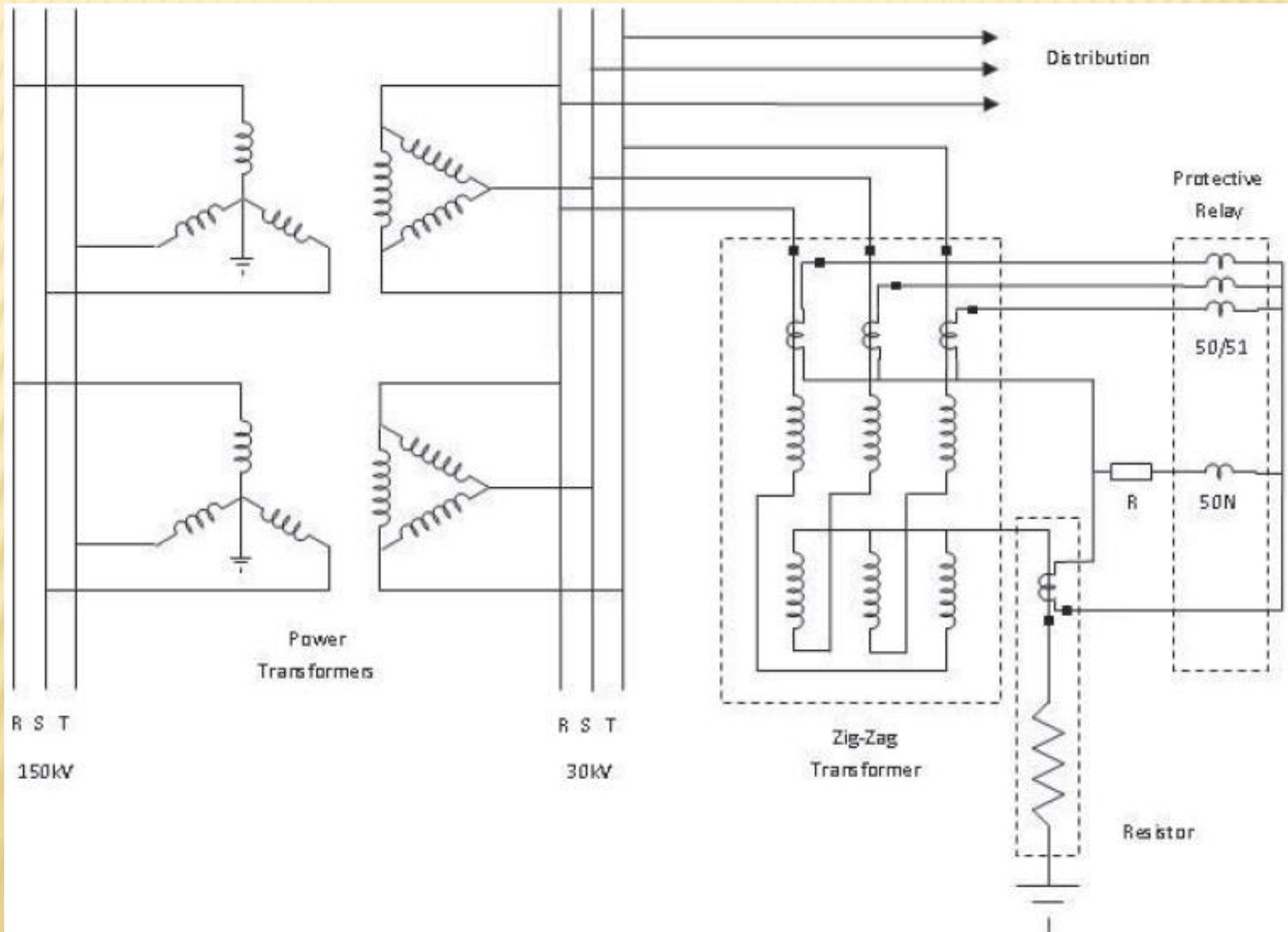




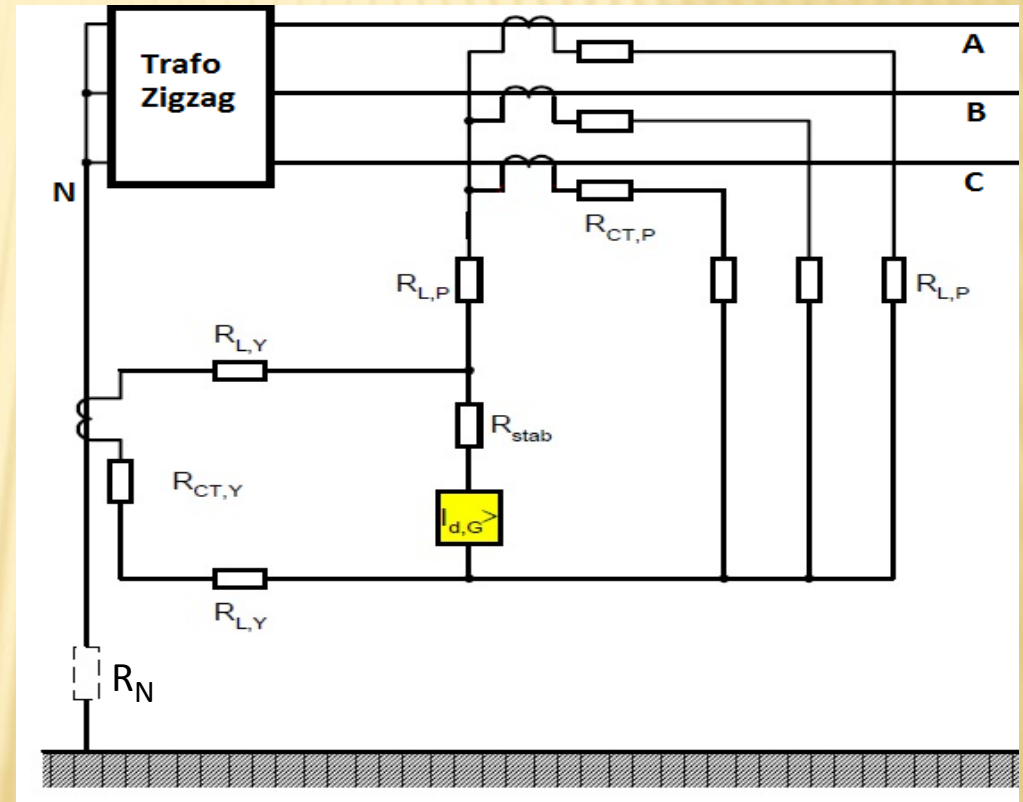
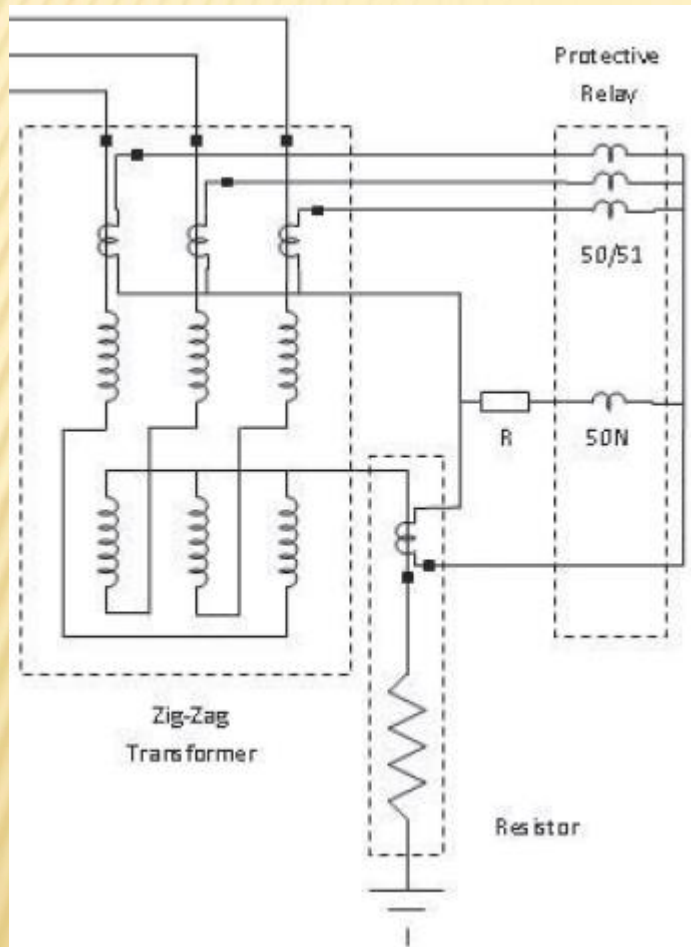
Curso IPROSEP 2016

# PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR DE ATERRAMIENTO EN ZIGZAG

# PROTECCIÓN DE TRAFEO DE ATERRAMIENTO



# PROTECCIÓN DE TRAFOS DE ATERRAMIENTO



# PROTECCIÓN DE TRAFOS DE ATERRAMIENTO

## ✗ Zigzag

$$X_0 = 44.44 \, \Omega$$

40 A permanente

400 A 10 s

## ✗ RN

$$55 \, \Omega$$

40 A permanente

400 A 10 s

## ✗ Z<sub>0</sub> de $(X_{zz} + 3R_N) = 171 \, \Omega$

## ✗ TIs

100/5 ( $K_i = 20$ ) 5P20 5 VA

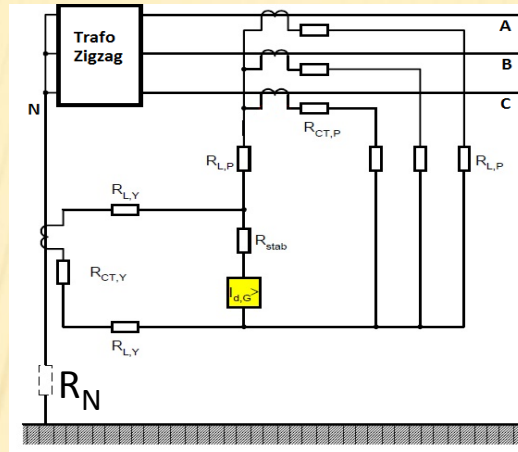
$$R_{intTI} = 0.05 \, \Omega$$

$\Rightarrow V_o$  limite clase = 25 V

## ✗ $I_o = 106.4 \, A_p = 5.3 \, A_s$

$$I_N = 3 * I_o = 319 \, A_p = 16 \, A_s$$

$$2 * I_o = 213 \, A_p = 10.7 \, A_s$$



## ✗ Cabeados

10 mm<sup>2</sup> 100 mts ida y vuelta

$$\Rightarrow R_{cables} = 0.351 \, \Omega$$

$$R_{cable\_ida} = R_{cable\_vuelta} =$$

$$= R_{cables} / 2 = 0.176 \, \Omega$$

## ✗ “Relé” 87N

$$Z_{relé87N} = 0.02 \, \Omega$$

$$R_{stab} = 40 \, \Omega$$

$$Z''_{relé} = R_{stab} + Z_{relé50} = 40.02 \, \Omega$$

## ✗ $Z_{relé50-51} = 0.02 \, \Omega$

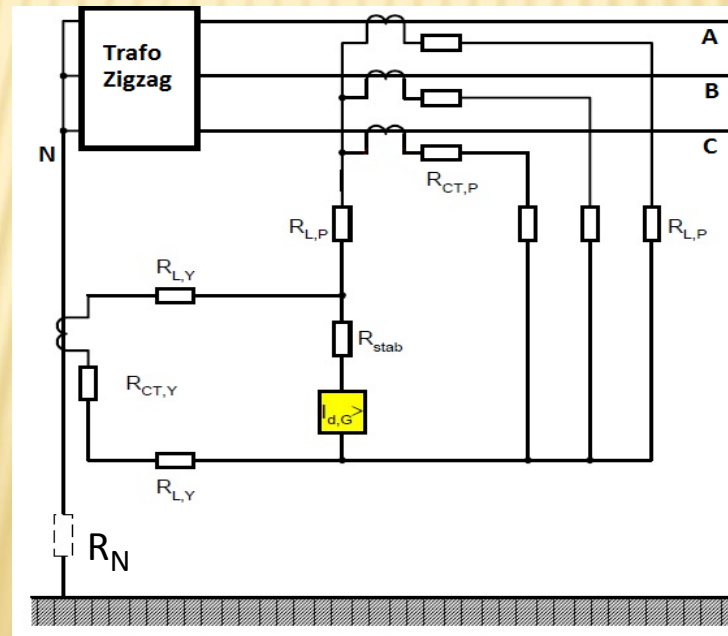
## ✗ ~~$Z_{desde TI_s \text{ fase hasta "relé"}} = 0.05 + 0.02 + 0.351 = 0.403 \, \Omega$ (no se usa así)~~

## ✗ $Z_{desde TI_s \text{ neutro hasta "relé"}} = 0.05 + 0.351 = 0.401 \, \Omega$

# PROTECCIÓN DE TRAFOS DE ATERRAMIENTO

✗  $Z''_{\text{relé}} 87N \gg Z \text{ desde TIs hasta "relé"}$   
 $40.02 \, \Omega \gg 0.401 \, \Omega$

Se cumple  $\Rightarrow$  relé de alta impedancia



# 87N CRITERIO 1

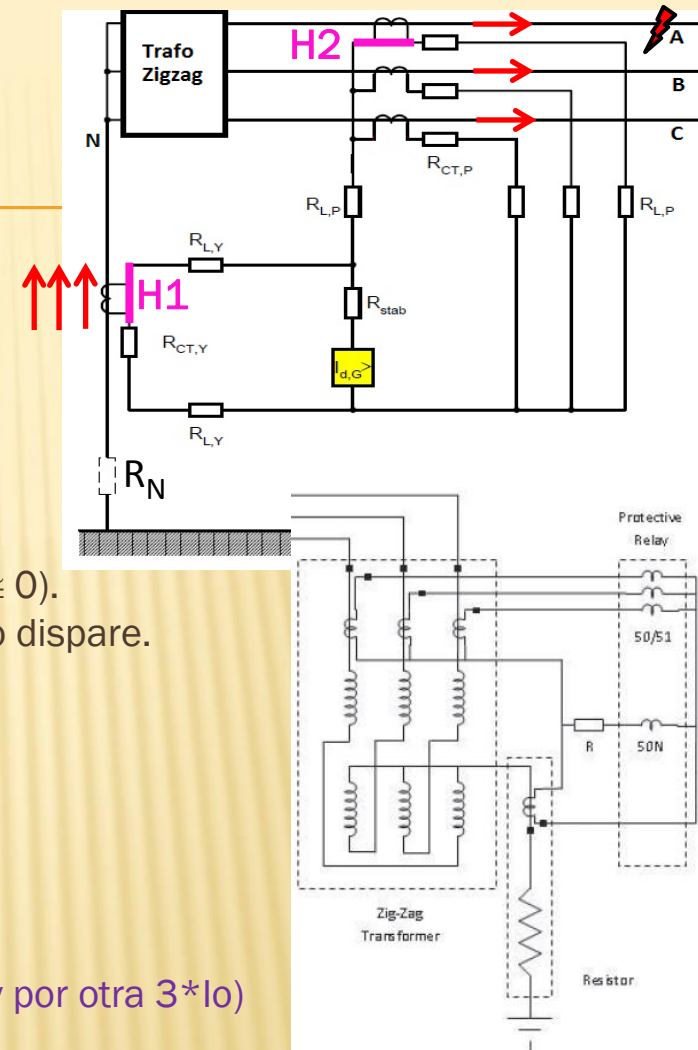
- ✗ No arrancar ni disparar (estable) para cc FT externo al Zigzag.  
para la máxima corriente de defecto externo (pasante)  
Se asume saturación completa
- ✗  $\Rightarrow$  Ajuste mayor que la mayor caída de tensión en “relé” 87N
- ✗ Si los TIs no saturan para defectos externos, mejor ( $V_{\text{relé}} 87N \cong 0$ ).  
Pero si algún TI satura para algún defecto externo, que el 87N no dispare.
- ✗ Hipótesis 1. Satura TI Neutro

$$\begin{aligned}
 V_{\text{ajuste "relé" 87N}} &> 1.2 * I_{Np}/K_i * (2 * R_{\text{cable\_ida}} + R_{\text{intTI}}) = \\
 &= 1.2 * 320/(100/5) * (0.351 + 0.05) = \\
 &= 1.2 * 16 * 0.401 = 1.2 * 6.42 = 7.7 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- ✗ Hipótesis 2. Satura 1 TI de Fase (por parte del circuito circula  $I_o$  y por otra  $3 * I_o$ )

$$\begin{aligned}
 V_{\text{ajuste "relé" 87N}} &> 1.2 * I_{Np}/K_i * [ R_{\text{cable\_ida}} + 1/3 (R_{\text{cable\_ida}} + R_{\text{intTI}} + Z_{\text{relé50-51}}) ] = \\
 &= 1.2 * 320/(100/5) * [ 0.176 + 1/3 (0.176 + 0.05 + 0.02) ] = \\
 &= 1.2 * 16 * [ 0.176 + 1/3 * 0.246 ] = 1.2 * 16 * [ 0.176 + 0.082 ] = \\
 &= 1.2 * 16 * 0.256 = 1.2 * 4.13 = 5.0 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- ✗ Entonces :  $V_{\text{ajuste "relé" 87N}} > 7.7 \text{ V}$



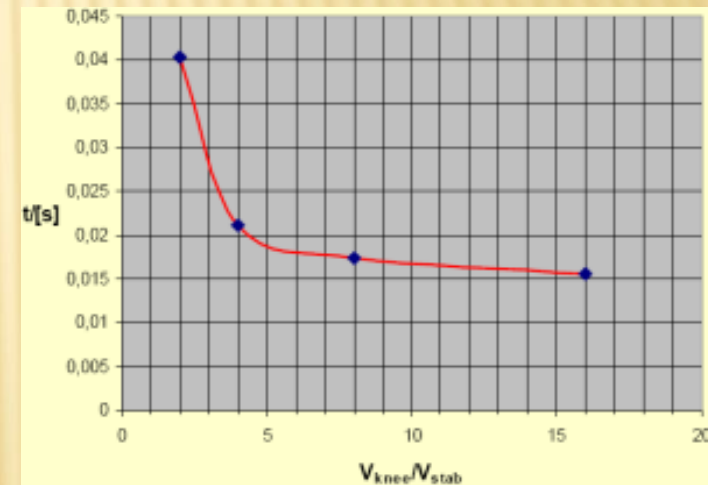
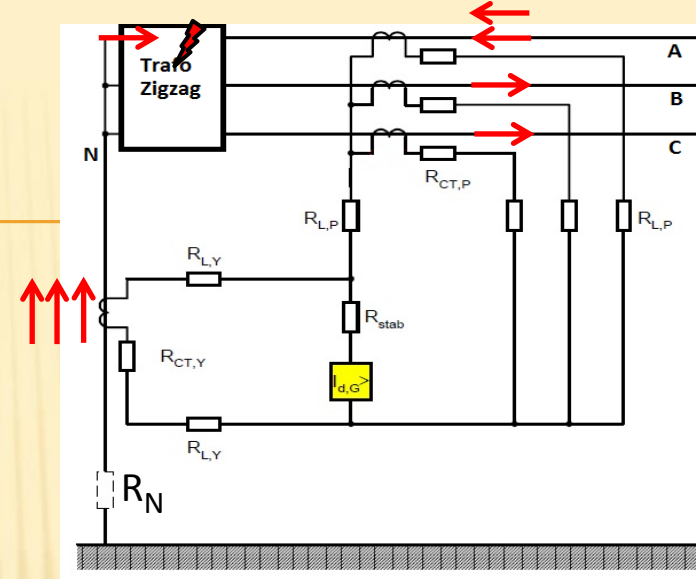
# 87N CRITERIO 2

- ✗ Que arranque (y dispare) para defectos internos por más que algún TI sature
- ✗ Se busca que dispare en tensiones lejanas al codo pues en un cc interno la tensión subirá hasta la de codo.
- ✗ Para que el relé opere la tensión debe ser mayor al ajuste.  
 $V_{\text{ajuste "relé" 87N}} / V_{\text{codo}}$  determina el tiempo de operación
- ✗ Criterio:  $V_{\text{codo}} / V_{\text{ajuste "relé" 87N}} > 2$   
 garantiza disparo en menos de 2 ciclos (para un relé dado)
- ✗  $V_{\text{codo}}$  se obtiene de la curva de vacío de los TIs,
- ✗ o se supone por ejemplo  $V_{\text{codo}} \cong 0.8 * V_{\text{limite clase}}$

$$V_{\text{codo}} = 0.8 * V_{\text{limite clase}} = 0.8 * 25 = 20 \text{ V}$$

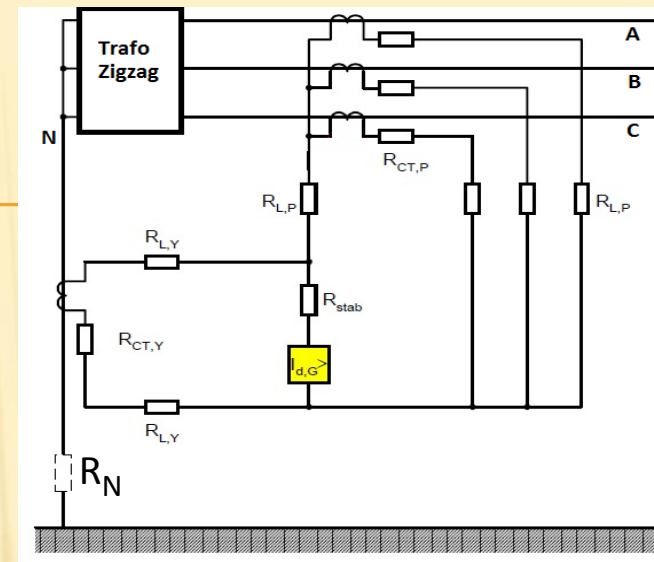
$$V_{\text{ajuste "relé" 87N}} < V_{\text{codo}} / 2 = 20 / 2$$

- ✗ Entonces:  $V_{\text{ajuste "relé" 87N}} < 10 \text{ V}$



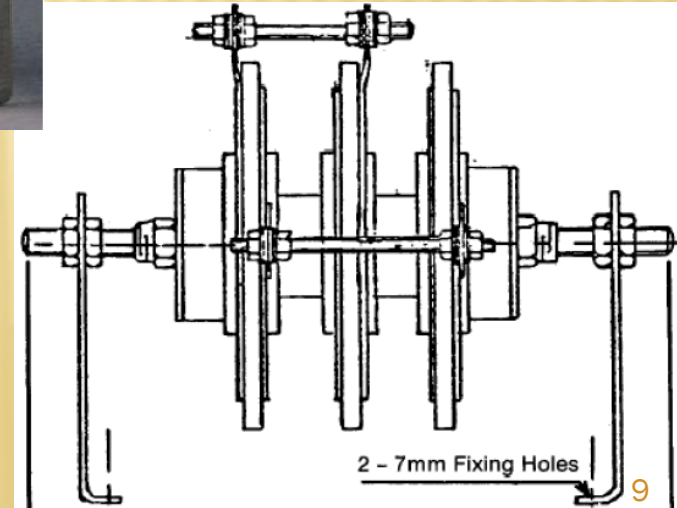
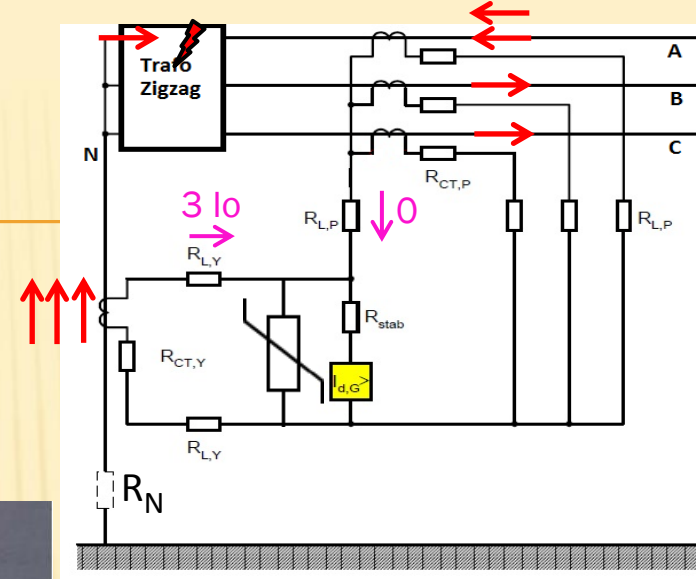
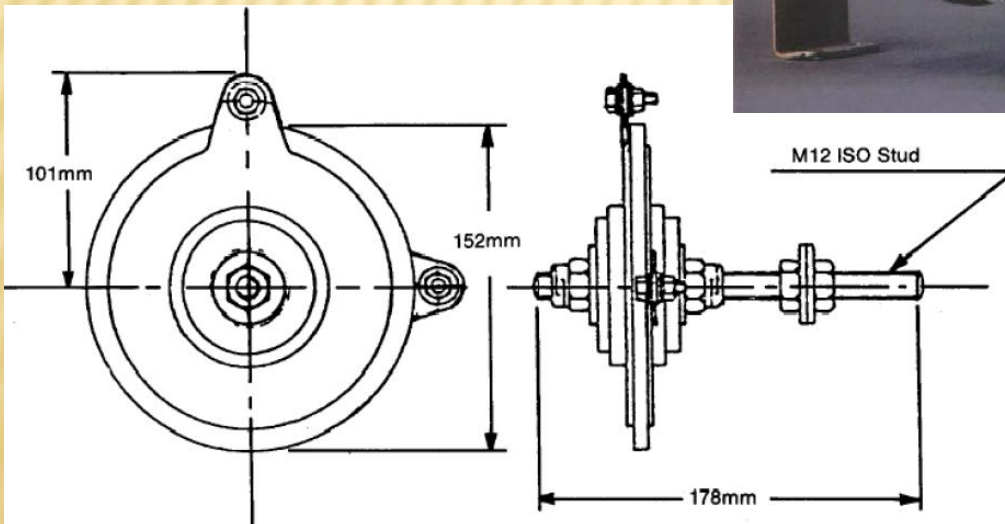
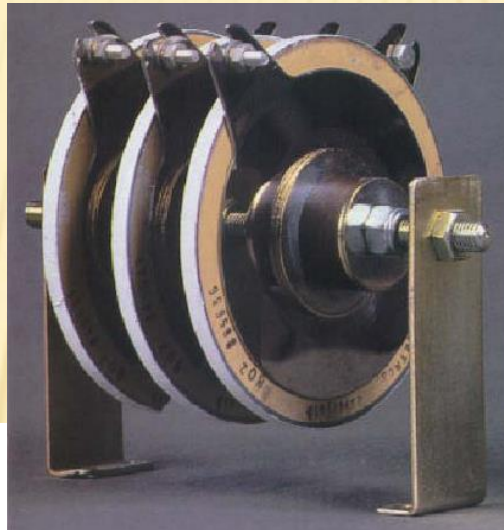
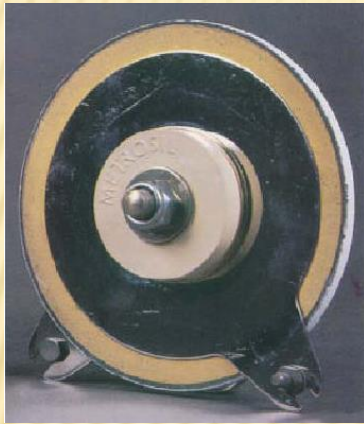
# 87N CRITERIOS 1 Y 2

- ✗ Criterio 1:  $V_{\text{ajuste "relé" 87N}} > 7.7 \text{ V}$
- ✗ Criterio 2:  $V_{\text{ajuste "relé" 87N}} < 10 \text{ V}$
  
- ✗  $7.7 \text{ V} < V_{\text{ajuste "relé" 87N}} < 10 \text{ V}$
  
- ✗  $7.7 / 40.02 < I_{\text{ajuste "relé" 87N}} < 10 / 40.02$   
 $0,192 \text{ A} < I_{\text{ajuste "relé" 87N}} < 0,249 \text{ A}$
  
- ✗ Entonces:  $I_{\text{ajuste "relé" 87N}} = 0.22 \text{ A}$   
 (corresponde a  $V_{\text{ajuste "relé" 87N}} = 8.8 \text{ V}$ )



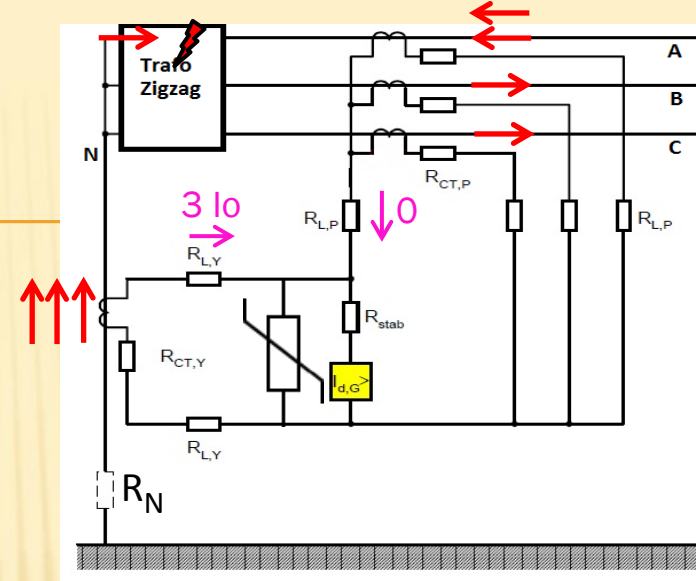
# 87N VARISTOR EN PARALELO

- Si ocurre un pico de tensión secundaria ante falta interna se debe colocar un varistor en paralelo con el “relé” 87N de manera de limitar el pico de tensión.



# 87N VARISTOR EN PARALELO

- ✗ Pico de tensión para falta interna.
  - ✗ Si se asumiera linealidad (que no es cierto) o sea que el TI no saturó aún para un CC en borne primario de un TI.
  - ✗ IN de los 3 TIs de fases = 0 (pues es  $I_0 + I_0 - 2I_0 = 0$ )
  - ✗ IN del neutro =  $320 \text{ Ap} = 16 \text{ As}$
  - ✗ V en “relé” 87N  $\approx 40 \text{ ohm} * 16 \text{ A} = 640 \text{ Vs}$   
V pico en “relé” 87N  $\approx \sqrt{2} * 640 \text{ V} = \mathbf{909 \text{ Vs pico}}$  (asumiendo senoide)
- ⇒ requeriría varistor (si el sistema fuera lineal, que no lo es)



# 87N VARISTOR EN PARALELO

- ✖ Pico de tensión para falta interna

$$V_{pico} = 2 * \sqrt{2} * \sqrt{V_{codo} * (V_{maxTI} - V_{codo})}$$

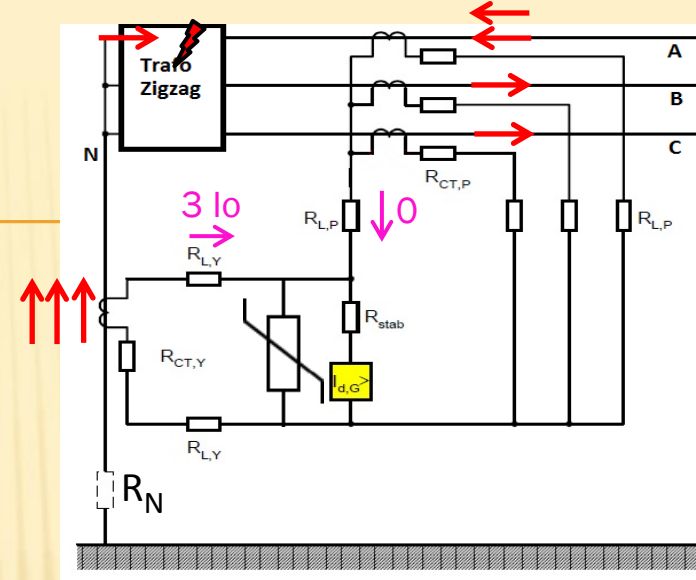
$V_{codo}$  = tensión de saturación

$V_{maxTI}$  = tensión interna del TI en ausencia de saturación  
vista desde “adentro” del TI

- ✖  $V_{maxTI} = I_{cc\_int-M\acute{a}x} * (R_{intTI} + R_{cables} + R_{stab} + Z_{rel\acute{e}}) =$   
 $= I_{Np}/K_i * (R_{intTI} + R_{cables} + R_{stab} + Z_{rel\acute{e}})$   
 $= 16 * (0.05 + 0.351 + 40 + 0.02) = 16 * 40.42$   
 $= 647 \text{ V}$

- ✖  $V_{pico} = 2 * \sqrt{2} * \sqrt{20 * (647 - 20)} = 2 * \sqrt{2} * \sqrt{12540} = 2 * \sqrt{2} * 112 = 317 \text{ V}$

En el límite entre precisar o no varistor



# 87N VARISTOR EN PARALELO

## ✖ Datos para determinar el varistor necesario:

- +  $V_{pico}$  calculada
- + Ajuste del relé 87N (umbral Veficaz)
- + Corrientes secundaria de falta ( $3 \cdot I_o$  As)
- + Tiempo máximo de despeje de la falta interna

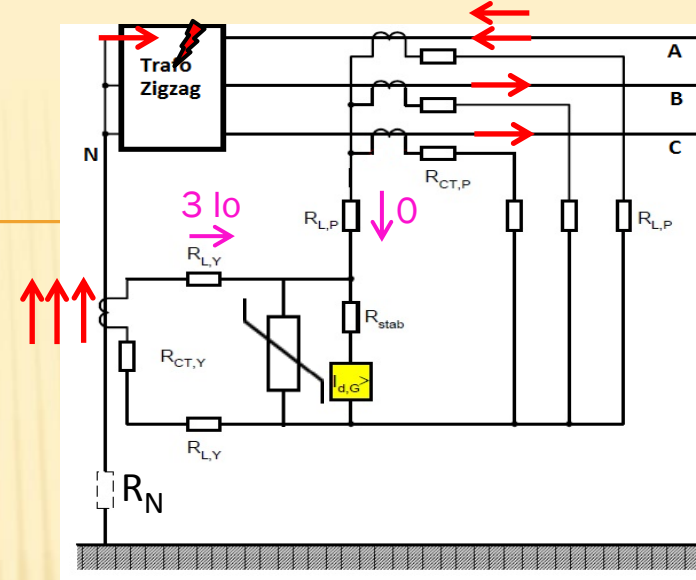
## ✖ Con esa información y el manual del fabricante de varistores se debe poder determinar el modelo del varistor, que incluye:

- + Tensión nominal ( $V_{ac}$ )
- + Potencia nominal (W)
- + Absorción nominal de energía (J)
- + ...

Esto es variable según el fabricante y la gama de modelos.

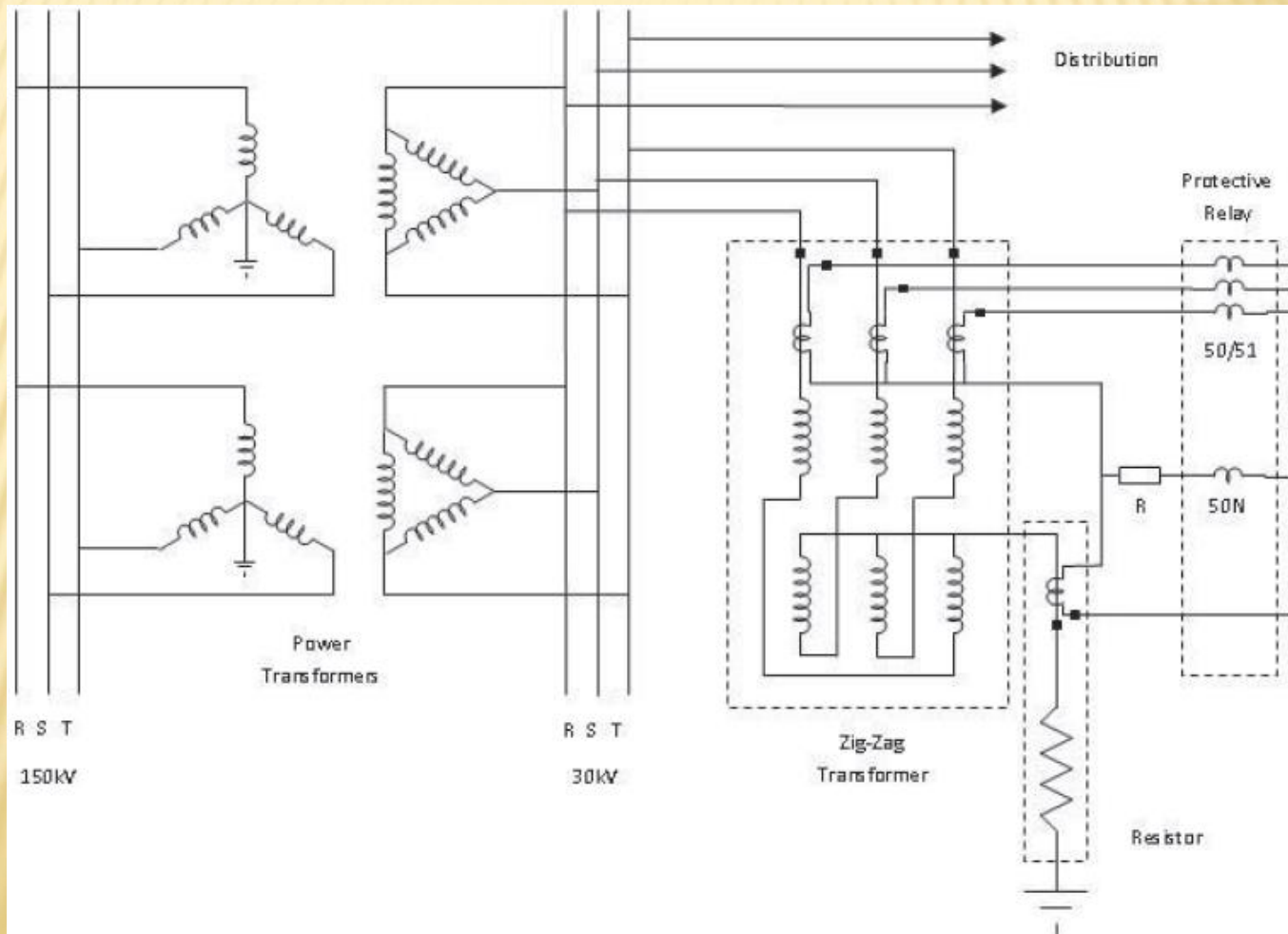
## ✖ Un fabricante (Metrosil) presenta los datos de sus varistores (según los moldeos) mediante:

- + Gráficas tensión-corriente
- + Tablas
- + Ecuaciones



# 50/51 SOBRECORRIENTES

- ✖ Se colocan en las fases pero son en general funciones homopolares (por ser un zigzag)
- ✖ 51 se puede colocar también en el neutro (51N)



# 50 SOBRECORRIENTE INSTANTÁNO

- ✗ Protección para defectos polifásicos internos al Zigzag.
- ✗ Si dispara antes que el TI sature (o sature completamente), sirve.
- ✗ No disparar ante defectos externos.  
 $I_{arr\_50} > I_{o\ máx\ cc\ externo} = 107\ Ap$   
 $I_{arr\_50} > 5.35\ As$
- ✗ No disparar por el inrush de energización del Zigzag.  
 $I_{arr\_50} > I_{irush\ Zz} = 10 * 1.15 * I_N = 10 * 1.15 * 40\ Ap = 460\ Ap$   
 $I_{arr\_50} > 23\ As$   
no sería necesario cumplir esta desigualdad si el relé toma solo la fundamental, (filtrar la 2a. armónica, etc.) ya que el 50 queda bastante insensible al inrush.
- ✗ Disparar para defectos FT internos cercanos a los bushings de fase.  
 $I_{arr\_50} < 2 I_{o\ máx\ cc\ externo} = 213\ Ap$   
 $I_{arr\_50} < 10.65\ As$   
No es imprescindible que se cumpla esta desigualdad, ya que el 87N protege ante defectos FT internos.  
Podría cumplirse si el relé 50 fuese inmune al inrush (2a armónica).

# 50 SOBRECORRIENTE INSTANTÁNO

- ✖ Disparar para defectos polifásicos internos

$I_{arr} < I_{cc} \text{ FFF o FF interno (por ej. en los bushings de fases) = por ej. 2000 o 4000 Ap}$

$I_{arr} < \text{por ej. 100 o 200 As}$

Cuanto más bajo sea el ajuste, más sensible será a defectos polifásicos.

- ✖ Resumen.

- +  $I_{arr\_50} > 5.35 \text{ As}$

- +  $I_{arr\_50} > 23 \text{ As}$

- +  $I_{arr\_50} < 100 \text{ As}$

- ✖ Se elije por ej.  $I_{arr\_50} = 30 \text{ As}$

# 51 SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO

- ✗ Proteger ante sobrecargas del Zigzag y la RN.
- ✗ Respaldo de la protección de radiales para cortos FT.
- ✗ Si llega a saturar algún TI pero luego deja de saturar, el efecto en la temporización puede ser despreciable, o no.
- ✗ No permitir sobrecarga en forma permanente del Zigzag ni de la RN  
larr\_51 < nivel de sobrecarga permanente (tanto del zigzag como del la RN)  
larr\_51 <  $40/3 A_p$  (dividido 3 si la función 51 se ubica en las fases)  
larr\_51 < 0.666 As
- ✗ Que esté por debajo de la curva de soportabilidad de sobrecarga de Zigzag y RN  
Que no permita más que la sobrecarga temporaria admisible  
(de 400A - 10s para Zz y RN en este caso).
- ✗ Que coordine con 51N de radiales.
- ✗  $\Rightarrow$  Curva y dial. Por ej. Muy inversa IEC, dial ¿?