

## Asignación 1 y 2

Análisis el Efecto de la Integración de la Generación Distribuida en el Desempeño en Régimen Estacionario de una Red

**Asignación 1:** Considerando Fuentes de Generación Distribuida Basada en Generadores Sincrónicos.

**Asignación 2:** Considerando Fuentes de Generación Distribuida basadas en Generadores de Inducción.

## Motivación

La presente asignación tiene como objetivo que el participante analice, reflexione de manera crítica y llegue a conclusiones en forma cuantitativa y cualitativa, sobre el efecto que tiene integrar fuentes de generación distribuida en una red eléctrica tradicional.

## Aspectos a Considerar

Considere *Red de Prueba* la cual es alimentador de distribución un representativo del área de Kumamoto Japón. Esta red en forma tradicional consta de un generador centralizado, GC (ubicado en la Barra 1) que alimenta cargas en cada una de las barras del sistema (14 barras).

El diagrama unifilar mostrado en la Figura 1, muestra la topología de la red, mientras que los parámetros y cargas son resumidos en la Tabla 1.

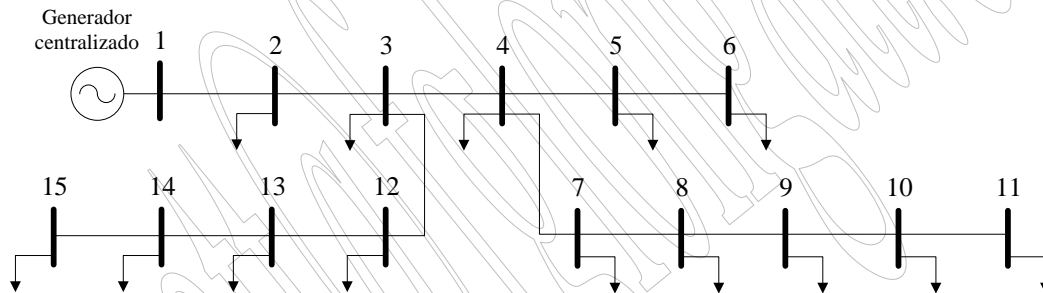


Figura 1. Diagrama Unifilar de la Red de Prueba: Kumamoto

Tabla 1. Parámetros de líneas y datos de las cargas de la Red de Prueba

| Nodo Inicial | Nodo Final | R (p.u) | X (p.u)  | B (p.u) | $P_{load}$ (p.u) | $Q_{load}$ (p.u) |
|--------------|------------|---------|----------|---------|------------------|------------------|
| 1            | 2          | 0.00315 | 0.075207 | 0.00000 | 0.02080          | 0.00210          |
| 2            | 3          | 0.00033 | 0.001849 | 0.00150 | 0.04950          | 0.00510          |
| 3            | 4          | 0.00667 | 0.030808 | 0.03525 | 0.09580          | 0.00980          |
| 4            | 5          | 0.00579 | 0.014949 | 0.00250 | 0.04420          | 0.00450          |
| 5            | 6          | 0.01414 | 0.036547 | 0.00000 | 0.01130          | 0.00120          |
| 4            | 7          | 0.00800 | 0.036961 | 0.03120 | 0.06380          | 0.00660          |
| 7            | 8          | 0.00900 | 0.041575 | 0.00000 | 0.03230          | 0.00330          |
| 8            | 9          | 0.00700 | 0.032346 | 0.00150 | 0.02130          | 0.00220          |
| 9            | 10         | 0.00367 | 0.01694  | 0.00350 | 0.02800          | 0.00290          |
| 10           | 11         | 0.00900 | 0.041575 | 0.00200 | 0.21700          | 0.00220          |
| 3            | 12         | 0.02750 | 0.127043 | 0.00000 | 0.01320          | 0.00140          |
| 12           | 13         | 0.03150 | 0.081405 | 0.00000 | 0.00290          | 0.00030          |
| 13           | 14         | 0.03965 | 0.102984 | 0.00000 | 0.01610          | 0.00160          |
| 14           | 15         | 0.01061 | 0.004153 | 0.00000 | 0.01390          | 0.00140          |

Bus voltage = 13.8kV, Base MVA = 30 MVA

Esta red ha de ser implementada en algún software de simulación computacional para el análisis de flujo de potencia, por ejemplo: DigSilent, ETAP, etc.

Se deja abierto al participante emplear el software que más conveniente le resulte, y aquellos casos en que no disponga de una herramienta se puede emplear la sugerencia hecha por el facilitador respecto al uso del reconocido programa comercial ETAP PowerStation.

Una vez implementada la red en un software de simulación del comportamiento en estado estacionario de sistemas de potencia (flujo de potencia), se efectúa una evaluación inicial del desempeño de la red en esquema de operación normal, tradicional (solo el generador centralizado) a fin de definir el desempeño de la red (caso base).

Se deja abierto al participante definir los indicadores de desempeño en régimen estacionario de la red. Sin embargo, se considerará de interés para el análisis a efectuar en esta asignación, al menos, las siguientes variables: pérdidas de potencia, voltaje de barra, cualquier otra variable que el participante desee incluir es bien recibido, y se considerará meritos en la evaluación.

Sobre la red de prueba considerada se efectuaran una serie de simulaciones, considerando la integración de fuentes de generación distribuida. Los participantes serán libres de decidir los escenarios a simular, sin embargo, se han de caracterizar en forma *cuantitativa* y *cualitativa* tomando en cuenta los siguientes indicadores:

- Nivel de Penetración.
- Nivel de Dispersión.
- Prioridad de instalación de la GD.
- Despacho de las unidades de la GD

La decisión de los escenarios a ser evaluados queda a la responsabilidad del participante. Pero deben ser completamente justificados (utilizando literatura, para lo que se recomienda consultar referencias documentales de mercados), y colaborar a que las conclusiones que se obtengan del análisis sean adecuadas. Queda proscrito el uso de mecanismos y consideraciones de escenarios de integración ya discutidos en clase. Se deben explorar niveles de penetración utópicos (> 100%). Será reconocidos y recompensados enfoques originales y seriamente reflexivos sobre el despacho de las unidades de integración y la prioridad de instalación.

Se han de considerar la integración de fuentes de generación distribuida que emplee tecnologías (Asignación 1) Generador Sincrónico y (Asignación 2) Generador de Inducción. En cuanto al empleo de generadores de inducción se permite el uso de soluciones creativas el problema de consumo de potencia reactiva, capacitores shunt, SVC, etc. Enfoques novedosos serán especialmente recompensados.

## Sugerencias

Se recomienda ser ampliamente ordenado, sistemático y estructurado con la construcción de la red y el uso del software de simulación. Como soporte de cada asignación serán necesario consignar al facilitador: (1) Archivos, base de datos, casos de simulación, etc. (2) Resultados de las simulaciones tanto en formato logrado del software de simulación, como tablas consolidados en forma adecuada para ilustrar los resultados.

En cuanto al tratamiento de modelación y simulación, se han de tratar de reproducir en mejor forma, las consideraciones de modo de operación de las fuentes de generación distribuida. Aportes en cuando a simulaciones a diferentes modos de operación, y diferentes factores de potencia serán recompensados.

La modelación del generador de inducción puede ser atacada por muy variados enfoques, sin embargo, es pertinente que el participante indique las limitaciones asociadas al enfoque empleado. Modelaciones más realistas serán recompensadas (por ejemplo incluir el efecto del voltaje de barra, o calcular del deslizamiento).

Como producto de las simulaciones, el participante debe valerse de los resultados obtenidos y efectuar tabulaciones donde se consoliden los mismos, e incluso graficas en los casos pertinentes, de manera que se pueda efectuar un correcto análisis de resultados. Se les recuerda a los participantes que los análisis de resultados se refieren a ideas específicas extraídas de los resultados, son tendencias, extremos, reflejos particulares del fenómeno que son obtenidos a partir de los resultados. Las conclusiones, son ideas más generales, por lo general es el fin de la aplicación del método científico, y en forma satisfactoria compete a capitalizar de forma exitosa un proceso inductivo.

Cualquier información necesaria, que no esté contenido en este documento, puede ser fácilmente solicitada al facilitador. Además cualquier duda, o inquietud puede ser dirigida al facilitador de la asignatura.

**Prof. Francisco M. González-Longatt**

**Email:**

[fglongatt@ieee.org](mailto:fglongatt@ieee.org)

[fglongatt@elecisc.ing.ucv.ve](mailto:fglongatt@elecisc.ing.ucv.ve)

[fglongatt@fglongatt.org.ve](mailto:fglongatt@fglongatt.org.ve)

**Website:** <http://www.fglongatt.org.ve/SistGD.html>



## Datos Típicos para Unidades de Generación Distribuida

### A. Generador Síncrono

Un generador síncrono de 7.801 kVA, 13.800 V, se empleo como la interfaz a la red en ciertas las tecnologías de generación distribuida. Los parámetros, datos, curvas y demás información asociados a este generador fueron tomados de un reconocido fabricante, y son mostrados a continuación.

**Tabla A.1. Parámetros Característicos de un generador síncrono de 7.801 kVA, 13.800V**

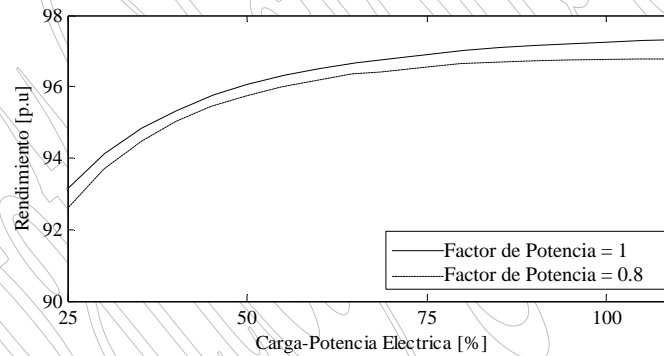
| Parámetro          | Símbolo        | Valor                      |
|--------------------|----------------|----------------------------|
| Potencia           | $P_n$          | 7.801 kVA                  |
| Voltaje            | $V_n$          | 13.800 V                   |
| Velocidad          | $\omega_n$     | 720 rpm                    |
| Frecuencia         | $f$            | 60 Hz                      |
| Factor de Potencia | $\cos \phi$    | 0.8                        |
| Velocidad Máxima   | $\omega_{max}$ | 864 rpm, Duración (min): 2 |
| Corriente Nominal  | $I_n$          | 326 A                      |

**Tabla A.1. Datos Eléctricos de Eficiencia**

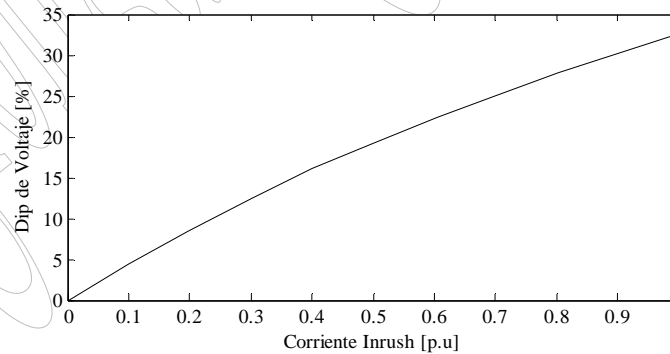
| Eficiencia             | 110%  | 100%  | 75%   | 50%   | 25%   |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Factor de Potencia 0.8 | 96.8% | 96.8% | 96.6% | 95.8% | 93.1% |
| Factor de Potencia 1   | 97.6% | 97.5% | 97.1% | 96.3% | 93.4% |

**Tabla A.2. Parámetros Reactancias y Constantes de Tiempo del generador síncrono de 7.801 kVA, 13.800V**

| Reactancias y Constantes de Tiempo | $X_d$                        | $X_q$ | $X'_d$ | $X''_d$ | $X'_q$ | $X_2$ | $X_0$    | $T'_{do}$ | $T'_d$ | $T''_d$ | $T_a$ |
|------------------------------------|------------------------------|-------|--------|---------|--------|-------|----------|-----------|--------|---------|-------|
|                                    | 158                          | 95    | 27.4   | 17.3    | 21.7   | 19.5  | 12.1     | 2.65      | 0.46   | 0.022   | 0.077 |
| SCR: 0.65                          | Insaturado, (kVA Nominal): % |       |        |         |        |       | Segundos |           |        |         |       |



**Figura A.1. Curva de Eficiencia del generador síncrono, 7.801 kVA, 13.800V**



**Figura A.2. Curva del Dip Transitorio de Voltaje del generador síncrono, 7.801 kVA, 13.800V**

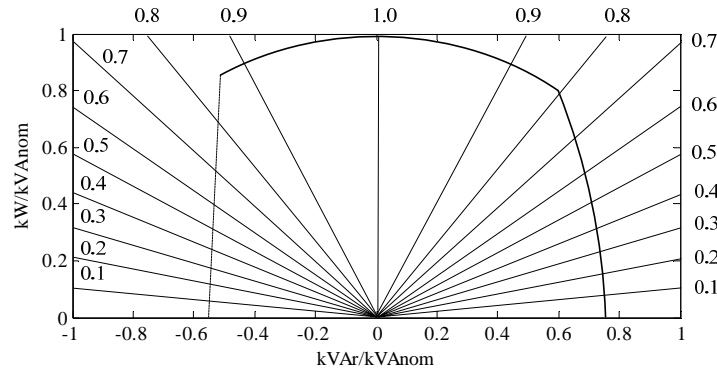


Figura A.3. Diagrama de Capacidad del generador sincrónico, 7.801 kVA, 13.800V

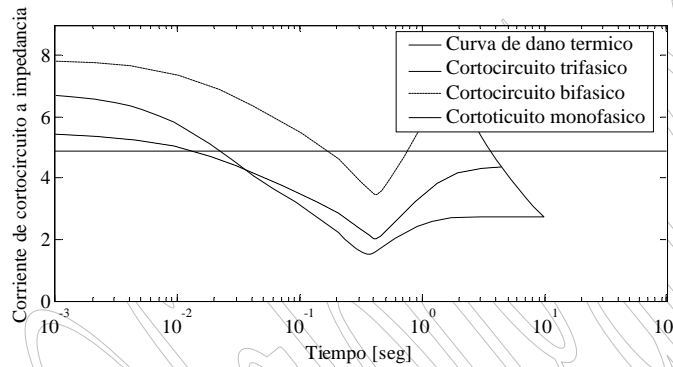


Figura A.4. Curva de Corriente Decremental del Estator del generador sincrónico, 7.801 kVA, 13.800V

### B. Generador de Inducción

Un generador de inducción de simple jaula de ardilla, de 350 kVA, 660 V; típico de aplicaciones de generación distribuida, fue empleado en aquellas tecnologías que emplean este tipo de generador como interfaz a la red. En las Tablas B.1 y B.2, se recogen los principales parámetros del generador. Los valores bases de voltaje y corriente son valores RMS de los voltajes de fase y corriente de línea.

Tabla B.1. Parámetros característicos de un generador de inducción, 350 kVA, 660V

| Parámetro            | Variable   | Valor    |
|----------------------|------------|----------|
| Voltaje nominal      | $V_n$      | 660 V    |
| Potencia nominal     | $S_n$      | 350 kVA  |
| Constante de Inercia | $H$        | 3.025 s  |
| Velocidad Sincrónica | $\omega_s$ | 1800 rpm |
| Numero de Polos      | $p$        | 4        |

Tabla B.2. Parámetros eléctricos del generador de inducción, 350 kVA, 660V

| Parámetro                   | Variable | Valor       |
|-----------------------------|----------|-------------|
| Resistencia del Estator     | $R_s$    | 0.00571 p.u |
| Reactancia del Estator      | $X_s$    | 0.1878 p.u  |
| Resistencia del Rotor       | $R_r$    | 0.00612 p.u |
| Reactancia del Rotor        | $X_r$    | 0.0639 p.u  |
| Reactancia de Magnetización | $X_m$    | 2.78 p.u    |