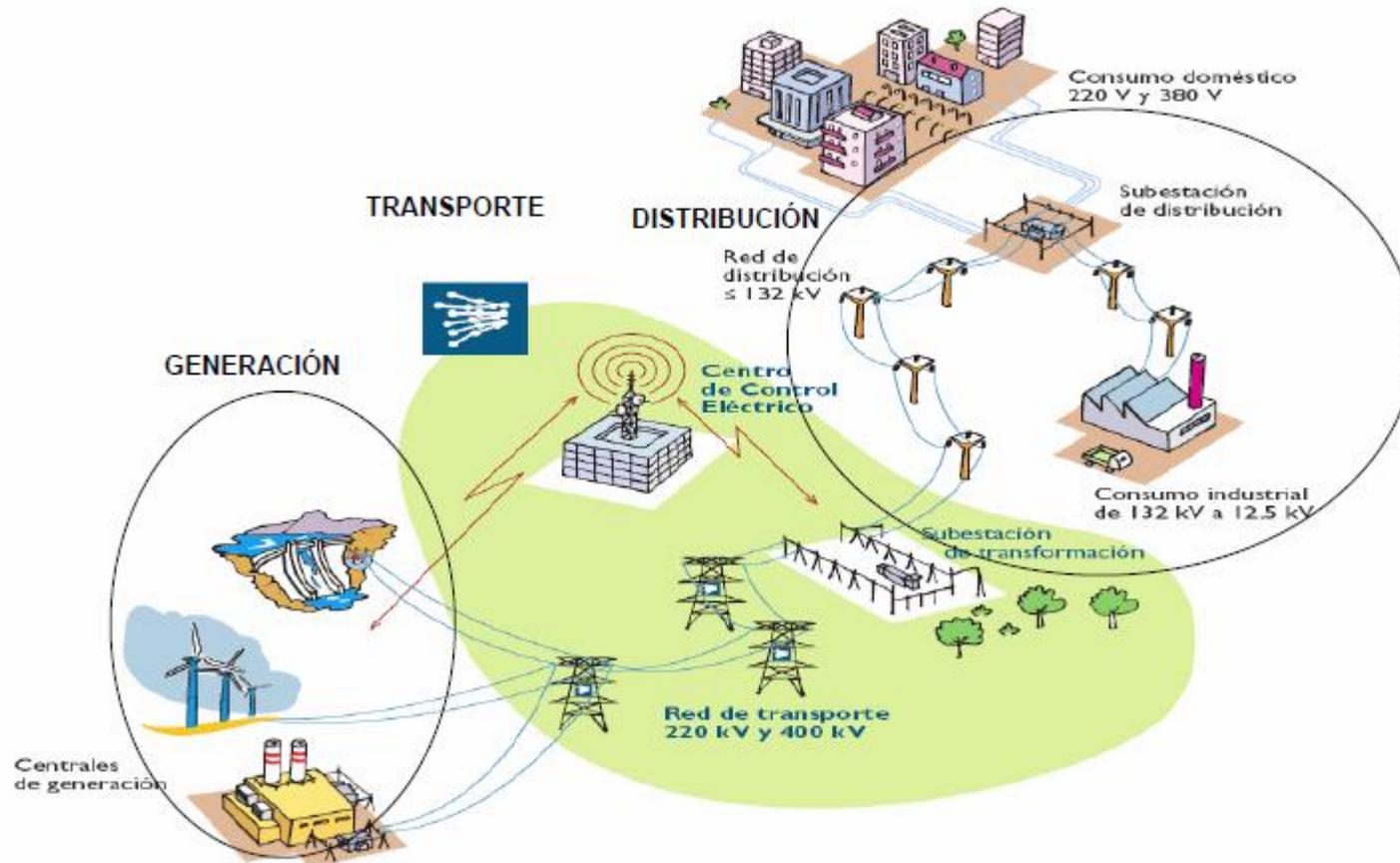




TALLER

ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA (SEP)



<http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-1-aspectos-basicos-de-la-electricidad/>

SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA (SEP)

- ❑ Los SEP son diseñados para generar energía eléctrica para satisfacer la demanda de los usuarios y prevenir las demandas futuras.
- ❑ Los equipos instalados en el SEP deberán ser mantenidos en perfecto estado de operación.
 - Diseño y mantenimiento.
 - Controlando para minimizar los efectos

¿QUÉ PROTEGEMOS?



¿POR QUÉ NECESITAMOS PROTECCIÓN?



¿POR QUÉ NECESITAMOS PROTECCIÓN?



¿POR QUÉ NECESITAMOS PROTECCIÓN?



¿POR QUÉ NECESITAMOS PROTECCIÓN?



¿POR QUÉ NECESITAMOS PROTECCIÓN?



ORIGEN DE LAS FALLAS

Los SEP normalmente se encuentran operando en condiciones de estado estacionario. Sin embargo están sujetos a fallas producidas por diversas causas.

- Fallas propias del SEP.
- Fenómenos externos.
- Errores humanos.

FLASHOVER / BACK FLASH OVER



https://www.researchgate.net/publication/224226487_380_kV_Corona_Ring_Optimization_for_ac_Voltages/figures



https://dbnst.nii.ac.jp/view_image/4488/9277?height=873&width=728

NECESIDAD DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- Proteger a las personas.
- Minimizar el daño al equipamiento.
- Protección ante sobrecargas.
- Aislar la zona de falla.
- Incrementar la estabilidad del sistema.

OBJETIVOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS PROTECCIÓN

1. **Confiabilidad:** Seguridad que la protección actuará correctamente.
2. **Selectividad:** Máxima continuidad del servicio con las desconexiones mínimas en el sistema.
3. **Velocidad:** Mínima duración de la falla.
4. **Simplicidad:** Mínimos equipos de protección y circuitos asociados para lograr los objetivos.
5. **Economía:** Máxima protección al mínimo costo total.

OTROS TÉRMINOS USADOS

- ❑ **Seguridad:** Capacidad de no actuar cuando no es necesario.
- ❑ **Sensibilidad:** Es la capacidad de detectar una falla por muy pequeña que sea.
- ❑ **Capacidad de registro:** Capacidad de almacenar información relativa a la falla.

VELOCIDAD, SELECTIVIDAD, CONFIABILIDAD

La protección debe:

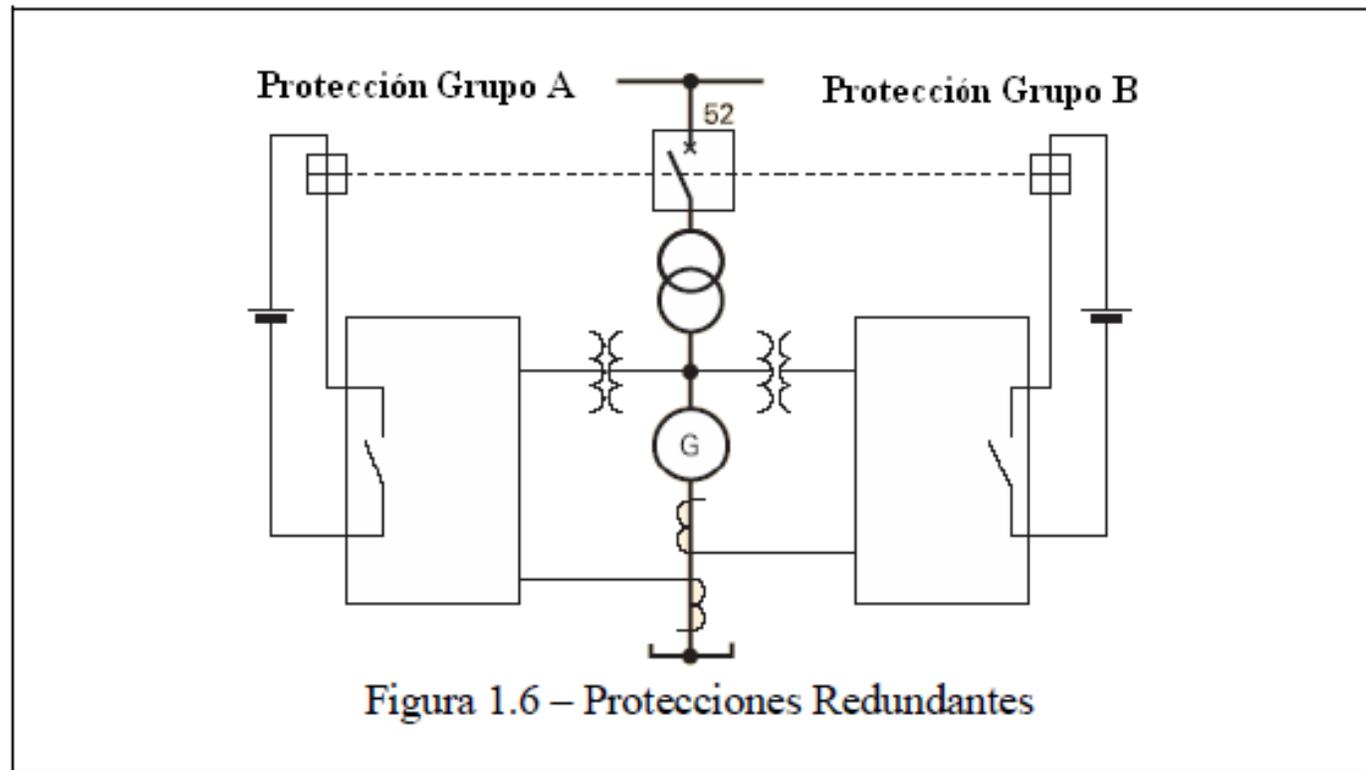
- Detectar una condición anormal en el sistema
- Actuar rápidamente
- Responder apropiadamente

VELOCIDAD, SELECTIVIDAD, CONFIABILIDAD

No es tan fácil como parece:

- ¿Cómo detectamos algo que sucede a kilómetros?
- ¿Cómo reaccionamos lo suficientemente rápido? La electricidad viaja prácticamente a la velocidad de la luz.
- ¿Cómo nos aseguramos que la acción de respuesta sea la correcta? Una respuesta inadecuada puede agravar la condición anormal.

PROTECCIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIA



Requisitos mínimos para los sistemas de protección del SEIN (<http://www.coes.org.pe/portal/>)

COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- Relé de Protección.
- Interruptor de Potencia.
- Transformadores de Tensión y de Corriente.
- Comunicaciones.
- Servicios auxiliares.
- Otros.

COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN



¿CÓMO HACER LAS APLICACIONES CORRECTAMENTE?

1. Ingeniería

- Zonas de protección, estudios de fallas, diseños esquemáticos
- Ajustes de los relés y lógicas

2. Construcción y Puesta en Servicio

- Pruebas de funcionamiento.
- Calibración de relés.
- Pruebas Funcionales

¿CÓMO HACER LAS APLICACIONES CORRECTAMENTE?

3. Mantenimiento

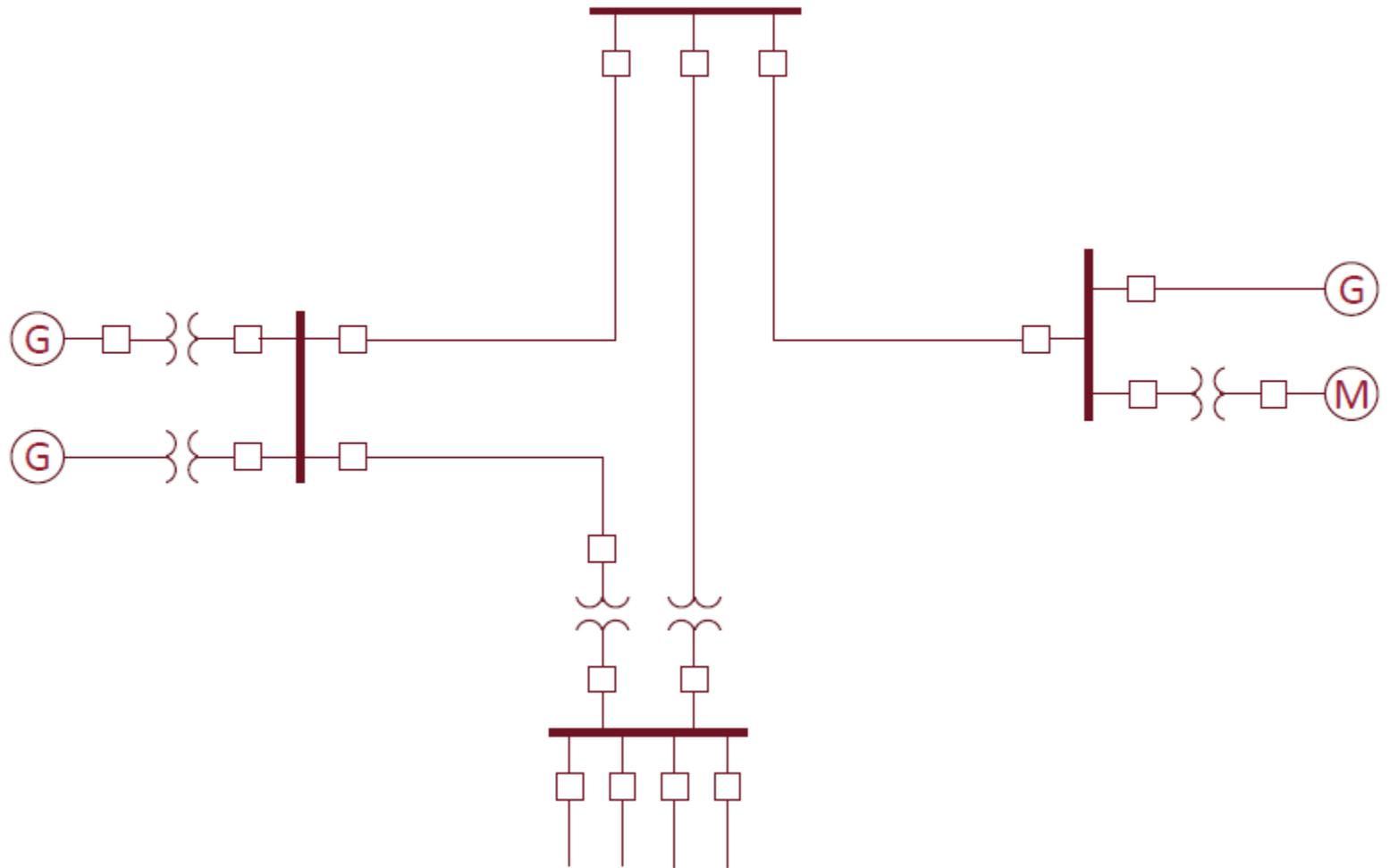
- Lecturas periódicas en servicio, pruebas del relé, verificaciones de disparo, monitoreo y mantenimiento de interruptores, mantenimiento del sistema de batería.
- Análisis de Eventos.
- Verificación de ajustes.

COMO NO HACERLO CORRECTAMENTE

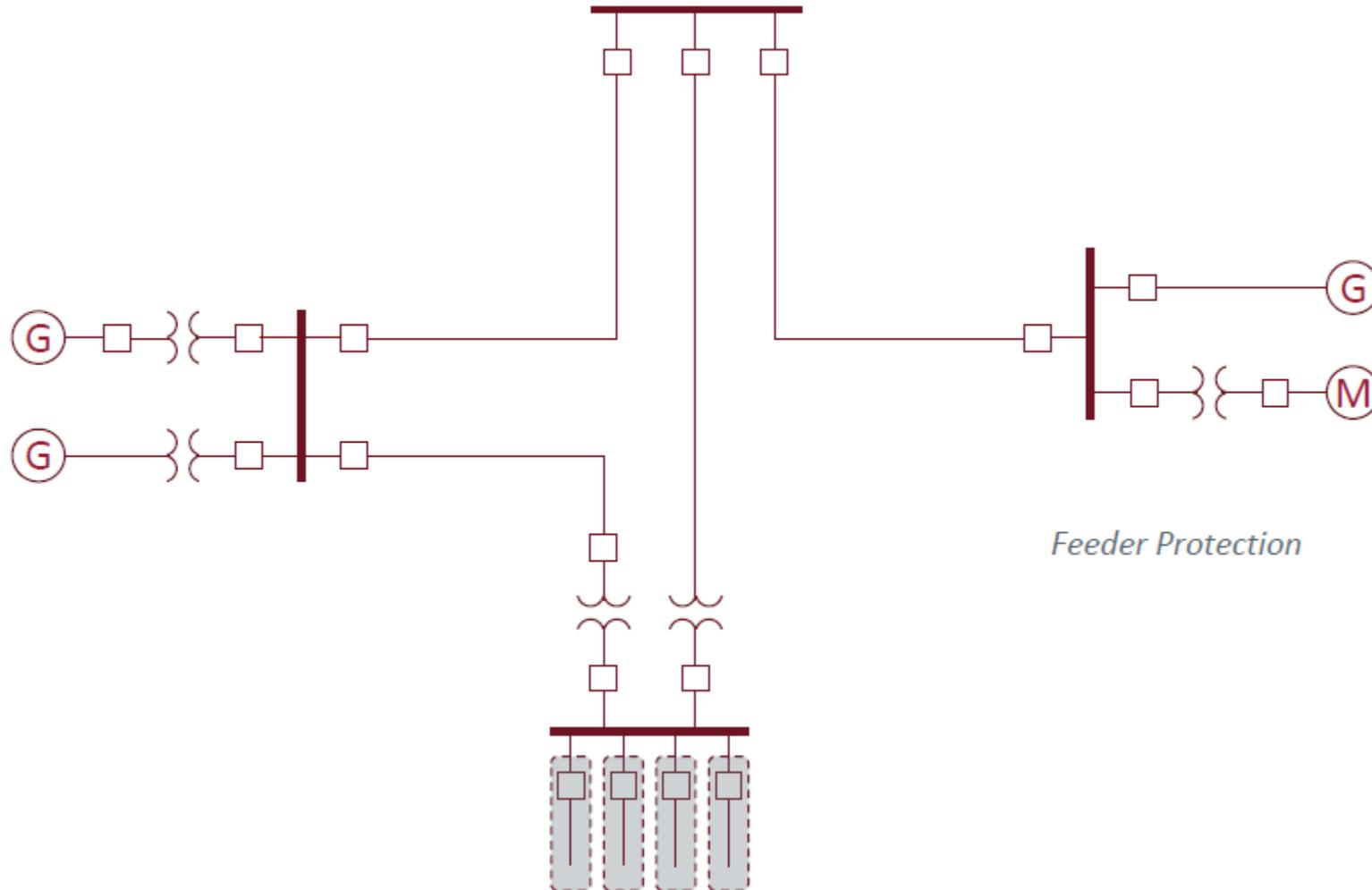


https://youtu.be/kVXi_OH_ZzM

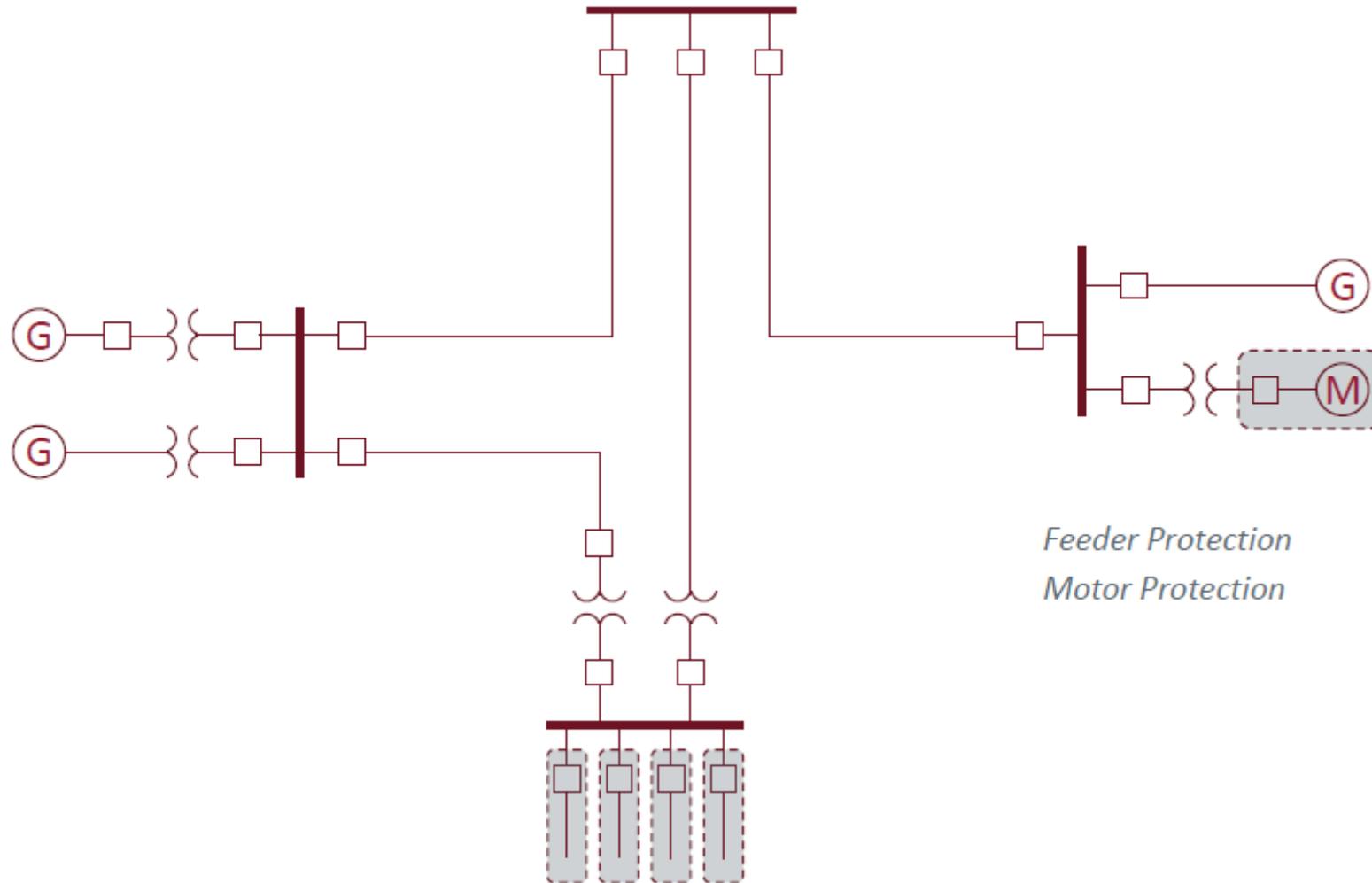
ZONAS DE PROTECCIÓN



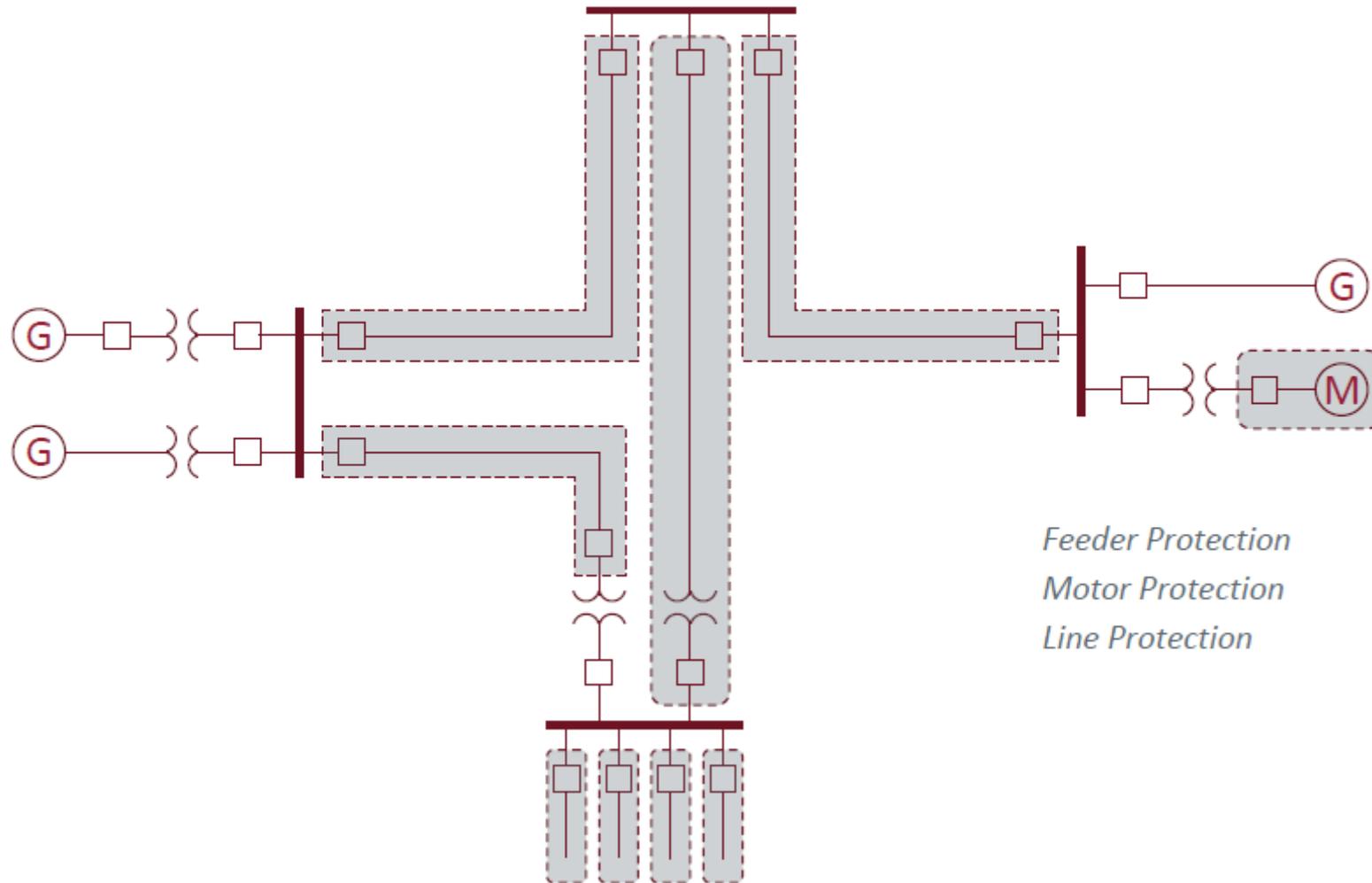
ZONAS DE PROTECCIÓN



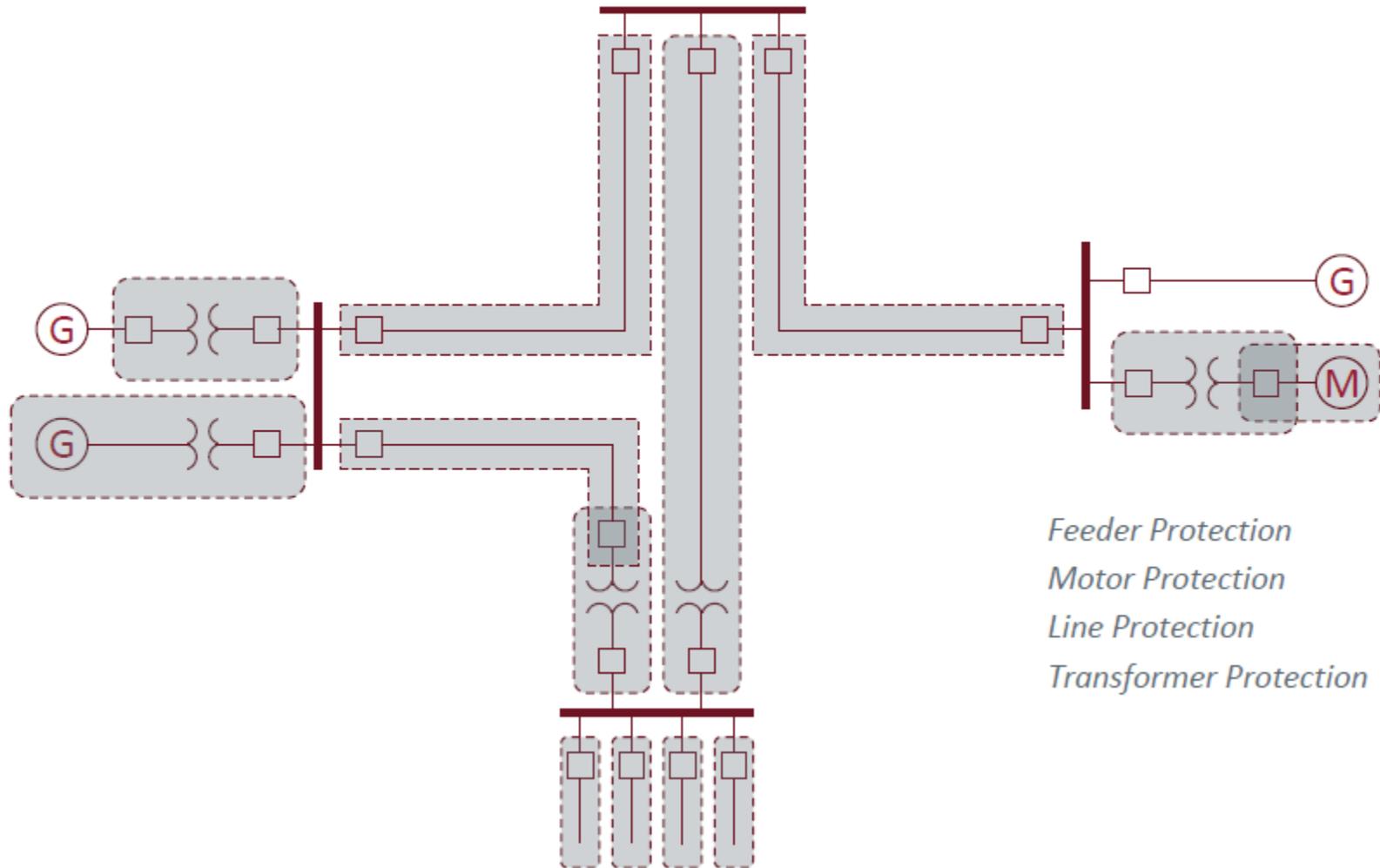
ZONAS DE PROTECCIÓN



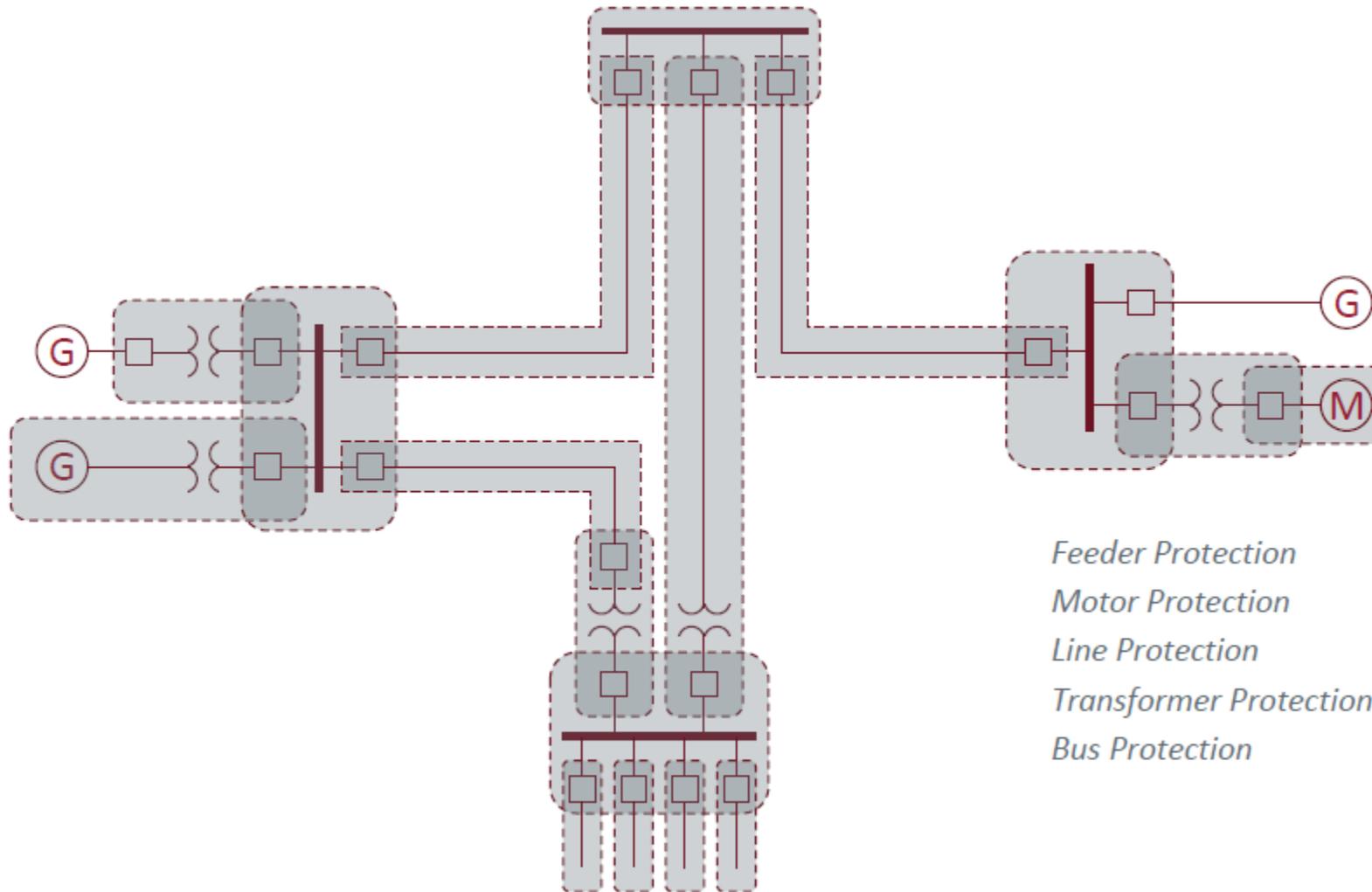
ZONAS DE PROTECCIÓN



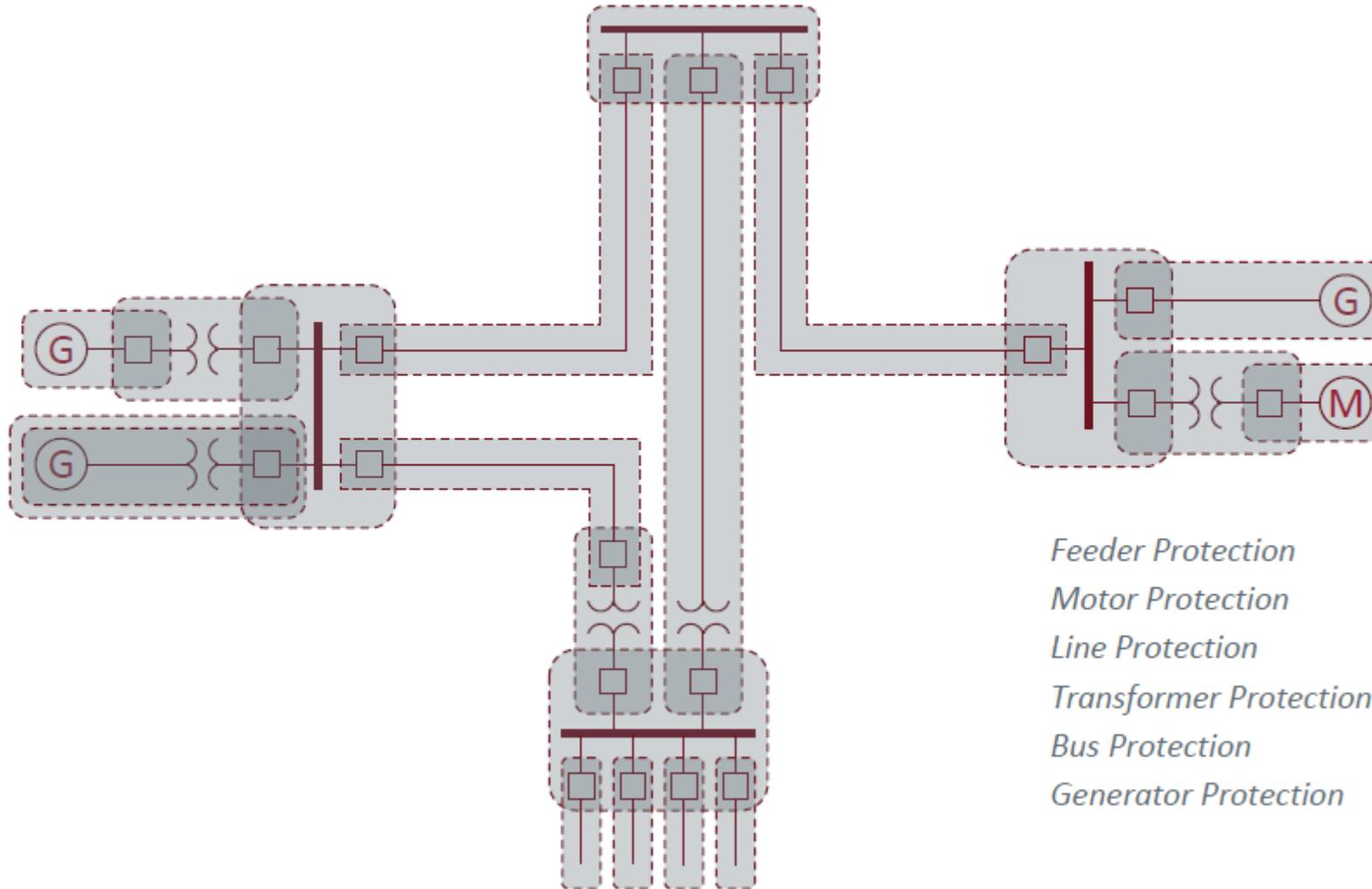
ZONAS DE PROTECCIÓN



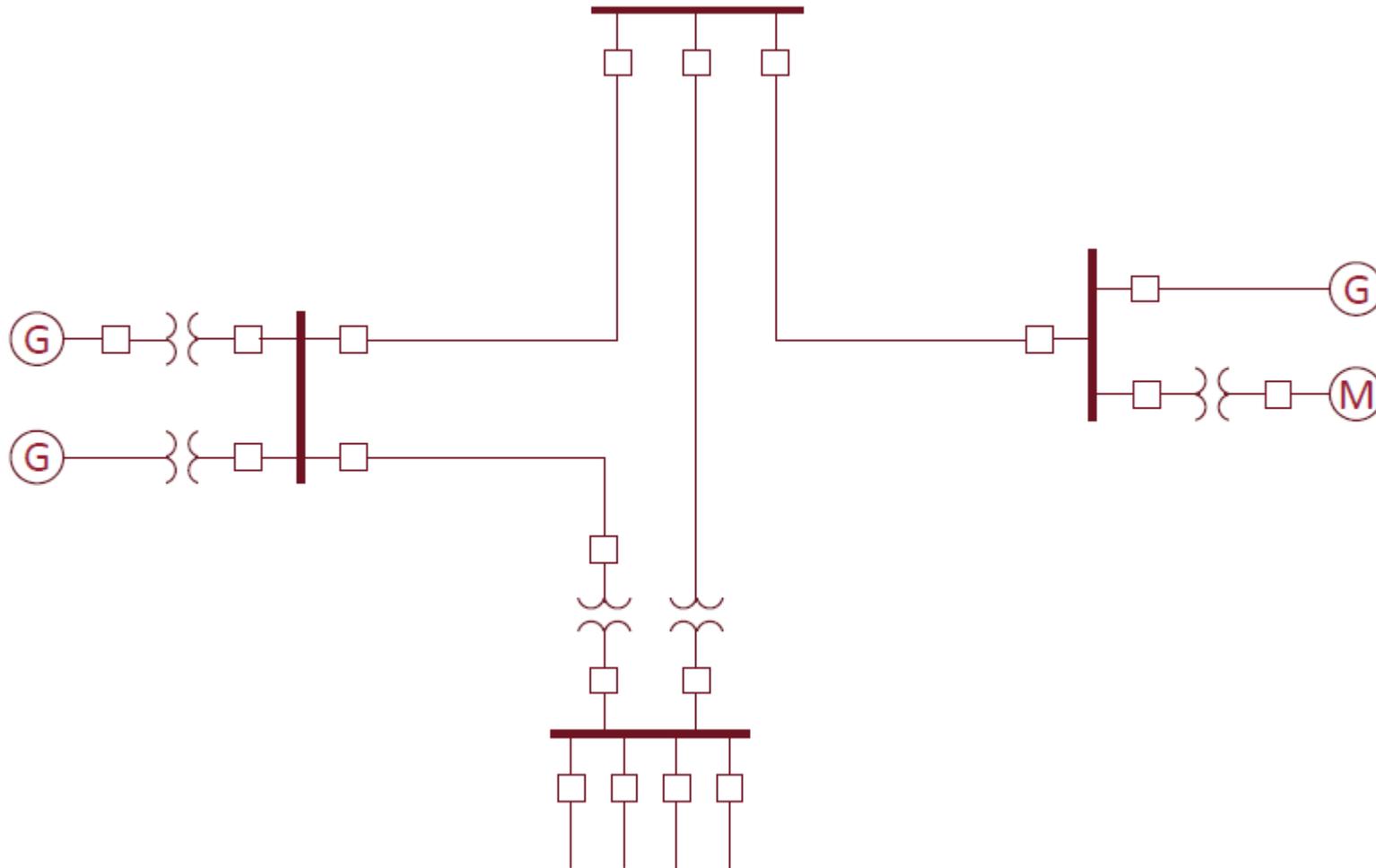
ZONAS DE PROTECCIÓN



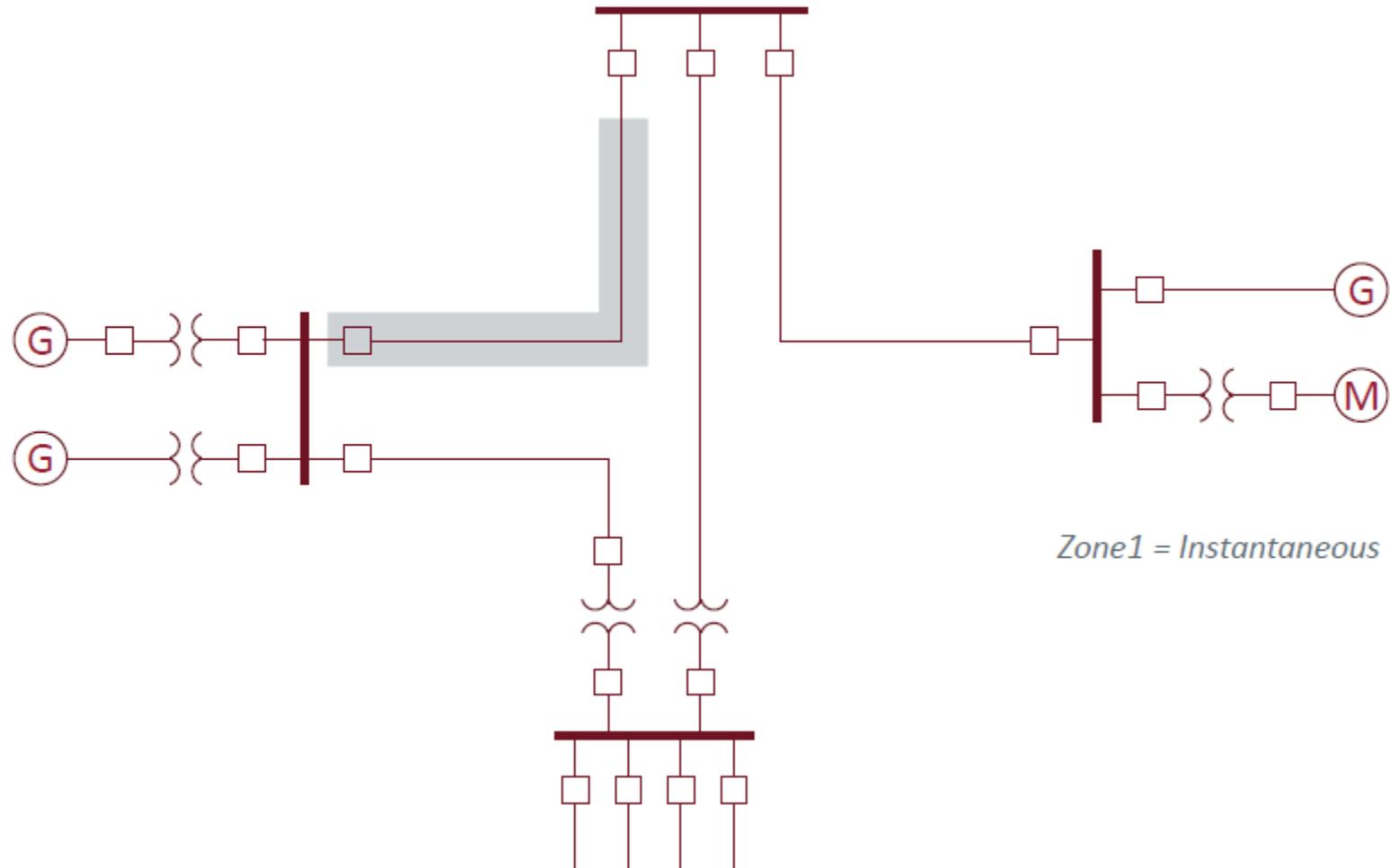
ZONAS DE PROTECCIÓN



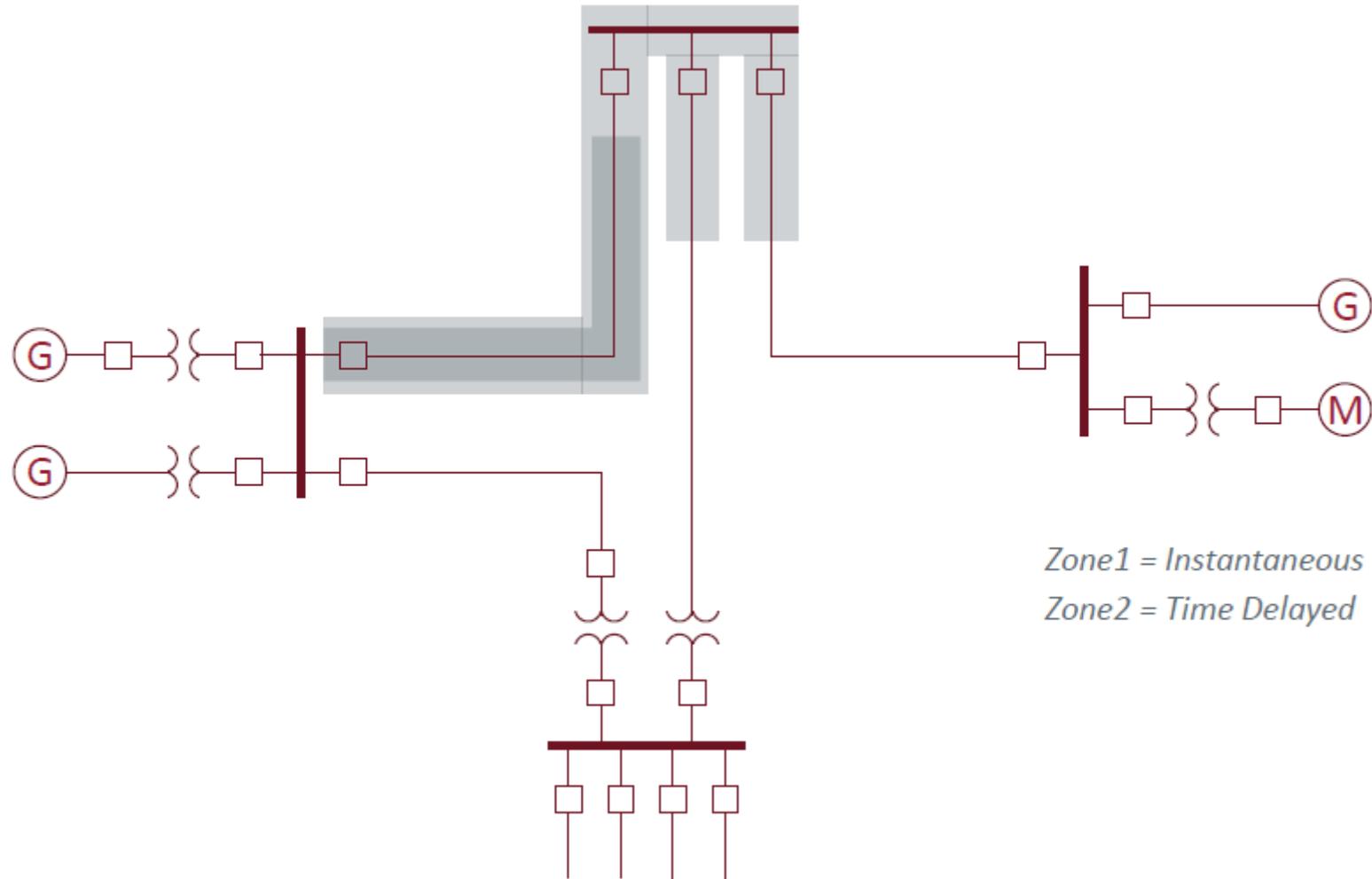
COORDINACIÓN Y RESPALDO



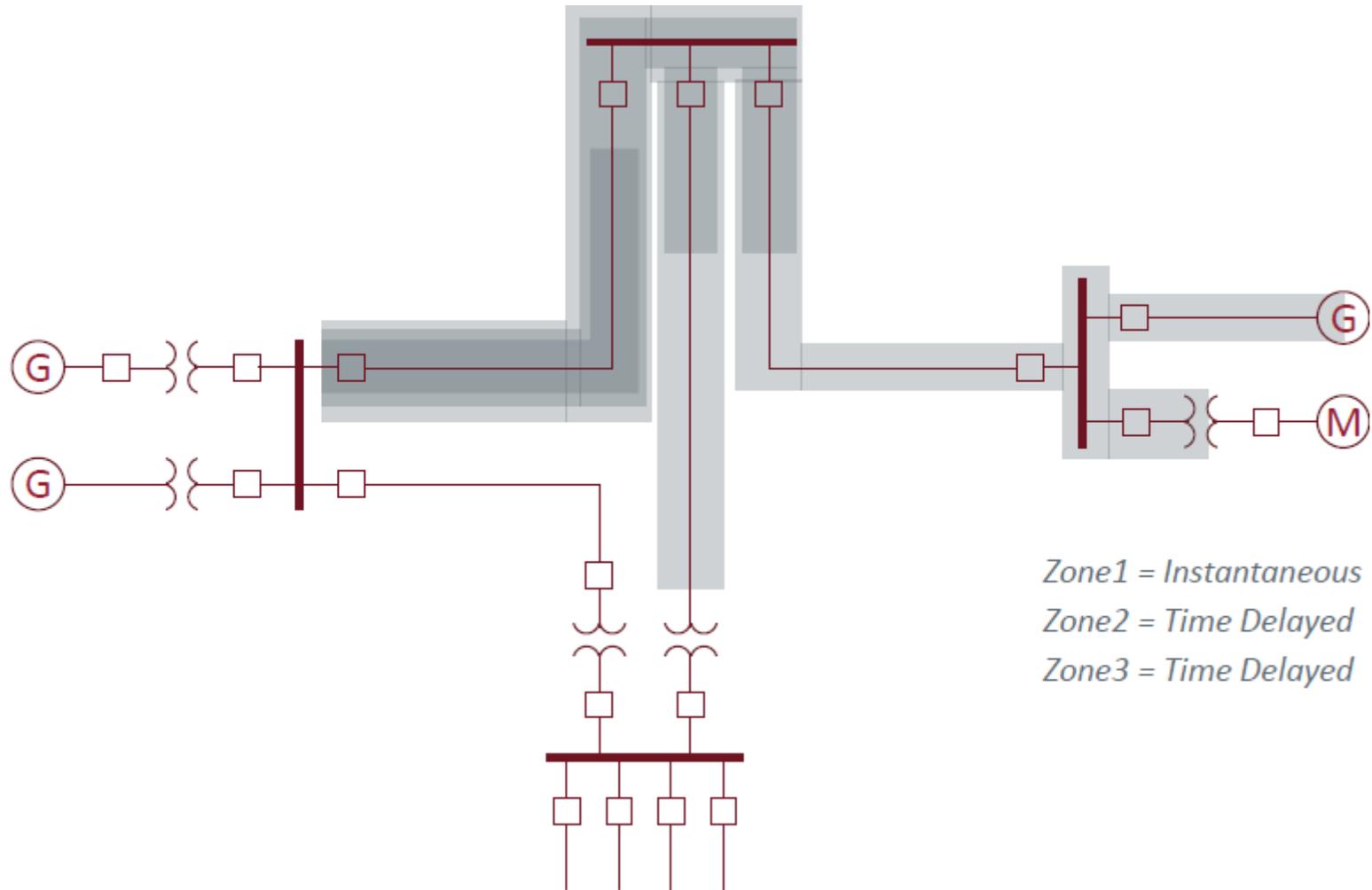
COORDINACIÓN Y RESPALDO



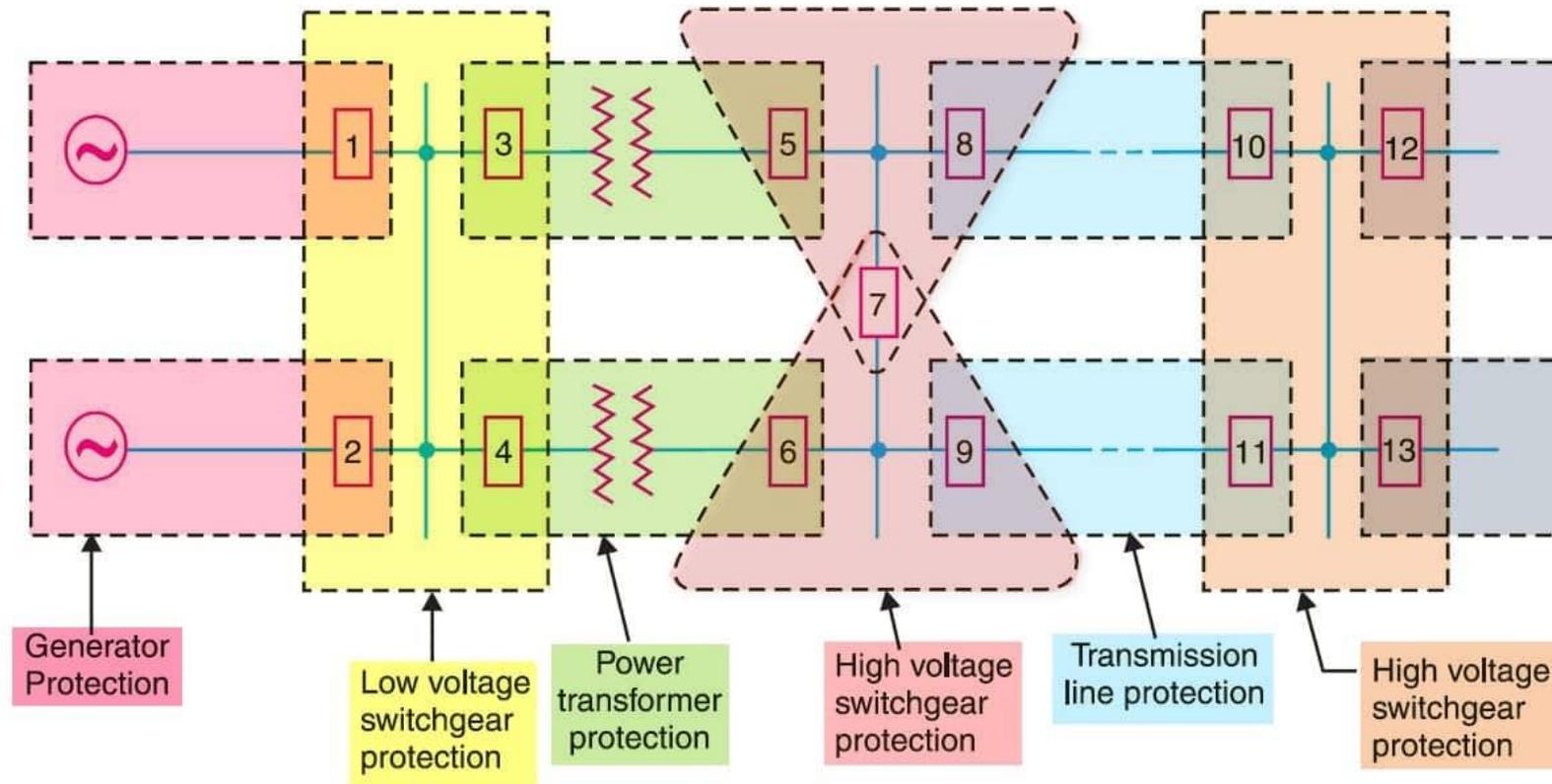
COORDINACIÓN Y RESPALDO



COORDINACIÓN Y RESPALDO



ZONAS DE PROTECCIÓN



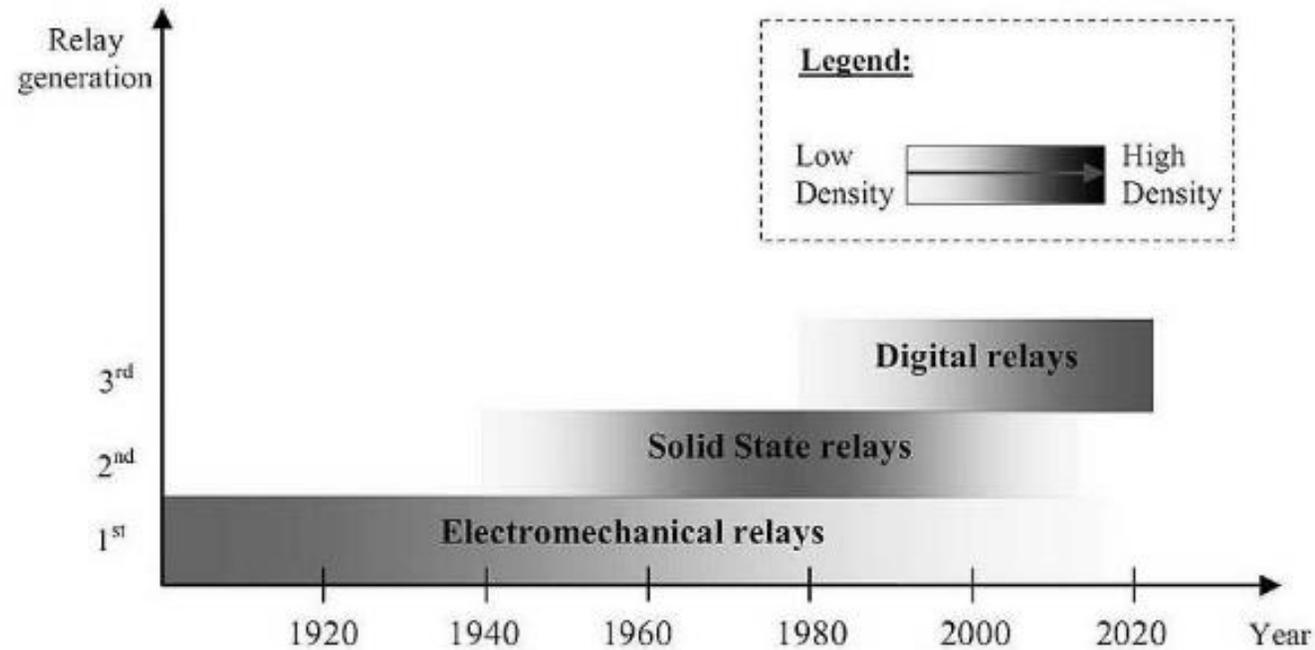
https://dbnst.nii.ac.jp/view_image/4488/9277?height=873&width=728

RELÉS DE PROTECCIÓN

Evolución Histórica

- Relés Electromecánicos.
- Relés de Estado Sólido.
- Relés Digitales.

RELÉS DE PROTECCIÓN

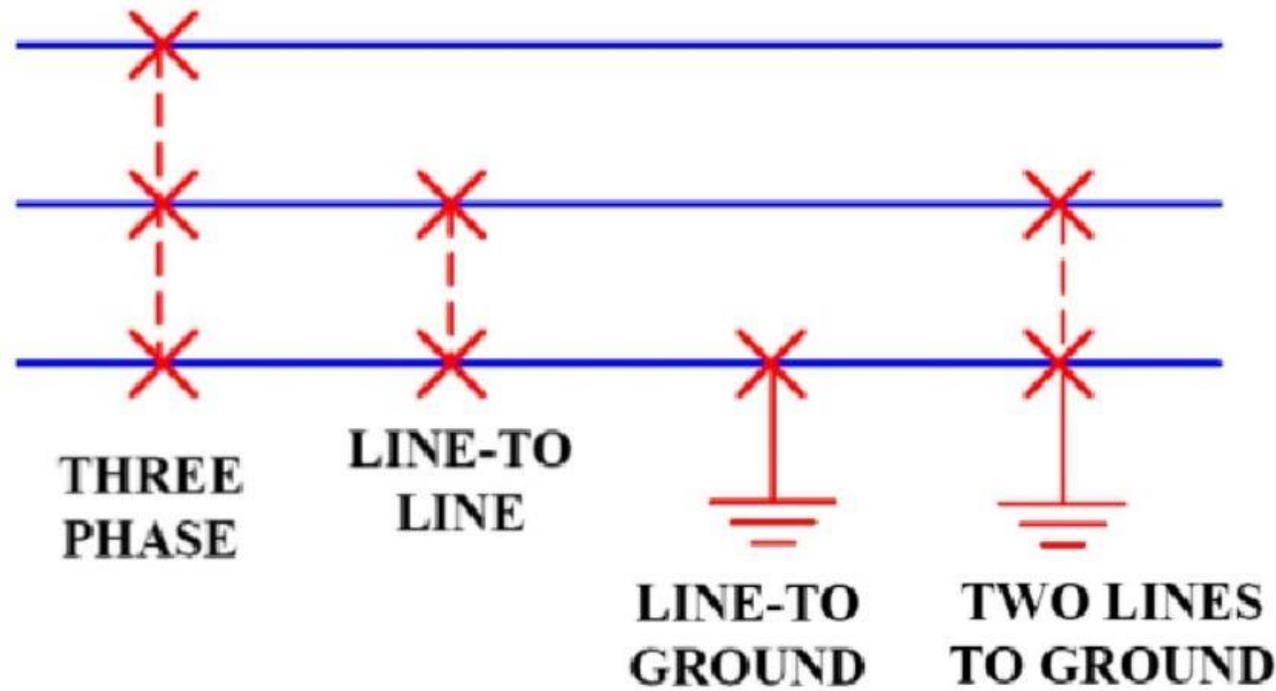


The different eras of protective relays

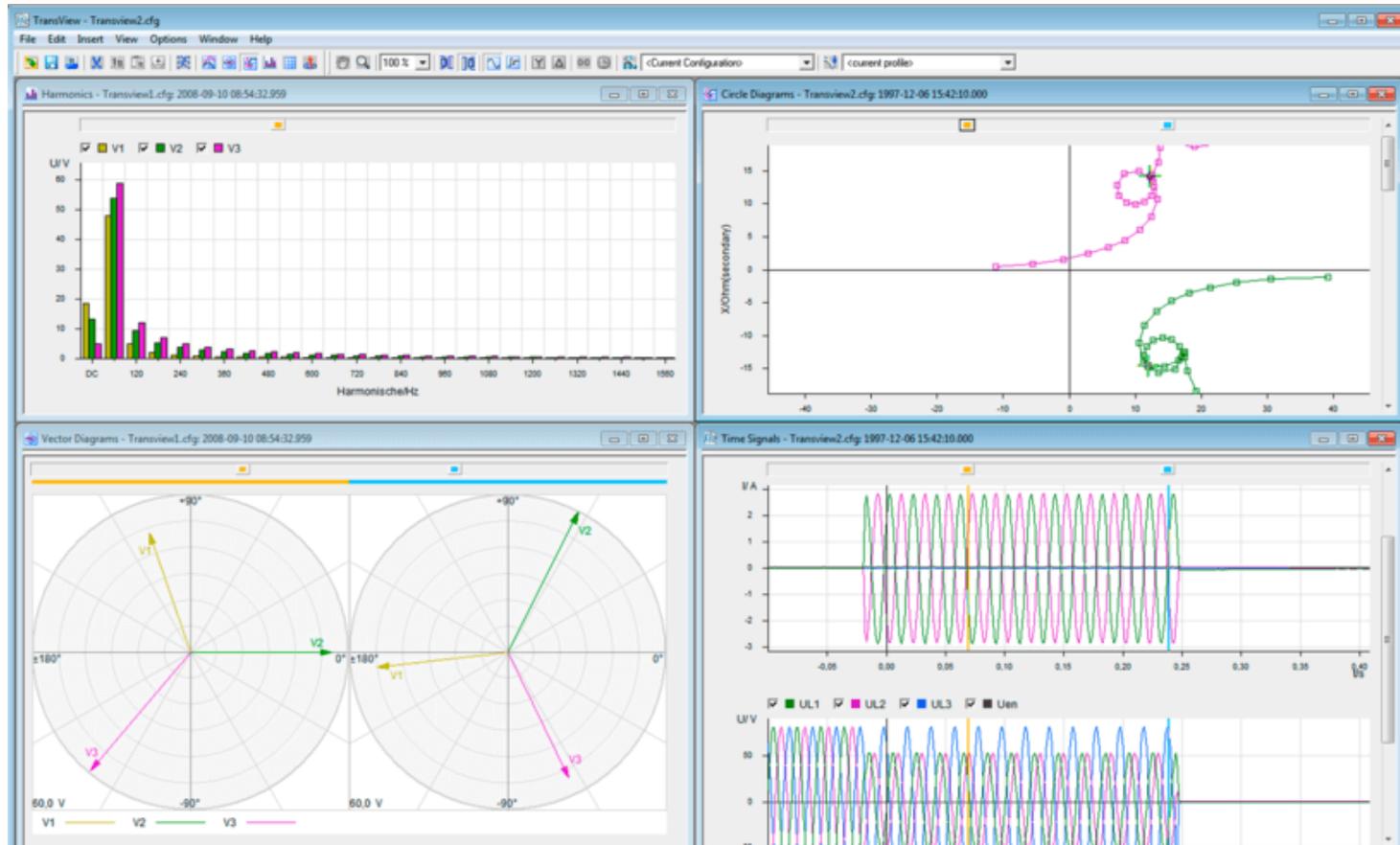
https://www.researchgate.net/publication/268504941_A_review_on_protective_relays'_developments_and_trends

TIPOS DE FALLAS

Fault Types (Shunt)



ANÁLISIS DE OSCILOGRAFÍAS



<https://www.omicronenergy.com/es/productos/transview/>

TRANSFORMADORES INSTRUMENTACIÓN

DE

- Término estándar usado para los transformadores de corriente y tensión.
- Representan elementos extremadamente importantes para las Protecciones Eléctricas.
- La selección inadecuada de sus características puede conducir a una protección inadecuada de la red.

TRANSFORMADORES INSTRUMENTACIÓN

DE

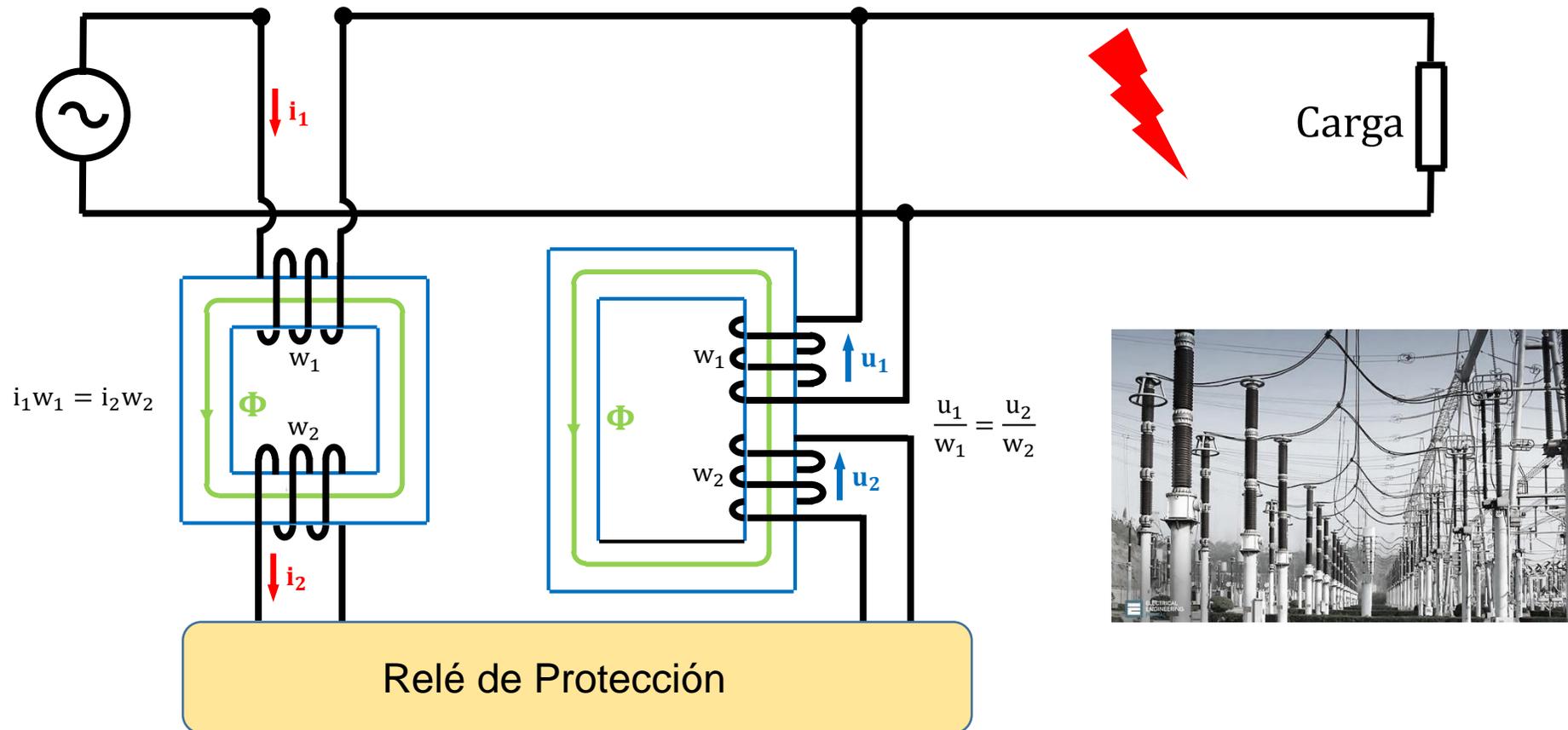
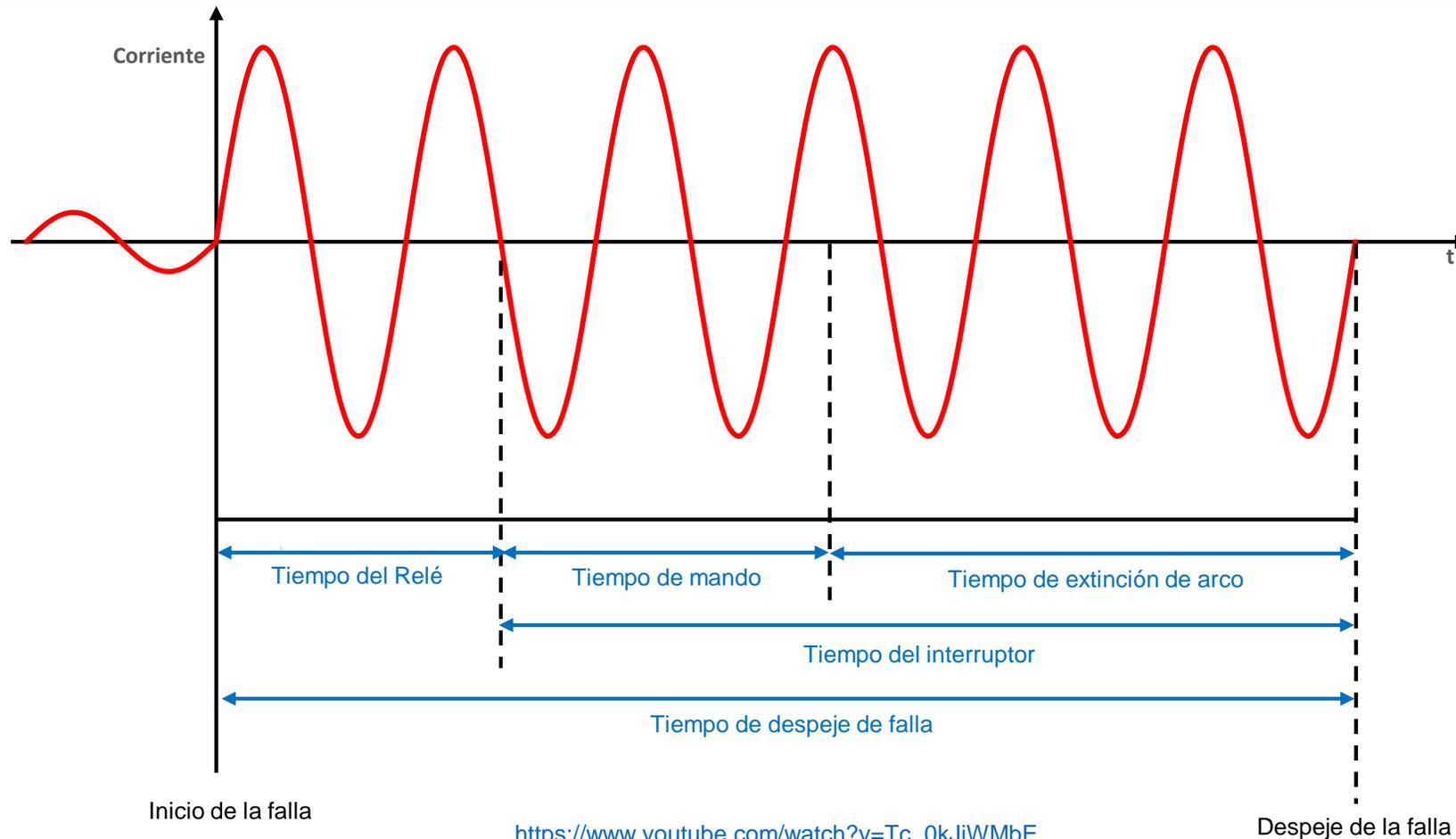
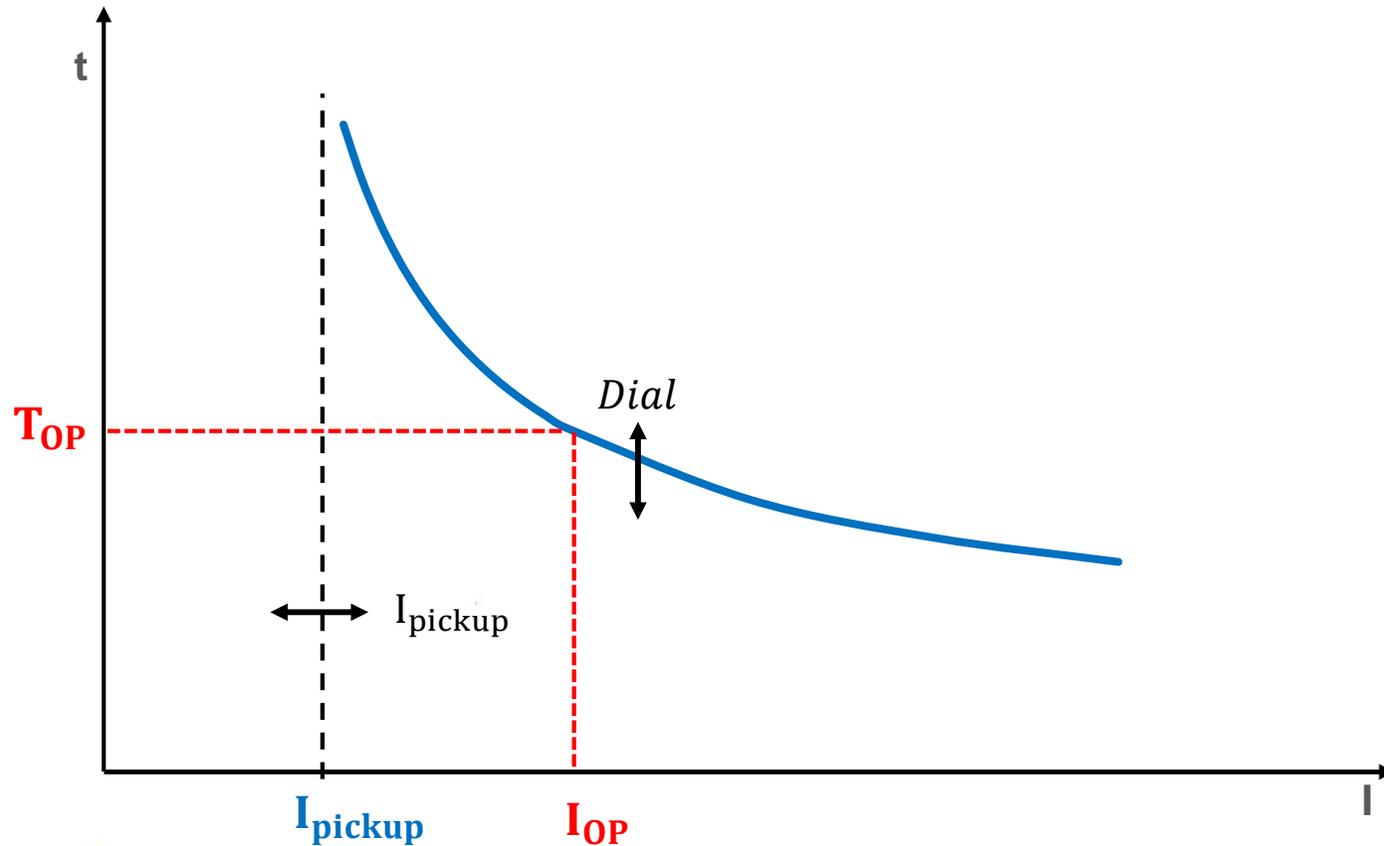


DIAGRAMA DEL TIEMPO DE DESPEJE DE FALLA



https://www.youtube.com/watch?v=Tc_0kJiWMbE

RELÉ DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO (51) – ACTUALIDAD



$$T_{OP} = \left[\frac{A}{\left(\frac{I_{OP}}{I_{pickup}} \right)^{B-C}} + D \right] \frac{Dial}{E}$$

Ajustes:

Curva: A, B, C, D, E

I_{pickup} : Corriente de arranque

Dial

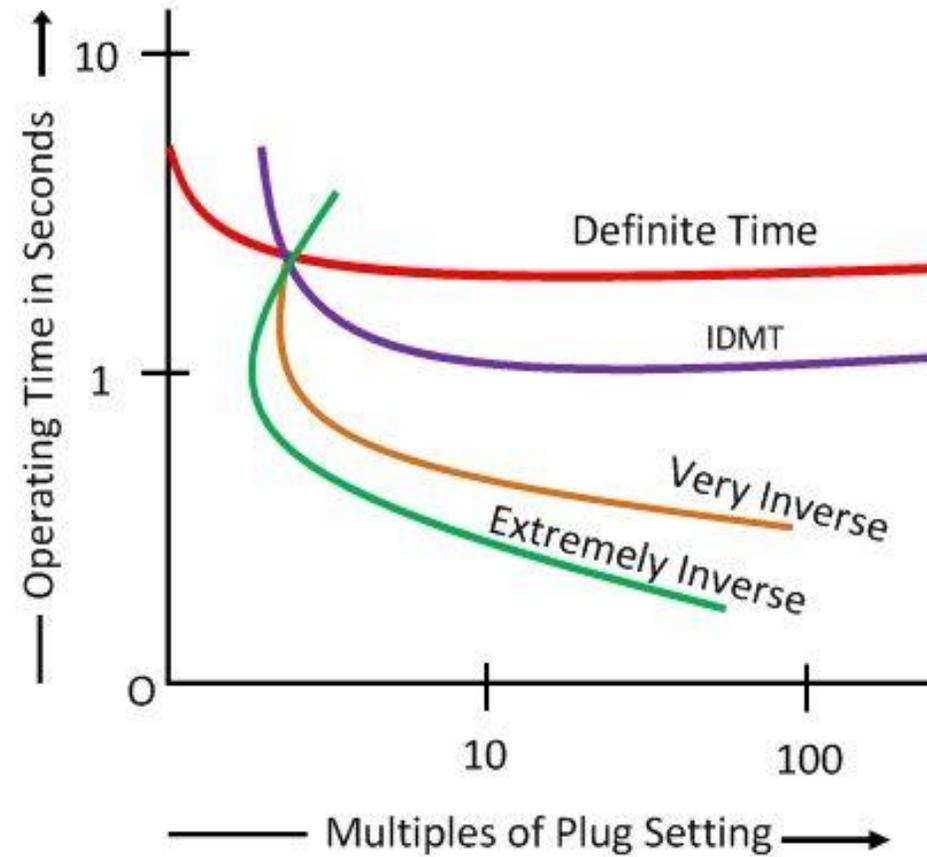
CARACTERÍSTICAS SEGÚN IEC

Característica		Constantes	Ecuación
Normalmente Inverso Normally Inverse	NI	$A = 0.14, B = 0.02, C = 1, D = 0, E = 1$	$t = \frac{0.14}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{0.02} - 1} \cdot D [s]$
Muy Inversa Very Inverse	VI	$A = 13.5, B = 1, C = 1, D = 0, E = 1$	$t = \frac{13.5}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} \cdot D [s]$
Extramadamente Inversa Extremely Inverse	EI	$A = 80, B = 2, C = 1, D = 0, E = 1$	$t = \frac{80}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} \cdot D [s]$
Inversa de larga duración Long time Inverse	LI	$A = 120, B = 1, C = 1, D = 0, E = 1$	$t = \frac{120}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} \cdot D [s]$

CARACTERÍSTICAS SEGÚN IEEE/ANSI

Característica		Constantes	Ecuación
Normalmente Inverso Normally Inverse	NI	A = 44.67, B = 2.0938, C = 1, D = 0.8983, E = 5	$t = \left[\frac{8.9341}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{2.0938} - 1} + 0.17966 \right] \cdot D[s]$
Muy Inversa Very Inverse	VI	A = 19.61, B = 2, C = 1, D = 0.491, E = 5	$t = \left[\frac{3.922}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} + 0.0982 \right] \cdot D[s]$
Extramadamente Inversa Extremely Inverse	EI	A = 28.2, B = 2, C = 1, D = 0.1217, E = 5	$t = \left[\frac{5.64}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} + 0.02434 \right] \cdot D[s]$
Inversa de larga duración Long time Inverse	LI	A = 28.07, B = 2, C = 1, D = 10.9296, E = 5	$t = \left[\frac{5.6143}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} + 2.18592 \right] \cdot D[s]$

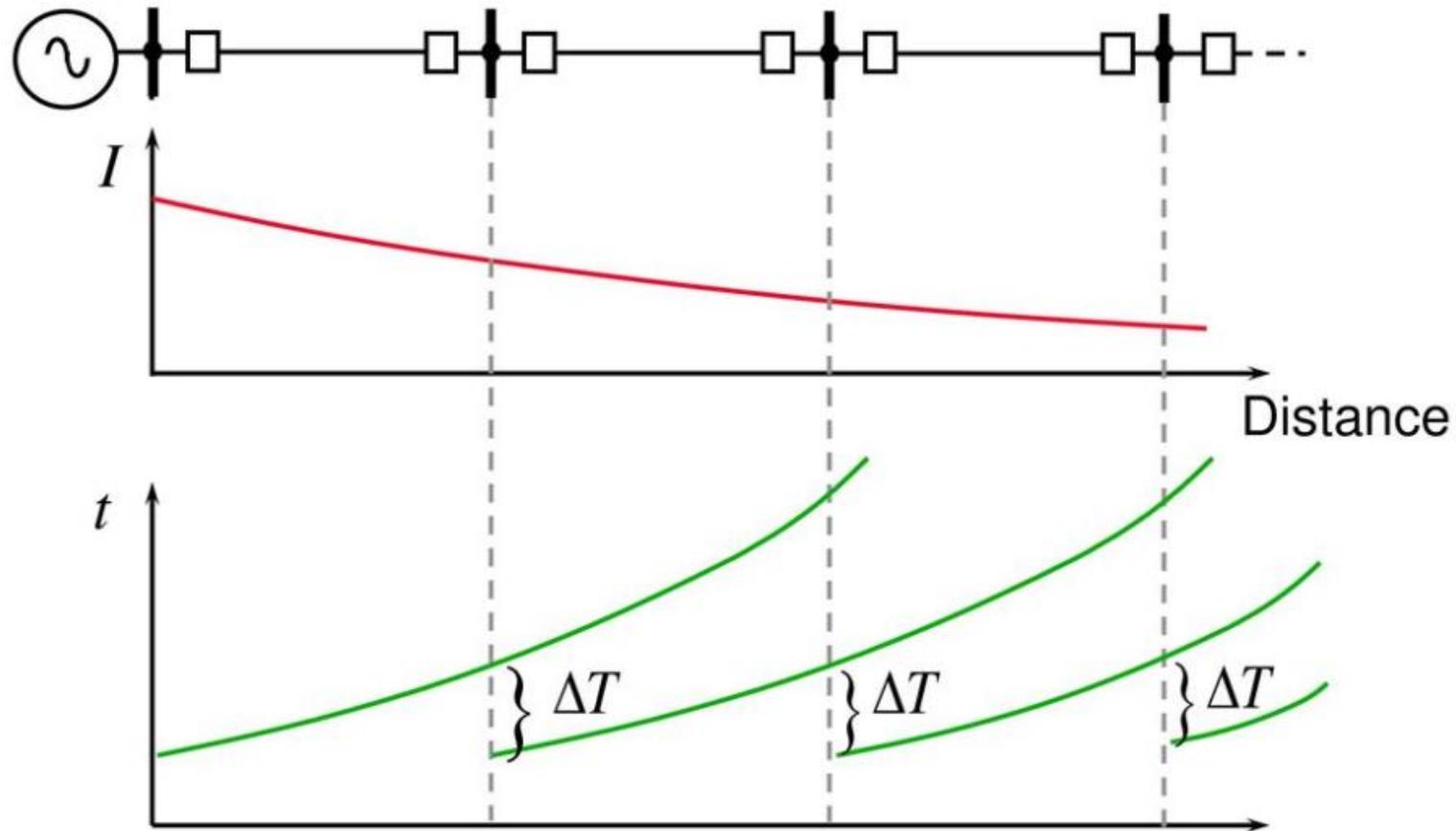
APLICACIONES



<https://circuitglobe.com/overcurrent-relay.html>

Sistemas Eléctricos de Potencia - Avanzado

COORDINACIÓN DE RELÉS DE TIEMPO INVERSO

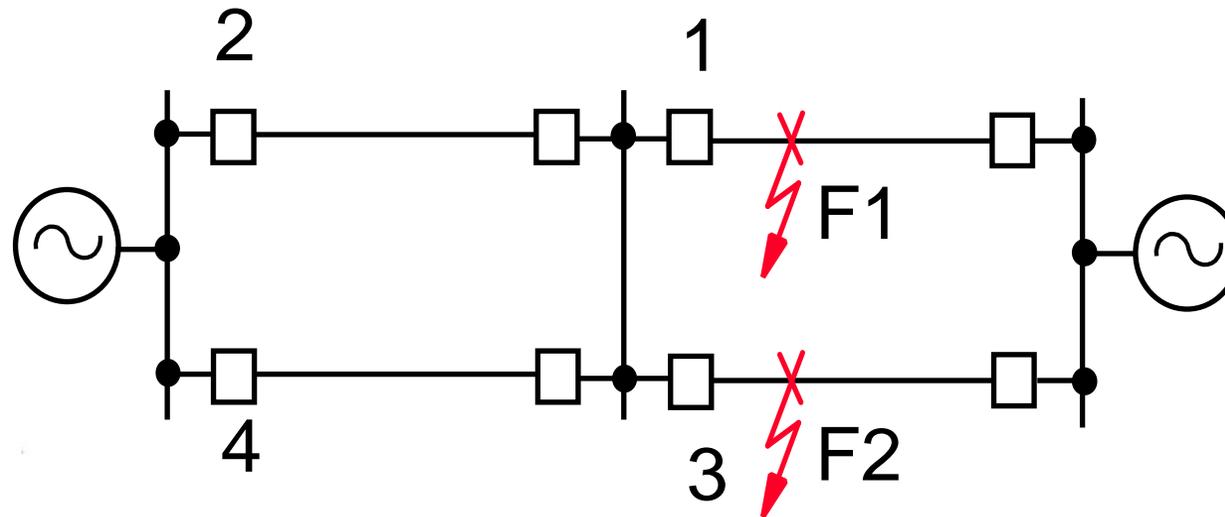


<https://www.coursehero.com/file/24060238/169663212-Power-System-Protection-Fundamentalpdf/>

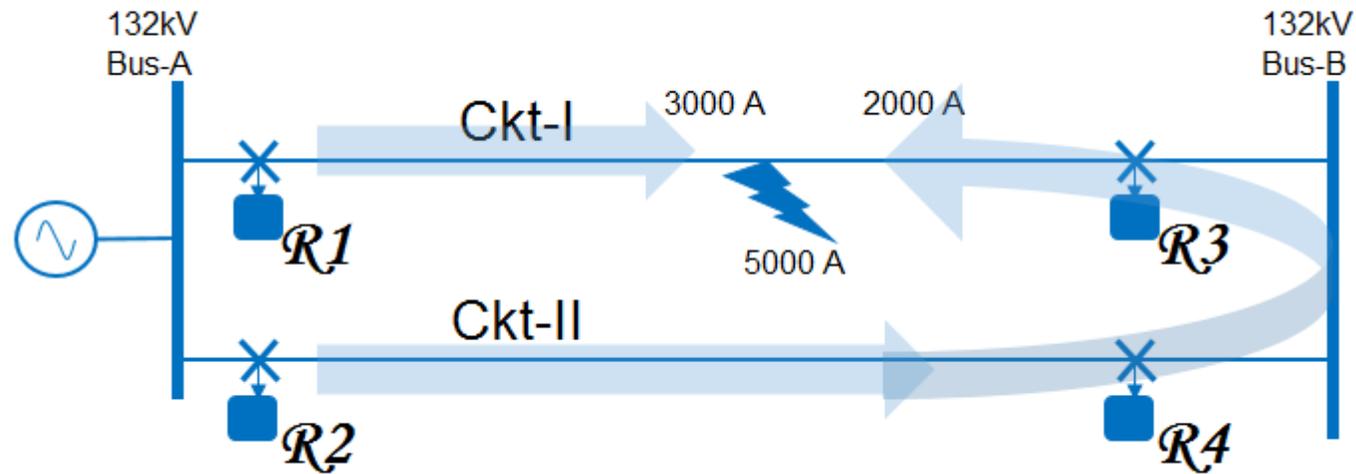
NECESIDAD DIRECCIONAL

DEL

ELEMENTO

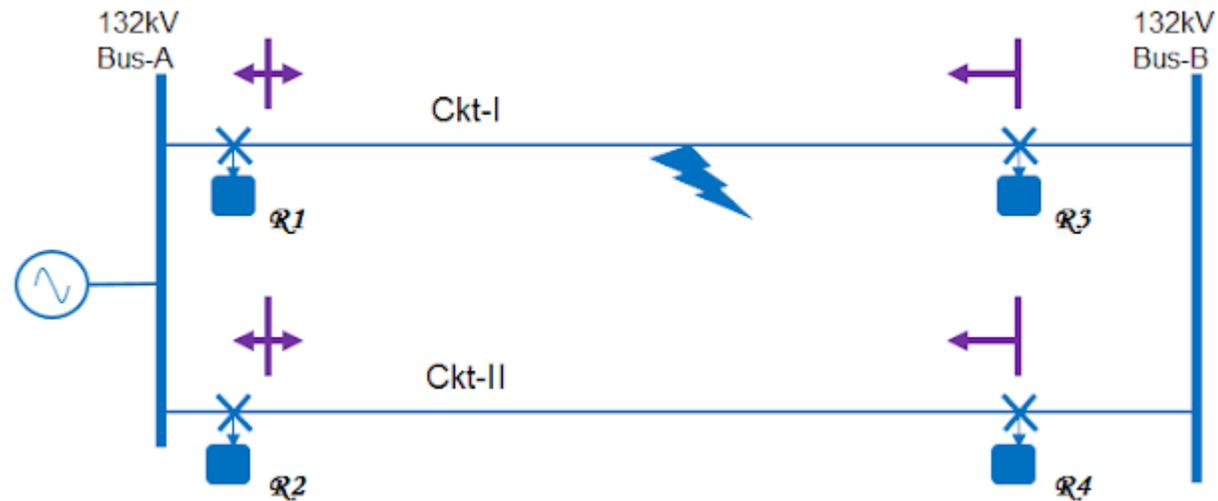


PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL - EJEMPLO



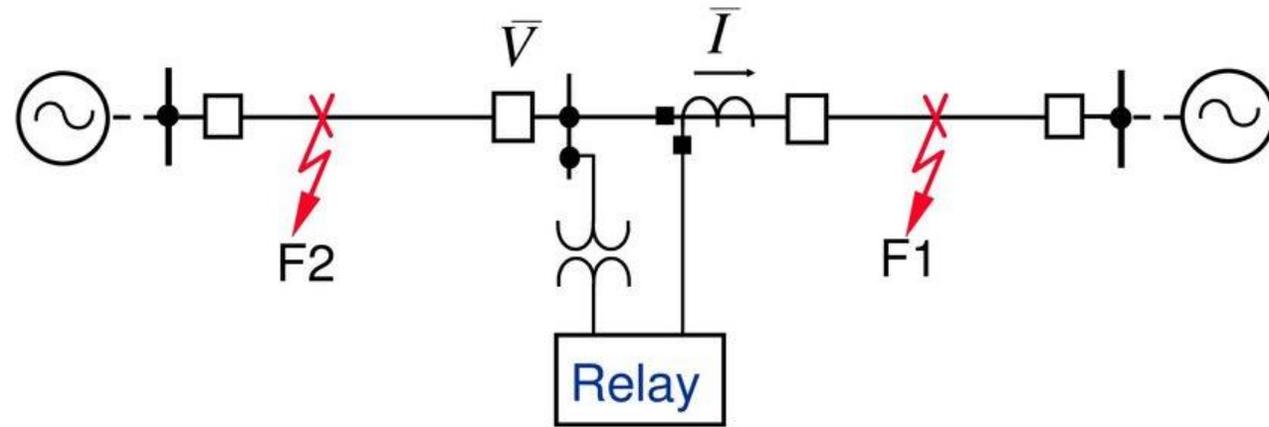
<http://electrical-friend.blogspot.com/2017/11/directional-over-current-relay-maximum.html>

PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL - EJEMPLO



<http://electrical-friend.blogspot.com/2017/11/directional-over-current-relay-maximum.html>

PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL - PRINCIPIO



Reverse Fault (F2)

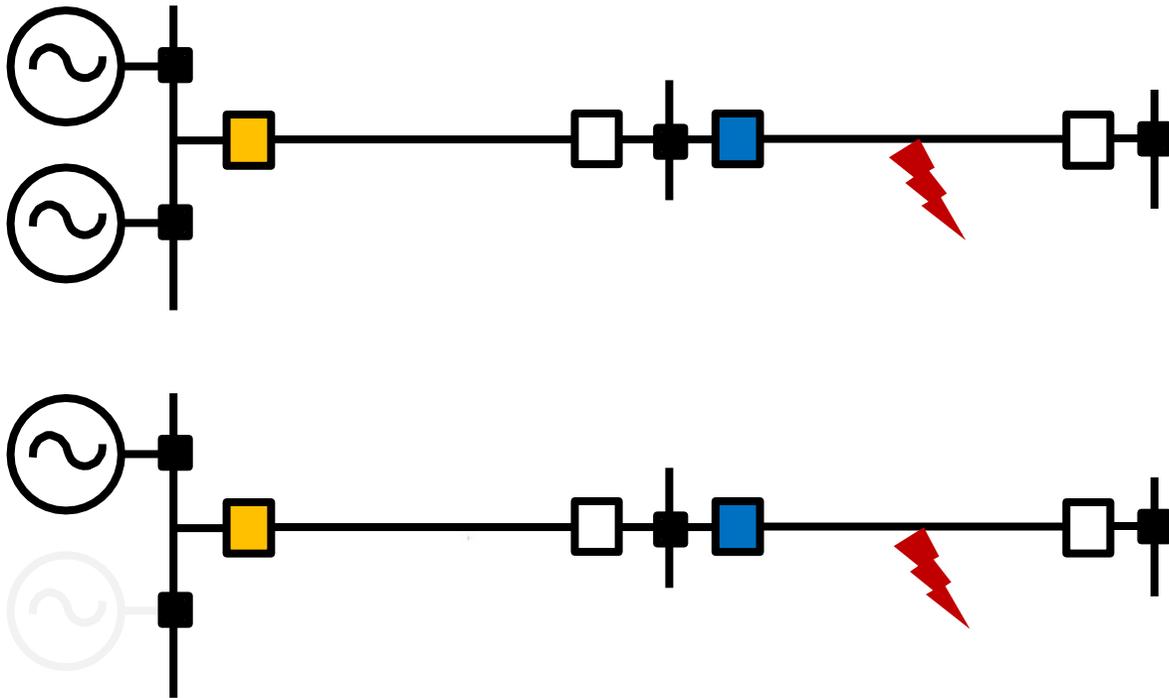


Forward Fault (F1)

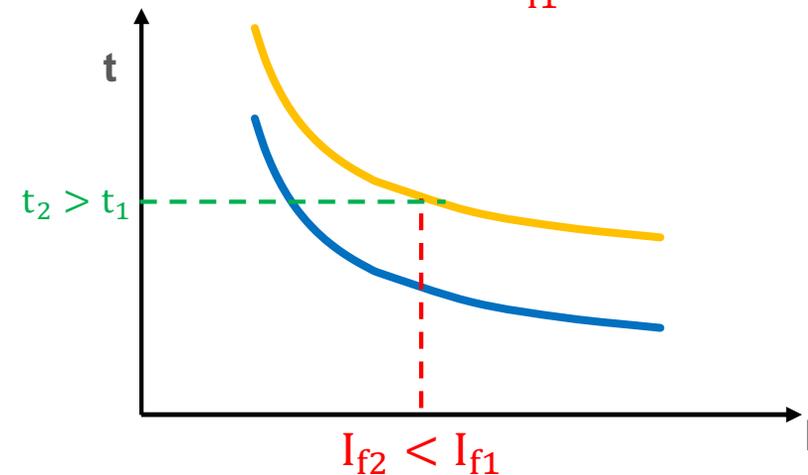
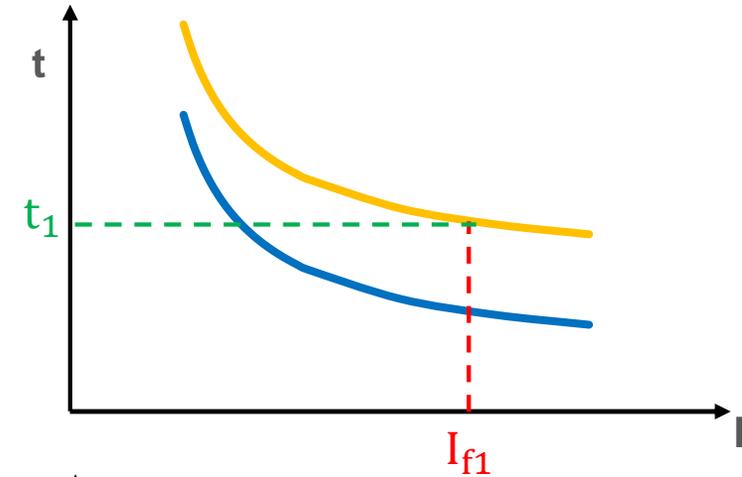


<https://www.coursehero.com/file/24060238/169663212-Power-System-Protection-Fundamentalpdf/>

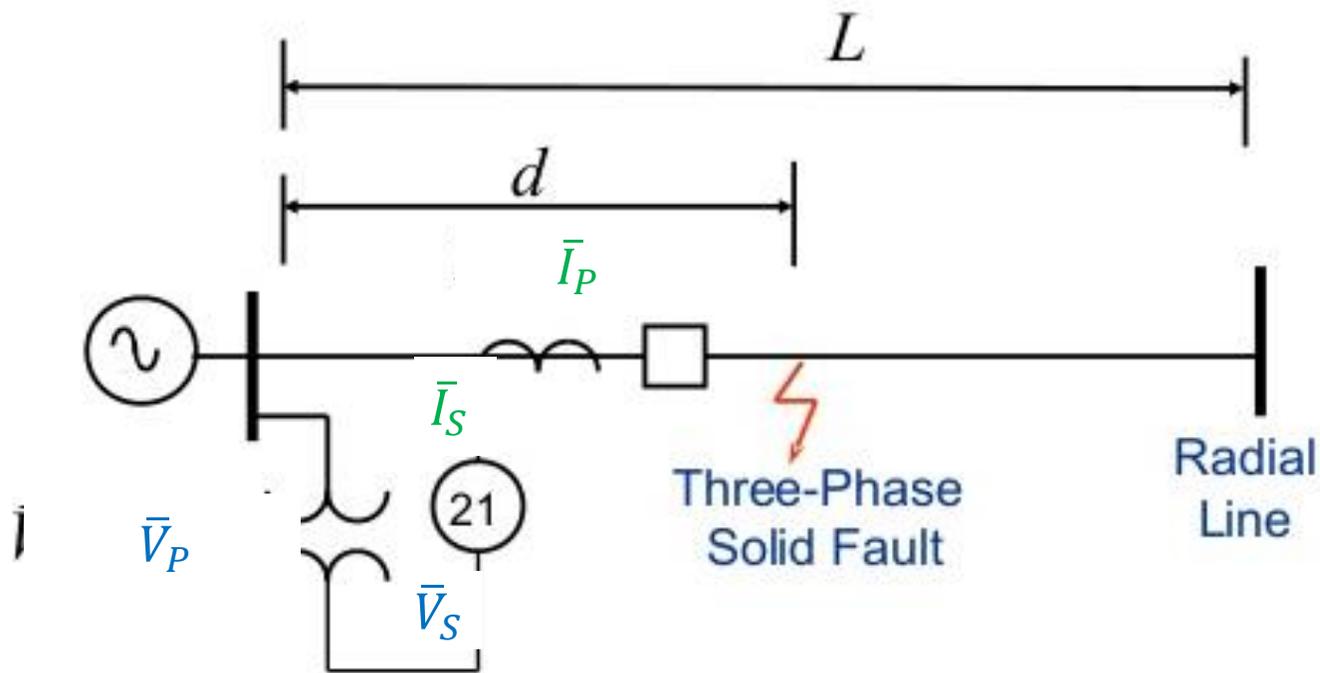
PROTECCIÓN DE DISTANCIA - INTRODUCCIÓN



- El relé de sobrecorriente requiere reajuste periódico.



PROTECCIÓN DE DISTANCIA – AJUSTE DEL RELÉ



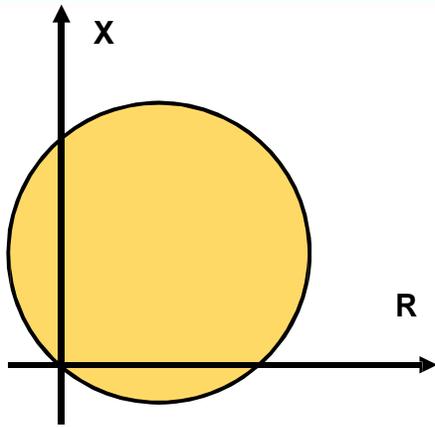
- TC: 500/1 A.
- TT: 220/110 V.

Se ajusta en valores secundarios.

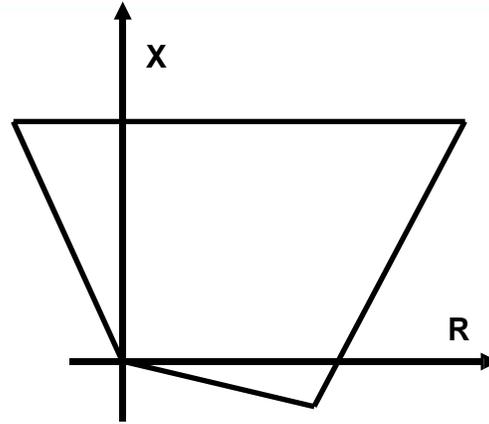
$$Z_S = \frac{I_P/I_S}{V_P/V_S} Z_P$$

<https://www.coursehero.com/file/24060238/169663212-Power-System-Protection-Fundamentalpdf/>

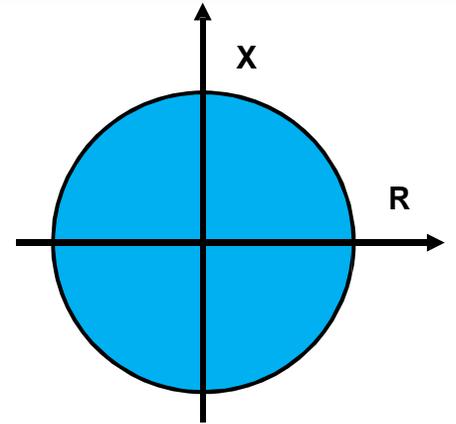
PROTECCIÓN DE DISTANCIA — CARACTERÍSTICAS



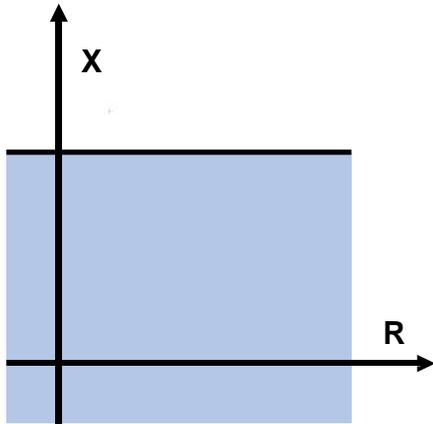
Característica de admittancia o mho



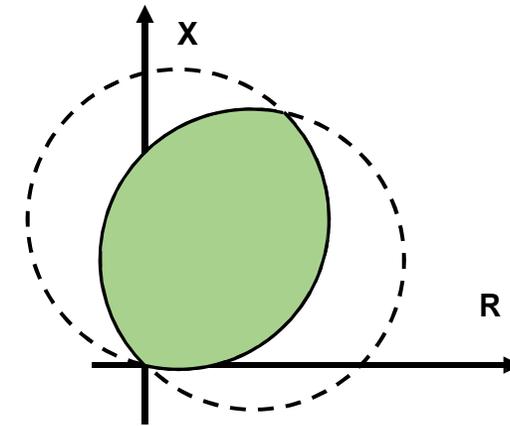
Característica poligonal o cuadrilateral



Característica de impedancia

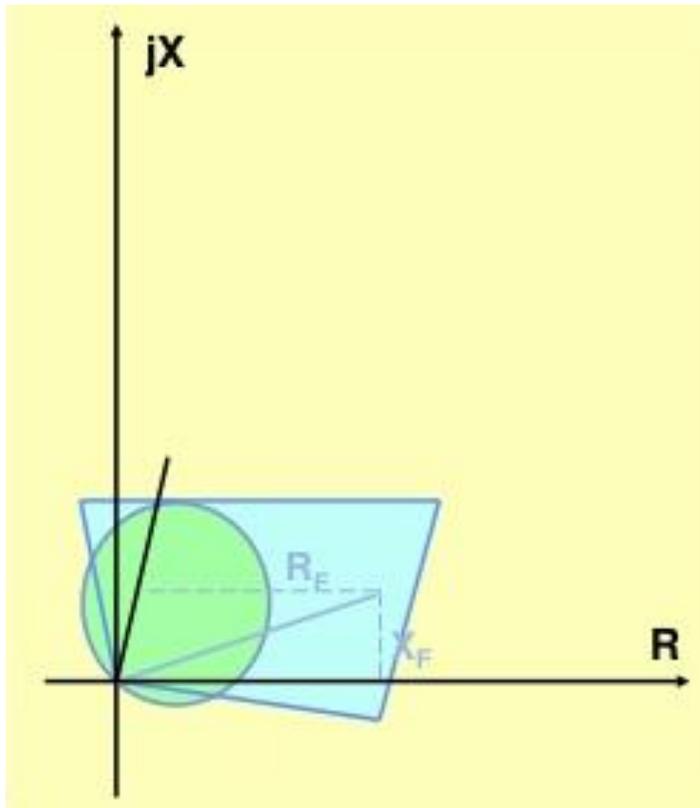


Característica de reactancia



Característica lenticular

PROTECCIÓN DE DISTANCIA – APLICACIONES SEGÚN CARACTERÍSTICA



Líneas Cortas

- ❑ La característica mho no puede ver una falla con resistencia.

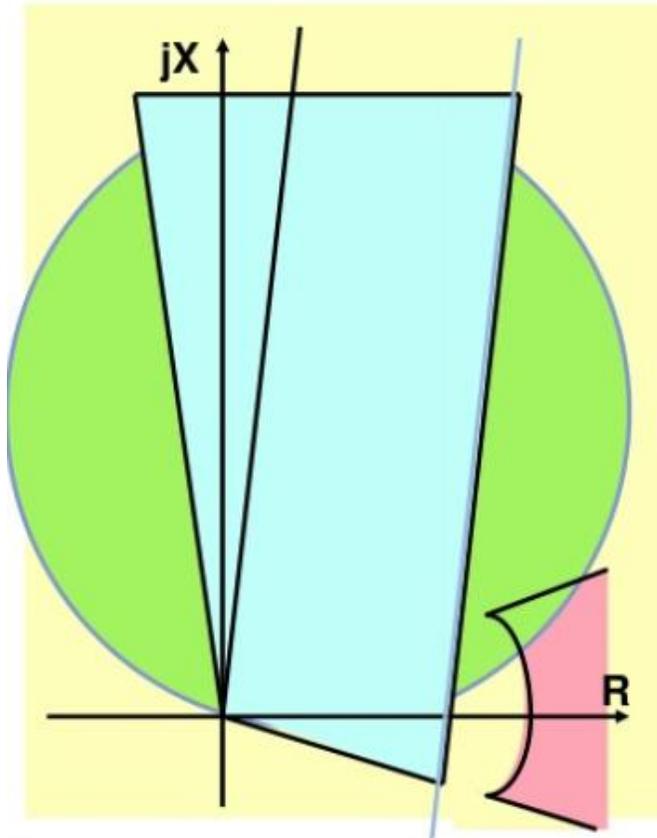
Una manera de determinar si la línea es corta, mediana o larga es mediante el SIR:

- Líneas cortas ($SIR > 4$).
- Líneas medianas ($0.5 < SIR < 4$).
- Líneas largas ($SIR < 0.5$).

$$SIR = \frac{Z_S}{Z_L}$$

<https://www.slideshare.net/lankeshdb/lineprotection-basics-june2008/>

PROTECCIÓN DE DISTANCIA – APLICACIONES SEGÚN CARACTERÍSTICA

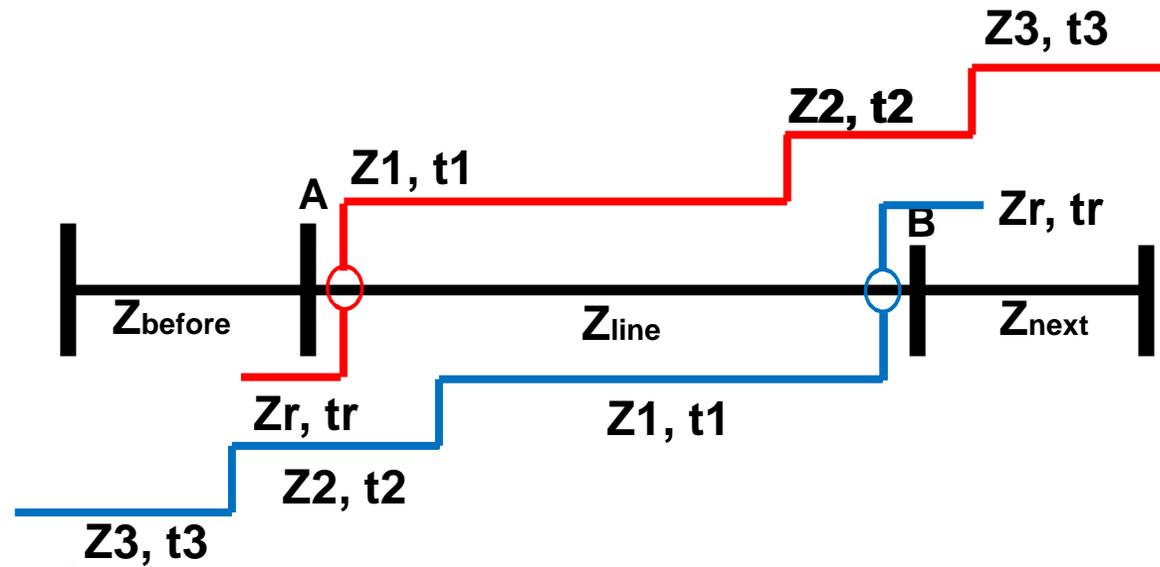


Líneas largas

- ❑ Se pueden usar ambas características.

<https://www.slideshare.net/lankeshdb/lineprotection-basics-june2008/>

PROTECCIÓN DE DISTANCIA – AJUSTES



$$\begin{aligned}Z_1 &= 80\%Z_{line} \\Z_2 &= 120\%Z_{line} \\Z_3 &= 120\%(Z_{line} + Z_{next}) \\Z_4 &= 20\%Z_{before}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_1 &= 0.0 \text{ s} \\t_2 &= 0.4 \text{ s} \\t_3 &= (0.8 - 1.0) \text{ s} \\t_4 &= (1.5 - 2.0) \text{ s}\end{aligned}$$