



## INGENIERÍA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DL GTUTOT-S

---



### Introducción:

Los sistemas eléctricos modernos han crecido y se han expandido geográficamente haciéndose más complejos con el tiempo. La planificación, la supervisión y la gestión de estos sistemas requieren técnicas avanzadas de análisis y control para la interconexión de redes, la gestión y el almacenamiento de la energía y la integración de las fuentes de energía renovables distribuidas en las futuras implementaciones de redes inteligentes.

El entrenador DL GTUTOT-S ha sido diseñado para proporcionar a los estudiantes un conocimiento completo en sistemas de Ingeniería de Energía Eléctrica, en una solución compacta y flexible.

El laboratorio se subdivide en cuatro grandes áreas de estudio:

- Generación de energía eléctrica
- Transmisión y distribución de energía eléctrica
- Uso de energía eléctrica
- Técnicas de protección

**Ideal para que 5 estudiantes trabajen simultáneamente.**

Escuelas universitarias y técnicas.

Y aplicable a cursos en: Máquinas Eléctricas, Ingeniería de Energía Eléctrica.



## GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

---

### Introducción:

La energía trifásica es la más utilizada para la generación, transmisión, distribución y uso en el sector público de la energía. Los sistemas trifásicos son más económicos que los sistemas monofásicos debido a la cantidad reducida de material conductor necesario para transmitir la misma cantidad de potencia, lo que los hace adecuados para la transmisión de alta tensión a largas distancias. Además, es ideal para el uso de consumidores en aplicaciones trifásicas (motores, cargas pesadas) o monofásicas.

La generación de energía eléctrica se realiza casi exclusivamente por medio de máquinas sincronas de alta potencia o alternadores, cuyo diseño de construcción depende del tipo de accionamiento, que normalmente puede ser vapor, gas o agua. Una limitación importante de la energía eléctrica es que no puede almacenarse en grandes cantidades y, por lo tanto, debe generarse a medida que el consumidor la necesite. El generador sincrónico puede funcionar en modo aislado, suministrando energía a un solo consumidor, o puede conectarse en paralelo con un sistema de red de tensión y frecuencia constantes.

En este laboratorio se estudian las principales características de un generador sincrónico, así como su sincronización con la red principal y su comportamiento en diferentes condiciones de carga.



## Experimentos:

### Análisis de generadores

- Medición de resistencia del bobinado
- Prueba de generador sin carga
- Prueba de corto circuito del generador
- Eficiencia convencional

### Características de carga

- Generación de potencia activa.
- Generación de potencia inductiva reactiva.
- Generación de potencia capacitiva reactiva.
- Análisis de cumplimiento normativo.

### Sincronización de red

- Sincronización manual: Método de sincronización de lámparas apagadas, Método de sincronización de dos lámparas encendidas y una apagada, y operación en paralelo usando un sincronoscopio.
- Sincronización automática usando un relé de sincronización.

### Operación de la red del generador

- Operación del alternador y del motor sincrónico.
- Control dinámico de factor de potencia de la red.



## TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA

---

### Introducción:

Hoy en día, la energía eléctrica pública se suministra casi exclusivamente utilizando sistemas trifásicos con frecuencia de 50 o 60 Hz, dependiendo del país. La principal ventaja de los sistemas de alimentación trifásica CA sobre CC es que la energía eléctrica se genera económicamente en grandes centrales eléctricas relativamente lejos de los usuarios finales, transportada a alta tensión a largas distancias con muy poca pérdida de energía y finalmente se pone a disposición de los consumidores que les proporcionan dos niveles diferentes de tensión dependiendo de las necesidades de aplicación.

Los principales componentes de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica son:

- Transformadores: los transformadores elevadores aumentan la tensión generada hasta valores adecuados para los sistemas de transmisión de alta tensión, los transformadores de aislamiento se utilizan para intercambiar energía entre redes, y los transformadores reductores disminuyen las tensiones hasta el nivel de media tensión y luego hasta el de baja tensión para distribuirlos al consumidor.
- Líneas de transmisión: las líneas eléctricas aéreas se utilizan principalmente para transmitir energía eléctrica de las centrales eléctricas a los consumidores. Sin embargo, en zonas densamente pobladas, la alimentación sólo se puede suministrar a través de cables. Se utilizan varios niveles de tensión para transmitir la energía; los niveles se determinan en función de la cantidad de energía y de la distancia; cuanto más altas sean las tensiones de transmisión, más bajas serán las corrientes y las pérdidas de transmisión. Sin embargo, también debe tenerse en cuenta que los costos de inversión en red aumentan con la tensión.
- Barras, seccionadores y disyuntores de alimentación: son los principales componentes que se encuentran en una estación de conmutación utilizada para la distribución de energía.

En este apartado se analizan los circuitos básicos de la ingeniería energética, conexiones estrella-triángulo y delta-estrella, conexiones en serie y en paralelo de equipos operativos (líneas, transformadores) y diferentes topologías de red.



## Experimentos:

### Distribución y transmisión de energía

#### Transformadores trifásicos

- Grupo vectorial del transformador.
- Rendimiento del transformador sin carga.
- Rendimiento de cortocircuito del transformador y circuito equivalente.
- Rendimiento de carga.
- Impedancia cero.
- Carga asimétrica.
- Autotransformador.
- Funcionamiento en paralelo.

#### Líneas de transmisión

Estudios sobre líneas de transmisión trifásicas

- Rendimiento sin carga, efecto Ferranti.
- Rendimiento de carga adaptada.
- Cortocircuitos simétricos trifásicos.
- Carga resistiva-inductiva.
- Carga resistiva-capacitiva.
- Impedancia de fase cero.
- Compensación paralela para una carga resistiva-inductiva.
- Compensación en serie para una carga resistiva-inductiva.
- Cortocircuito asimétrico trifásico.

Conexión en paralelo y en serie de líneas de transmisión

- Conexión en serie de dos líneas.
- Conexión en paralelo de dos líneas.

Línea de transmisión con compensación de falla a tierra

- Falla a tierra en una línea con un punto estrella aislado.
- Bobina de supresión de Petersen.

#### Distribución de energía

Sistemas de barra colectora doble de tres polos

- Sistema básico de barra colectora doble.
- Sistema de barra colectora doble con carga.
- Acoplamiento de barra colectora.

Topologías de red

- Red radial.
- Red mallada.



## TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y TENSIÓN

---

### Introducción:

En los sistemas de alimentación eléctrica, las corrientes y tensiones se miden y controlan constantemente para garantizar que se mantienen dentro de ciertos límites. En general, los valores de corriente y tensión son tan altos que no se pueden medir directamente.

Se deben utilizar transformadores especiales para reducir estos valores a un nivel que pueda medirse de forma segura y económica. Estos valores son necesarios para proporcionar información sobre el estado del sistema, para calcular la cantidad de energía suministrada a un cliente y para apagar rápidamente secciones de una red en caso de un evento de falla para evitar su propagación que podría resultar en el colapso de todo el sistema de suministro de energía.

### Experimentos:

#### Transformador de corriente

- Operación del transformador de corriente monofásico
- Prueba de carga del transformador de corriente monofásico
- Transformador de corriente trifásico
- Circuito sumador del transformador de corriente trifásico -secuencia fase cero de un sistema trifásico.
- Transformador de corriente sumadora

#### Transformador de tensión

- Transformador de tensión monofásica– Relación de transformación e influencia de la carga.
- Transformadores de tensión trifásica y falla a tierra.
- Dos transformadores de tensión unipolar.



## GESTIÓN DE ENERGÍA

---

### Introducción:

En algunos países, los niveles de consumo de energía eléctrica han alcanzado niveles que superan la oferta disponible. Existe una creciente necesidad de optimizar y reducir este nivel de uso y encontrar fuentes de energía alternativas, más eficientes y renovables.

Las empresas eléctricas utilizan medidores eléctricos instalados en las instalaciones de los consumidores para medir la potencia que se les entrega con fines de facturación. Los medidores modernos de electricidad de estado sólido son capaces de medir tanto la potencia activa como la reactiva, la demanda y el uso máximo de la energía, o permiten aplicar diferentes tarifas en diferentes períodos del día.

La mayoría de las instalaciones eléctricas actúan como cargas inductivas en la red eléctrica. Estas cargas incluyen equipos con bobinas o devanados, como motores y transformadores que producen un retardo de tiempo entre las variables de tensión y corriente. Los consumidores de energía, en particular los más grandes, como las plantas industriales, están obligados, ya sea por contrato o por razones económicas, a compensar la potencia reactiva consumida por sus equipos.

La integración de sistemas de energía renovable distribuida ligados a la red principal crea un flujo bidireccional de energía que necesita ser gestionado adecuadamente, utilizando técnicas de medición y conversión electrónica de potencia avanzadas.

En esta sección se pueden simular varios tipos de usuarios utilizando cargas estáticas y dinámicas para estudiar la compensación del factor de potencia, el consumo de energía, el perfil de la carga y la optimización del uso de energía eléctrica.



## Experimentos

### Cargas complejas, consumo de energía y potencia

- Consumidores trifásicos con conexiones estrella y delta (cargas R, L, C, RL, RC y RLC).
- Carga dinámica :
  - Estudio de un motor asíncrono como carga trifásica
  - Medición de potencia en caso de inversión de flujo de energía.
- Consumo de energía activa
- Consumo de energía reactiva:
  - para cargas RL simétricas y asimétricas.
  - en caso de falla de fase.
  - en caso de sobrecompensación (carga RC).
  - para cargas activas.
- Máxima demanda de energía.

### Compensación del factor de potencia

- Compensación manual del factor de potencia:
  - Cálculo de parámetros para condensadores de compensación.
  - Compensación usando varios condensadores.
- Compensación automática del factor de potencia.

### Gestión de energía

- Perfil y eficiencia de carga
- Análisis de consumo de energía de carga mixta con y sin compensación de factor de potencia.



## DL GTUTOT-S Lista de módulos:

DL 10065N	Módulo de medición de potencia eléctrica	1
DL 2108T02A	Interruptor de potencia	1
DL 2109T1T	Indicador de sincronización	1
DL 2109T32	Sincronoscopio	1
DL 2108T25	Relé de sincronización del generador	1
DL 1067S	Regulador automático de tensión	1
DL 2108T26	Motor sin escobillas con controlador	2
DL 2108T26BR	Resistencia de frenado	2
DL 1013A	Base universal	2
DL 1026P4	Máquina sincrónica trifásica de 4 polos	1
DL 1013T1MR	Alimentación trifásica variable motorizada	1
DL 1080TT	Transformador trifásico	2
DL 2109T29	Medidor de energía trifásica	2
DL 2108T02	Interruptor de potencia	4
DL 2109D51	Medidor digital de grupo Vector	1
DL 2109D30	Medidor digital de potencia	1
DL 7901TT	Modelo de línea aérea	2
DL 7901TTS	Modelo de línea aérea de 110Km	1
DL 2108T03	Condensador de línea	2
DL 2108T04	Bobina de Petersen	1
DL 2108T02/2	Barra colectora doble con dos seccionadores	3
DL 2109T21	Transformador de corriente monofásica	1
DL 2109T22	Transformador de corriente trifásica	1
DL 2109T25	Transformador sumador de corriente	1
DL 2108T10	Carga CT	1
DL 2108T11	Carga VT	1
DL 2109T23	Transformador de tensión monofásica	1
DL 2109T24	Transformador de tensión trifásica	1
DL 2102AL	Fuente de alimentación trifásica	1
DL 1021/4	Motor asíncrono trifásico	1
DL 2108T19	Regulador de energía reactiva	1
DL 2108T20	Batería de condensador conmutable	1
DL 1017R	Carga resistiva	1
DL 1017L	Carga inductiva	1
DL 1017C	Carga capacitiva	1
DL 4236	Gestor de carga	1
DL HMI	HMI	1
DL HUBRS485F	HUB para comunicación MODBUS	1
DL PCGRID	Computadora todo en uno	1
DL SCADA-512	Software SCADA con capacidad limitada a 512 etiquetas.	1
DL A120-3M	Bastidor de tres niveles, versión básica	4
DL SP-A120-LED	Base superior con tira de LED, para DL A120-3M	4
DL T12090_SK	Banco de trabajo 120x90	4
DL T06090	Banco de trabajo 60x90	2
DL 2600TTI	Transformador de aislamiento trifásico	1
DL 1196	Soporte para cables	1
TLGTU101	Cables	1
TLGTU102.T	Cables	1
TLGTU104	Cables	1



## RELÉS DE PROTECCIÓN DL GTUTOT-P

---



### Introducción:

Los relés de protección dedicados se utilizan para monitorear cada sección del sistema de energía (generadores, transformadores y líneas de transmisión). Su función principal es identificar un componente del sistema dañado por un evento de falla específico (subtensión/sobretensión, subfrecuencia/sobrefrecuencia, sobrecorriente, falla a tierra, potencia inversa, etc.), y desconectarlo de forma rápida y fiable, protegiendo a las personas y a las demás partes sanas del sistema sin interrumpir la distribución de energía.

Añadiendo el kit opcional de expansión de los módulos de protección DL GTUTOT-P a la configuración DL GTUTOT-S, se amplían la lista de experimentos disponibles y las capacidades del sistema, permitiendo el estudio de las técnicas de protección y de las estrategias aplicadas a cada sección de la red de distribución de energía.



## Experimentos

### Protección de generación

- *Configuración de parámetros, simulación de fallas, medición de respuesta de relé y registro oscilográfico para las siguientes protecciones:*
  - Protección de sobrecorriente
  - Protección de sobretensión y subtensión
  - Protección de sobrefrecuencia y subfrecuencia
  - Protección de carga desequilibrada
  - Protección de falla de estator a tierra
  - Protección de potencia inversa
  - Protección diferencial del generador

### Protección de línea de transmisión

- *Configuración de parámetros, simulación de fallas, medición de respuesta de relé y registro oscilográfico para las siguientes protecciones:*
  - Protección de sobrecorriente de tiempo instantáneo
  - Protección de sobrecorriente de tiempo definido
  - Protección de sobrecorriente de tiempo inverso
  - Protección de falla a tierra
  - Protección de sobretensión y subtensión
  - Protección de carga desequilibrada
  - Protección de potencia direccional
  - Protección de líneas conectadas en paralelo

### Protección de transformador

- *Configuración de parámetros, simulación de fallas, medición de respuesta de relé y registro oscilográfico para las siguientes protecciones:*
  - Protección de sobrecorriente de tiempo
  - Protección diferencial del transformador



## DL GTUTOT-P Lista de módulos:

DL 2108T23	Feeder manager relé	1
DL 2109T22	Transformador de corriente trifásico	1
DL 2108T24	Relé diferencial de porcentaje para generador	1
DL 2108T21	Relé diferencial para transformador	1
DL 2108T18	Relé de falla a tierra	1
DL 2108T13	Relé de sobrecorriente de tiempo inverso	1

## Kit de expansión

Añadiendo el módulo DL 2108T22 opcional a las configuraciones DL GTUTOT-S y DL GTUTOT-P, se amplía la lista disponible de experimentos y capacidades del sistema:

## Lista de experimentos

### DL 2108T22 Protección de distancia

- Configuración de parámetros, simulación de fallas, medición de respuesta de relé y registro para las siguientes protecciones:
  - Protección de sobrecorriente
  - Protección de corriente desequilibrada
  - Protección de distancia

## Módulos:

DL 2108T22	Relé de protección de distancia	1
------------	---------------------------------	---