

## PROTECCION DE BARRAS

### 1. Introducción

Las barras han sido a menudo dejadas sin protección específica por una o más de las siguientes razones:

- Las barras y switchgears tienen en general un alto grado de confiabilidad
- Por bastante tiempo se ha temido que la operación accidental de la protección de barras podría afectar en un amplio grado al sistema de potencia, lo que si no es rápidamente solucionado, ocasionaría más perjuicios que el prevenir una falla muy poco probable en barras.
- Se ha pensado que las barras quedan protegidas en general en forma suficiente con la protección del sistema o relés de respaldo remoto.

Sin embargo, considerando que el daño resultante de una falla no aclarada, ante la concentración de MVA de falla puede ser muy grave; que la protección moderna de barras es estable y libre de operaciones erráticas durante fallas pasantes y que la protección del sistema o de respaldo remoto no da la cobertura requerida y/o la rapidez suficiente, en subestaciones importantes se recomienda disponer de un Esquema de Protección de Barras.

### 2. Tipos de Fallas en Barras

La mayor parte involucran contacto una fase a tierra, pero puede existir un porcentaje significativo de fallas entre fases.

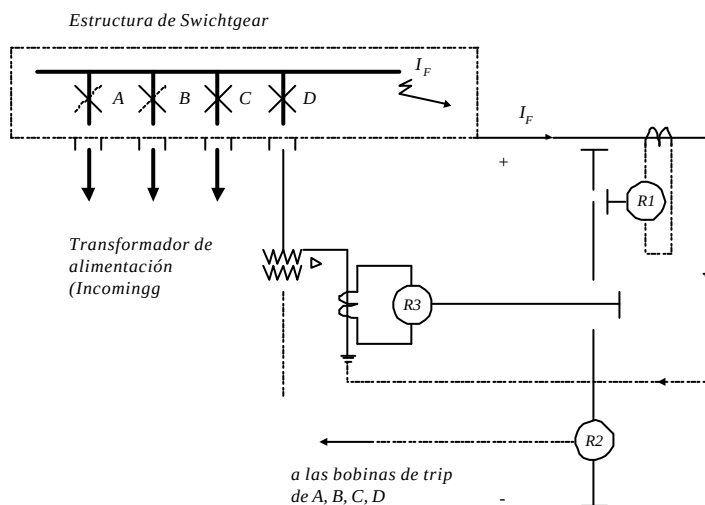
### 3. Tipos de Protección de Barras.

#### 3.1 Protección del Sistema.

Un sistema de protección que incluye relés de sobrecorriente o de distancia, en forma inherente dará cobertura de protección a las barras de una subestación. Sin embargo, la protección de sobrecorriente debe ser sólo considerada en casos de sistemas de distribución relativamente simples, o como protección de respaldo sujeta a retardos de tiempo. Por otra parte, la protección de distancia dará cobertura en 2ª zona con un retardo del orden de 0,3 segundos que puede resultar excesivo.

#### 3.2 Protección Estructura - Tierra.

Este es solamente un sistema de protección para falla fase a tierra:



En el esquema mostrado, sólo una falla a tierra en el Switchgear hará operar a las relés R1 y R3 (a este último se la llama Relé de Chequeo).

### 3.3. Protección Diferencial.

Es el método más sensible y confiable para protección de barras, sin embargo se pueden originar problemas debido al gran número de circuitos involucrados y los diferentes niveles de corriente para estos circuitos en el caso de fallas externas. Por ejemplo, si hay una falla externa en uno de seis circuitos, el circuito fallado conducirá una corriente mucho mayor que los otros, lo que posibilitará la saturación de los TT/CC correspondientes y la probables operación errática.

De los distintos métodos de aplicar protección diferencial de barras, analizaremos tres que son de uso común:

- Usar TT/CC con núcleo de aire (Sistema Diferencial de Acopladores Lineales)
- Protección Diferencial de Porcentaje.
- Sistema Diferencial de Alta Impedancia.

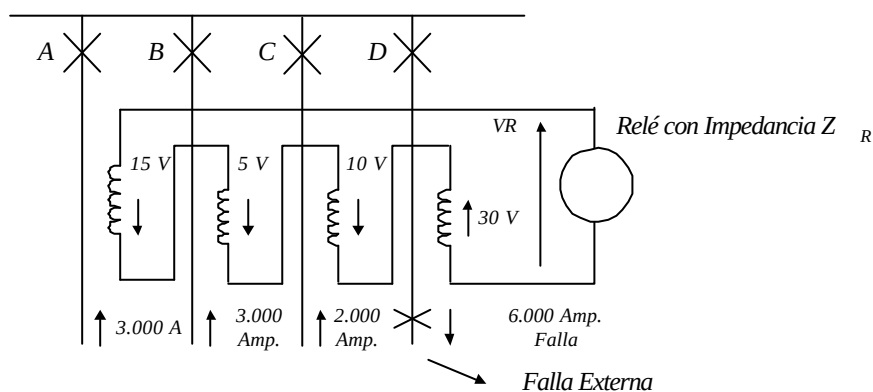
#### 3.3.1 Sistema Diferencial de Acopladores Lineales.

Los acopladores lineales son reactores con núcleos de aire arrollados en toroides no magnéticos y generalmente montados en interruptores. La relación entre la tensión en el secundario del transformador de corriente (que es el reactor en sí) y la corriente primaria es:

$$E_{\text{sec}} = I_{\text{prim}} M \quad [\text{Volt}]$$

La impedancia mutua es el orden de  $5 \text{ m}\Omega$

El esquema de conexión y comportamiento, se muestra en las siguiente figura para una barra con 4 circuitos:



Para falla externa con corriente de falla de 6.000 Amp. con la distribución indicada de corrientes de falla, la tensión resultante  $V_R$  en el relé es:

$$V_R = 15 + 5 + 10 - 30 = 0 \text{ Volts.} \Rightarrow \text{Relé no opera.}$$

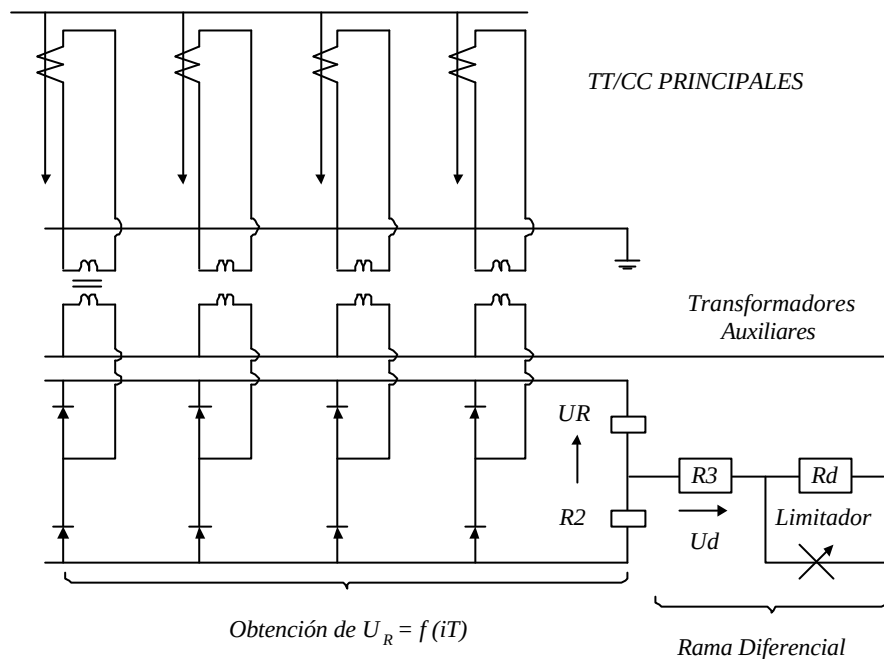
Para falla interna en la barra con corriente de 6.000 Amp. con la misma distribución de corrientes para los circuitos A, B y C (corriente nula por el circuito D).

$$V_R = 15 + 5 + 10 = 30 \text{ Volts} \Rightarrow \text{Relé Opera.}$$

### 3.3.2 Protección Diferencial de Porcentajes.

Se darán dos ejemplos de este tipo de Protección Diferencial de Barras:

#### a) Protecciones de tipo DIFB de GEC ALSTHOM P&C



Por construcción  $R_1 = R_2 = R_3 = R$

La tensión alterna  $U_i$  proporcional a  $i_i$  se rectifica y se compara con un porcentaje  $P$  de la tensión  $U_R$  al que se agrega un término constante  $U_{ds}$  ( $U_{ds}$  = umbral diferencial).

Hay operación si  $U_i > p \cdot U_R + U_{ds}$

$U_R$  = tensión de retención proporcional a la corriente.

$$i_T = |\sum i_{\text{entradas}}| + |\sum i_{\text{salidas}}|$$

$$U_d = (\sum i_{\text{entradas}} - \sum i_{\text{salidas}}) R$$

En términos de corrientes:

$$i_d \geq P \cdot i_T + i_{ds}$$

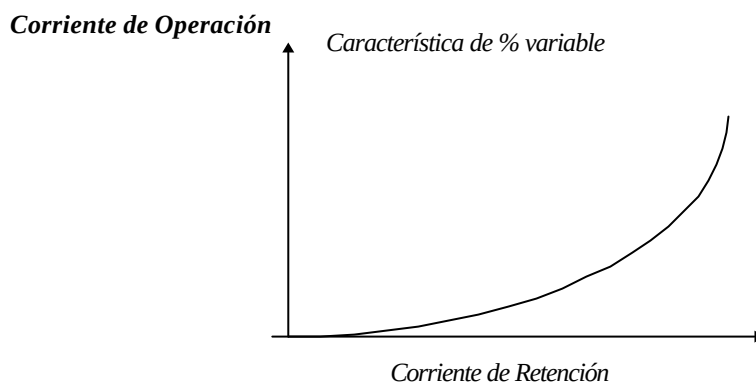
$P$  es un parámetro típicamente ajustable entre 0.4 y 0.8 en pasos de 0.1.

$i_{ds}$  se fija por construcción y tiene un valor de 0.125. la corriente nominal del relé ( $I_{\text{nomrelé}} = 1$  ó 5A).

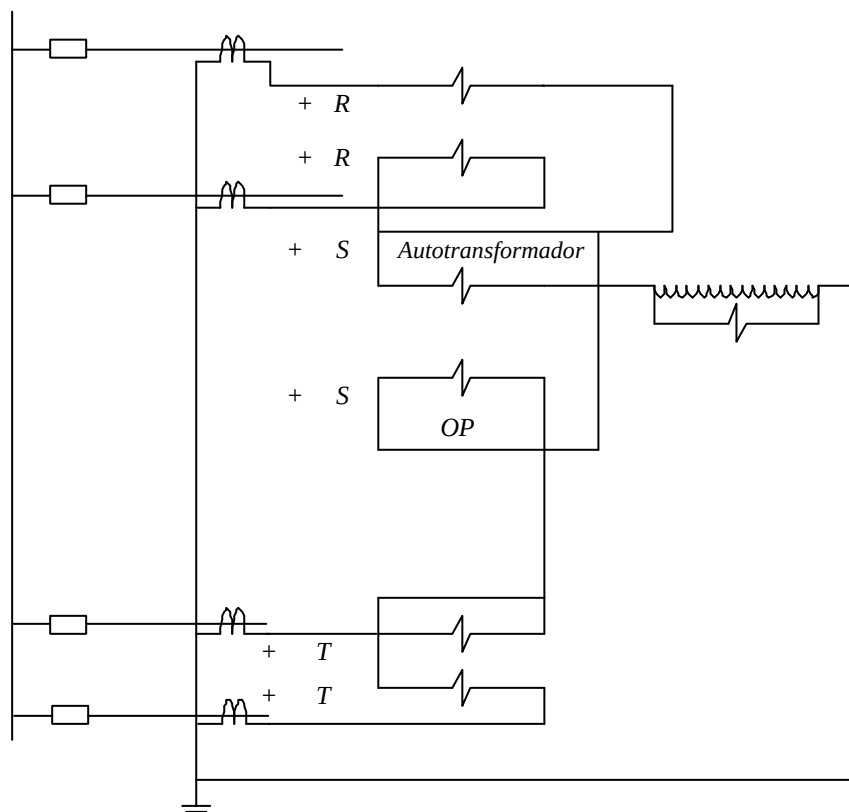
#### b) Relé Diferencial de Porcentaje Variable.

Con Restricción Múltiple (CA - 16 Westinghouse)

El esquema diferencial multi-restricción de Westinghouse usa el relé de porcentaje variable, que consiste en 3 unidades de retención y una unidad de operación. Cada unidad de retención tiene dos devanados para proveer una retención proporcional a la suma o diferencia, según la dirección del flujo de corriente. La característica de porcentaje variable ayuda a corregir errores de los TT/CC: Para corrientes de falla livianas, el comportamiento del T/C es bueno y el porcentaje es pequeño para máxima sensibilidad. Lo contrario ocurre para fallas externas severas. Esta característica se obtiene mediante la energización de la unidad de operación por un autotransformador autosaturable.



#### Esquema por fase para proteger una barra con 4 circuitos.



#### 3.3.3. Sistema Diferencial de Alta Impedancia.



Como la impedancia del relé es alta, al combinar con lo precedente  $\Rightarrow V_{ab}$  es baja  $\Rightarrow$  Relé no opera.

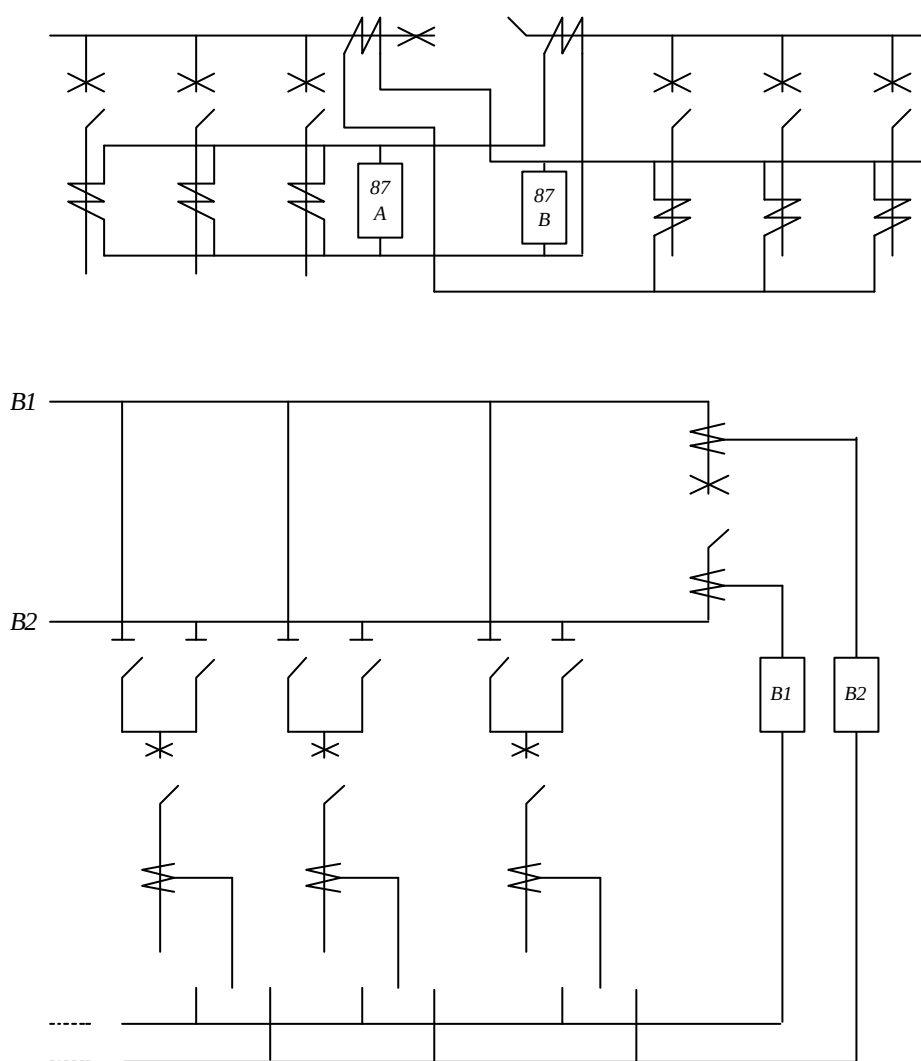
Para una falla interna en la barra:

Los TT/CC de los alimentadores 3,4,5 presentan  $Z$  alta.

$\therefore V_{ab}$  es alto  $\Rightarrow$  Relé opera.

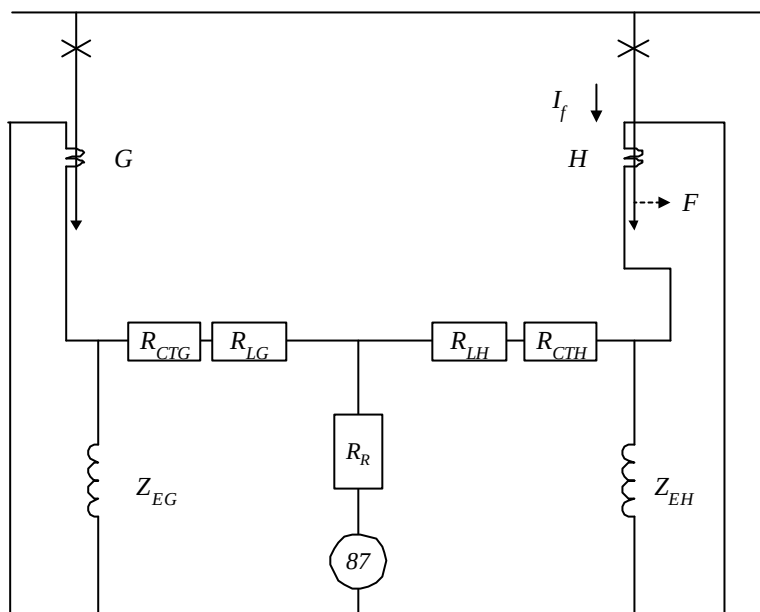
#### 4. Aspectos Adicionales sobre Protección de Barras con Relés de Alta Impedancia.

##### 4.1 Algunos Esquemas Diferenciales Típicos para Protección de Barras con Relés de Alta Impedancia



## 4.2. Ajuste de una Protección Diferencial de Alta Impedancia

### 4.2.1 Estabilidad



Con el T/C en H saturado:

$$V_{\text{relé}} = I_f (R_{LH} + R_{CTH}) = V_{\text{thévenin}} = V_f$$

$$I_{\text{relé}} = \frac{V_f}{R_R + R_{LH} + R_{CTH}}$$

$$\text{Si } R_R \text{ es grande} \Rightarrow I_{\text{relé}} \cong \frac{V_f}{R_R} = \frac{I_f (R_{LH} + R_{CTH})}{R_R}$$

$$\Rightarrow I_{\text{relé}} \cdot R_R = V_f = I_f (R_{LH} + R_{CTH})$$

Para relés de rápida operación ( $\sim 1$  ciclo) la corriente  $I$  tiene una componente continua importante que para una onda totalmente desplazada es  $\sqrt{3} I_f$ .

Límite de Estabilidad del Esquema:

$$I_{SL} = \frac{K \cdot V_S}{R_L + R_{CT}}$$

Con

$I_{SL}$  = corriente en el límite de estabilidad

$V_S$  = Ajuste de tensión del relé 87

$R_L + R_{CT}$  = Resistencia del cable secundario más resistencias del secundario del T/C (en el caso más desfavorable es el valor más alto)

$K$  = Factor que depende del tipo de relé ( $\cong 2$  para un relé que opera en un tiempo mayor que la duración de la componente unidireccional,  $\sim 0,7$  para un relé instantáneo)

Para no tener operación ante fallas pasantes (externos a la barra protegida):

$$V_S > I_f (R_L + R_{CT})$$

$V_{kmín} = 2 V_S \Rightarrow$  El voltaje secundario de los TT/CC en el codo de saturación debe ser mayor que el voltaje de ajuste del relé (para que los TT/CC entreguen un voltaje suficiente para operar el relé)

#### 4.2.2 Ajuste Efectivo de Corriente

$$I_R = I_S + n I_{eS}$$

Con

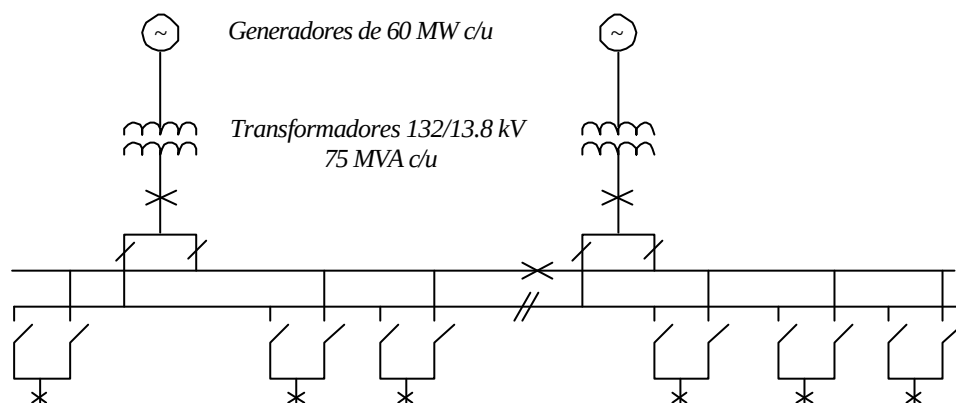
$I_R$  = ajuste efectivo

$I_S$  = ajuste de corriente del relé

$I_{eS}$  = corriente de excitación de los TT/CC a la tensión  $V_S$ .

$n$  = número de TT/CC conectados en paralelo.

Ejemplo de un Cálculo Típico



Capacidad Nominal del Switchgear 3.500 MVA.

|         |          |              |
|---------|----------|--------------|
| TT/CC : | Razón    | 500/1A       |
|         | $V_K$    | 400 V        |
|         | $R_{CT}$ | 0,7 $\Omega$ |

Nivel de Estabilidad

$$I_F = \frac{1}{500} \left( \frac{3.500 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 132} \right) \Rightarrow \begin{matrix} 15.300 \text{ Amp} - \text{Prim.} \\ 30.6 \text{ Amp} - \text{Sec.} \end{matrix}$$

$$30.6 \times (2 + 0,7) = 82.6 \text{ V} \rightarrow R_L$$

$$\text{Se elige } V_s = 100 \text{ V} = \frac{V_K}{4}$$



### Mínima Corriente de Operación Primaria

Las zonas principales de discriminación tienen un máximo de 5 circuitos, incluyendo acoplador e interruptores de sección. Si se considera como mínimo 4 circuitos:

$$I_{\text{Minoperación}} = (4 \times 0.028 + 0.03) \times 500 = 71 \text{ [A]}$$

↖ Ajuste de corriente del relé

↘ Corriente de excitación a  $V = V_s$

$$I_{\text{nom de c/generado}} = \frac{75.000}{\sqrt{3} \times 132} = 328 \text{ A}$$

Es conveniente puentear el relé con  $R \sim 100 \Omega$  para que la corriente de operación sea mayor que la corriente nominal de carga (500A).