

## 7 | Transmisión de potencia

La transmisión de energía es más que la red de líneas de transmisión. La transmisión se designa para significar los niveles de voltaje más altos en un sistema de energía dado.

### Objetivo:

- Reconocer las estructuras de soporte de la línea de transmisión y las características del diseño eléctrico.
- Enumerar métodos para controlar el voltaje y el flujo de energía para la operación de sistemas de corriente continua de alto voltaje (HVDC)

# Esquema del curso

1. Introducción al WECC
2. Fundamentos de la Electricidad
3. Descripción general del sistema de energía
4. Principios de Generación
5. Descripción general de la subestación
6. Transformadores
7. Transmisión de potencia
8. Protección del sistema
9. Principios de funcionamiento del sistema

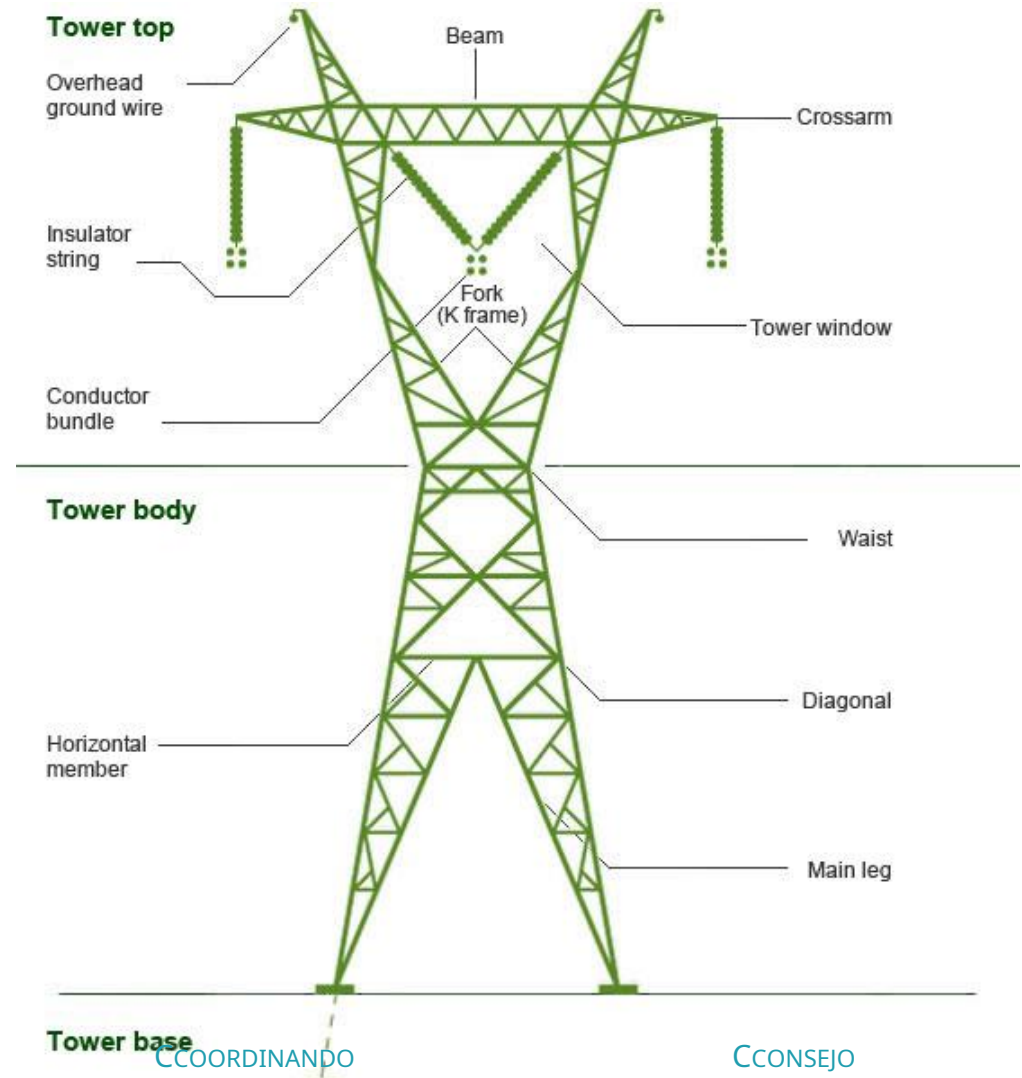
# Transmisión de potencia

- Componentes e Interconexiones
- Modelo eléctrico
- Consideraciones operativas
- Restauración de circuitos
- Transmisión de corriente continua de alto voltaje

# Transmisión de potencia

## Componentes e Interconexiones

- Conductores
- torres
- aisladores
- Cables de protección
- Derechos de paso

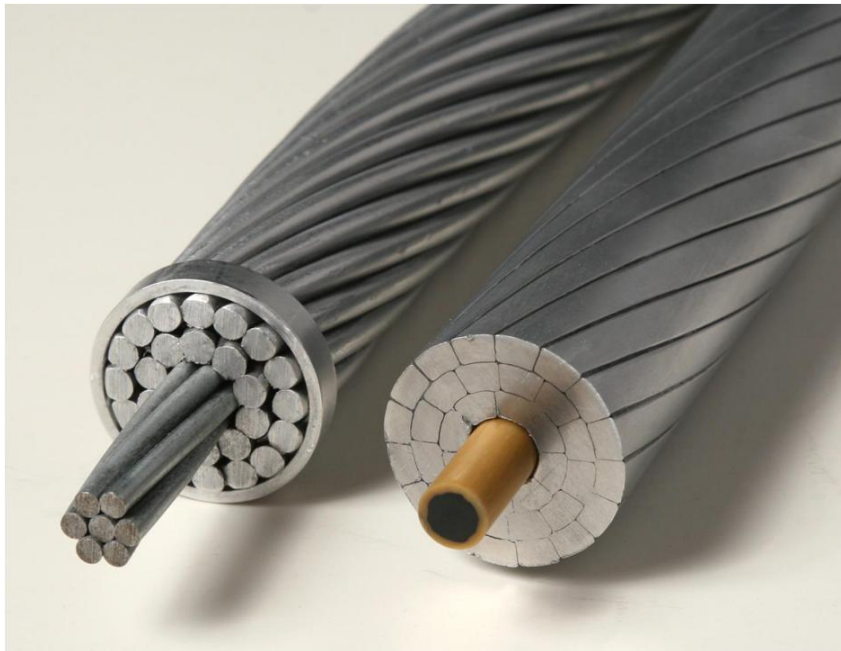


# Transmisión de potencia

## Componentes e Interconexiones

### Conductores

Los conductores transportan la electricidad.



Gastos generales



Bajo tierra



## Conductores



## Conductores





## Anillos corona





# Bundle Conductors

- Bundled Conductors are used in transmission lines where the voltage exceeds 230 kV.
- At such high voltages, ordinary conductors will result in excessive corona and noise which may affect communication lines.
- The increased corona will result in significant power loss. Bundle conductors consist of three or four conductors for each phase.
- The conductors are separated from each other by means of spacers at regular intervals. Thus, they do not touch each other.



**Conductor incluido**



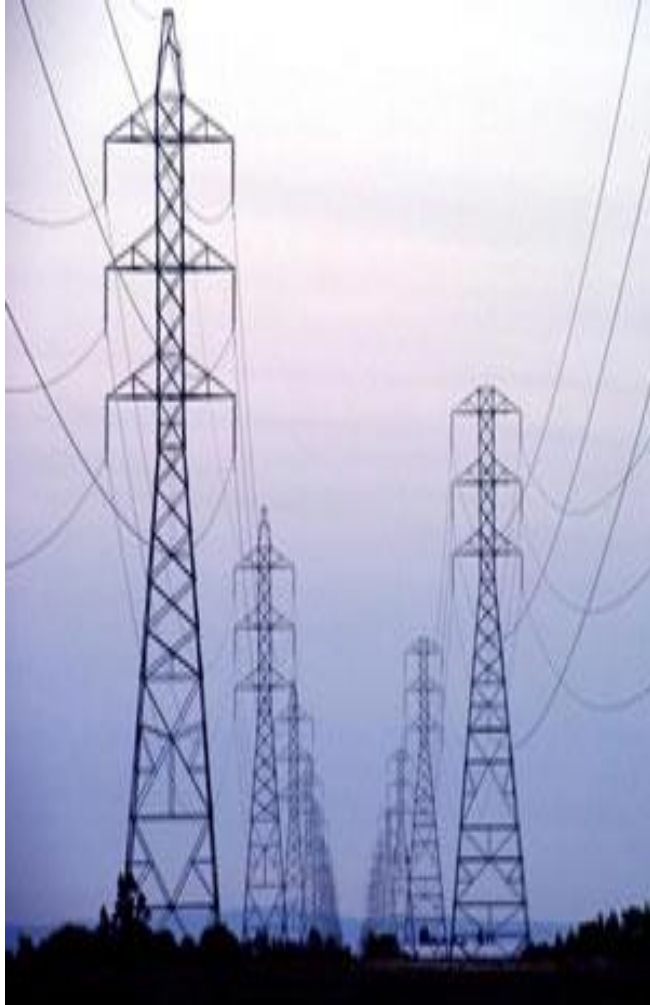
## Línea de transmisión CA y línea CC

# Transmisión de potencia

## Componentes e Interconexiones

### **torres**

Las torres de transmisión soportan conductores de líneas de transmisión de alto voltaje.

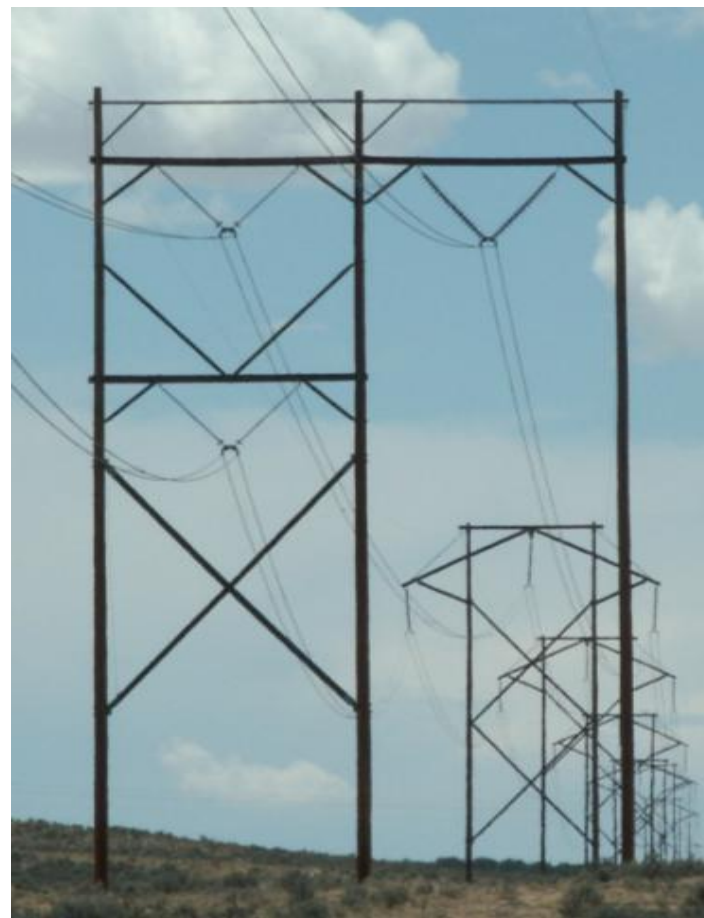


## Torre de transmisión





Torres que muestran flechas lineales



## Estructuras de Madera 345 kV



**Torre de celosía de acero de 500 kV**







**Torre de celosía de acero de 500 kV**

# Transmisión de potencia

## Componentes e Interconexiones

### **aisladores**

Dispositivos no conductores que unen las líneas energizadas a la torre de soporte.

# aisladores

- ***aisladores*** son dispositivos no conductores que unen los conductores energizados a la torre de soporte. Los aisladores aíslan eléctricamente a los conductores entre sí, así como del suelo y de las torres de soporte. El aislador debe tener suficiente resistencia mecánica para soportar las mayores cargas razonablemente esperadas debido al hielo y al viento.
- Los aisladores deben resistir el abuso mecánico (como disparos y objetos arrojados), rayos y arcos eléctricos sin dejar caer el conductor.

# aisladores

- Los aisladores evitan el flashover en condiciones de humedad, lluvia, hielo o nieve; y con suciedad, sal, humo y otros contaminantes que se acumulan en la superficie.
- Los aisladores están hechos de vidrio, polímero o material cerámico. La mayoría de las empresas de servicios públicos utilizan porcelana para aisladores porque tiene excelentes propiedades de aislamiento y resistencia mecánica. Algunas utilidades recubren la porcelana con un esmalte para proporcionar una superficie lisa desde la cual los contaminantes pueden lavarse fácilmente con la lluvia o los rociadores de lavado.

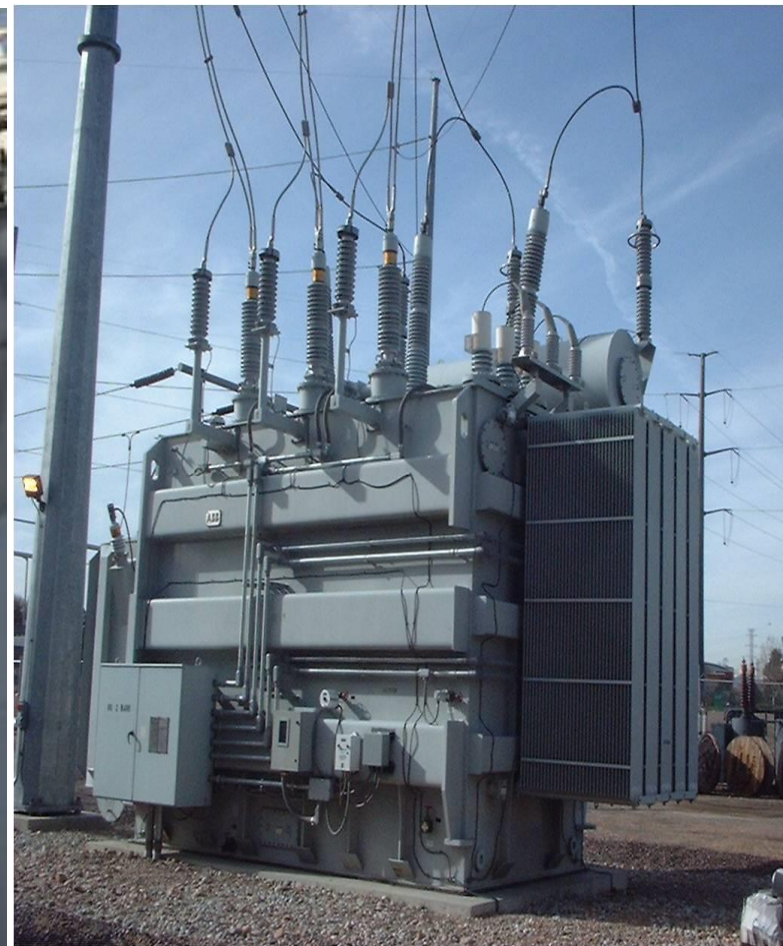


## aisladores





## aisladores



## aisladores





aisladores



# Transmisión de potencia

## Componentes e Interconexiones

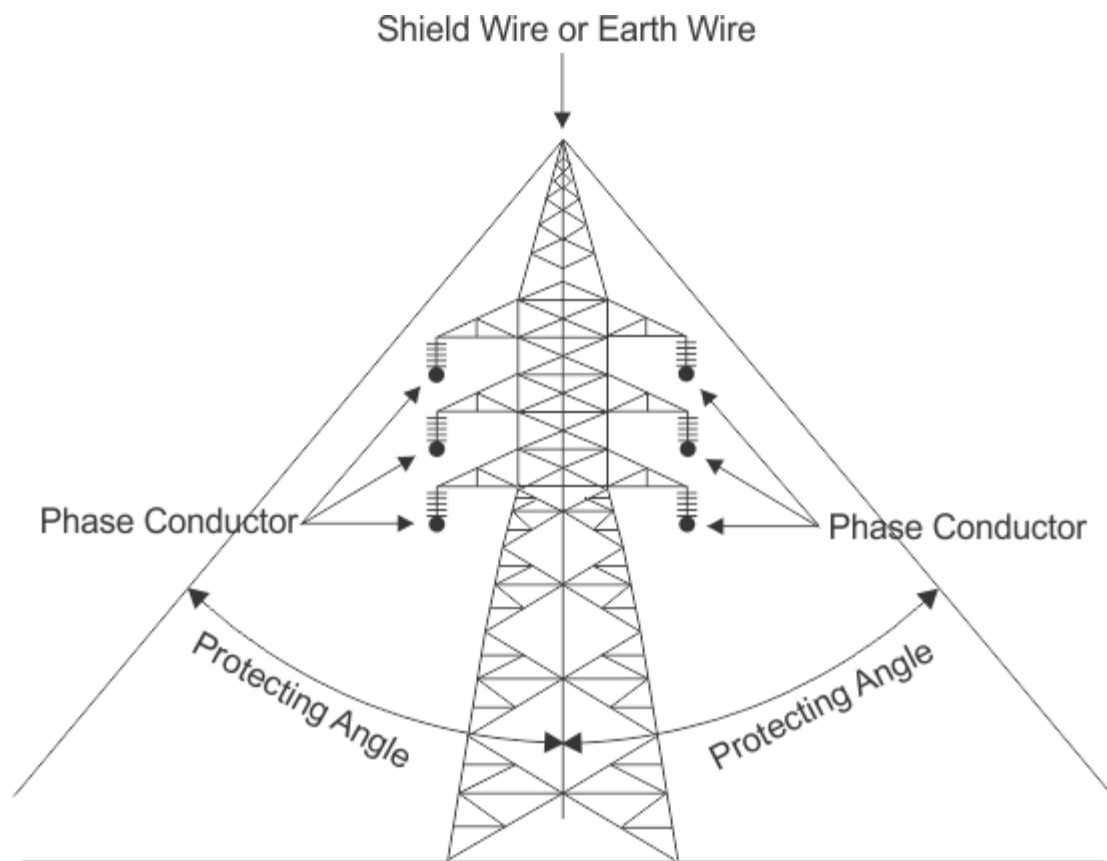
### **Cables de protección**

Los cables blindados protegen a los conductores energizados de los rayos.

## Alambres blindados (estáticos)

- Los cables blindados, montados en la parte superior de la torre de soporte, protegen los conductores energizados de los rayos. Con un diseño de torre conservador, casi todos los rayos que caen sobre la línea de transmisión golpean un cable blindado, en lugar de un conductor de línea.
- Las líneas de transmisión requieren una ruta conductora desde el cable blindado hasta el suelo para drenar la energía eléctrica desde el rayo hasta el suelo.
  - Con una torre de acero, la torre se conecta directamente al cable blindado.
  - Con postes de madera, los cables de tierra van desde el cable blindado hasta el suelo.
- A veces, los cables blindados también se utilizan para comunicaciones.





Alambres blindados (estáticos)

# Transmisión de potencia

## Componentes e Interconexiones

### **derechos de paso**

El terreno sobre el que pasan una o más líneas de transmisión.

# Derechos de paso

- Los derechos de vía son los terrenos por los que pasan una o más líneas de transmisión.
- Los derechos de paso proporcionan:
- Acceso a la línea durante la construcción y durante las inspecciones, pruebas y mantenimiento posteriores de la línea.
- Acceso a la vegetación (árboles, maleza, etc.) que crece debajo de la línea para evitar que crezca dentro de la línea y provoque cortocircuitos.
- El derecho de paso debe ser lo suficientemente ancho para tener un espacio libre adecuado entre la línea de transmisión y los árboles y edificios que se encuentran fuera del derecho de paso.



Antes del manejo de la vegetación



Después de la gestión de la vegetación

Derechos de paso

# Transmisión de potencia

## Componentes e Interconexiones

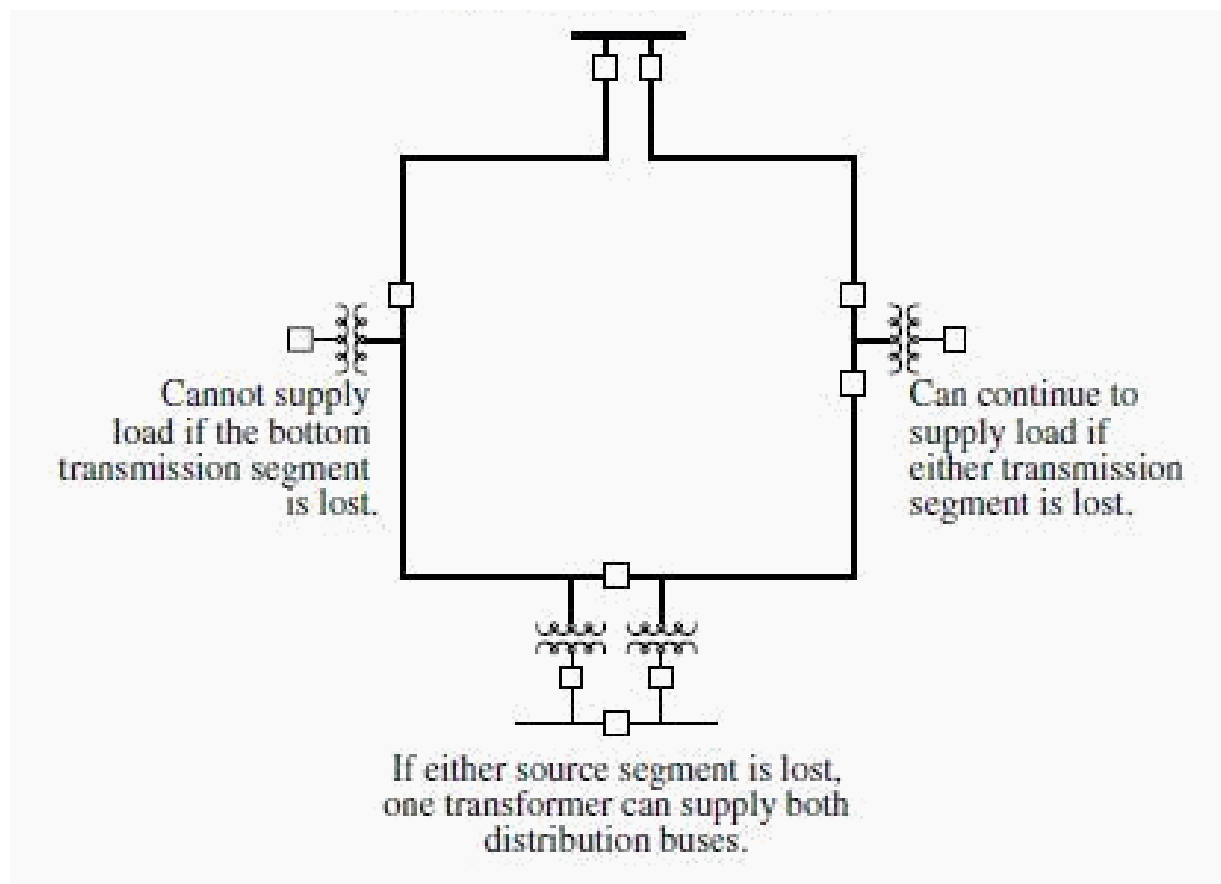
### **Interconexión de Líneas de Transmisión**

El objetivo principal de un sistema de transmisión es proporcionar múltiples rutas de línea de transmisión entre cada generador y cada carga, de modo que no se pierda generación o carga si se dispara una línea de transmisión.

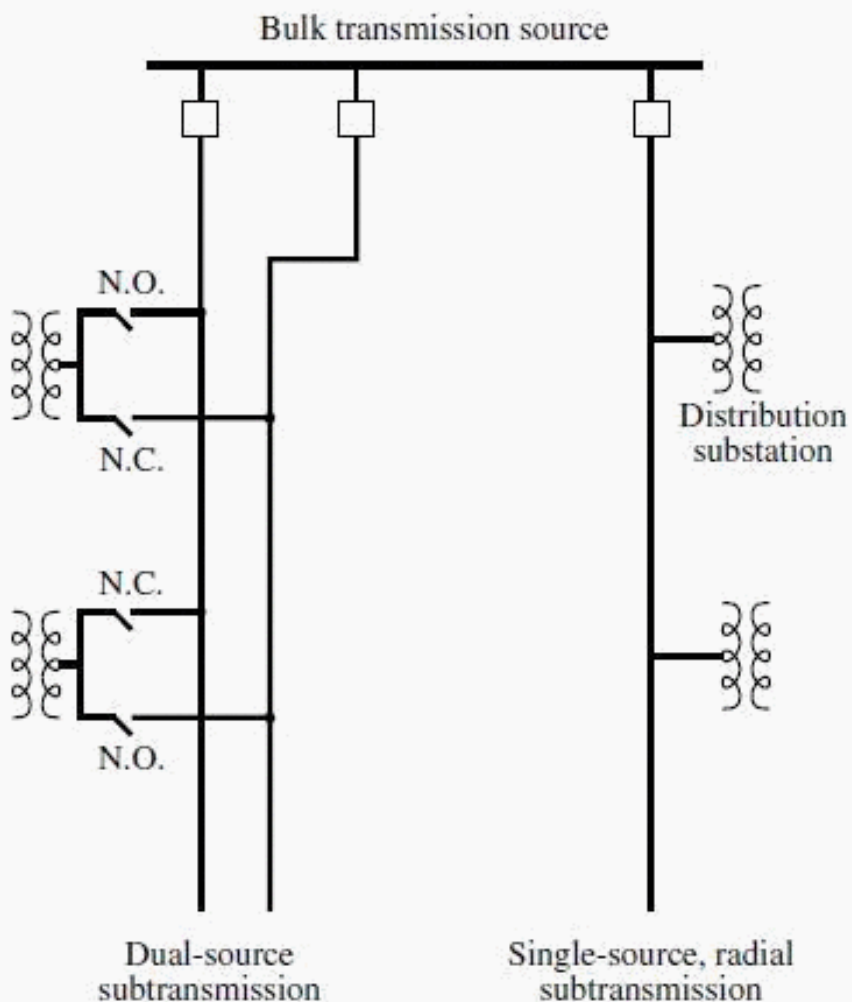


# Interconexión de Líneas de Transmisión

- El sistema de transmisión de alto voltaje debe diseñarse de modo que si se abre una línea de transmisión (es decir, se abren los interruptores automáticos de línea):
- Las principales plantas generadoras no se separan del resto del sistema de energía y no ocurren inestabilidad del sistema, cortes en cascada o colapsos de voltaje.
- El servicio al cliente no se interrumpe. Una interrupción importante del sistema de transmisión afectaría a muchos clientes.



## Arreglo de bucle



**Dual-source subtransmission**

More reliable: Faults on one of the radial subtransmission circuits should not cause interruptions to substations. Double-circuit faults can cause multiple station interruptions.

**Single-source, radial subtransmission**

Least reliable: Faults on the radial subtransmission circuit can cause interruptions to multiple substations.

## Arreglo de cuadrícula

# Transmisión de potencia

## Componentes e interconexiones: RECAPITULACIÓN

# Transmisión de potencia

- Componentes e Interconexiones
- Modelo eléctrico
- Consideraciones operativas
- Restauración de circuitos
- Transmisión de corriente continua de alto voltaje



# Transmisión de potencia

## Modelo eléctrico

- Resistencia
- Resistencia reactiva
- Cambio de corriente
- Voltaje y flujo de potencia

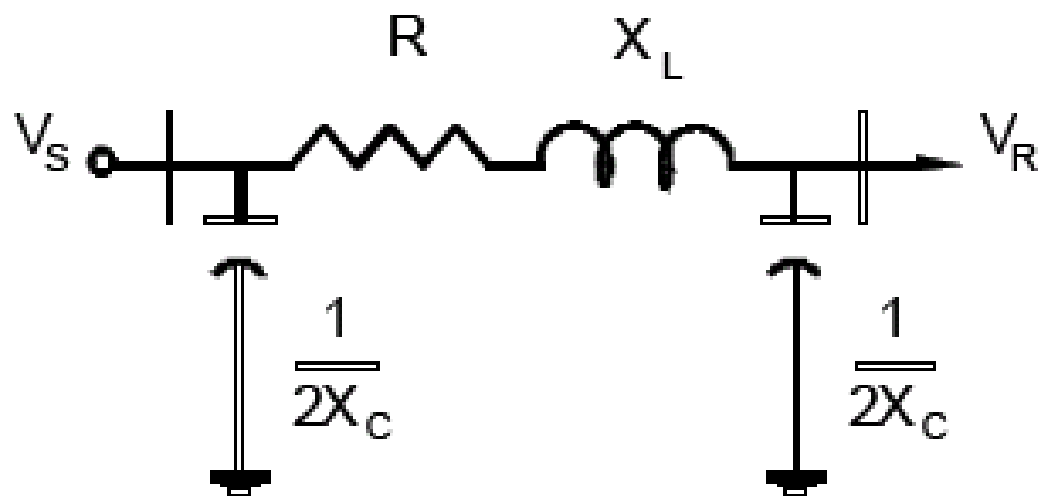
# Transmisión de potencia

## Modelo eléctrico

Resistencia, Inductancia y Capacitancia relativas a una línea de transmisión.

Para determinar el diseño de una línea de transmisión y realizar otras funciones de análisis, los ingenieros modelan una línea de transmisión de la siguiente manera:

- Una resistencia ( $R$ ) y una reactancia inductiva ( $X_L$ ) en series
- Una reactancia capacitiva ( $X_C$ ) en derivación

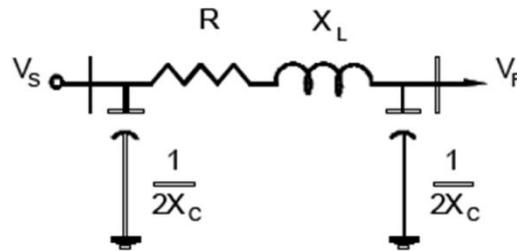


## Modelo eléctrico

# Transmisión de potencia

## Modelo eléctrico

### Resistencia

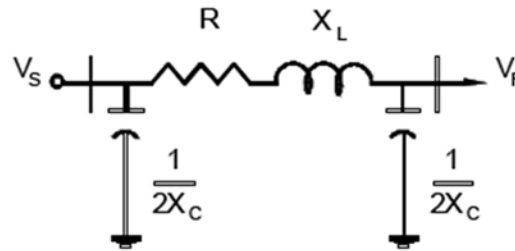


La resistencia es la propiedad de un material que se opone a la corriente convirtiendo la energía eléctrica en calor y que se producen pérdidas de potencia real (vatios) debido a  $I^2 R$  calefacción  $R$ . La resistencia de una línea de transmisión es una causa importante de pérdida de energía.

# Transmisión de potencia

## Modelo eléctrico

### Resistencia reactiva



Reactancia es el nombre que se le da a la oposición a la corriente que provocan los capacitores y los inductores y que también existen pérdidas de potencia reactiva ( $I^2X$ ) cuando fluye corriente.

- Los inductores producen una reactancia inductiva. El efecto de la reactancia inductiva es que la corriente se retrasa con respecto al voltaje.
- Los capacitores producen reactancia capacitiva. El efecto de la reactancia capacitiva es que la corriente se adelanta al voltaje.



# Transmisión de potencia

## Resistencia reactiva

### Resistencia reactiva

Para líneas de transmisión de menos de 50 millas de largo, el efecto de la capacitancia es muy pequeño y generalmente se desprecia. Sin embargo, para líneas más largas, la capacitancia se vuelve cada vez más importante.



# Transmisión de potencia

## Modelo eléctrico

### Corriente de carga

Colocar un voltaje alterno en una línea de transmisión hace que la carga de los conductores aumente y disminuya a medida que el voltaje aumenta y disminuye.

***Corriente de carga*** es la corriente que fluye debido a la carga y descarga alterna de la línea debido al voltaje alterno.

Incluso cuando una línea de transmisión tiene un circuito abierto en un extremo, la corriente de carga fluye.

- Estos parámetros (resistencia, inductancia y capacitancia) se combinan para formar la impedancia total ( $Z$ ) y son bastante constantes para una línea de transmisión dada.

# Transmisión de potencia

## Voltaje y flujo de energía

Una línea de transmisión **impedancia**, **Voltaje**, y **ángulo de fase de tensión** entre los dos extremos de la línea de transmisión determine la potencia real que puede fluir a través de una línea de transmisión.

Por lo tanto, para cambiar el flujo de energía, es necesario cambiar uno o más de estos elementos.

# Transmisión de potencia

## Voltaje y flujo de energía

Cuando están completamente cargadas, las líneas de transmisión absorben voltios-amperios reactivos (VAR).

Con cargas ligeras, las capacidades de las líneas más largas pueden volverse predominantes y las líneas se convierten en generadores de VAR.

# Transmisión de potencia

## Voltaje y flujo de energía

Si una línea está ligeramente cargada, la corriente de carga capacitiva puede exceder la corriente de carga. Esto da como resultado que la línea opere con un factor de potencia líder. Bajo esta condición, el voltaje del extremo receptor ( $V_R$ ) aumenta y puede exceder el voltaje en el extremo de envío ( $V_s$ ) de la línea.

Este aumento de voltaje puede sobrecargar el aislamiento. El equipo de regulación de voltaje en la estación receptora puede salirse del rango. Esto da como resultado que los clientes reciban alto voltaje.

# Transmisión de potencia

## Voltaje y flujo de energía

Si una línea está muy cargada, el voltaje del extremo receptor ( $V_R$ ) cae por debajo del voltaje final de envío ( $V_S$ ).

La caída de tensión puede hacer que el equipo de regulación de tensión de la estación receptora quede fuera de rango. Esto da como resultado un voltaje de cliente reducido.



# Transmisión de potencia

## Voltaje y flujo de energía

Cuando las líneas de transmisión tienen conductores agrupados, la capacitancia es mayor que con conductores individuales. El aumento de la capacitancia da como resultado un aumento de la corriente de carga. Esta capacitancia actúa como un generador de VAR. A medida que aumenta el voltaje, aumentan los VAR de carga capacitivos de la línea. El sistema eléctrico debe absorber estos VAR.

Por ejemplo: una línea de transmisión agrupada de 500 kV de 200 millas requiere aproximadamente 320 MVar de corriente de carga.

# Transmisión de potencia

## Requisitos de carga

| <u>Voltage</u> | <u>Overhead 3Ø<br/>Charging<br/>(MVAR/mile)</u> | <u>Underground 3Ø<br/>Charging<br/>(MVAR/mile)</u> |
|----------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 500 kV         | ~ 1.6-2.0                                       | ~ 30.3                                             |
| 345 kV         | ~ .85                                           | ~ 17.0                                             |
| 230 kV         | ~ .30                                           | ~ 8.8                                              |
| 138 kV         | ~ .11                                           | ~ 4.9                                              |
| 115 kV         | ~ .07                                           | ~ 3.4                                              |
| 69 kV          | ~ .03                                           | ~ 1.9                                              |

# Transmisión de potencia

## Modelo eléctrico: RESUMEN

# Transmisión de potencia

- Componentes e Interconexiones
- Modelo eléctrico
- Consideraciones operativas
- Restauración de circuitos
- Transmisión de corriente continua de alto voltaje

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

- Control del flujo de energía real
- Transformadores de cambio de fase
- Condensadores en serie
- Control de voltaje y flujo de potencia reactiva
- Reactores de derivación
- Condensadores de derivación
- Generadores
- Conductores de transposición

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

Consideraciones operativas para minimizar las condiciones adversas con:

- Métodos de control del poder real
- Métodos para controlar el voltaje y el flujo de potencia reactiva.

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### **Control del flujo de energía real**

#### ***Revisar:***

El flujo de potencia real está determinado por:

- la diferencia de ángulo de los voltajes en las terminales.
- el nivel de voltaje de la línea.
- la impedancia de la línea.



# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### Flujo de potencia real

El flujo de potencia real entre dos buses se obtiene de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{V_s V_r}{X} \sin \phi$$

Donde:

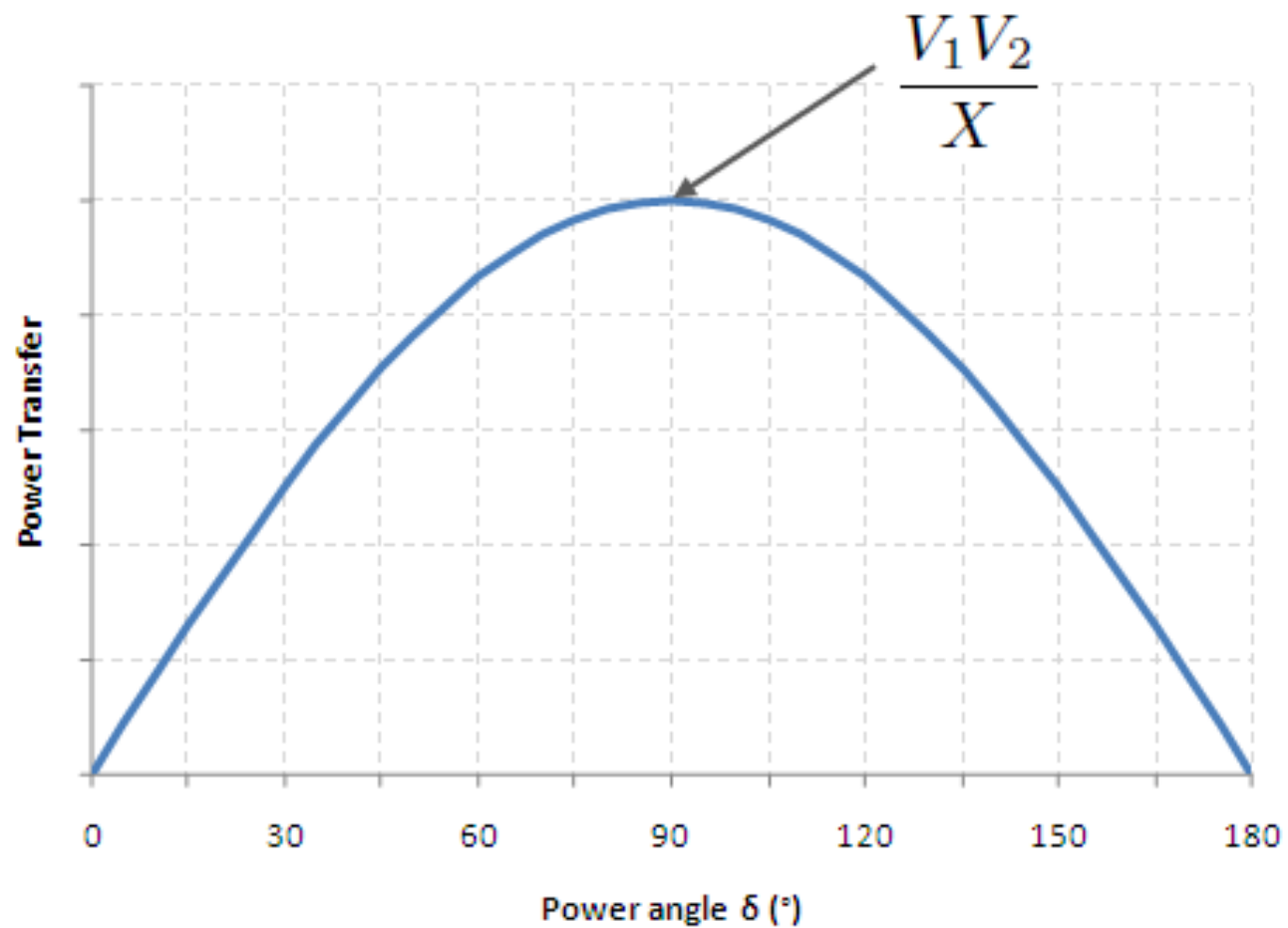
**PAG**=Potencia real en MW

**V<sub>s</sub>**=Tensión final de envío

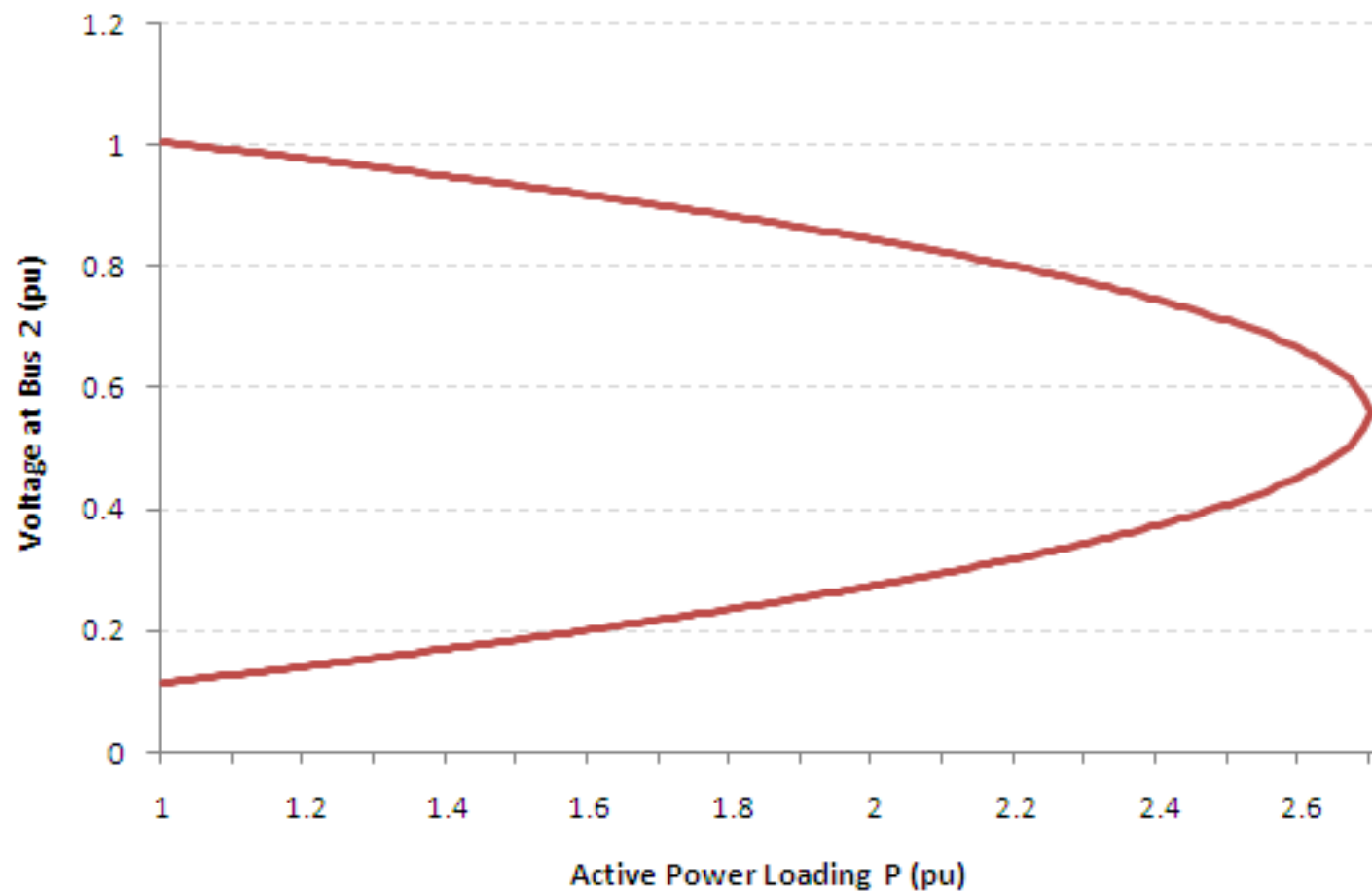
**V<sub>r</sub>**=Voltaje del extremo receptor

**X**=Reactancia de la línea entre los extremos de envío y recepción (la impedancia se compone principalmente de reactancia)

**Θ**=Ángulo entre V<sub>s</sub> y V<sub>r</sub>(tensiones de bus)



Diferencia de ángulo de fase de voltaje



Diferencia de ángulo de fase de voltaje

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

$$P = \frac{V_s V_r}{X} \sin \phi$$

### Flujo de potencia real

Cualquier método de **creciente** el flujo de potencia real debe abordar las variables en la ecuación. Esto se logra usando uno de los siguientes métodos:

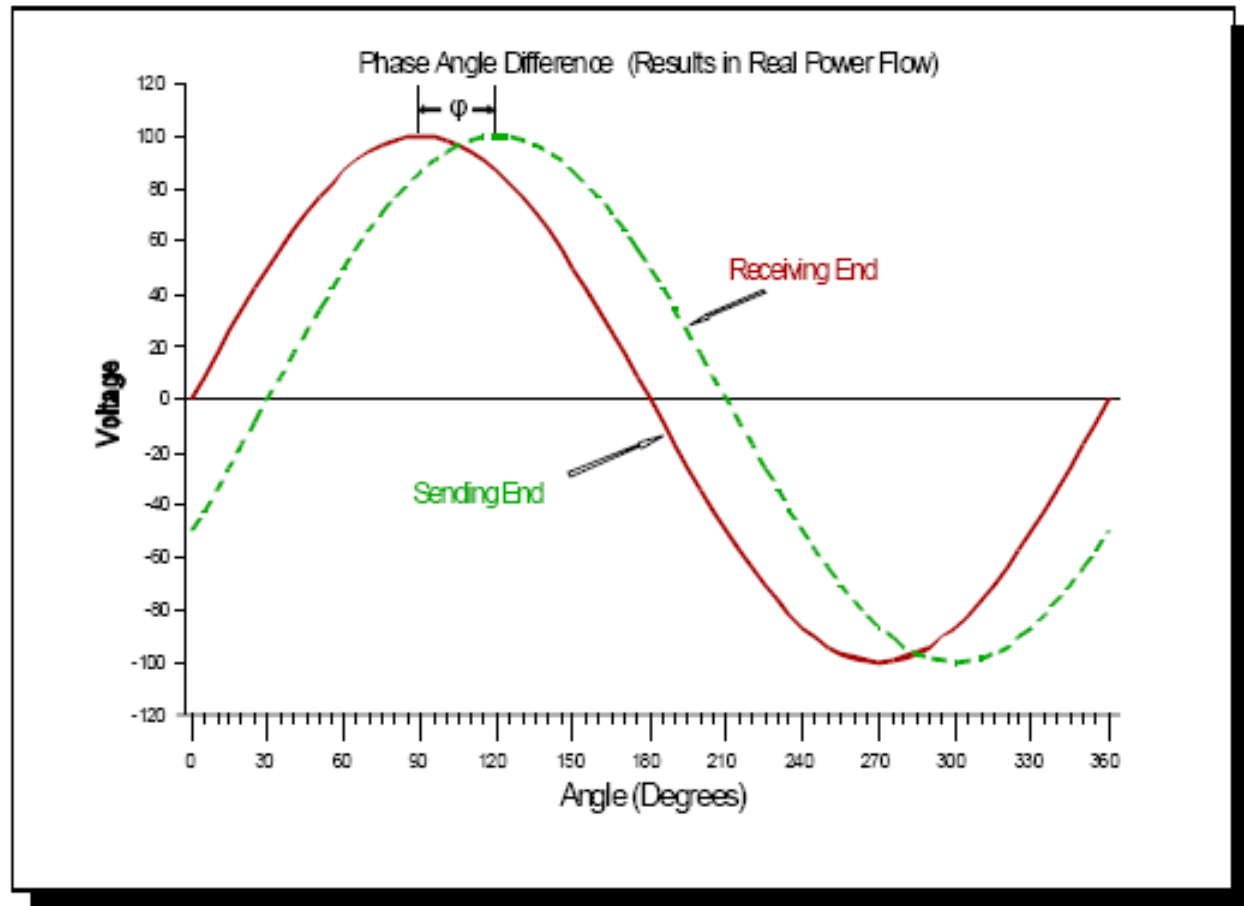
- cambiar el ángulo de fase con transformadores de cambio de fase
- cambios en los patrones de generación relativos a los terminales de línea
- cambiar la impedancia de la línea con capacitores en serie

En cambio, **decreciente** el flujo de potencia real se puede lograr disminuyendo el ángulo de fase con transformadores de cambio de fase, o aumentando la impedancia de la línea desconectando los capacitores en serie.

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### Diferencia de ángulo de fase de voltaje





Transformador de cambio de fase - "Cambio de fase"



# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### **Condensadores en serie**

Los condensadores en serie cancelan parte de la reactancia inductiva de la línea y, por lo tanto, disminuyen la impedancia. Esto permite que fluya más potencia real.

Las empresas de servicios públicos utilizan condensadores en serie principalmente para mejorar la estabilidad del sistema.





## Condensadores en serie

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### **Control de voltaje y flujo de potencia reactiva**

Los métodos de compensación reactiva alivian algunos de los efectos indeseables de la carga de la línea.

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### **Control de voltaje y flujo de potencia reactiva** En general:

Los siguientes elementos son **fuentes** de potencia reactiva (VAR):

- generadores sobreexcitados y condensadores síncronos
- condensadores de derivación
- capacitancia de línea

Los siguientes elementos **absorber o usar** Poder reactivo:

- generadores subexcitados y condensadores síncronos
- reactores de derivación
- transformadores de línea
- cargas de motor

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### Reactores de derivación

#### ***Revisar***

Durante cargas ligeras, la corriente de carga capacitiva puede causar un voltaje excesivo en el extremo receptor de una línea de transmisión.

- Un reactor de derivación es un inductor que está conectado línea a tierra
- Los servicios públicos cambian los reactores de derivación en servicio para absorber el exceso de Vars suministrado por las líneas de transmisión durante los períodos de carga ligera





Reactores de derivación

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### Condensadores de derivación

#### ***Recordatorio***

Si una línea está muy cargada, las pérdidas de Var inductivas pueden causar un voltaje insuficiente en el extremo receptor de una línea de transmisión. Los condensadores de derivación compensan este efecto.

Las empresas de servicios públicos activan y desactivan los condensadores de derivación para satisfacer las demandas de carga máxima.

- Mañana: cuando la carga del cliente aumenta, los condensadores se activan (a veces automáticamente) para suministrar Vars al sistema
- Por la noche, cuando la carga del cliente está disminuyendo (y la demanda de Var se reduce), los capacitores están fuera de servicio

Ubicación: Los condensadores de derivación se ubican lo más cerca posible de la carga.

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### **Compensador estático de VAR (SVC)**

Los SVC son otro dispositivo que tiene la capacidad de controlar el voltaje.

Un SVC es un sistema de condensadores y reactores controlados con dispositivos electrónicos de estado sólido para proporcionar una fuente de potencia reactiva controlable rápidamente.

Ubicación: Los SVC están ubicados en las subestaciones de transmisión.



Condensador de derivación





Compensador estático de Var (SVC)

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### Generadores

| Carga ligera                                                                                                            | Carga pesada                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Es posible que los generadores tengan que funcionar subexcitados; el generador absorbe los VAR del sistema de potencia. | Los generadores pueden funcionar sobreexcitados; suministro de VAR al sistema. Normalmente, los generadores pueden suministrar más potencia reactiva de la que pueden absorber. |

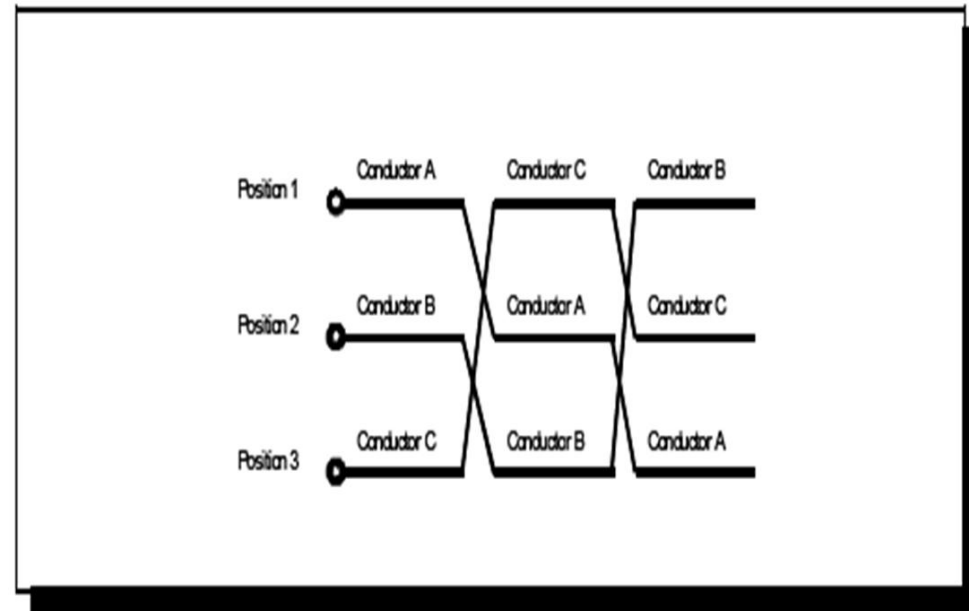
# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas

### Conductores de transposición

La cantidad de simetría en el posicionamiento de los conductores también afecta la reactancia de línea.

- Si los conductores de fase están dispuestos simétricamente, las reactancias en serie y en derivación de cada fase son las mismas para cada conductor.
- En la mayoría de los casos, los conductores son **no** espaciados simétricamente
- Los conductores trifásicos se disponen frecuentemente en una línea horizontal. Los conductores de transposición de cada fase igualan la reactancia





## Conductores de transposición

# Transmisión de potencia

## Consideraciones operativas: RESUMEN

# Transmisión de potencia

- Componentes e Interconexiones
- Modelo eléctrico
- Consideraciones operativas
- Restauración de circuitos
- Transmisión de corriente continua de alto voltaje

# Transmisión de potencia

## Restauración de circuitos

- reenganche
- Comprobaciones de sincronismo



# Transmisión de potencia

## Restauración de circuitos

### **reenganche**

La mayoría de las fallas en las líneas de transmisión son temporales. Es decir, lo que sea que cause la falla generalmente se quema. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, la línea se puede volver a energizar de manera segura.

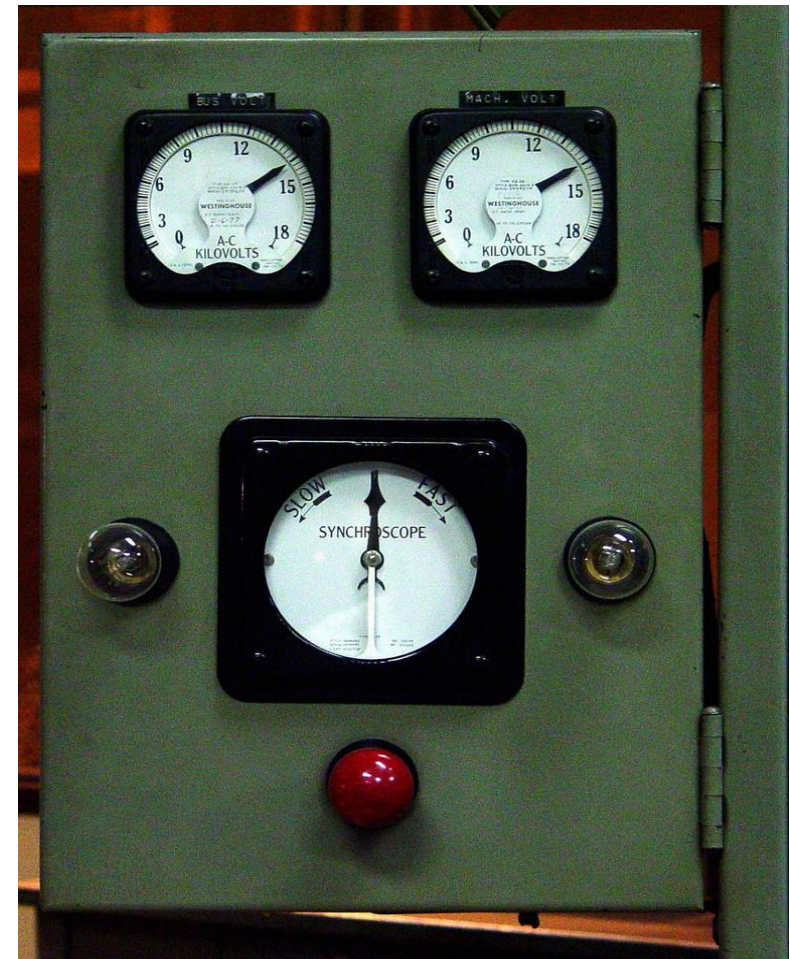
- **reenganche** es el proceso de volver a energizar automáticamente una línea que se abre debido a una falla. La mayoría de los interruptores automáticos de líneas de transmisión se vuelven a cerrar automáticamente después de abrirse para eliminar una falla.
- Para restablecer el servicio de una línea, la mayoría de las empresas de servicios públicos primero vuelven a cerrar los interruptores automáticos en un extremo de la línea para energizar la línea muerta hasta el interruptor abierto en el extremo opuesto.

# Transmisión de potencia

## Restauración de circuitos

### Comprobación de sincronismo (Sync Check)

- Determina si el ángulo de fase de la tensión o la magnitud de la tensión a través del interruptor difiere en más de una cantidad preespecificada.
- Los dos lados del interruptor pueden estar operando a diferentes frecuencias del sistema de energía.
- Los voltajes y los niveles de generación a ambos lados del punto abierto se ajustan de modo que las frecuencias coincidan exactamente y el ángulo de fase de voltaje y las diferencias de magnitud estén dentro de lo aceptable. tolerancias.





## Comprobaciones de sincronismo

# Transmisión de potencia

## Restauración del circuito: RESUMEN

# Transmisión de potencia

- Componentes e Interconexiones
- Modelo eléctrico
- Consideraciones operativas
- Restauración de circuitos
- Transmisión de corriente continua de alto voltaje

# Transmisión de potencia

## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

- Estaciones convertidoras
- Conductores de CC

# Transmisión de potencia

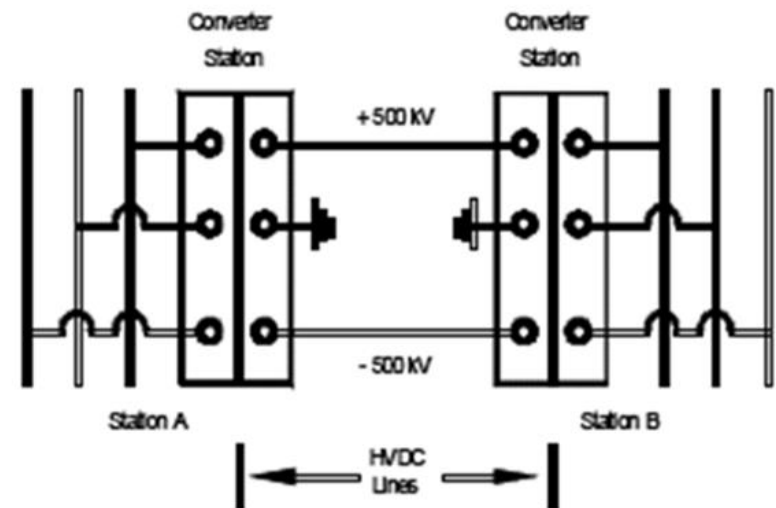
## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

Algunas empresas de servicios públicos utilizan líneas de transmisión de corriente continua de alto voltaje (HVDC), que operan en el rango de 500 kV a 1000 kV. Los voltajes utilizados aquí son voltajes de línea a línea y 1000 kV se refiere a  $\pm 500$  kV como se muestra en el diagrama a continuación.



W ESTERN

THI ELECTRICIDAD



CCOORDINANDO

CCONSEJO

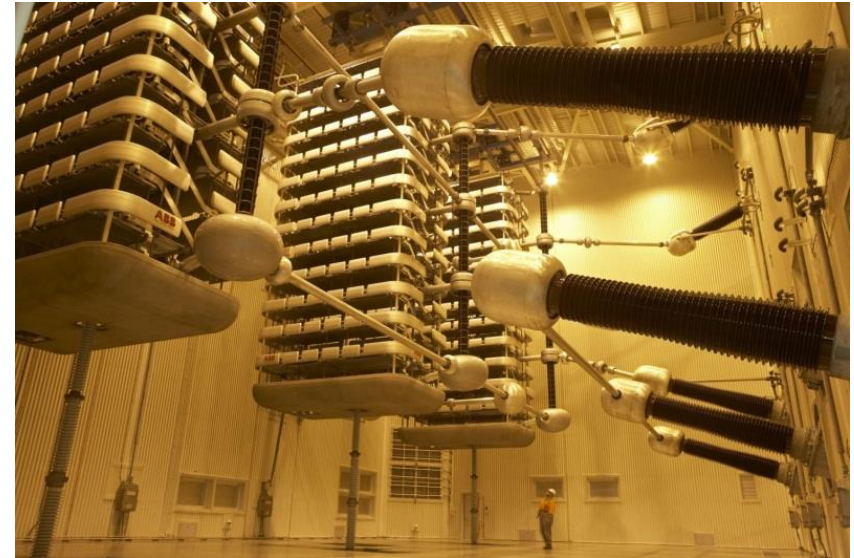


# Transmisión de potencia

## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

### Componentes HVDC

- Estaciones convertidoras
- Conductores de CC
- Reactancias y filtros de CC
- Transformadores convertidores
- Ventajas y desventajas de las líneas HVDC



# Transmisión de potencia

## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

### Estaciones convertidoras

Las líneas HVDC requieren una estación convertidora, también llamada ***punto convertidor***, en cada extremo de la línea.

**Rectificador**-La estación en el extremo emisor de la línea.

**Inversor**-La estación en el extremo receptor de la línea.

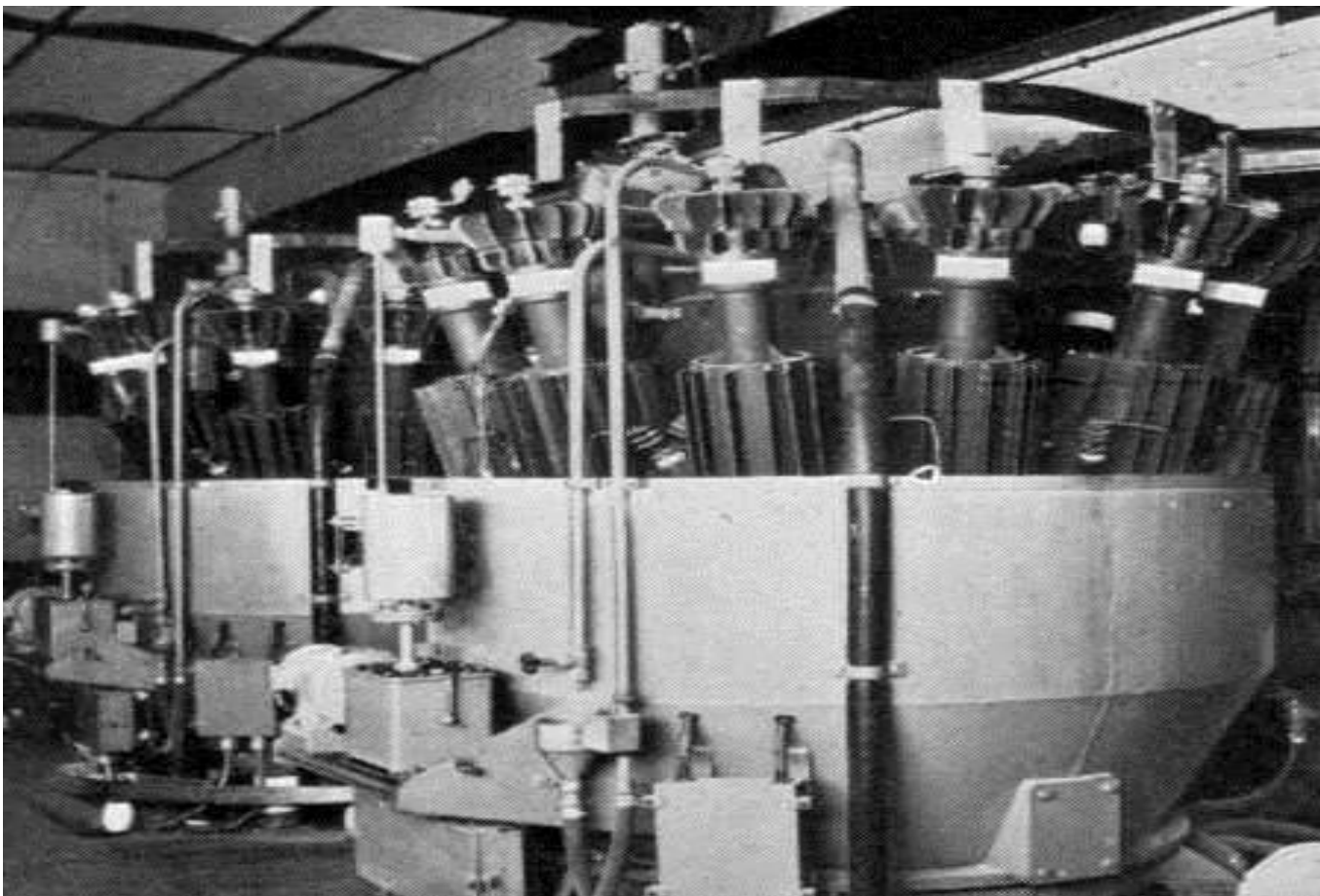
# Transmisión de potencia

## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

### Válvulas de estación convertidora

- Las válvulas realizan la rectificación o inversión
- Las líneas modernas utilizan dispositivos electrónicos, llamados tiristores.
- Al igual que un diodo electrónico, las válvulas conducen la electricidad en una sola dirección. Sin embargo, a diferencia de un diodo, las válvulas conducen electricidad solo cuando reciben una señal de control.
- Al ajustar la sincronización de las señales de control, la estación convertidora en cualquier extremo puede ser un rectificador o un inversor.





Válvulas de arco de mercurio (MAV)





Pila de válvulas de tiristor



# Transmisión de potencia

## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

### Conductores de CC

Las líneas HVDC tienen dos conductores: un polo positivo y un polo negativo.

- Un conductor opera a un voltaje positivo (con respecto a tierra) igual a la mitad del voltaje de línea a línea
- El otro conductor opera a un voltaje negativo (con respecto a tierra) igual a la mitad del voltaje de línea a línea.

# Transmisión de potencia

## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

### Conductores de CC

En condiciones normales, fluye muy poca corriente a través del suelo. Durante condiciones anormales, la línea HVDC puede operar a capacidad reducida.

- Solo el conductor positivo o negativo está en servicio. La tierra (ya sea metálica o tierra) sirve para completar el circuito
- El funcionamiento con retorno a tierra debe limitarse ya que puede producirse electrólisis en objetos metálicos enterrados, como tuberías.



# Transmisión de potencia

## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

### **Reactancias, filtros y transformadores de CC**

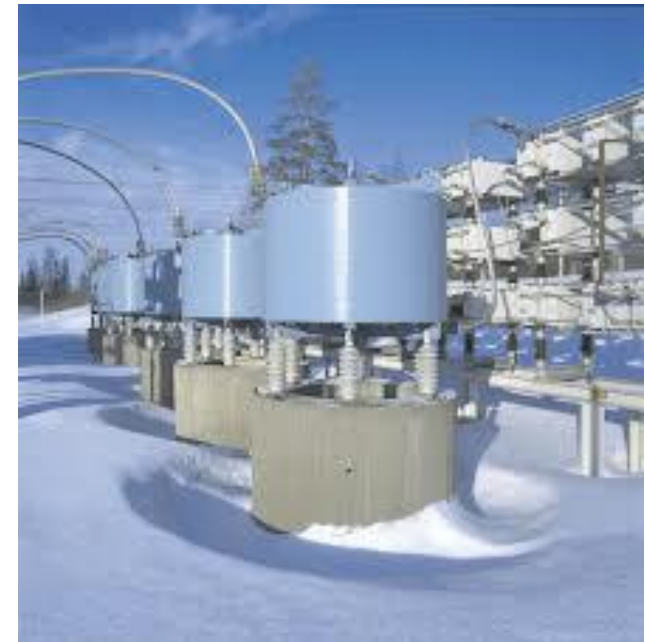
- La estación convertidora produce una forma de onda de CC que es bastante entrecortada (tiene ondas). Los reactores conectados a los conductores de CC en cada extremo de la línea suavizan esta forma de onda. La instalación de reactores en serie puede limitar el flujo de corriente de falla en la línea.
- En cada extremo de la línea de CC, un transformador de cambio de toma de carga conecta las estaciones convertidoras al sistema de CA.

# Transmisión de potencia

## Corriente continua de alto voltaje (HVDC)

### Filtros de CA

- La estación convertidora produce corrientes armónicas. Las corrientes armónicas alternan a frecuencias superiores a 60 Hz (generalmente múltiplos de 60 Hz). Los armónicos de corriente pueden provocar un calentamiento innecesario de los elementos del circuito, ya que el equipo no está diseñado para funcionar a frecuencias distintas de 60 Hz. Los capacitores combinados con reactores forman filtros para eliminar los armónicos.



# Ventajas/desventajas de HVDC

La transmisión de energía eléctrica mediante corriente continua tiene algunas ventajas sobre la transmisión de energía CA, que incluyen:

- Se eliminan las pérdidas de CA asociadas con la inductancia en serie y las líneas que se cargan debido a la capacitancia. Por lo tanto, es posible utilizar líneas aéreas y cables subterráneos para la transmisión de energía HVDC a largas distancias.
- Las líneas HVDC requieren solo dos conductores de alimentación en lugar de los tres necesarios para las líneas de CA
- Las líneas HVDC pueden unir dos sistemas de energía que tienen características diferentes
- Por ejemplo: las líneas HVDC pueden vincular un sistema de energía que opera a una frecuencia de 50 Hz a un sistema que opera a 60 Hz.

# Ventajas/desventajas de HVDC

- Ajustes rápidos, llamados ***modulaciones***, Se puede hacer un flujo de energía en líneas de CC. Durante las oscilaciones del sistema de alimentación de CA, la carga de la línea HVDC se puede modular para amortiguar la oscilación y ayudar a mantener la estabilidad del sistema de CA.
- La principal desventaja de las líneas de transmisión HVDC es el alto costo del equipo terminal en cada extremo de la línea y el alto costo del mantenimiento asociado.

# Ventajas/desventajas de HVDC

Las líneas de HVDC generalmente se vuelven más económicas que las líneas de CA si:

- La longitud de la línea de las porciones aéreas supera las 400 millas
- La longitud de la línea de las porciones de cable subterráneo supera las 25 millas
- Existe una circunstancia especial, como un empate entre dos sistemas de energía diferentes. Las empresas de servicios públicos utilizan instalaciones de CC consecutivas para esta función. Con este tipo de instalación de CC, el rectificador y el inversor se instalan en la misma ubicación. Actualmente existen ocho instalaciones consecutivas entre el WECC y otras regiones.



## Trabajo de línea directa



# Transmisión de potencia

## Transmisión de corriente continua de alto voltaje: RECAPITULACIÓN



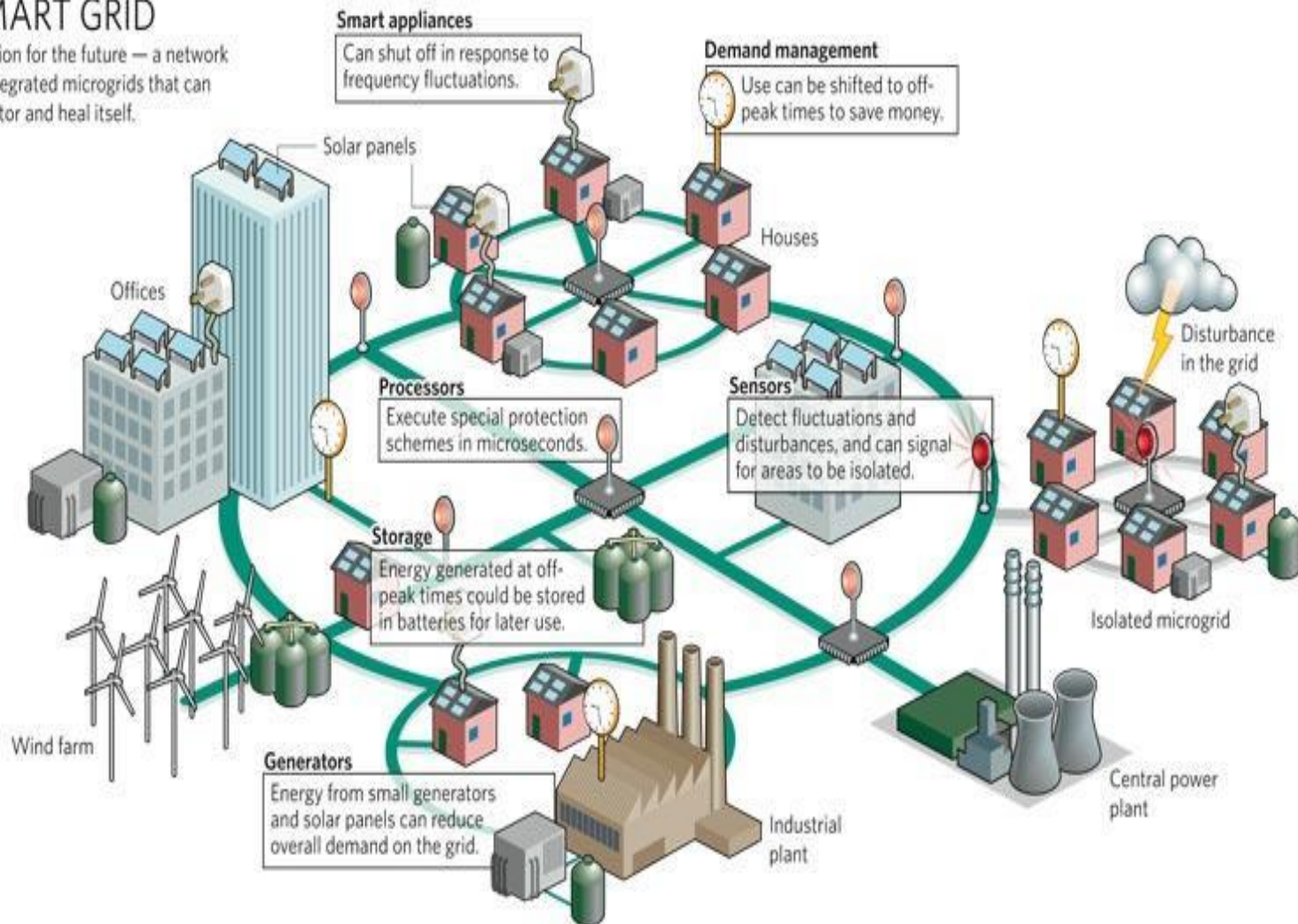
## Iniciativa de red inteligente

- La Red de Transmisión:  
Bastante "inteligente" ya
- La red de distribución:
  - No tanto

# Iniciativa de red inteligente

## SMART GRID

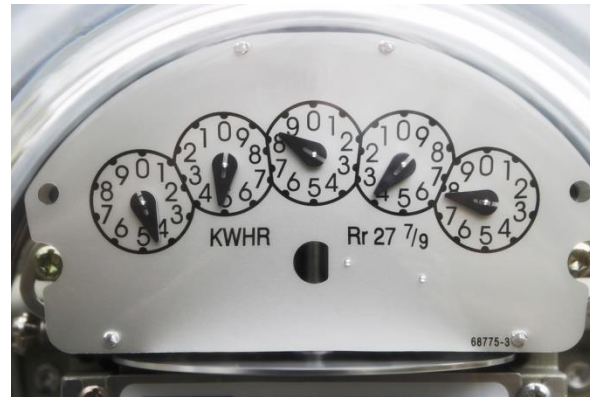
A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.



# Iniciativa de red inteligente

Vincula a los consumidores al sistema.

- ¿Está encendido?
  - ¿Podría haber un apagón en mi vecindario?
- Consumo en tiempo real
  - ¿Cuál es mi perfil de uso/costo?



# Iniciativa de red inteligente

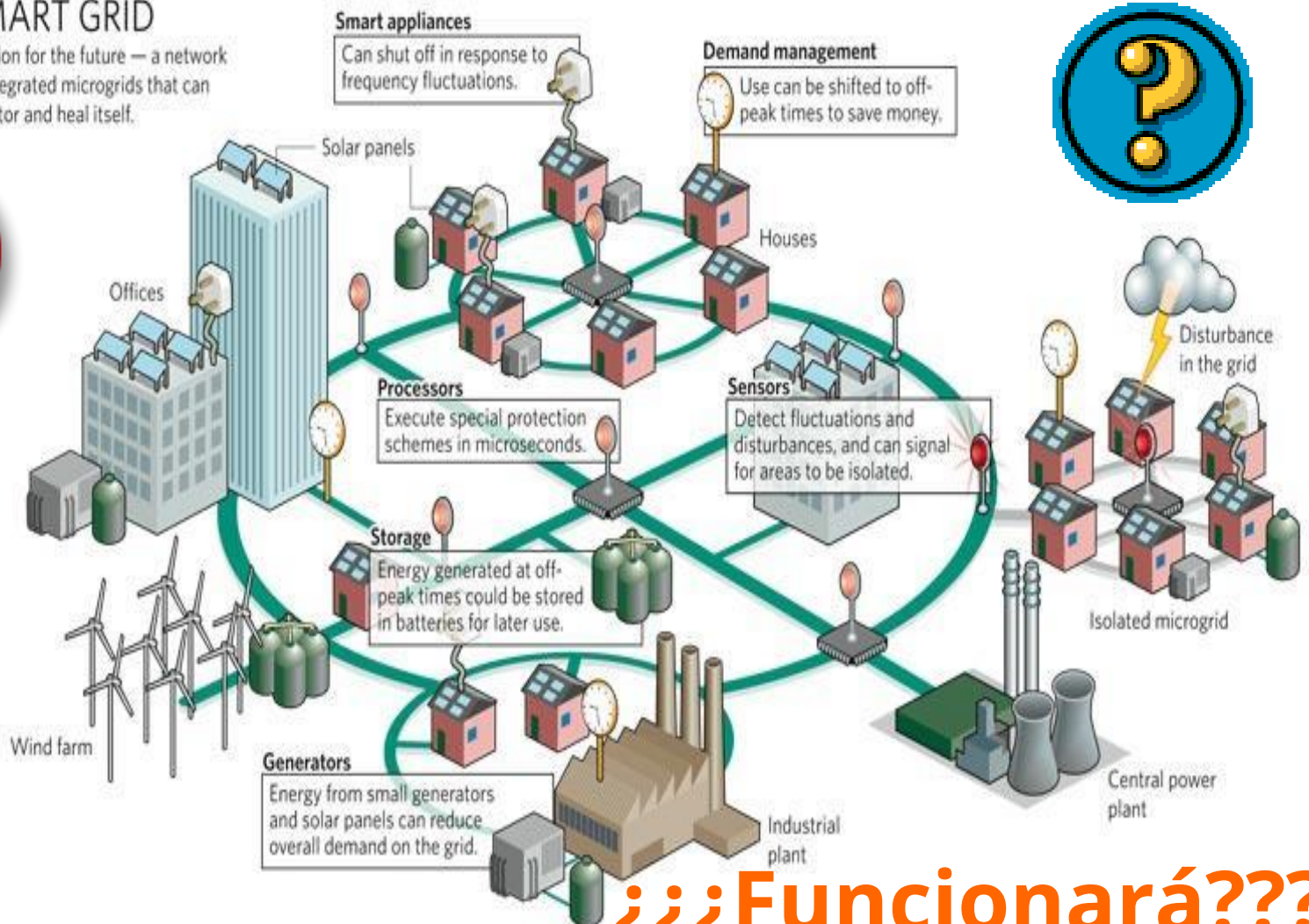
- **Gestión de la demanda cooperativa**
  - Apague mi CA cuando el sistema lo necesite. (Fresco Guardián -- Interruptor de ahorro)
  - Realimentar el sistema desde mi panel solar o coche eléctrico.
  - ... &Págame\$\$¡cuando lo haces!



# Iniciativa de red inteligente

## SMART GRID

A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.



¿¿¿Funcionará???

# Lo que cubrimos

- Componentes e Interconexiones
- Modelo eléctrico
- Consideraciones operativas
- Restauración de circuitos
- Transmisión de corriente continua de alto voltaje
- Extra: Red Inteligente