



Calidad de Potencia

Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

I. Identificación de la Asignatura

- Programa Académico: Doctorado en Ingeniería
- Área Temática: Calidad de Potencia Eléctrica
- Nombre de la asignatura en español e inglés: Calidad de Potencia – Power Quality
- Intensidad de horas semana: 4 horas
- Créditos: 4
- Características: Espacio académico teórico-práctico

II. Justificación de la Asignatura

El incremento de cargas no lineales a la red eléctrica, como son equipos eléctricos y electrónicos de aplicación domésticas e industrial, ha generado una degradación de la calidad en la energía eléctrica entregada al usuario final. Por ello, los equipos conectados a la red pueden ser responsables y/o afectados de las perturbaciones a la misma.

La principal razón para estudiar la calidad de la potencia en sistemas eléctricos parte de la necesidad de identificar, analizar y/o evaluar los efectos en el usuario final de la red eléctrica, considerando aspectos tales como requerimientos de las cargas (protección y confiabilidad), pérdidas eléctricas reales, reducción de costos de operación de la red eléctrica, uso racional de la energía, operación errónea y reducción de la vida útil de equipos y aparatos eléctricos, redes obsoletas, el aumento del riesgo eléctrico, el crecimiento de las instalaciones, el aumento de interconexiones en sistemas de potencia y el incremento de la susceptibilidad de los sistemas, entre otros.

Por lo anterior, la calidad de potencia eléctrica debe ser entendida más allá de la continuidad en el suministro de energía y debe involucrar otros parámetros de estudio como amplitud, frecuencia y forma de onda de las señales de tensión y corriente.

Conocimientos Previos

Conocimientos de física mecánica, solución de ecuaciones lineales y no lineales, análisis de circuitos de corriente alterna, circuitos electromagnéticos, máquinas eléctricas, generación y transporte de energía eléctrica y electrónica de potencia.



III. Propósito del Curso

El principal propósito del curso de Calidad de potencia eléctrica es:

OBJETIVO GENERAL:

Identificar y reducir los efectos de las perturbaciones electromagnéticas que afectan un sistema y/o red eléctrica causando un detrimento en la calidad de energía eléctrica que llega al usuario final.

OBJETIVO ESPECÍFICOS:

- Diferenciar y caracterizar perturbaciones electromagnéticas, distinguiendo su origen y tipo.
- Reconocer los efectos que provocan las perturbaciones electromagnéticas en las máquinas, equipos e instalaciones, tanto de las empresas suministradoras de energía, como en instalaciones industriales y demás usuarios de la electricidad.
- Sensibilizar sobre los problemas que lleva consigo una mala calidad en las formas de onda de tensión y/o corriente.
- Evaluar y proponer soluciones técnicas para disminuir la emisión de las perturbaciones electromagnéticas que afectan la calidad de la energía eléctrica.
- Analizar alternativas para reducir la emisión y propagación de las perturbaciones electromagnéticas, así como evaluar la posibilidad de aumentar los niveles de inmunidad de una red y/o equipo de acuerdo con la normativa existente.

IV. Competencias a Lograr

Competencias básicas disciplinarias:

- Reconoce las perturbaciones electromagnéticas más frecuentes en una red eléctrica, así como también su origen y los efectos más característicos sobre algunos dispositivos.
- Comprende y aplica reglamentos, normas nacionales e internacionales, recomendaciones de organismos y grupos de trabajo relacionados con calidad de la potencia y compatibilidad electromagnética.
- Propone soluciones en diferentes redes y/o instalaciones eléctricas con base al tipo de perturbación existente en la red.

Competencias relacionadas con perfil del egresado:

- Identifica, clasifica y sistematiza, eficaz y eficientemente, información o conocimiento requerido para el análisis, evaluación y solución de un problema de investigación.
- Conoce, comprende, interpreta y argumenta críticamente literatura científica de su área de conocimiento.
- Utiliza apropiadamente una metodología de investigación científica de forma autónoma y propositiva en el desarrollo de investigaciones.



- Trabaja en equipos interdisciplinarios.
- Aprende autónoma y continuamente a lo largo de la vida
- Se comunica efectivamente, tanto en forma oral como escrita, usando un lenguaje técnico-científico en un contexto internacional.
- Maneja adecuadamente sistemas de información, de comunicación y de conocimiento

Competencias del contexto:

- Se forma como investigador crítico e innovador en el contexto nacional e internacional.
- Utiliza herramientas teóricas y prácticas para la plantear y desarrollar proyectos de investigación o desarrollo tecnológico en el contexto colombiano e internacional.
- Aplica 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.

V. Descripción Analítica de Contenidos: Temas y Subtemas

PROGRAMA SINTÉTICO	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Perturbaciones y transitorios electromagnéticos																
2. Reglamentos y normatividad																
3. Monitoreo de perturbaciones asociadas a la calidad de potencia																
4. Modelización de dispositivos, equipos y sistemas																
5. Estudio y mitigación de perturbaciones																
6. Solución a problemas reales que afectan la calidad de potencia – PROYECTO DEL CURSO																

1. Perturbaciones y transitorios electromagnéticos (perspectiva teórica)
 - Conceptos básicos: calidad del suministro eléctrico, calidad del servicio, calidad de la energía eléctrica y calidad de la potencia
 - Importancia de la calidad de energía
 - Parámetros ideales de la calidad
 - Características, tipos, causas y efectos de las perturbaciones
 - Relación entre perturbaciones y transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos



2. Reglamentos y normatividad

- Normatividad en Colombia (NTC)
- Estándares europeos (IEC) y americanos (IEEE, ANSI, ASTM)
- Otras normas relacionadas con calidad de la energía eléctrica
- Comparación entre normatividad en Colombia frente a la región (Latinoamérica), EEUU y Europa

3. Monitoreo de perturbaciones asociadas a la calidad de potencia (PQ)

- Objetivos del monitoreo
- Recomendaciones para el monitoreo
- Equipos e instrumentación: sensores, calibración, error
- Información requerida para obtener resultados representativos
- Metodologías para el monitoreo en instalaciones de baja tensión: selección de equipos, ubicación, instalación, recolección y análisis de datos
- Metodologías para el monitoreo en instalaciones de media y alta tensión: selección de equipos, ubicación, instalación, recolección y análisis de datos
- Monitoreo en instalaciones especiales (hospitales, plantas industriales, etc.)
- Evaluación de límites de distorsión (mediciones vs. normatividad)

4. Modelización de dispositivos, equipos y sistemas

- Equipos eléctricos: generadores, banco de condensadores, motores de inducción, cargas, transformadores y líneas
- Equipos electrónicos: transformadores ferroresonantes, equipo moto-generador, conmutadores electrónicos, restauradores de tensión (DVR), UPS y dispositivos de almacenamiento de energía
- Protecciones eléctricas ante huecos de tensión y sobretensiones
- Dispositivos de almacenamiento de energía
- Fuentes armónicas y métodos de análisis: análisis de la variación de frecuencia, método del equivalente Norton y flujo de potencia armónico

5. Estudio y mitigación de perturbaciones (perspectiva práctica)

- Distorsión de la forma de onda (componente DC de tensión y corriente, armónicos)
- Variaciones de tensión de corta duración (interrupciones, sags y swells): causas, probabilidad de ocurrencia, predicción y mitigación
- Variaciones de tensión de larga duración (sobretensiones, caídas de tensión e interrupción sostenida): causas, probabilidad de ocurrencia y mitigación
- Armónicos: causas de distorsión y mitigación de componentes armónicas
- Desequilibrio de tensiones, fluctuaciones de tensión y flickers: causas y mitigación



6. Solución a problemas reales que afectan la calidad de potencia
- Análisis de inmunidad en equipos y dispositivos
 - Regulación de tensión, compensación del factor de potencia, desbalance de tensión
 - Estimación y diagnóstico de índices de calidad de potencia en instalaciones eléctricas
 - Metodologías para la evaluación de responsabilidades en la contaminación armónica
 - **PROYECTO FINAL DEL CURSO**

VI. Estrategias Metodológicas y Didácticas

La metodología para adelantar el curso es presencial e incluye varios componentes como son:

- Clases magistrales dictadas por el docente, durante los horarios programados por la coordinación del programa (maestría o pregrado), en el que se transmitan conocimientos y se activen los procesos cognitivos del estudiante. El material se entregará previamente para la participación activa por parte de los estudiantes.
- Talleres y estudio de casos. Estos serán investigados, discutidos y reflexionados por los estudiantes
- Resolución de ejercicios y problemas donde el estudiante ejercite, ensaye y ponga en práctica los conocimientos previos.
- Simulación, análisis y diseño.
- Aprendizaje orientado a proyectos. Esto permite a los estudiantes interactuar en situaciones concretas y significativas que estimulan el saber, el saber hacer y el saber ser, aplicando las habilidades y conocimientos adquiridos.

Tipo de Curso	Horas			Horas profesor/semana	Horas Estudiante/semana	Total horas Estudiante/semestre	Créditos
	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	X 16 semanas	
Presencial	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.).



VII. Recursos

- Aula de clase con equipos de cómputo
- Video beam y proyector.
- Diapositivas preparadas por el profesor.
- Herramientas de software especializado (Matlab®, ATP®, DigSilent®, Neplan® y otros).
- Aula virtual.
- Normas técnicas (NTC, IEEE, IEC, ASTM).
- Prácticas de laboratorio (medición de indicadores de calidad de potencia, perturbaciones de la señal de tensión y de corriente).
- Visitas técnicas (opcional).

VIII. Criterios de Seguimiento y Evaluación

- Actividades de revisión de conceptos teóricos y prácticos asociados a calidad de potencia y calidad de energía
- Talleres de simulación y modelización
- Prácticas de laboratorio, monitoreo y análisis de perturbaciones electromagnéticas
- Trabajo final y proyectos tutoriados

	TIPO DE EVALUACIÓN	FECHA	PORCENTAJE
PRIMER CORTE	Evaluaciones, tareas y talleres (Tutorías)	Semana 7	35%
SEGUNDO CORTE	Evaluaciones, tareas y talleres (Tutorías)	Semana 14	35%
EXAMEN FINAL	PROYECTO FINAL DEL CURSO	Semana 17 -18	30%

Aspectos a evaluar

1. Evaluación del desempeño docente
2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita
3. Auto-evaluación y co-evaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente



IX. Bibliografías

Textos Guías:

- Dugan, R. C., McGranaghan, M. F. & Beaty, H. W., Electrical Power System Quality, 2nd Edition, McGraw Hill, 2004.
- Bollen, M. H. J., Understanding Power Quality Problems: voltage sags and interruptions, John Wiley & Sons, 1st Edition, 1999.
- Arrillaga, J., & Watson, N. R., Power System harmonics, Wiley-Blackwell; 2nd Edition, 2003.
- Arrillaga, J., & Watson, N. R., & Chen, S., Power System Quality Assessment, Wiley & Sons; 1st Edition, 2000.

Textos Complementarios:

- Documentación de los cursos del Grupo Schneider.
- Eduardo Alegría. "Power conditioning using the STS and SVR".
- William E. Brumsickle. "Dynamic sag correctors: Cost effective industrial power line conditioning".

Revistas:

- IEEE Transactions on Power Delivery
- IEEE Transactions on Power Systems
- IEEE Transactions on Power Electronics
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement
- IEEE Transactions on Industrial Electronics
- IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility
- IEEE Transactions on Power and Energy Systems (PES)

Direcciones de internet:

Bases de datos: www.elsevier.com -- www.sciencedirect.com -- www.ieeexplore.ieee.org

X. Profesores de la Asignatura

Titular: Herbert Enrique Rojas Cubides Ph.D.

Participantes curriculares: Adolfo Jaramillo Matta Ph.D. – Cesar Leonardo Trujillo Ph.D.

X. Requisitos de Calidad

Versión: 2.0

Fecha de modificación: Agosto 2 de 2018

Última modificación: Febrero 4 de 2019