



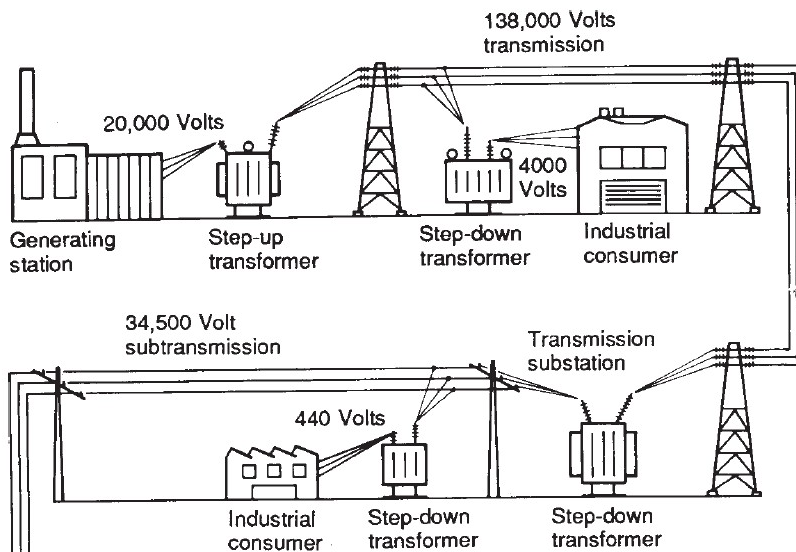
Impacto de la generación distribuida en la operación de sistemas de distribución de energía eléctrica

Dr. Julio Romero Agüero
Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)
Comisión Nacional de Energía (CNE)

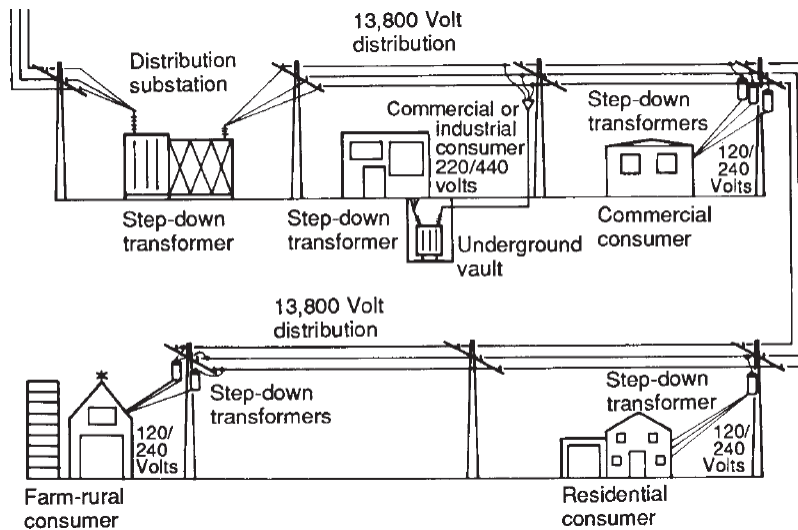
CONESCAPAN 2006

Dr. Julio Romero Agüero

Sistema de transmisión



Sistema de distribución



3

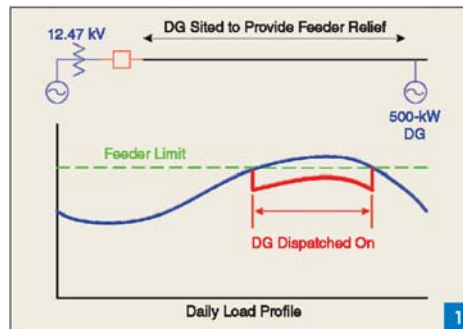
Impacto de la generación distribuida en la operación de sistemas de distribución de energía eléctrica

- “Generación distribuida” o “generación dispersa” es un término que se refiere a **generación conectada en la red de distribución**
- El EPRI (Electric Power Research Institute) define a la generación distribuida como “la utilización de tecnologías modulares de **generación de pequeña capacidad**, dispersas a lo largo del **sistema de distribución**”
- No existen **tamaños o niveles de tensión** aceptados como definición para la generación distribuida
- La generación conectada en **subestaciones de distribución o en la red de subtransmisión** también es considerada en algunas ocasiones como generación distribuida
- Un término más amplio es **recursos distribuidos**, el cual incluye a las tecnologías de generación distribuida, generación de respaldo, almacenamiento de energía y de gestión del lado de la demanda

4

Beneficios de la generación distribuida (GD)

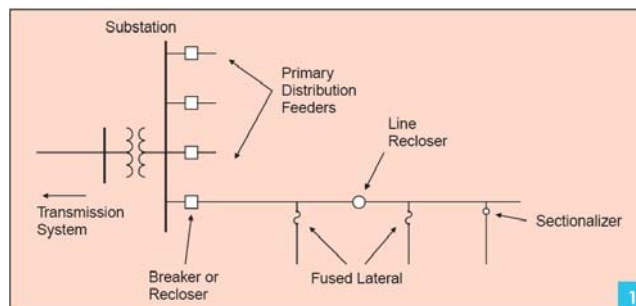
- Reducir el flujo de potencia a través de las redes de transmisión y distribución
- Aliviar el crecimiento de la carga y retrasar inversiones en capacidad en las redes de transmisión y distribución
- Reducir las pérdidas de transmisión y distribución
- Mejorar la calidad del servicio eléctrico y la confiabilidad del sistema de distribución



5

Desafíos de la GD

- No es sencillo integrar generación a los sistemas de distribución existentes
- Los sistemas de distribución fueron diseñados para un flujo de potencia unidireccional, desde la subestación hacia los usuarios finales
- Los GD violan esta asunción básica y pueden perturbar la operación del sistema de distribución sino se toman las precauciones necesarias



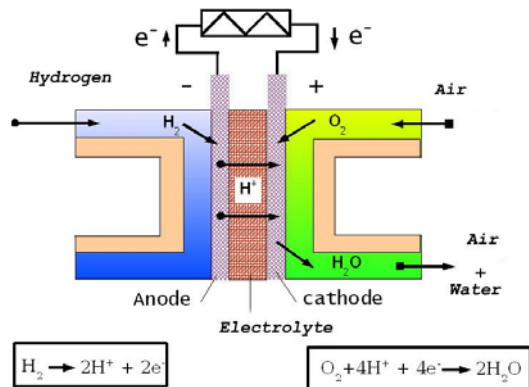
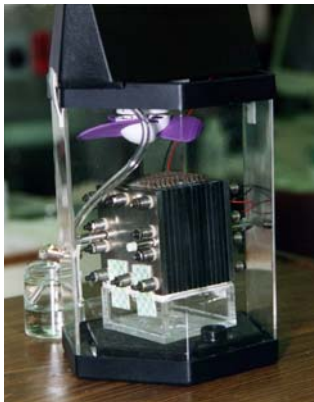
6

Características de los GD

- **Principales fuentes de energía:**
 - Motores y turbinas de combustión
 - Microturbinas
 - Turbinas eólicas
 - Celdas de combustible
 - Sistemas fotovoltaicos
- **Conversión de potencia e interconexión:**
 - Generador sincrónico
 - Generador de inducción
 - Inversor
- Los motores y turbinas de combustión se interconectan mediante generadores sincrónicos
- Algunas turbinas eólicas se interconectan mediante generadores de inducción
- Microturbinas, turbinas eólicas, celdas de combustible y sistemas fotovoltaicos se interconectan mediante inversores

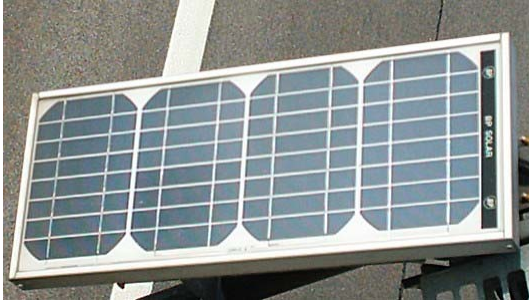
Características de los GD

Celda de combustible



Características de los GD

Celda solar



Turbina eólica



Generadores sincrónicos

- Un generador sincrónico puede operar de forma **independiente** (aislada) o **sincronizado** con el sistema de distribución
- Los generadores sincrónicos pueden operar con un factor de potencia en adelante o en atraso y pueden operar en modo de control o de seguimiento de tensión
- La mayoría de los GD sincrónicos operan en un modo de **seguimiento de tensión** (siguen la tensión del sistema de distribución)
- La mayoría de los GD sincrónicos inyectan una cantidad constante de potencia activa y reactiva (**factor de potencia constante**)
- La mayoría de los GD sincrónicos operan a **factor de potencia unitario** (mayor cantidad de watts por kVA nominal)

Generadores de inducción

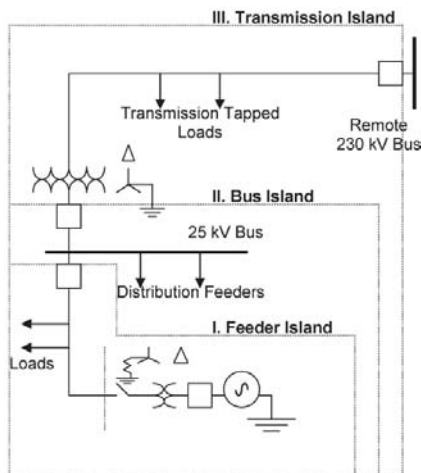
- Los generadores de inducción son utilizados principalmente en aplicaciones con **turbinas eólicas**, donde la velocidad del primo motor varía
- Los generadores de inducción son **más simples** que los generadores sincrónicos (no tienen excitadores, reguladores de tensión, gobernadores o equipo de sincronización)
- El generador de inducción requiere **excitación suplementaria**, ya sea suministrada por el sistema de distribución o por capacitores locales

Inversores

- Los sistemas fotovoltaicos y las celdas de combustible generan en **corriente directa**
- Las turbinas eólicas y las microturbinas generan **frecuencias incompatibles** con las del sistema de distribución
- Para interconectarlas es necesario **rectificar** a corriente directa y luego **invertir** a corriente alterna

Aislamiento no intencional

- El aislamiento es una situación en la que uno o más GDs y una parte del sistema operan de **forma separada** respecto al resto del sistema de distribución

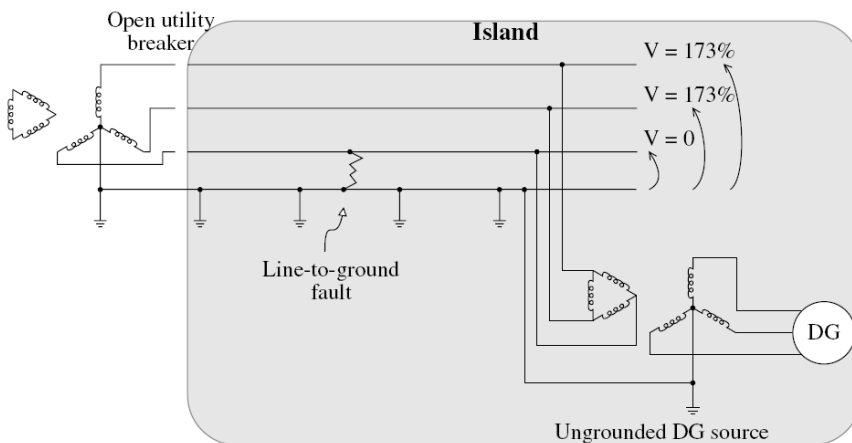


Aislamiento no intencional

- La formación de una isla no intencional generalmente representa un problema para las distribuidoras, las preocupaciones más importantes son:
- **Seguridad de los trabajadores y del público:** un GD puede mantener energizada una sección de la red de distribución, a pesar de que esta sección esté desconectada del resto del sistema de distribución
- **Daño a equipo de la distribuidora y de los consumidores por reconexión fuera de sincronismo:** una vez que la isla se forma, esta típicamente pierde sincronismo con el resto del sistema de distribución. Si se intenta reconectar sin sincronizar se puede causar daño al generador, a las cargas de los consumidores y al equipo de reconexión de la distribuidora. Además, se pueden causar perturbaciones importantes a clientes ubicados aguas arriba

Aislamiento no intencional

- **Problemas de tensión:** GDs interconectados por un transformador con un lado de media tensión no aterrizado, pueden convertir a un circuito normalmente aterrizado en uno no aterrizado



Puesta a tierra

- La puesta a tierra del transformador/generador involucra una **relación de compromiso**
- Los mejores arreglos de puesta a tierra crean fuentes para la **circulación de corrientes de falla** que pueden interferir con los **sistemas de protección de distribución**
- Limitar la corriente de falla crea una interconexión que no está aterrizada (sobretensiones más altas)

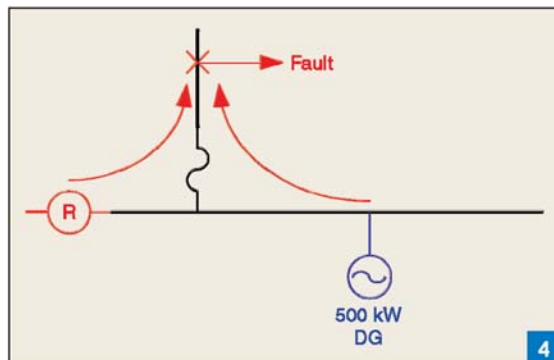
Protección contra aislamiento no intencional

- En la mayoría de los sitios, se utilizan **relevadores de tensión y frecuencia** como protección principal contra el aislamiento no intencional
- Cuando se crea una isla, generalmente **la generación y la carga no son iguales**, esto causa variaciones de tensión y frecuencia
- Si la tensión y frecuencia exceden los **límites de operación normal**, los relevadores ordenan la desconexión de la GD

15

Impacto de la GD en la protección del sistema de distribución

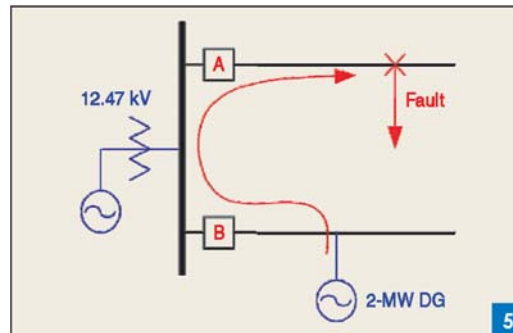
- La corriente de falla inyectada por la GD puede tener un impacto adverso sobre los esquemas **“salvadores de fusibles”**
- Durante una falla temporal, la corriente inyectada por la GD puede **fundir los fusibles** antes de la primera operación rápida de los reconectores ubicados aguas arriba



16

Impacto de la GD en la protección del sistema de distribución

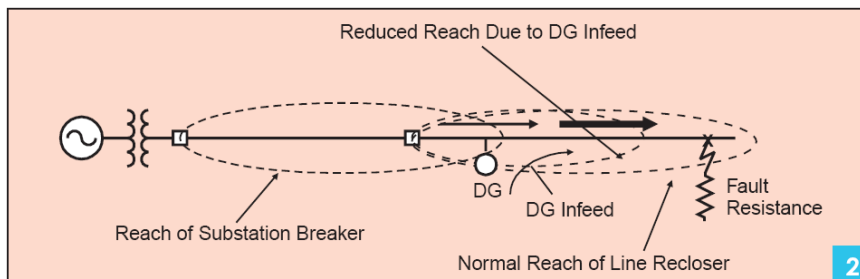
- Cuando la penetración de GD en un circuito de distribución es **grande**, una falla en un circuito vecino puede causar la **apertura del interruptor principal** del circuito donde está conectada la GD
- Este problema puede ser solucionada instalando **relevadores direccionales** en los circuitos con gran penetración de GD



17

Impacto de la DG en la protección del sistema de distribución

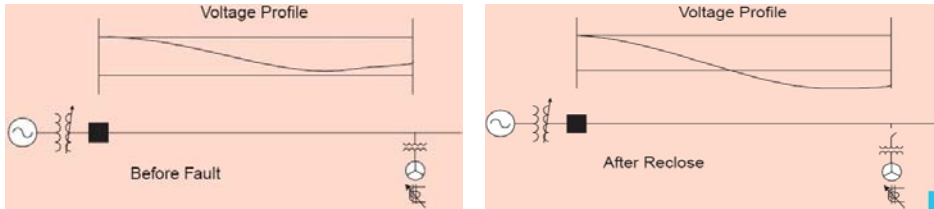
- La corriente de carga suministrada por la GD puede modificar el **alcance** de los dispositivos de protección
- Durante la hora pico, el esquema de protección es bastante sensible (**el alcance es largo**), no se necesita mucha corriente adicional para abrir el interruptor
- Sin embargo, la corriente inyectada por la GD puede **reducir el alcance** de los dispositivos



18

Regulación de tensión

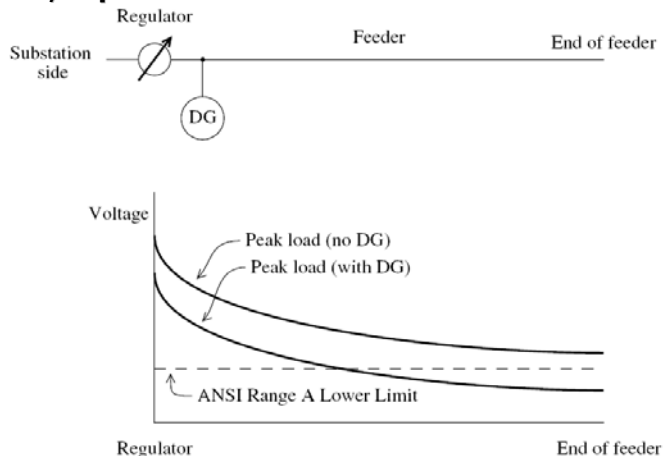
- La GD **generalmente mejora** la tensión en un circuito de distribución porque compensa la caída de tensión causada por las cargas
- Sin embargo, la GD puede causar tensiones fuera de los **límites permitidos** (Ej. ANSI 84.1)



- **Sobretensión:** la GD puede causar sobretensiones porque puede **inyectar potencia real aguas arriba** (flujo de potencia invertido) dentro del sistema, causando un aumento de tensión

Regulación de tensión

- **Interacción con dispositivos de regulación:** la GD puede interactuar con los **reguladores de tensión de distribución**, lo cual puede causar sobretensiones o subtensiones en un circuito, dependiendo del escenario



Confiabilidad

- La confiabilidad es muy importante cuando el GD es crítico: sistemas independientes, micro-redes, generación utilizada para aliviar carga durante los periodos de punta
- La GD tiene disponibilidades que oscilan entre **90% y 97%**, esta es mucho más baja que la disponibilidad de las distribuidoras típicas
- Sin embargo, si la GD es utilizada como un **suplemento** a la conexión de la distribuidora, puede incrementar significativamente la confiabilidad del usuario final
- Por ejemplo, si un GD con disponibilidad de 97% (11 días de interrupción anual) es conectado en **paralelo** a una distribuidora con una disponibilidad de 99.966% (3.5 horas de interrupción anual), la disponibilidad total crece a 99.9988% (6 minutos de interrupción por año)

Conclusiones

- La GD ofrece **beneficios importantes**, por ejemplo retrasar inversiones de capacidad en los sistemas, reducción de pérdidas, mejorar la confiabilidad, etc.
- Sin embargo, su integración en la red de distribución representa **desafíos importantes**, porque los sistemas de distribución han sido diseñados para una operación radial (flujo de potencia unidireccional)
- Estos problemas aumentan a medida que crece la penetración de la GD en la red de distribución
- Es necesario **"modernizar"** los sistemas de protección, supervisión y control de la red de distribución, para permitir la integración efectiva de la GD
- En el mediano y largo plazo, la red de distribución evolucionará operativamente y estructuralmente hasta convertirse en una **red similar a la de transmisión**

¡Gracias!
www.geocities.com/drjera