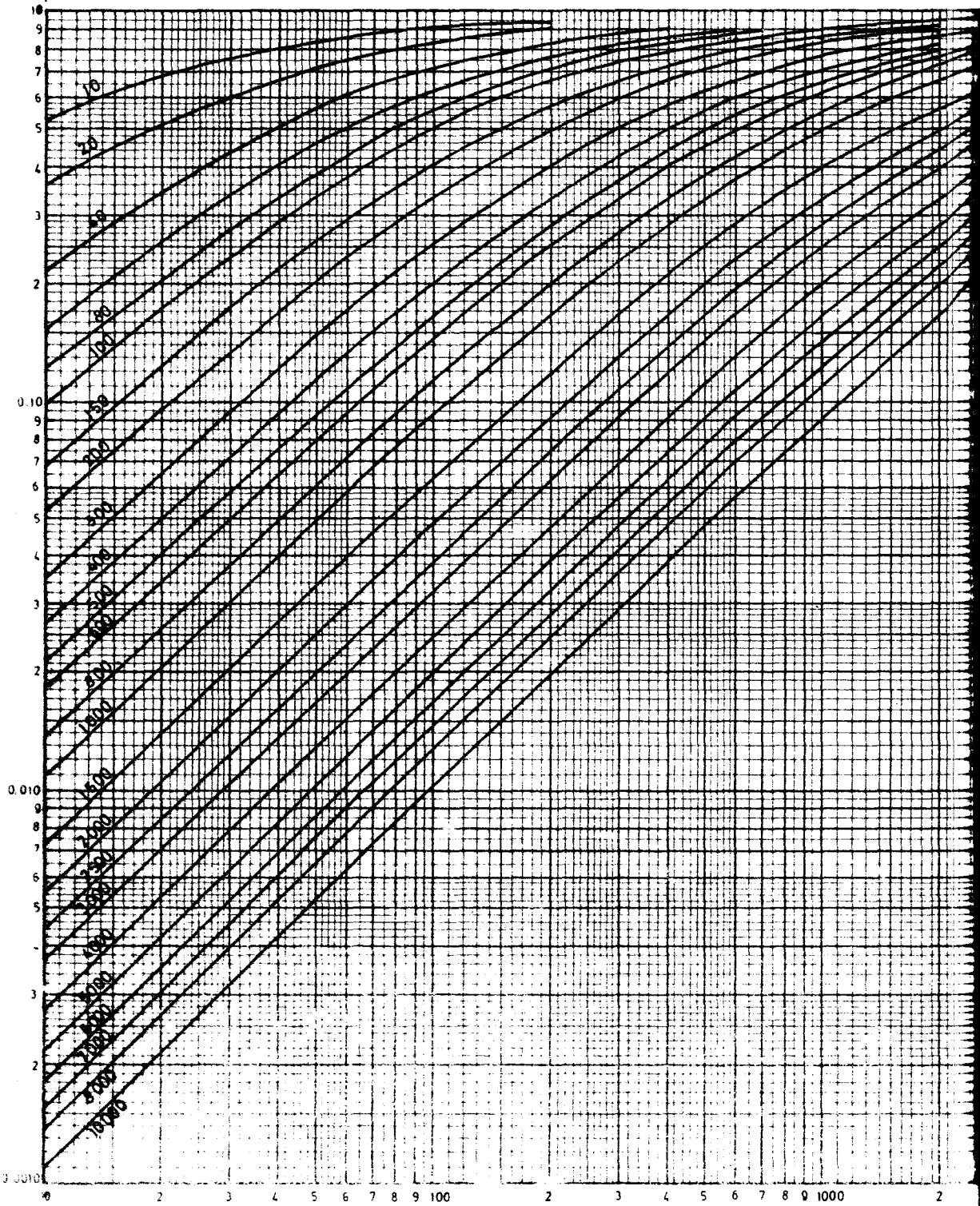
- sistema normal homopolar
- sistema de retorno por tierra
- sistema de retorno por el conductor neutro
- sistema de pozo típico
- sistema de pozos
- impedancia equivalente del sistema
- impedancia del conductor neutro



310

Gráfico Nº 10

$$\frac{I_1}{3I_{o1}} = \frac{R}{R_c} = 0$$



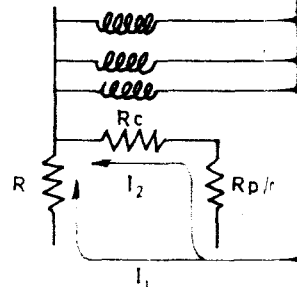
$$\frac{I_1}{3I_{o1}} = \frac{1 + \frac{R_p}{nR_c}}{1 + \frac{R}{R_c} + \frac{R_p}{nR_c}}$$

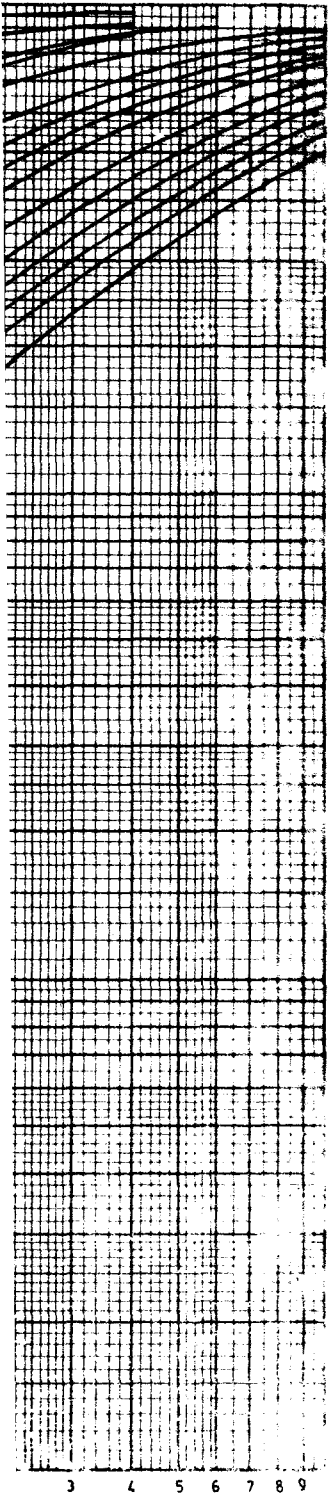
DONDE

$3I_{o1}$ = Corriente de falla

I_1 = Corriente de retorno por tierra

I_2 = Corriente de retorno por el conductor neutro



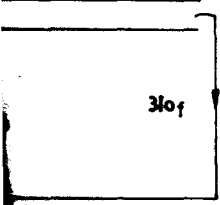


3 4 5 6 7 8 9

RL
nRC

Gráfico Nº 9 Distribución de corrientes en condiciones normales de carga

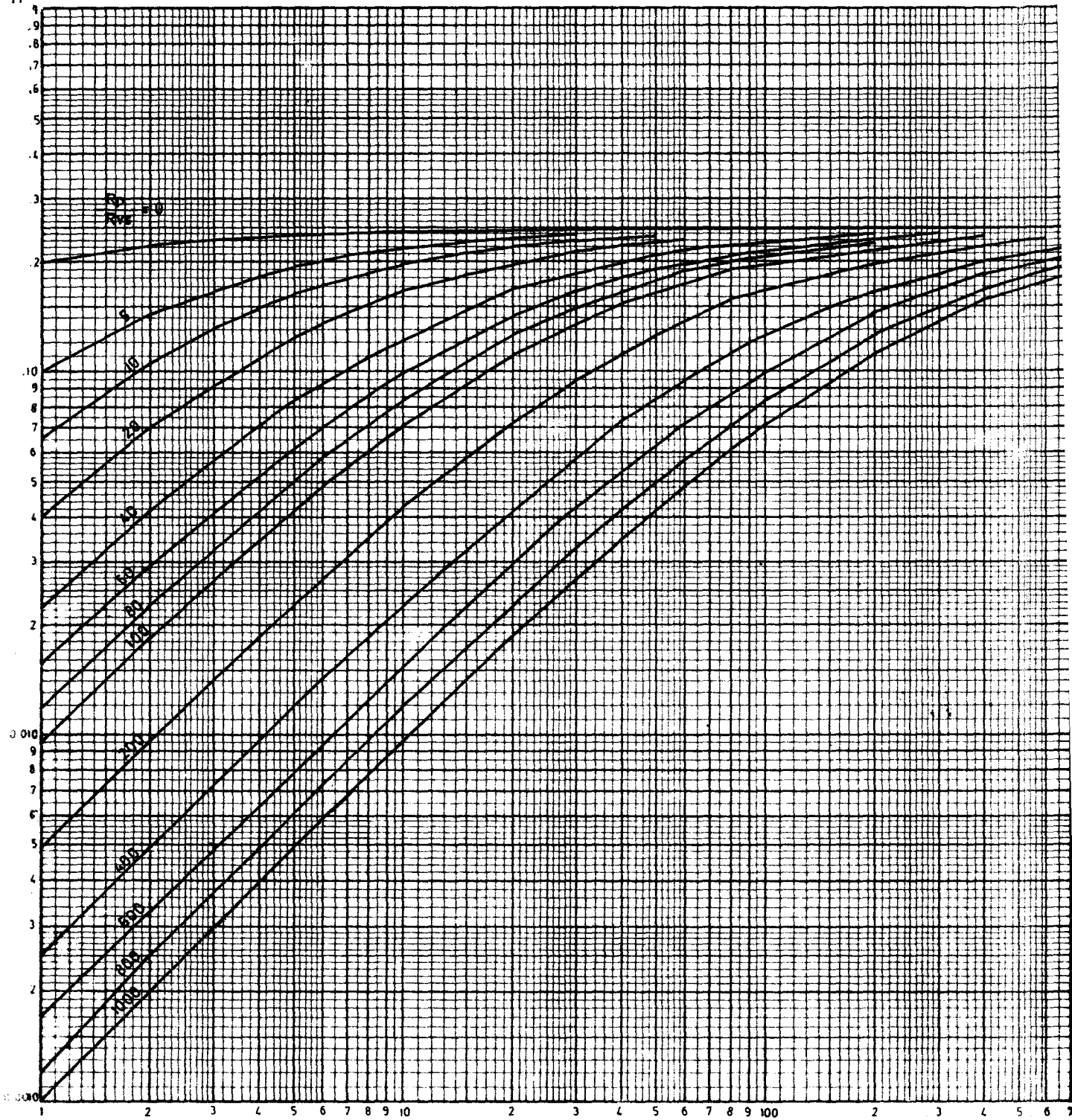
Gráfico Nº 10 Distribución de corrientes homopolares en condiciones de falla



	DIBUJO	FECHA	electrolima SERVICIO PROYECTOS TRANSMISION	ESTUDIO	REVISO	Vº Bº
	J. B. L.	OCTUBRE 1984		Ingº C. A. A.	Ingº L. P. L.	Ingº E. D. S.
				Gráficos Nº 9 - Nº 10		

Gráfico Nº 11

$\frac{I_{f1,2,3,5}}{I_f}$



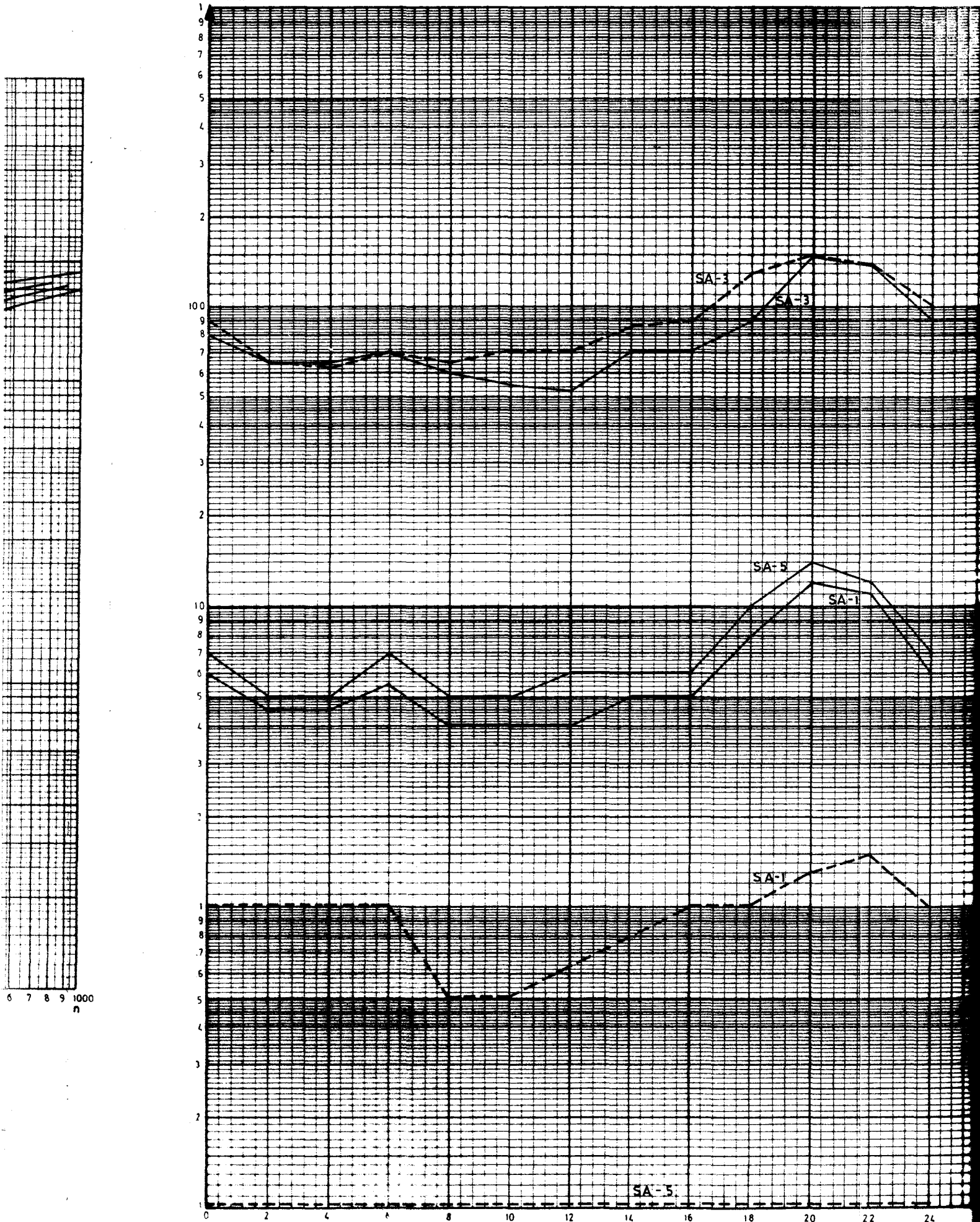
$$\frac{I_{f1,2,3,5}}{I_f} = \frac{n I_{f4}}{I_f} = \frac{n}{1 + R_p + 4n} \frac{R_{vs}}{R_{vs}}$$

DONDE : R_p = Resistencia de pozo típico

R_{vs} = Resistencia de puesta a tierra

n = Número de pozos por alimentador

3Io (mA)



6 7 8 9 1000
n

Gráfico Nº 12

DISEÑO	D
G. A. G.	J

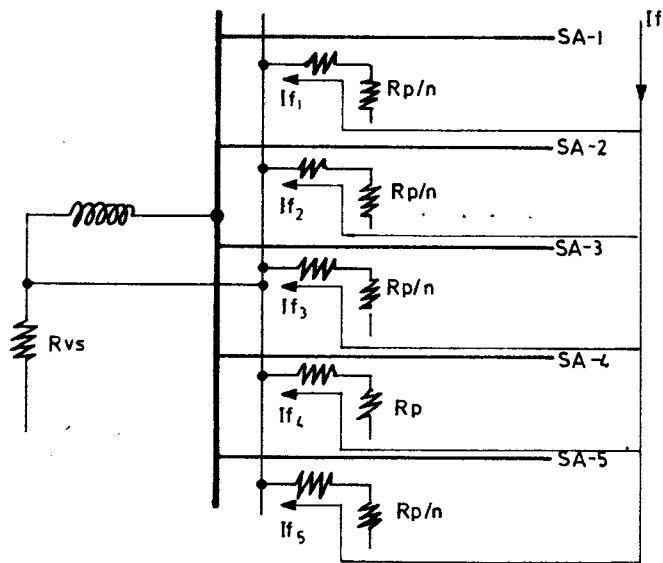


Gráfico N° 11

SE. VILLA EL SALVADOR 60/10kV

Gráfico N° 11 Corriente en los conductores neutros de los alimentadores ante una falla a tierra

Gráfico N° 12 Corrientes homopolares en alimentadores (en el secundario de trafos 200/1A)

————— Registrado el 15-8-84 Conexión Figura 7
 - - - - - Registrado el 10-8-84 Figura 6

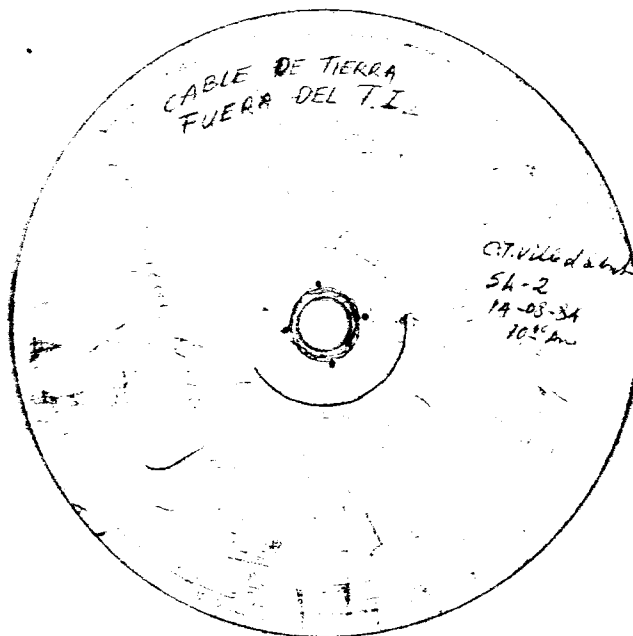
DISEÑO	DIBUJO	FECHA
E. A. G.	J. B. L.	OCTUBRE 1984

electrolima
SERVICIO PROYECTOS TRANSMISION

ESTUDIO	REVISO	V° B°
Ing° C. A. A.	Ing° L. P. L.	Ing° E. D. S.
Gráficos N° 11		N° 12



CONEXION FIGURA N° 6



CONEXION FIGURA N° 7

Corriente homopolar en SA-2
 (Secundario de trafo. de corriente 200/1A)

DISEÑO	DIBUJO	FECHA	electrolima SERVICIO PROYECTOS TRANSMISION	ESTUDIO	REVISO	V°B°
G. A. G.	J. B. L.	OCTUBRE 1984		Ing. C. A. A.	Ing. L. P. L.	Ing. E. D. S.
Gráfico N° 13						

SEGUNDA PRUEBA . DESPRENDIMIENTO DEL CONDUCTOR EN EL CIRCUITO SA-3 (90)
22.08.64

SA3 IR 1065 mA (63.9 A)

SA3 It 587 mA (5.8 A)

SA3 3Io 70 mA (14.2 A)

SA3 3Vo 210 V

SA1 3Io 3 mA (0.6 A)

SA2 3Io 207 mA (20.4 A)

SA5 3Io 343 mA (0.69 A)

CONTACTO RELE SEC. NEGATIVA

OFF

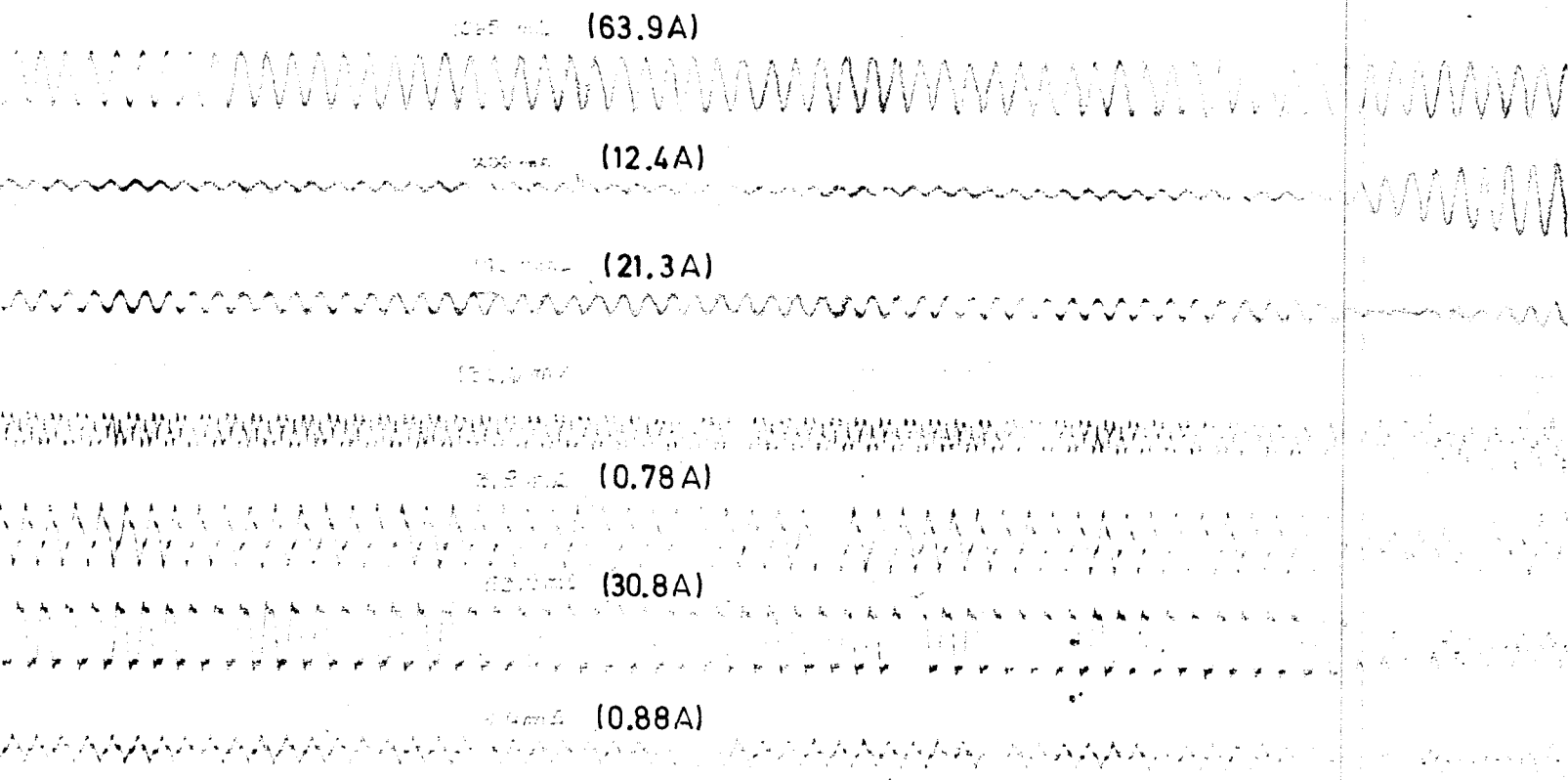
AJUSTE

I = 0.4 seg

T = 0.5 seg

Rotura de
Conductor

Fig. 1. 1-27-28)



ON OFF

Conductor
cae al suelo

TEST REPORT

265 mV (63.9A)

230 mV (11.6A)

220 mV (46.14 A)

2632 mV

1.32 A

22 A

7.5 mV (1.58 A)

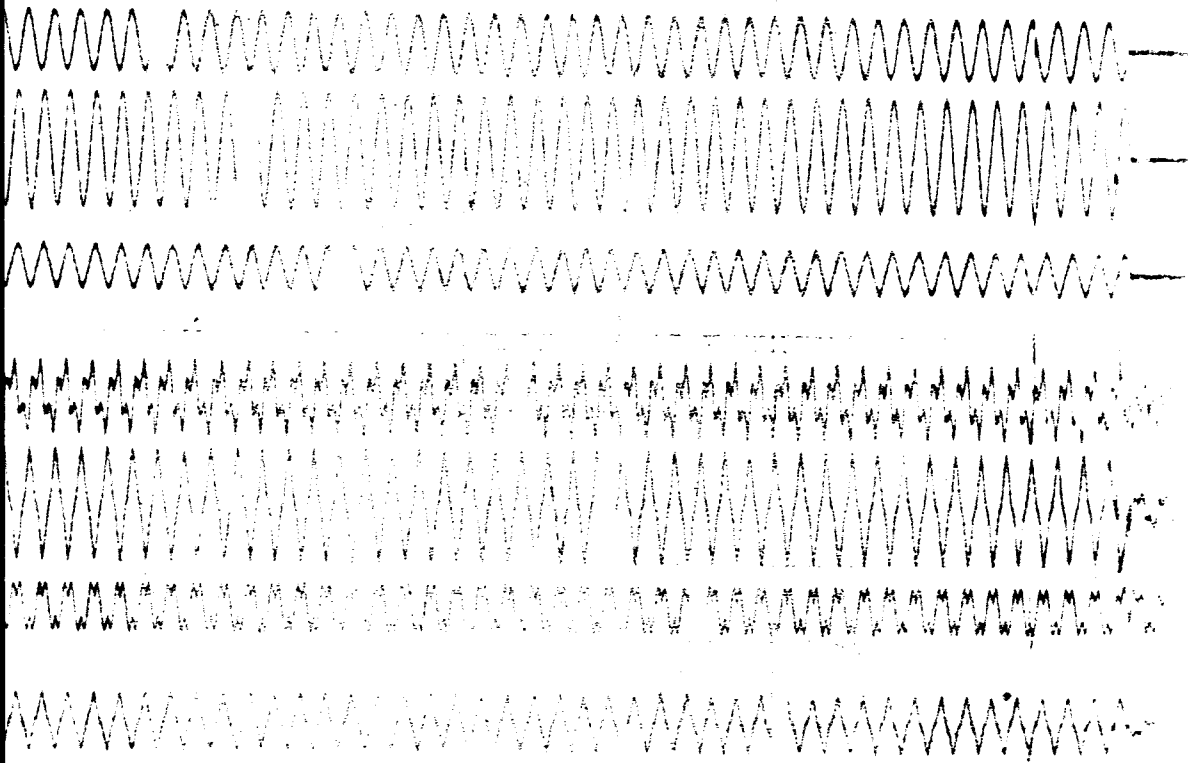
OFF

ON

DR -
uelo

DISEÑO	DIBUJO
G A G	J B L

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11



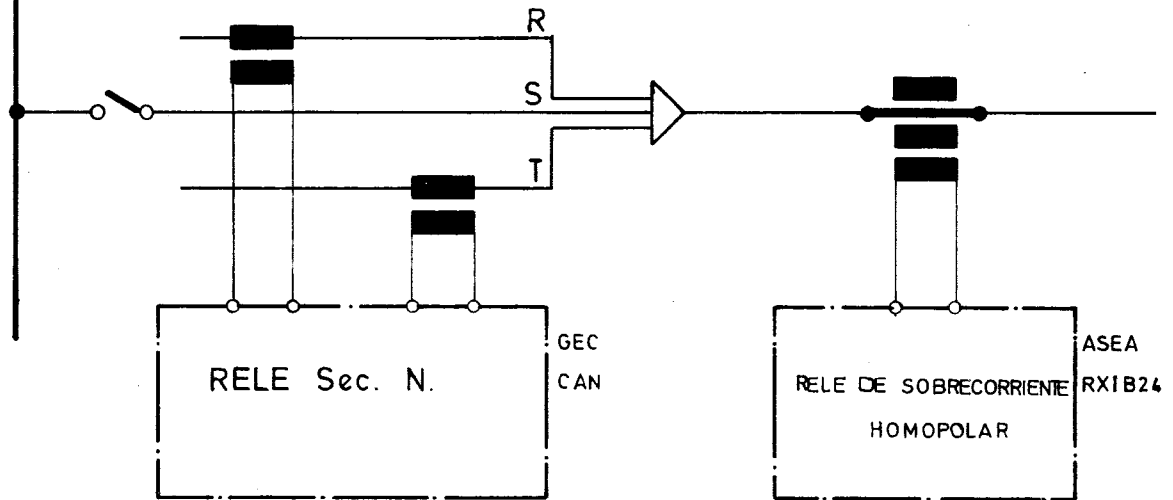
ON

DISEÑO	DIBUJO	FECHA	electrolima	ESTUDIO	REVISO	Vº Bº
				Ingº C.A.A.	Ingº L.P.L.	Ingº E.D.S.
G. A. G.	J. B. L.	OCTUBRE 1984	SERVICIO PROYECTOS TRANSMISION	Gráfico Nº 14		

CONEXION RELE DE SECUENCIA NEGATIVA

Alimentadores SA-1, SA-4 y SA-5

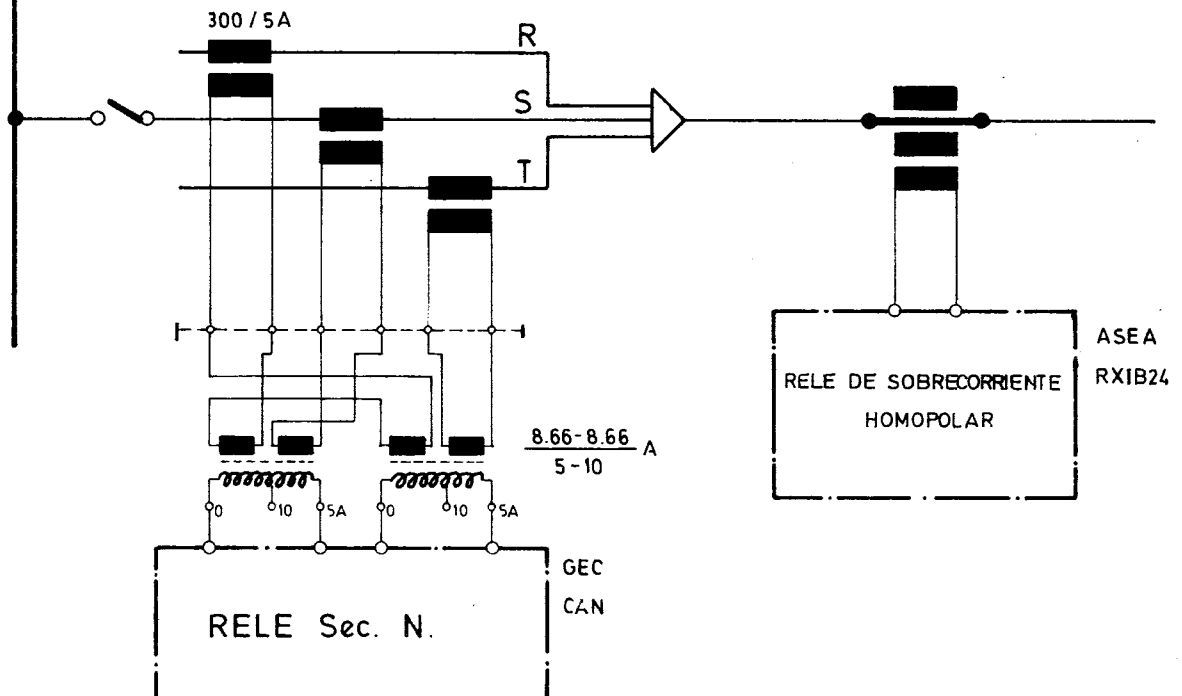
10 kV



CONEXION RELE DE SECUENCIA NEGATIVA

Alimentadores SA-2 y SA-3

10 kV



DISEÑO	DIBUJO	FECHA	electrolima	ESTUDIO	REVISO	VºBº
				G. A. G.	J. B. L.	OCTUBRE 1984
				Gráfico Nº 15		