



Calidad de Potencia Eléctrica

Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

ESPACIO ACADÉMICO (Asignatura): CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA

CÓDIGO: #

- Obligatorio (X) : Básico () Complementario (X)
- Electivo () : Intrínsecas (X) Extrínsecas ()

COMPETENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

NÚMERO DE CRÉDITOS: Cuatro (4)

TIPO DE CURSO: TEÓRICO: _____ PRÁCTICO: _____ TEO-PRÁC: X

Alternativas metodológicas:

Clase Magistral (X), Seminario (), Seminario – Taller (X), Taller (), Prácticas (),
Proyectos tutorados (X), Otro: _____



Justificación del Espacio Académico

El desarrollo y uso masivo de dispositivos y equipos electrónicos altamente sensibles a perturbaciones electromagnéticas, tales como dispositivos de electrónica de potencia, controladores y variadores de velocidad y en general dispositivos que presentan un comportamiento no lineal ante la señal de tensión, ha generado que consumidores y prestadores del servicio centren su atención en las características de las señales de tensión y corriente en los puntos de conexión del usuario a la red eléctrica, debido a que estos equipos además de poseer una alta vulnerabilidad, provocan perturbaciones en los sistemas eléctricos en detrimento de la calidad de la energía.

Este marco de referencia, implica que la calidad de energía eléctrica debe ser entendida más allá de la continuidad en el suministro de energía, y debe involucrar otros parámetros como amplitud, frecuencia y forma de onda de las señales de tensión y corriente.

A partir de esta definición, el objetivo del curso es estudiar los requerimientos de calidad de las cargas actuales como son: las pérdidas eléctricas, el incremento de los riesgos eléctricos, la reducción de los costos de operación de la red eléctrica, el uso racional de la energía, los crecimientos de las instalaciones, la operación errónea de equipos y aparatos eléctricos, las redes obsoletas, el incremento de la susceptibilidad de los sistemas, la reducción de la vida útil de equipos y aparatos eléctricos, el incremento de interconexiones y la mejora de la protección y la confiabilidad de las cargas, entre otros.

PRERREQUISITO: Conocimientos previos en física mecánica y electromagnética, matemática diferencial e integral, circuitos eléctricos, campos electromagnéticos, sistemas de potencia, protecciones eléctricas, subestaciones eléctricas, máquinas eléctricas, probabilidad y estadística.



Programación del Contenido

Asociar y diferenciar las causas y posibilidades de mitigación de las perturbaciones electromagnéticas, distinguiendo su origen y tipo, así como los efectos que provoca el deterioro de las señales de tensión sobre el funcionamiento de máquinas, equipos e instalaciones, tanto del operador de red como de los usuarios finales (industriales, comerciales y residenciales) y demás usuarios del producto electricidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las tendencias actuales en cuanto a los parámetros que definen la calidad del producto eléctrico, a partir de definiciones y normas nacionales e internacionales.
- Analizar y/o determinar el impacto que provoca la presencia de las perturbaciones electromagnéticas que afectan la calidad de la energía en equipos e instalaciones.
- Proporcionar herramientas de análisis para estimar la calidad de potencia en equipos, instalaciones o sistemas, a partir de una adecuada evaluación de ciertos parámetros eléctricos.
- Evaluar y proponer las soluciones técnicas viables para disminuir la emisión de las perturbaciones que afectan la calidad de la energía, limitar su propagación o aumentar los niveles de inmunidad, aplicando la normativa existente.

COMPETENCIAS DE FORMACIÓN

Competencias básicas:

- Conocer e interpretar las perturbaciones electromagnéticas que se presentan con mayor frecuencia en los sistemas eléctricos, determinando el comportamiento de los elementos que intervienen en una instalación eléctrica.
- Modelar de manera adecuada sistemas eléctricos para el estudio de las perturbaciones que afectan la calidad de la potencia eléctrica.
- Identificar problemas derivados de una mala calidad de la energía, a partir de los conocimientos teóricos y prácticos.
- Analizar e interpretar el comportamiento de los parámetros de calidad de potencia en instalaciones eléctricas, proponiendo soluciones bajo diferentes condiciones
- Interpretar y aplicar los reglamentos, normas nacionales e internacionales y demás recomendaciones de organismos técnicos y grupos de trabajo que relacionan aspectos y definiciones sobre calidad de potencia y compatibilidad electromagnética.

Competencias de contexto:

- Formar investigadores críticos e innovadores en el contexto nacional e internacional
- Utilizar herramientas teóricas y prácticas para la solución de problemas de proyectos de investigación o desarrollo tecnológico
- Aplicar los principios de la ética y la moral en el comportamiento ciudadano y en el ejercicio profesional dentro de un contexto de responsabilidad, respeto y honestidad.



PROGRAMA SINTÉTICO

- Introducción. Calidad de potencia, calidad de energía, calidad de servicio
- Terminología y definiciones
- Normas y reglamentación
- Acondicionadores de potencia
- Variaciones de tensión de régimen permanente
- Transitorios electromagnéticos
- Variaciones de larga duración (subtensiones y sobretensiones)
- Variaciones de corta duración (interrupciones, caídas y subidas de tensión)
- Distorsión de la forma de onda. Armónicos e interarmónicos
- Fluctuaciones de tensión. Efecto flicker
- Variaciones en la frecuencia y desbalance de tensión
- Monitoreo de la calidad de potencia

PROGRAMA DETALLADO

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Definición y conceptos de calidad de potencia
- 1.2. Historia
- 1.3. ¿Por qué es importante estudiar la calidad de la potencia eléctrica?
- 1.4. ¿Cómo se identifica un problema de calidad de potencia?
- 1.5. Objetivos del estudio de la calidad de la potencia eléctrica
- 1.6. Diferencias entre calidad de energía, calidad de potencia y calidad del suministro

2. TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES

- 2.1. Unificación de términos y definiciones básicas
- 2.2. Clasificación de fenómenos que causan perturbaciones electromagnéticas
- 2.3. Efectos de los problemas de calidad en equipos y sistemas eléctricos
- 2.4. Ejemplos de problemas
- 2.5. Experiencia colombiana y los problemas de calidad de potencia

3. NORMAS Y REGLAMENTACIÓN

- 3.1. Norma técnica colombiana NTC 5000 y NTC 5001
- 3.2. RETIE y otras normas
- 3.3. Resoluciones emitidas por el ente regulador CREG
- 3.4. Niveles de tensión y perturbaciones electromagnéticas
- 3.5. Normatividad Europea (IEC)
- 3.6. Normatividad Americana (IEEE)

4. ACONDICIONADORES DE POTENCIA

- 4.1. Transformadores Ferroresonantes



- 4.2. Sintetizadores magnéticos
- 4.3. Fuentes de alimentación ininterrumpidas (UPS)
- 4.4. Equipo moto-generador
- 4.5. Conmutadores electrónicos
- 4.6. Restaurador dinámico de tensión (DVR)
- 4.7. Dispositivos de almacenamiento de energía
- 4.8. Celdas de combustible
- 5. VARIACIONES DE TENSIÓN DE RÉGIMEN PERMANENTE
 - 5.1. Características de las ondas de tensión y corriente en sistemas eléctricos
 - 5.2. Regulación de tensión
 - 5.3. Comportamiento de la carga frente a tensiones distintas de las ideales
 - Sistemas de iluminación
 - Maquinas rotativas
 - Cargas electrónicas
 - Dispositivos de calentamiento
 - 5.4. Uso de compensadores estáticos y bancos de condensadores
 - 5.5. Efectos de la generación distribuida sobre la calidad de potencia
 - 5.6. Funcionamiento desbalanceado o asimétrico
- 6. TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS
 - 6.1. Modelos de transitorios y su respuesta en el tiempo y la frecuencia
 - 6.2. Causas y tipos de transitorios
 - 6.3. Transitorios radiados y conducidos
 - 6.4. Parámetros característicos y valores de referencia
 - 6.5. Propagación y atenuación de transitorios
 - 6.6. Pulsos electromagnéticos
- 7. VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN
 - 7.1. Definiciones. Sobretensión y subtensión
 - 7.2. Clasificación de sobretensiones
 - 7.3. Descargas electromagnéticas: atmosféricas y electrostáticas
 - 7.4. Sobretensiones tipo rayo y tipo maniobra
 - 7.5. Impulsos de tensión e impulsos de corriente
 - 7.6. Transferencia de sobretensiones
 - 7.7. Esquemas básicos de protección contra sobretensiones
- 8. VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN
 - 8.1. Huecos de tensión (sags o dips): características, causas, efectos y límites
 - 8.2. Tipos de huecos de tensión
 - 8.3. Análisis estocástico
 - 8.4. Causas de una posible falla en equipos
 - 8.5. Curvas de sensibilidad



- 8.6. Subidas de tensión (swells): características, causas, efectos y límites
- 8.7. Interrupción de tensión: duración y límites
- 9. **DISTORSIÓN DE LA FORMA DE ONDA. ARMÓNICOS E INTERARMÓNICOS**
 - 9.1. Armónicos: características, causas y efectos
 - 9.2. Dispositivos perturbadores y cargas no-lineales
 - 9.3. Niveles de distorsión armónica y valores de referencia
 - 9.4. Modelo de red, impedancia armónica y resonancias
 - 9.5. Métodos de prevención y corrección de armónicos
 - 9.6. Filtros pasivos, filtros activos y filtros híbridos
 - 9.7. Compensación de potencia reactiva en sistemas con distorsión armónica
- 10. **FLUCTUACIONES DE TENSIÓN**
 - 10.1. Fluctuación de tensión: características, causas y efectos
 - 10.2. Definición y evaluación de flickers
 - 10.3. Niveles de compatibilidad
 - 10.4. Índices de severidad del flicker y métodos de identificación
 - 10.5. Efecto flicker y sistemas de iluminación
 - 10.6. Métodos de prevención y corrección
- 11. **VARIACIONES EN LA FRECUENCIA Y DESBALANCE DE TENSIÓN**
 - 11.1. Variaciones de frecuencia: causas, efectos y límites
 - 11.2. Métodos de prevención y corrección de las variaciones de la frecuencia
 - 11.3. Desbalance de tensión: causas, efectos y valores de referencia
 - 11.4. Cálculo de un sistema desequilibrado
 - 11.5. Métodos de corrección y prevención de desequilibrios de tensión
- 12. **MONITOREO DE LA CALIDAD DE POTENCIA**
 - 12.1. Objetivos del monitoreo
 - 12.2. Tipos y clasificación de equipos para el monitoreo de parámetros
 - 12.3. Características de los monitoreos
 - 12.4. Transductores y transformadores de instrumentación
 - 12.5. Instalación de equipos: esquemas de conexión, ubicación y calibración
 - 12.6. Registro de datos y procesamiento de la información
 - 12.7. Análisis de datos e interpretación de resultados
 - 12.8. Estimación del estado general de la calidad de potencia
 - 12.9. Identificación y solución de un problema de calidad de potencia



Estrategias

PARÁMETROS METODOLÓGICOS:

El curso es desarrollado principalmente por el estudiante con orientación continua del docente. La metodología para adelantar el curso comprende los siguientes componentes:

- Clases magistrales impartidas por el docente durante los horarios programados por la coordinación del programa. En este espacio se exponen los conceptos generales y específicos del curso y se activan los procesos cognitivos del estudiante. Se dispondrá de material de apoyo que entregará previamente para la participación activa por del estudiante.
- Solución de ejercicios y problemas concretos, donde el estudiante ejercita, ensaya y pone en práctica los conocimientos previos.
- Estudio de casos, los cuales serán abordados, discutidos y solucionados por los estudiantes.
- Aprendizaje orientado a proyectos, los cuales permiten al estudiante interactuar en situaciones concretas y significativas que estimulan el saber, el saber hacer y el saber ser, aplicando las habilidades y conocimientos adquiridos.

El docente brindará un espacio para consultas presenciales, que permitan resolver las dudas que pudieran surgir durante el desarrollo de cualquiera de las actividades planteadas.

PROYECTOS ESPECÍFICOS DE CÁTEDRA

El programa es completado con las siguientes actividades:

- Conferencias magistrales
- Estudio de casos y talleres

| Tipo de Curso | Horas | | | Horas profesor/ semana | Horas Estudiante/ semana | Total Horas Estudiante/ semestre | Créditos |
|---------------|-------|----|----|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------|
| | TD | TC | TA | (TD + TC) | (TD + TC +TA) | X 18 semanas | |
| | 3 | 1 | 8 | 4 | 12 | 192 | 4 |

Trabajo Presencial Directo (TD): trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

Trabajo Mediado-Cooperativo (TC): Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

Trabajo Autónomo (TA): Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)



Recursos

RECURSOS FÍSICOS REQUERIDOS

- Video beam
- Herramientas multimedia y documentos audiovisuales
- Presentaciones de las clases presenciales en formato digital
- Herramientas de software especializado (Excel, Matlab, Word, Neplan, etc.)
- Normas técnicas (IEC, ANSI, NTC)

BIBLIOGRAFÍA

- Arrillaga, J. and Eguíluz, L.I., "Armónicos en sistemas de potencia". Servicio de publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Arrillaga, J. and Watson, N.R., "Power System Harmonics". Wiley and Sons. 2003
- Dugan, Roger, "Electrical Power Systems Quality". McGraw-Hill Professional. 2012
- Bollen, Matt, "Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions". IEEE press series. 2000
- Parra, Estrella, "Análisis de armónicos en sistemas de distribución". Editorial de la Universidad Nacional de Colombia, 2004

NORMATIVIDAD

- NTC 5000. "Calidad de la potencia eléctrica (CPE). Definiciones y términos fundamentales". Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC)
- NTC 5001. "Calidad de la potencia eléctrica. Límites y metodología de evaluación en punto de conexión común". Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC)
- IEEE Std. 519. "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems". IEEE IAS-PES

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

- IEEE explore
- Science Direct y Elsevier
- Proceedings of the IEEE



Evaluación

Es importante tener en cuenta las diferencias entre evaluar y calificar. El primero es un proceso cualitativo y el segundo un estado terminal cuantitativo que se obtiene producto de la evaluación.

| TIPO DE EVALUACIÓN | | FECHA | PORCENTAJE |
|-------------------------|---|------------------------|------------|
| PRIMERA NOTA | Parcial, Quices, Talleres | Semana 8 de clases | 35 % |
| SEGUNDA NOTA | Parcial, Quices, Talleres | Semana 16 de clase | 35 % |
| EXAM. FINAL | Parcial final, Desarrollo de proyecto final del curso | Semana 17 -18 de clase | 30 % |

ASPECTOS A EVALUAR DEL CURSO

- Evaluación del desempeño docente
- Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.
- Autoevaluación y Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.

Datos Docente

Nombre:

Pregrado:

Postgrado:

Correo Electrónico: