



FACULTAD DE INGENIERIA

Universidad de Buenos Aires

DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA

CURSO DE POSTGRADO

INGENIERIA DE CABLES AISLADOS PARA TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

OBJETIVOS

Este curso tiene como objetivo proveer los fundamentos teóricos-prácticos de la tecnología y las metodologías actuales de diseño, selección, instalación, ensayos y diagnóstico de sistemas de cables aislados para transmisión de energía eléctrica en media, alta y extra alta tensión. El mismo está dirigido a ingenieros cuya actividad esté relacionada con la especificación, adquisición, ejecución de proyectos, operación y mantenimiento de estos importantes componentes del sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

PROGRAMA SINTETICO

- Tipos de cables y componentes básicos
- Diferencias técnicas y operacionales con las líneas aéreas
- Parámetros eléctricos y principios físicos de los dieléctricos
- Calculo térmico y corrientes admisibles en régimen permanente y en regímenes transitorios
- Tecnología de cables y métodos de manufactura. Accesorios
- Criterios para la selección y adquisición de un sistema de cables.
- Planificación e Instalación de un sistema de cable subterráneo en alta tensión
- Ensayos
- Métodos de diagnóstico
- Confiabilidad, mantenimiento y gestión de activos

PROGRAMA ANALITICO

1- INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE SISTEMAS DE CABLES

Reseña histórica del desarrollo de los cables para transmisión de potencia. Perspectivas actuales y futuras de aplicación. Principios básicos de funcionamiento y problemas a enfrentar en la ingeniería de los sistemas de cables. Comparativa técnica y operacional con relación a las líneas aéreas: Transmisión de potencia, espacio y servidumbre, confiabilidad,

costo, corriente de carga reactiva, distancia crítica. Efecto Ferranti. Compensación. El cable como elemento de circuito.

2- COMPONENTES DEL CABLE DE ALTA TENSIÓN

Componentes básicos del cable de media y alta tensión. Cables de alta y media tensión. Elementos de diseño. Conductores: Materiales y diseños. Dieléctricos: Papel impregnado y materiales sintéticos extruidos (PE, XLPE, EPR). Capas limitadoras y armonizadoras de campo eléctrico. Pantallas metálicas. Vainas estancas a la humedad. Armaduras. Vainas exteriores para protección contra la corrosión.

3- PARAMETROS ELECTRICOS Y PRINCIPIOS FISICOS

Distribución de campo eléctrico y magnético en cables, inductancia y reactancia inductiva, capacidad y reactancia capacitiva, Resistencia en corriente alterna y continua, efecto pelicular y de proximidad. Factor de pérdidas en el dieléctrico. Efectos de la intensidad de campo eléctrico en dieléctricos con corriente alterna y continua. Cargas espaciales. Cavidades e inclusiones en dieléctricos. Rigidez dieléctrica. Descargas Parciales. Canales conductores progresivos en la aislación (treeing). Expectativa de vida del dieléctrico en función del campo aplicado. Determinación del espesor de la aislación. Esfuerzos termomecánicos. Temperaturas admisibles.

4- TENSIONES Y PERDIDAS EN CABLES, CALCULOS TERMICOS Y CORRIENTE ADMISIBLE EN REGIMEN PERMANENTE

Tensiones y corrientes en pantallas. Pérdidas dependientes de la corriente: Pérdidas óhmicas en conductores y pantallas. Pérdidas dependientes de la tensión: Pérdidas en dieléctricos. Formas de reducir las pérdidas. Métodos de puesta a tierra y acoplamiento de pantallas: Transposición y Cross-Bonding. Principio de la transferencia de calor. Resistencias térmicas internas y externas. Migración de la humedad en el suelo (drying-out). Elevación de temperatura en el cable. Calculo de la corriente admisible en cables y empalmes refrigerados naturalmente bajo condiciones de estado permanente. Formas de incrementar la capacidad de transmisión.

5- CORRIENTES ADMISIBLES EN REGIMENES TRANSITORIOS: CARGAS CICLICAS, EMERGENCIA Y CORTOCIRCUITO

Comportamiento térmico transitorio: Carga de corta duración o intermitente, Cargas cíclicas. Condiciones y corriente admisible en emergencia. Corriente de cortocircuito admisible en cables. Esfuerzos electrodinámicos.

6- TECNOLOGIAS DE CABLES AISLADOS PARA ALTA TENSION Y EXTRA ALTA TENSION

Cables con papel impregnado. Materiales y tipos de impregnación. Propiedades. Métodos de manufactura. Secado e impregnación. Cables OF (oil-filled) y presurizados con gas inerte. Sistemas hidráulicos. Sistemas de cables con refrigeración forzada. Cables con aislación de

XLPE extruido. Compuestos. Métodos de manufactura. Influencia de la pureza y la homogeneidad en los materiales. Extrusión triple. Curado en seco. Vainas estancas y de protección exterior. Cables para transmisión en corriente continua. Cables submarinos. Cables superconductores de alta temperatura (HTS). Monitoreo de temperatura. Protecciones.

7- ACCESORIOS PARA SISTEMAS DE CABLES

Principios de control de campo eléctrico. Técnicas de empalme. Empalmes para cables de papel impregnado y para XLPE. Empalmes de transición entre cables de papel impregnado y XLPE. Terminales de cable. Conectores rápidos.

8- PLANIFICACION E INSTALACION DE SISTEMAS DE CABLES SUBTERRANEOS

Elección del tipo de cable. Sección económica. Guía para la planificación del proyecto. Elección de la configuración del sistema de cable. Consideraciones a tener en cuenta para la elección de la traza. Métodos de instalación: Zanja abierta, ductos, canales y túneles. Métodos de fijación. Distribución de fosas de empalme. Determinación del método de puesta a tierra. Tendido de cables. Cálculo de esfuerzos de tiro. Instalación de accesorios. Gestión del proyecto y criterios a tener en cuenta para la adquisición de un sistema de cables: Modos de contratación funcional o especificada. Balance entre precio y riesgo. Presupuestos. Aspectos ambientales. Contaminación, calentamiento del suelo, campo magnético a nivel de superficie. Interferencias.

9- NORMAS APLICABLES Y ENSAYOS

Normas y estándares aplicables. Clasificación de ensayos: Tipo, precalificación y de rutina. Ensayos de aceptación en fábrica. Ensayos de muestras. Ensayos de tipo eléctricos: Ciclo de carga, sobretensión, descargas parciales, tangente delta, impulso, resistividad. Ensayos de tipo mecánico: Examen visual, doblado, tracción, elongación a la rotura, absorción de agua. Medición de resistencia térmica. Ensayos de rutina: Sobretensión, descargas parciales, resistencia del conductor, integridad de la cubierta exterior. Ensayos en obra con el sistema instalado y ensayos de puesta en servicio.

10- CONFIABILIDAD, MANTENIMIENTO Y GESTION DE SISTEMAS DE CABLES

Introducción a la teoría general de la confiabilidad. Curva de vida de un componente. Fallas fortuitas y por desgaste o envejecimiento. Distribuciones probabilísticas representativas. Principios de la estadística de Weibull. Teoría de Arrhenius. Predicción de vida remanente. Ensayos de diagnóstico. Criterios de mantenimiento, reparación y reemplazo de cables. Causas de falla. Registro de eventos.

DOCENTES

Ing. Víctor E. Agüero

Ingeniero Electromecánico orientación Electricidad (UBA)
Master of Sciences in Industrial and Management Engineering (Univ. of Bridgeport, EE.UU.)

Ex-Coordinador de la Comisión de Obras Resolución N° 1/2003 de la Secretaría de Energía de la Nación.

Docente de la Cátedra de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica (FI-UBA)

victelec@gmail.com

Ing. Ignacio M. Ruiz

Ingeniero Electricista (UBA)

Subgerente de Proyectos y Montaje de Electroductos de EDENOR S.A.

Presidente del Comité de Estudios B1 de Cables Aislados de CIGRE.

Docente del Departamento de Electrotecnia (FI-UBA)

iruiz@edenor.com

METODOLOGIA, REGIMEN Y CALENDARIO DE CLASE

- Fecha: comienza el 27 y finaliza el 29 de Junio de 2017
- Horario: martes a jueves de 9 a 18 horas
- Lugar: Facultad de Ingeniería (UBA) – Paseo Colón 850 – Departamento de Electrotecnia (subsuelo) - Ciudad Autónoma de Buenos Aires – República Argentina.
- Clases con presentaciones en Powerpoint.
- Presentaciones y guía de trabajos prácticos.
- Se entregará Certificado de Asistencia. Los certificados serán oficiales y otorgados por el Departamento de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UBA.
- Programa: ver cronograma adjunto.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

1. Ingeniería de Cables Aislados para Transmisión de Energía Eléctrica – Víctor Agüero, Editorial EUDEBA, ISBN 978-950-23-2288-9, 483 pág., 2015.
2. Cable Systems for High and Extra High Voltage - E Peschke – R von Holshausen – Editorial MCD Verlag 1999
3. Electrical Power Cable Engineering – Editor: William A. Thue – Editorial Marcel Dekker, Inc. 1999
4. Rating of Electric Power Cables: Ampacity Computations for Transmission Distribution and Industrial Applications – George Anders – Editorial IEEE PRESS 1997

PROGRAMA DEL CURSO DE POSGRADO

MARTES 27 DE JUNIO

| HORA | TEMA | DOCENTES |
|-------|--|--|
| 08:30 | Registro y acreditación – Café | |
| 09:00 | Bienvenida e Introducción al curso | Ing. Víctor Agüero e Ing. Ignacio Ruiz |
| 09:30 | Introducción a los cables aislados – Retrospectiva, actualidad y futuro. Diferencias operacionales con las líneas aéreas | Ing. Víctor Agüero |
| 10:45 | Café | |
| 11:00 | Componentes del cable de media/alta tensión | Ing. Ignacio Ruiz |
| 12:15 | Almuerzo libre | |
| 13:15 | Consideraciones preliminares para el desarrollo del anteproyecto - análisis de la traza, estudios previos, distribución de fosas de empalmes - cruces críticos | Ing. Ignacio Ruiz |
| 15:30 | Café | |
| 15:45 | Parámetros eléctricos de cables - Cálculo de campo eléctrico operativo del cable | Ing. Víctor Agüero – Ing. Ignacio Ruiz |
| 17:00 | Principios físicos relativos a la aislación | Ing. Víctor Agüero |
| 18:00 | Fin del primer día | |

MIERCOLES 28 DE JUNIO

| HORA | TEMA | DOCENTES |
|-------|---|--|
| 09:00 | Cálculo de tensiones inducidas en pantallas – Métodos de PAT y longitudes de sección | Ing. Ignacio Ruiz |
| 10:15 | Café | |
| 10:30 | Pérdidas en cables, cálculos térmicos y Verificación del cálculo de corriente admisible en régimen permanente | Ing. Víctor Agüero - Ing. Ignacio Ruiz |
| 12:15 | Almuerzo libre | |
| 13:15 | Introducción a los regímenes transitorios: cargas cíclicas, emergencia y cortocircuito | Ing. Víctor Agüero |
| 14:15 | Cables de corriente continua, submarinos y superconductores de alta temperatura (HTSC) | Ing. Víctor Agüero |
| 15:30 | Café | |
| 15:45 | Esfuerzos mecánicos en cables y verificación del tiro de tendido del cable | Ing. Ignacio Ruiz |
| 17:00 | Accesorios para sistemas de cables | Ing. Ignacio Ruiz |
| 18:00 | Fin del segundo día | |

JUEVES 29 DE JUNIO

| HORA | TEMA | DOCENTES |
|-------|---|--|
| 09:00 | Elementos de planificación e instalación de sistemas de cables subterráneos – Aspectos ambientales y de seguridad | Ing. Víctor Agüero - Ing. Ignacio Ruiz |
| 10:15 | Café | |
| 10:30 | Aspectos económicos a tener en cuenta en la contratación de sistemas de cables - Tipos de contrato y comparación de ofertas | Ing. Víctor Agüero - Ing. Ignacio Ruiz |
| 11:45 | | |
| 12:15 | Almuerzo libre | |
| 13:00 | Normas aplicables y ensayos de cables de alta tensión | Ing. Víctor Agüero - Ing. Ignacio Ruiz |
| 14:30 | Confiabilidad, mantenimiento y gestión de sistemas de cables | Ing. Víctor Agüero - Ing. Ignacio Ruiz |
| 15:30 | Café | |
| 15:45 | Recopilación y preguntas | Ing. Víctor Agüero - Ing. Ignacio Ruiz |
| 18:00 | Fin del curso | |

ARANCELES Y SERVICIOS

El arancel al curso es de \$ 2700.

Cantidad máxima de asistentes al curso: 50

INSCRIPCIÓN Y PAGO

Datos mínimos a proveer por el interesado para la confección del certificado por parte del Departamento de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la UBA:

Nombre y Apellido

DNI (Pasaporte si es extranjero y no tiene DNI argentino)

Título de grado y universidad donde cursó (Los que deseen que el certificado lleve el título de ingeniero deben presentar fotocopia del título)

El pago se realizará por transferencia o depósito en cuenta bancaria.

Instrucciones para el pago del arancel, visitar



Curso de Posgrado de Cables Aislados para Transmisión de Energía Eléctrica