



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



**INEEL**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS



**INEEL  
CECSE**  
CENTRO ESPECIALIZADO  
DE CAPACITACIÓN PARA  
EL SECTOR ENERGÍA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD  
Y ENERGÍAS LIMPIAS

## **Capacitores, aplicación, características y riesgos en sistemas de media tensión**

**Créditos: 3**

**24 horas**

### **Objetivo:**

Al finalizar el curso, el participante conocerá la aplicación de los capacitores en media tensión, para corregir el factor de potencia, regular la tensión, suprimir transitorios y filtrar armónicos. Asimismo, conocerá los riesgos que implican su utilización y las medidas que pueden ser implantadas, para minimizar estos riesgos. Para lograr los objetivos, se analizarán los conceptos básicos y auxiliares relacionados con el tema, se analizará la operación de los capacitores en condiciones estables y transitorias, se revisarán las características de los componentes principales de los bancos de capacitores, de los supresores de transitorios y de los filtros pasivos, así como sus esquemas de conexión y protección. Finalmente, se analizarán sus mecanismos de deterioro más importantes, mediante la discusión de un conjunto de fallas reportadas en la literatura especializada.

### **Dirigido a:**

El curso está dirigido a Ingenieros que desarrollan proyectos para la corrección del factor de potencia y eliminación de armónicos en sistemas de media tensión. También está dirigido a los ingenieros que participan en la operación y mantenimiento de bancos de capacitores y filtros, así como para los ingenieros relacionados con la protección de generadores y motores de media tensión contra sobre tensiones por rayo y maniobra. Finalmente, el curso puede ser una referencia importante para los ingenieros que realizan análisis de causa-raíz de fallas eléctricas, en bancos de capacitores y filtros, en sistemas de media tensión.

El curso fue preparado, ECO217 del CONOCER "Impartición de cursos de formación de capital humano presencial grupal" y ha sido adaptado a la modalidad de "curso a distancia". Se utilizarán técnicas instruccionales como la técnica expositiva y el diálogo o debate. En este caso, no se cuenta con instalaciones en media tensión, para la realización de prácticas. Sin embargo, se analizarán casos prácticos, con formas de onda y fallas catastróficas en capacitores, reportadas en la literatura especializada, con lo cual se impactarán los dominios de aprendizaje cognitivo, afectivo y psicomotor.



## Temario

### I. Encuadre

1. Presentación del instructor
2. Presentación del grupo
3. Entrega del material del curso
4. Reglas de operación del curso
5. Evaluación diagnóstica

### II. Conceptos básicos y auxiliares

1. Introducción
2. Conceptos básicos
  - 2.1 Resistencia
  - 2.2 Capacitancia
  - 2.3 Inductancia
  - 2.4 Impedancia
  - 2.5 Triángulo de potencias
  - 2.6 Potencia reactiva
  - 2.7 Factor de potencia
3. Corrección del factor de potencia
4. Corrección de las caídas de tensión
5. Capacitores para la corrección del factor de potencia
6. Capacitor supresor de transitorios
7. Carga de un capacitor
8. Descarga de un capacitor
9. Energización de un banco de capacitores y sobre corriente transitoria
10. Des-energización de un banco de capacitores y sobre tensión transitoria
11. Conceptos auxiliares
  - 11.1 Condiciones de resonancia
  - 11.2 Armónicos
12. Filtros
13. Debate
14. Resumen

### III. Características de los capacitores

1. Introducción
2. Bancos de capacitores
  1. Interruptor para banco de capacitores
  2. Resistencia de pre-inserción
  3. Reactores limitadores de la corriente de inrush
  4. Desconectador para banco de capacitores
  5. Energización sincronizada de bancos de capacitores
6. Capacitores
7. Unidades capacitivas internas
  - Resistencia de descarga
8. Fusibles
  - Fusibles internos
  - Fusibles externos
  - Selección de fusibles
  - Curva de ruptura del tanque
  - Comparación de fusibles internos con los fusibles externos
  - Coordinación de fusibles
  - Sin fusibles
  - División de los bancos de capacitores en pasos o secciones
  - Cuchillas seccionadoras
  - Cuchillas de puesta a tierra
  - Transformadores de potencial
  - Transformador de corriente
  - Cables de potencia
  - Apartarrays
  - Sistema de protección y control
  - Conexión de los bancos de capacitores



- Conexión del neutro de bancos de capacitores
  - Bancos con el neutro conectado a tierra
  - Bancos con el neutro eléctricamente flotado
9. Capacitor supresor de transitorios
10. Filtros
11. Resumen
- IV. Riesgos en el uso de los capacitores
1. Introducción
2. Falla en bancos de capacitores
- Curva característica de fallas
  - Defectos de fábrica
  - Defectos en apartarrayos
  - Lecciones aprendidas con los defectos de fábrica
  - Mecanismo de deterioro normal
  - Deterioro de fusibles por sobre corrientes
  - Lecciones aprendidas con el deterioro normal
  - Falla por errores de mantenimiento
  - Superación de la capacidad de ruptura del tanque
  - Lecciones aprendidas por errores de mantenimiento y ruptura del tanque
  - Falla en interruptores de capacitores por pre-encendidos
  - Falla en interruptores de capacitores por re-encendidos
- Lecciones aprendidas con la falla de interruptores de bancos por pre-encendidos y re-encendidos
  - Corrimiento del neutro en bancos con neutro “flotado”
  - Lecciones aprendidas con el corrimiento del neutro en bancos con e neutro “flotado”
  - Fallas por resonancias armónicas
  - Lecciones aprendidas por fallas por resonancias armónicas
  - Falla por sobre corrientes de inrush
  - Lecciones aprendidas por fallas por sobre corrientes de inrush
- 3.- Fallas en otros equipos que suministran reactivos
- Suministro de reactivos con generadores
  - Falla en generadores sobre-excitados
  - Lecciones aprendidas con el suministro de reactivos con generadores
- 4.- Falla en supresores de transitorios tipo capacitivo
- Fallas en supresores de transitorios en sistemas “flotados”
  - Lecciones aprendidas por fallas en supresores de transitorios en sistemas flotados



- Ineficiencia de supresores y apartarrayos ante re-igniciones múltiples
- Lecciones aprendidas por ineficiencia de supresores y apartarrayos ante re-igniciones múltiples

#### 5.- Fallas en filtros

- Explosión de capacitores por incremento de la presión interna
- Eliminación de resonancia armónica con un filtro
- Fallas por resonancias ocasionadas por los filtros pasivos
- Lecciones aprendidas por fallas en filtros

#### 6.- Resumen

#### V. Cierre del curso

1. Conclusiones
2. Logro de objetivos
3. Evaluación final
4. Cierre del curso a cargo del personal del Centro de Posgrado

### Evaluación de los participantes

#### Instructor



**M.C. Néstor Alexis  
Hernández Muñoz**

Maestro en Ingeniería Eléctrica con mención honorífica por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos e Ingeniero Electromecánico (Honores) por el Instituto Tecnológico de Cerro Azul. Desde el 2007 es investigador de la Gerencia de Equipos Eléctricos del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), su especialidad es analista de sistemas eléctricos de potencia en media y alta tensión. Ha colaborado y dirigido diferentes proyectos del área eléctrica de PEMEX y CFE, tiene dominio en la operación y especificación de equipos eléctricos de subestaciones eléctricas de media y alta tensión. En el ámbito de dominio de software especializado maneja ATP/EMTP-RV, Power Tools de SKM, Enterprise Solution ETAP, EasyPower y Paladín EDSA para análisis de sistemas eléctricos de potencia en estado transitorio, dinámico y estable. Ha participado como ponente en diferentes congresos nacionales e internacionales relacionados con su área de investigación. A la fecha ha sido autor de 17 artículos publicados y de divulgación, y 3 derechos de autor en la categoría de software. Adicionalmente, ha sido instructor del uso y aplicación de softwares para análisis de sistemas eléctricos de potencia en estado estable.