



## PROGRAMA ANALÍTICO

**DEPARTAMENTO: ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRICISTA**

**ASIGNATURA: PROTECCIONES DE SISTEMAS ELÉCTRICOS**

**CÓDIGO: 0437**

**AÑO ACADÉMICO: 2018**

**PLAN DE ESTUDIO: 2004**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2DO. CUATRIMESTRE DE 5TO. AÑO**

**MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL**

**DOCENTE A CARGO:** Ing. Daniel Tourn – Profesor Asociado Exclusivo

**EQUIPO DOCENTE:** Ing. Daniel Tourn – Profesor Asociado Exclusivo  
Dr. Juan Carlos Amatti - Profesor Asociado Simple  
Ing. Gabriel Campetelli – Profesor Adjunto Exclusivo  
Ing. Leonardo Sanchez – Ayudante de Primera Semi-Exclusivo

**RÉGIMEN DE ASIGNATURAS: (\*)**

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0430	0432
0431	0436

(\*) Para cursar asignaturas de cuarto año en adelante se debe tener aprobado Inglés Nivel I y Nivel II

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Semanales: 6

Totales → Teóricas: 30  
          → Prácticas → Resolución de problemas: 15  
                      → Laboratorios: 30  
                      → Proyecto: 15  
                      → Trabajo de campo: -

**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:** Obligatoria



## **OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:**

Comprensión de los principios generales de la protección de los Sistemas de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. Estudio de los esquemas fundamentales de protección de los elementos de un Sistema Eléctrico. Estudio de métodos de cálculo de parámetros de ajuste de protecciones. Estudio de los principios de funcionamiento de los relevadores de protección. Realización de pruebas de laboratorio de distintos tipos de relevadores.

## **CONTENIDOS:**

### **1. Consideraciones generales sobre la protección de sistemas eléctricos de potencia**

- 1.1- Introducción
- 1.2- Función de la protección
- 1.3- Relevador
- 1.4- Estructura general de una protección
- 1.5- Fallas y regímenes anormales en sistemas eléctricos de potencia
- 1.6- Protección contra cortocircuitos y contra regímenes anormales
- 1.7- Propiedades de la protección
- 1.8- Clasificación de las protecciones por su selectividad
- 1.9- Clasificación de los relevadores por su base constructiva
- 1.10- Estado actual y tendencias de desarrollo de la técnica de protección

### **2. Principios de operación de los órganos de medición**

- 2.1- Introducción
- 2.2- Clasificación de los órganos de medición
- 2.3- Principios de operación de los esquemas de comparación
- 2.4- Órganos de medición de una señal eléctrica de entrada
- 2.5- Órganos de medición de dos señales eléctricas de entrada
- 2.6- Comportamiento de los órganos de medición para valores pequeños de las señales de entrada

### **3. Puesta a tierra de los Sistemas y su efecto en las protecciones**

- 3.1- Introducción
- 3.2- Sistemas aislados de tierra.
- 3.3- Puesta a tierra con reactancia.
- 3.4- Puesta a tierra resonante.
- 3.5- Puesta a tierra con resistencia.
- 3.6- Puesta a tierra rígida.

### **4. Protección de sistemas de distribución urbana y rural**

- 4.1- Consideraciones generales
- 4.2- Elementos de protección en sistemas de distribución:
  - 4.2.1- Fusibles.
  - 4.2.2- Reconectores y seccionadores
  - 4.2.3- Relevadores electromecánicos de sobrecorriente



#### 4.2.4- Relevadores estáticos de sobrecorriente

#### 4.3- Protección de sobrecorriente con reles

##### 4.3.1- Protección de sobrecorriente de tiempo constante

##### 4.3.2- Protección de sobrecorriente de tiempo inverso

##### 4.3.3- Protección de sobrecorriente contra cortocircuitos a tierra.

#### 4.4- Concepto de coordinación y selectividad en distribución.

##### 4.4.1- Coordinación entre fusibles de baja tensión.

##### 4.4.2- Coordinación entre fusibles de baja tensión e interruptores termomagnéticos.

##### 4.4.3- Coordinación entre fusibles de expulsión.

##### 4.4.4- Coordinación entre fusibles de alta capacidad de ruptura (HH).

##### 4.4.5- Coordinación entre fusibles de expulsión y fusibles de alta capacidad de ruptura.

##### 4.4.6- Coordinación entre relés y fusibles.

##### 4.4.7- Coordinación entre reconectores y seccionadores.

##### 4.4.8- Coordinación reconector, seccionador y fusible.

##### 4.4.9- Coordinación entre relés y reconectores.

### 5. Protección de líneas de transmisión

#### 5.1- Introducción

#### 5.2- Protección de sobrecorriente de líneas de transmisión

##### 5.2.1- Relación de impedancia de fuente sobre impedancia de la línea (SIR)

##### 5.2.2- Determinación de los parámetros de ajuste para protección de tiempo definido.

##### 5.2.3- Influencia del SIR en el alcance de las unidades de tiempo definido e instantáneas.

##### 5.2.4- Determinación de los parámetros de ajuste para protección de tiempo inverso.

##### 5.2.5- Determinación del ajuste de las protecciones contra fallas a tierra.

#### 5.3 Protección direccional de sobrecorriente

##### 5.3.1- Principio de operación

##### 5.3.2- Protección direccional de sobrecorriente de tiempo definido y tiempo inverso

##### 5.3.3- Protección direccional de sobrecorriente contra cortocircuitos a tierra.

##### 5.3.4- Características de los relevadores direccionales

##### 5.3.5- Conexiones de los relevadores direccionales

##### 5.3.6- Transformadores de potencial

#### 5.4. Protección de distancia

##### 5.4.1- Introducción

##### 5.4.2- Principio de operación

##### 5.4.3- Determinación de los parámetros de ajuste de las protecciones de distancia

##### 5.4.4- Requerimientos que determinan la forma de la característica en el plano complejo.

##### 5.4.5- Características de los relevadores de distancia en el plano complejo

##### 5.4.6- Corrientes y voltajes a los relevadores de distancia

##### 5.4.7- Principios de operación de los relevadores de distancia monofásicos.

##### 5.4.8- Órganos de arranque de la protección de distancia

##### 5.4.9- Oscilaciones de potencia y pérdida de sincronismo; efecto sobre los reles de distancia

##### 5.4.10- Métodos de bloqueo de disparo por oscilaciones de potencia.

#### 5.5. Protección tipo piloto de líneas de transmisión

##### 5.5.1- Introducción

##### 5.5.2- Principios de operación y clasificación de las protecciones tipo piloto

##### 5.5.3- Canales piloto



- 5.5.4- Principio de operación de la protección diferencial
- 5.5.5- Protección por hilo piloto
- 5.5.6- Protección piloto por comparación de fase
- 5.5.7- Protección piloto por comparación direccional
- 5.5.8- Protección piloto por comparación combinada de fase y direccional

## **6. Protección de Generadores**

- 6.1- Introducción
- 6.2- Protección contra cortocircuitos entre fases en el estator
- 6.3- Relevadores de porcentaje diferencial
- 6.4- Protección contra cortocircuitos entre vueltas de una misma fase en el estator
- 6.5- Protección contra cortocircuitos a tierra en el estator
- 6.6- Protección de respaldo contra cortocircuitos externos
- 6.7- Protección contra sobrecargas balanceadas
- 6.8- Protección contra sobrecargas desbalanceadas
- 6.9- Protección contra pérdida o reducción de excitación
- 6.10- Protección contra sobretensión
- 6.11- Protección contra contactos con tierra en el circuito de excitación
- 6.12- Protección contra motorización
- 6.13- Otras protecciones

## **7. Protección de Transformadores**

- 7.1- Introducción
- 7.2- Conexiones de las protecciones diferenciales de transformadores
- 7.3- Requerimientos de los esquemas de protección diferencial de transformadores.
- 7.4- Parámetros de ajuste de relevadores diferenciales para transformadores
- 7.5- Efecto de la corriente magnetizante sobre la protección diferencial
- 7.6- Relevadores diferenciales para la protección de transformadores
- 7.7- Protección por detección de gas o de incremento de presión
- 7.8- Disparo transferido
- 7.9- Protección de sobrecorriente de transformadores
- 7.10- Respaldo para fallas externas
- 7.11- Protección de transformadores de regulación
- 7.12- Protección de transformadores de puesta a tierra
- 7.13- Protección de reactores en derivación

## **8. Protección de Barras**

- 8.1- Introducción
- 8.2- Corriente diferencial de error en régimen de saturación severa de un TI.
- 8.3- Protección de porcentaje diferencial
- 8.4- Protección diferencial de alta impedancia
- 8.5- Protección diferencial de voltaje con acopladores lineales
- 8.6- Protección combinada de transformadores y barras
- 8.7- Otros esquemas de protección de barras
- 8.8- Influencia de los esquemas de barras sobre su protección diferencial
- 8.9- Respaldo local



### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:**

La Materia se desarrolla mediante teóricos presenciales con clases magistrales dictadas por los docentes de la Cátedra. Los temas del programa se distribuyen entre los Docentes.

Se realizan prácticos de resolución de problemas, los cuales consisten generalmente en el estudio y coordinación de las distintas protecciones estudiadas.

Se realizan prácticas de laboratorio con distintos tipos de reles colocados en simuladores, los que han sido desarrollados por alumnos que cursaron la materia en años anteriores. En esta actividad experimental se incentiva al estudiante a realizar los ajustes que crea necesarios para calibrar cada tipo de protección empleada (Protección de sobrecorriente, de sobrecorriente direccional, de sobrecorriente de tierra y de impedancia) con el objeto de obtener los requerimientos de protección enunciados. Finalmente el simulador permite verificar, mediante la inyección de corrientes y tensiones, la eficiencia del ajuste seleccionado.

### **MODALIDAD DE EVALUACIÓN:**

*Para regularizar:*

- Asistencia al 80% de las clases de Laboratorio
- Aprobación de dos exámenes parciales con 1 (un) examen recuperatorio por cada uno.
- Presentación de la carpeta completa de informes de laboratorio, problemas resueltos y proyectos.

Con estas exigencias se pretende garantizar que el alumno obtenga los conocimientos mínimos indispensables sobre los fundamentos teóricos de la materia. Se pretende también asegurar una formación práctica adecuada a la materia.

Los coloquios previos a los prácticos de laboratorio tienen como finalidad garantizar el conocimiento mínimo requerido para la comprensión y realización de la práctica por parte del alumno.

El informe de laboratorio permite evidenciar los resultados obtenidos y obliga al alumno a expresar un trabajo mediante un informe por escrito.

*Para Aprobar:*

- *Alumnos Regulares:* Los alumnos que hayan aprobado ambos exámenes parciales con nota entre 5 y 7; tendrán que rendir un Examen final total de la materia: práctico (problemas) y teórico (oral).  
Los alumnos que hayan aprobado ambos exámenes parciales con nota mayor o igual a 7; tendrán que rendir solo el Examen oral teórico de la materia.
- *Alumnos Libres:* Deberán aprobar un Examen que consta de tres partes:
  1. Un escrito sobre todos los prácticos de la asignatura y resolución de problemas.
  2. Un práctico consistente en la realización completa de un práctico de laboratorio.
  3. Un examen oral total de la materia.

El método de evaluación se comunica a los alumnos el primer día de clase.



**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:**

<b>Lugar de dictado: Laboratorio de Electricidad</b>			
<b>Miércoles (09:00 a 12:00 hs)</b>		<b>Viernes (9:00-12:00 hs)</b>	
15-ago	<b>Teórico 1:</b> Consideraciones Generales. Principios de func. Reles. (Tourn)	17-ago	<b>Laboratorio 1</b> Prueba de funcionamiento. Relé de inducción. curvas tiempo-corriente . (Campetelli - Sanchez)
22-ago	<b>Teórico 2:</b> Reles de sobrecorriente (Campetelli)	24-ago	<b>Laboratorio 2</b> Relés microprocesados. Ajustes y pruebas de funcionamiento (Campetelli - Sanchez)
29-ago	<b>Teórico 3</b> Protección de sistemas de distribución urbana y rural. (Campetelli)	31-ago	<b>Laboratorio 3</b> Relé de recierre. Ajustes (IHM y vía PC) y pruebas de funcionamiento (Campetelli - Sanchez)
05-sep	<b>Resolución de Problemas</b> Coordinación fusible-fusible y reles-fusibe (Campetelli- Sanchez)	07-sep	<b>Resolucion de Problemas</b> Prot. de sist. Dist. urbana y rural. (soft) (Campetelli-Sanchez)
12-sep	<b>Proyecto y Diseño (PD) 1</b> Protección de un sistema de distribución (Campetelli- Sanchez)	14-sep	<b>Laboratorio 4</b> Prueba de coordinac. entre: relé, reconector, seccionalizador y fusible. (Campetelli-Sanchez)
19-sep	<b>Teórico 4</b> Protección de líneas (Tourn)	21-sep	<b>Resolución de problemas</b> Protección de líneas (Tourn - Sanchez)
26-sep	<b>Resolución de Problemas</b> Protección de líneas (software) (Tourn - Sanchez)	28-sep	<b>Primer parcial</b>
03-oct	<b>Teórico 5</b> Protección de líneas (Tourn)	05-oct	<b>Laboratorio 5</b> Relé de sobre corriente direccional. Ajustes (IHM y vía PC) (Campetelli - Sanchez)
10-oct	<b>Resolución de Problemas</b> Protección direccional. (Tourn - Sanchez)	12-oct	<b>Laboratorio 6</b> Relés de distancia. Funcionamiento (Tourn - Sanchez)
17-oct	<b>Resolución de Problemas</b> Protección de distancia (Tourn - Sanchez)	19-oct	<b>Laboratorio 7</b> Relé diferencial de línea. Funcionamiento (Tourn - Sanchez)
24-oct	<b>Teórico 6</b> Protección de líneas (Tourn)	26-oct	<b>Teórico 7</b> Protección de transformadores y barras (Tourn)
31-oct	<b>Resolución de Problemas</b> Protección de de trafos y barras (Tourn - Sanchez)	02-nov	<b>Teórico 8</b> Protección de generadores (Amatti)
07-nov	<b>Teórico 9</b> Protección de generadores (Amatti)	09-nov	<b>Laboratorio 8</b> Rele para protección de generadores (Amatti - Sanchez)
14-nov	<b>Proyecto y Diseño (PD) 3</b> Protección de un generador (Amatti - Sanchez)	16-nov	<b>Segundo Parcial</b>
21-nov	<b>Recuperatorio 1</b>	23-nov	<b>Recuperatorio 2</b>



**HORARIOS DE CLASE:**

Miércoles de 8 a 12 hs.

Viernes de 8 a 12 hs.

**HORARIOS DE CONSULTA:**

Lunes a Jueves de 14 a 18 hs.

**BIBLIOGRAFÍA:**

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles
Protección de sistemas eléctricos de potencia	Altuve, H.	Universidad Autónoma de Nueva León y Comisión Federal de Electricidad, Monterrey, Mexico	1992	Apunte
Power System Relaying Third Edition	S. H. Horowitz A. G. Phadke	John Wiley & Sons Inc.,	2008	1
Protective Relays: applications guide. Third Edition	GEC Alsthom T&D	GEC Alsthom T&D	1995	1
Protective Relaying theory and applications	ABB Power T&D	Marcel Dekker Inc.	1994	1
Electrical Distribution System Protection	Cooper Power Systems	Cooper Power Systems Inc.	1990	1
IEE; Power System Protection. Volumen 1, 2 y 3	IEE	Editado por Short Run Ltd. England.	1995	1
Electrical Power System Protection	Wright A.; Christopoulos C.	Chapman & Hall	1993	1
Computer relaying for Power System.	Phadke A. G., Thorp J. S.	John Wiley & Sons Inc.	1992	1
REL 511 Line distance protection terminal	ABB	Guía de usuario	1997	1
Modern solutions for protection, control and monitoring of electric power systems	Altuve Ferrer, H; Schweitzer III, E.	SEL	2010	1

NOTA: La bibliografía cubre la formación básica de la materia en lo que hace a la teoría clásica de las protecciones de Sistemas Eléctricos. Los avances tecnológicos y las nuevas tendencias son cubiertos con información de catálogos, artículos técnicos y revistas especializadas.

Firma Docente Responsable

Firma Secretario Académico