



ASIGNATURA:	PROTECCIÓN Y CONTROL DE SISTEMAS ELÉCTRICOS	CODIGO:	950568
DEPARTAMENTO:	ELECTRICA	CLASE:	Anual
ÁREA:	COMPLEMENTARIAS	HORAS SEM.:	3 HS.
BLOQUE:		HORAS / AÑO:	96 HS.

Fundamentación:

Los sistemas generación, transmisión y distribución de la de energía eléctrica deben ser diseñados y construidos de modo tal que se logre continuidad en el servicio, seguridad en su operación para las personas y minimización de costos por fallas y desperfectos de los componentes. Para ello, modernamente (a partir de la década del 90), las funciones de protección y control se materializan a través de dispositivos electrónicos inteligentes (IED) basados en microprocesadores. Estos, no constituyen un simple reemplazo de tecnologías tradicionales, sino un cambio de filosofía en el diseño de los nuevos sistemas de protección, monitoreo y control, en el modo de actuación de sus componentes y la consecuente variación de los métodos de prueba y verificación de los mismos.

Las técnicas requeridas para abordar este nuevo paradigma, es una competencia adquirida por pocos profesionales y esta actividad curricular pretende acercarlas al futuro ingeniero electricista.

Objetivos:

Brindar al futuro profesional herramientas para:

- Conocer la filosofía de diseño de los nuevos sistemas de protección y control
- Comprender el funcionamiento, configuración y criterios de ajustes de los IED genéricos para las distintas funciones de protección que estos ofrecen y los distintos fabricantes, partiendo de los parámetros eléctricos del sistema
- Conocer los principales algoritmos de cálculo utilizados por distintos fabricantes de IED
- Revisar a la luz de estas nuevas tecnologías los esquemas funcionales y la coordinación por tiempo e impedancia aplicados a casos de fallas ordinarias y extraordinarias de un sistema eléctrico, con especial énfasis en las que comprometen la estabilidad del mismo
- Integrar estas técnicas a las normas IEC 61850



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

Composición del equipo docente

Profesores Titulares:

Profesores Asociados:

Profesores Adjuntos:

Ing. Leonel B. L. Garrido

Auxiliares JTP:

Auxiliares ATP 1°:

Ing. Pablo J. Rivara

Auxiliares ATP 2°:

Programa sintético:

- Aplicación de los IED a los sistemas eléctricos de potencia
- Interpretación de las funciones de los IED
- Coordinación y ajustes de las funciones de protección de los IED

Programa analítico:

Unidad 1: Introducción

Estado del arte de los sistemas de protección y control modernos. Evolución histórica. Irrupción de los IEDs. Ventajas de su aplicación. Cambios conceptuales vinculados a su inclusión.

Unidad 2: Revisión integral de los distintos tipos de perturbaciones en redes eléctricas

- Definiciones y denominaciones.
- Tipos de fallas eléctricas.
- Perturbaciones en líneas, cables y máquinas eléctricas.

Unidad 3: Revisión de los Sistemas y Equipamiento de Protección requeridos en una red eléctrica

- Protección de líneas
- Protección de cables
- Protección de máquinas eléctricas.
- Protección de barras
- Protecciones del sistema de transmisión de energía.

Unidad 4: Hardware del IED

- Fuente de alimentación
- Entradas analógicas
- Entradas binarias
- Salidas binarias
- Comunicación
- Teclado, LED, HMI



Unidad 5: Paquetes de funciones de los IED

- Protección
- Lógica
- Control
- Comunicación
- Señales analógicas
- Entradas y salidas digitales
- Norma IEC 61850, protocolo DNP

Unidad 6: Dispositivos asociados a los IED

- Transformadores de corriente
- Transformadores de tensión
- Interruptores
- Fuente auxiliar de corriente continua
- Relés auxiliares
- Sistema de teleprotección
- Sistema de comunicación
- Alarmas
- Señalización
- Registros de eventos
- Registros oscilográficos de señales analógicas - digital
- Equipos de monitoreo y control

Unidad 7: Funciones de los IED de Sobrecorriente

✓ **Sobrecorriente**

- Tiempo independiente
- Tiempo inverso
- Instantánea
- De tierra
- Direccional
- A tierra direccional
- De tierra sensible
- Secuencia negativa
- Secuencia negativa direccional
- Sobrecorriente restringida por tensión
- Imagen térmica

✓ **Tensión**

- Sobretensión
- Subtensión
- Tensión de secuencia negativa
- Subfrecuencia



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

✓ **Potencia**

- Potencia directa
- Potencia direccional
- Direccional de potencia de secuencia cero

✓ **Otras funciones**

- Recierre
- Sincronismo
- Falla fusible
- Fallo de interruptor
- Conductor roto
- Rotor bloqueado
- Contador de pulsos
- Comparador analógico
- Incursión de carga
- Mantenimiento de interruptor
- Oscilografía
- Localizador de falla
- Eventos de control
- Registrador de datos
- Lógica de PLC

Unidad 8: Aplicaciones de las Funciones de Sobrecorriente

- Protección de cable de MT
- Protección de línea de MT
- Protección de transformador hasta 100 MVA
- Protección de generador
- Protección de acoplador
- Protección de falla interruptor
- Protección de celda con detector de arco
- Protección de cuba
- Protección de banco de capacitores
- Protección de reactor

Unidad 9: Diferencial de Transformador de Potencia

- Corriente de restricción
- Corriente diferencial
- Inhibición por 2° armónica
- Inhibición por 5° armónica
- Diferencial nivel alto (instantáneo)
- Térmica sobrecarga
- Sobrecorriente
- Detección de saturación
- Compensación de secuencia cero



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

Unidad 10: Funciones de Distancia de los IED

- Algoritmos
- Protección de impedancia
- Protección de sobrecorriente
- Protección de tensión
- Protección de frecuencia
- Supervisión del sistema secundario
- Control
- Esquemas de comunicación
- Lógica, comunicación remota
- Supervisión de mediciones y estados
- Registro de eventos
- Oscilografía

Unidad 11: Otras Funciones de los IED de Distancia

- Característica cuadrilateral
- Característica mho
- Selección de fase
- Protección diferencial
- Oscilación de potencia
- Protección de deslizamiento de polos
- Cierre sobre falta
- Protección de tensión
- Protección de frecuencia
- Protección de corriente de secuencia inversa
- Falta a tierra de alta resistencia

Unidad 13: Ajuste de Recierres en IED

- Número de intentos
- Tiempo de espera
- Tiempo de restablecimiento
- Inicio del recierre
- Nivel de sobrecorriente
- Fallas monofásicas
- Fallas bifásicas
- Fallas trifásicas
- Condiciones de bloqueos
- Nivel de cortocircuito
- Bloqueos externos consideraciones
- Ciclo del interruptor (OC/OCO)
- Líneas con tramos subterráneos
- Reconectores
- Salvamientos de fusibles
- Seccionalizadores
- Apertura monofásica o trifásica



Unidad 14: Protecciones de Generadores

- Contra fallas a tierra en el estator
- Contra falla entre fases en el estator
- Contra fallas entre espiras de una misma fase del estator
- Contra puestas a tierra del circuito rotórico
- Contra pérdida accidental de la excitación
- De respaldo para fallas externas
- Contra sobrecargas
- Contra sobretensiones de maniobra
- Contra cargas asimétricas
- Contra motorización (pérdida de auxiliares)
- Contra subfrecuencia
- Contra sobrefrecuencia
- Contra pérdida de sincronismo

Unidad 16: CONTROL

- Regulación
- Maniobras de equipos de seccionamiento
- Maniobras de interruptores
- Enclavamientos
- Sincronización
- Recierre
- Monitoreo
- IEC 61850

Distribución de carga horaria entre actividades teóricas y prácticas:

Tipo de actividad	Carga horaria total en hs. reloj	Carga horaria total en hs. cátedra
Teórica	36	48
Formación Práctica	18	24
Formación experimental	0	0
Resolución de problemas	12	16
Proyectos y diseño	6	8
Práctica supervisada	0	0

Estrategias Metodológicas

Los temas se abordarán introduciendo problemas reales (estudio de casos) que impliquen el reconocimiento de los parámetros, variables y datos del sistema eléctrico involucrado requeridos para la selección y ajuste de las distintas funciones de los IED. Se revisará la teoría necesaria para la comprensión de los temas, llevando adelante un modelo de aprendizaje por descubrimiento.



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

Si bien los distintos fabricantes proveen diseños diferentes de IED, se tratará de poner énfasis en los ítems genéricos.

Se estudiarán los principales algoritmos utilizados por los IED, se programarán y se simulará su funcionamiento.

Siendo que el tema no está abordado en libros, se analizarán manuales de principales empresas y papers.

Evaluación:

a) Modalidad

La evaluación de los conocimientos adquiridos se llevará a cabo a través de trabajos prácticos que abordarán la búsqueda de información y organización conceptual de contenidos y la resolución de problemas.

b) Requisitos de regularidad

El alumno debe cumplir con el 75% de asistencia a las clases teórico práctica y presentar y aprobar los trabajos prácticos en tiempo y forma.

Cada Trabajo práctico tendrá un plazo de entrega de 45 días. La entrega fuera de término se tolerará en hasta 2 trabajos prácticos (sin excepción).

c) Requisitos de aprobación

Aprobación directa: El estudiante podrá acceder a la aprobación directa según lo explicitado en la reglamentación vigente.

Aprobación no Directa: El estudiante rendirá un examen final de carácter teórico, integrador, oral y escrito. El carácter integrador del final implica la realización de una entrevista previa con cada alumno, para evaluar de modo personalizado la resolución de los TPS y la determinación de temas a reforzar.

Articulación Horizontal y vertical con otras materias

- Articulación Horizontal

Al ser una materia electiva del 5° nivel, se abordan temas prácticos que se comparten con las materias Sistema de Potencia y Generación, Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica.

- Articulación Vertical

Los temas abordados integran conocimientos vistos en Integración Eléctrica II, Electrotecnia II, Máquinas Eléctricas II, Fundamento para el Análisis de Señales, Instalaciones Eléctricas y Luminotecnia y Electrónica II.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

Cronograma estimado de clases:

Semana	Tema	Tipo de Actividad	
		Teórica/ Resolución de Problemas	Formación Práctica
1	Unidad 1	•	
2	Unidad 2	•	
3	Unidad 3	•	
4	Unidad 4	•	
5	Unidad 5	•	
6	Unidad 6	•	
7	Unidad 6	•	
8	Unidad 6	•	
9	Examen TP		
10	Unidad 7	•	•
11	Unidad 7	•	•
12	Unidad 8	•	
13	Unidad 8	•	
14	Unidad 9	•	
15	Unidad 9	•	
16	Unidad 10	•	•
17	Unidad 10	•	•
18	Examen TP		
19	Unidad 11	•	
20	Unidad 11	•	
21	Unidad 11	•	
22	Unidad 12	•	
23	Unidad 12	•	
24	Unidad 13	•	•
25	Unidad 13	•	•
26	Unidad 14	•	•
27	Unidad 14	•	•
28	Unidad 15	•	
29	Unidad 15	•	
30	Examen TP		
31	Recuperatorios		



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

Bibliografía:

Sistemas de Protección de Grandes Redes Eléctricas (Vol. 1 y 2). M. V. Gonzalez Sabato. CIGRE .París (2009)

Protecciones de Instalaciones y Redes Eléctricas (2° Edición). Juan Manuel Suárez Creo. TORCULO EDICIONES. España (2011)

Sistema de Transmisión y Distribución de Potencia Eléctrica. Enrique Harper. Limusa. México (2005)

Soluciones Modernas para Protección, Control y Supervisión de Sistemas Eléctricos de Potencia Héctor J. Altuve y Edmund Schweitzer III. Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. USA (2014)

Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia: Un Enfoque Teórico Práctico Ernesto Vázquez, Arturo Conde. EAE España (2012)

Computer Relaying for Power Systems (2° Edition). Arun G. Phadke, James S. Thorp. Ed. WILEY (2009)

Power System Relaying (3° Edition) Stanley H. Horowitz, Arun G. Phadke. Ed. Wiley (2008)

Protección de Sistemas Eléctricos Samuel Ramírez Castaño Colombia. (2011)

Protective Relaying (3° Edition). H. Lee Willis, Muhammad H. Rashid. Taylos and Francis Group. USA (2006)

Protective Relaying Theory and Applications (2° Edition). Walter A. Elmore. CRC Press (2003)

Bibliografía Complementaria

Manuales y folletos de IEDs (ABB, SIEMENS, Schneider, Areva, General Electric, SEL, etc.)



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

Correlativas:

Actividad Curricular	Nivel	Condiciones	Fundamentación
Máquinas Eléctricas II	IV	PARA CURSAR Cursada	Se requieren conocimientos de las materias básicas de la carrera.
Tecnología y Ensayos de Materiales Eléctricos Maquinas Eléctricas I Electrotecnia II	III	PARA CURSAR Aprobada	Para la comprensión es imprescindible tener conocimientos de componentes simétricas; medición de parámetros de cables, líneas y máquinas eléctricas.
Máquinas Eléctricas II	IV	PARA APROBAR Aprobada	Los conocimientos previos requeridos por Máquinas Eléctricas II reúnen los necesarios para complementar los de esta.