

LOS TEMAS DESTACADOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS PARA FORMAR INGENIEROS EN ENERGÍA

ELECTRICAL CIRCUIT TOPICS FOR THE TRAINING OF ENERGY ENGINEERS

José Antonio Aquino Robles

Instituto Politécnico Nacional, México
jaquinor@gmail.com

Cecilia Fernández Nava

Instituto Politécnico Nacional, México
cfernandezn@ipn.mx

Leonel Corona Ramírez

Instituto Politécnico Nacional, México
lcoronaramirez@hotmail.com.mx

Recepción: 29/octubre/2020

Aceptación: 27/noviembre/2020

Resumen

En la actualidad el mundo se ha tornado cada vez más complejo, y más aún desde la perspectiva tecnológica. Por lo cual, se requiere preparar de una forma más eficiente a la nueva generación de ingenieros y en este caso en particular a los especialistas en energía. Por tanto, es necesario capacitarlos en habilidades que en el pasado cercano correspondían a estudios avanzados o de especialidad y así mismo en el uso de herramientas para el diseño y el cálculo de los proyectos que enfrentan. Por ello en esta investigación se mencionan y sustentan los temas más destacados, del área de los circuitos eléctricos que deben los nuevos ingenieros en energía para estar preparados de cara al ejercicio de la profesión

Palabras Clave: Circuitos eléctricos, coeficientes de Fourier, régimen no sinusoidal, software de simulación de circuitos eléctricos.

Abstract

Today the world has become increasingly complex, and even more from a technological perspective. Therefore, it is necessary to prepare in a more efficient

way the new generation of engineers and in this case in particular the energy specialists. It is necessary to train them in skills that in the near past corresponded to advanced or specialty studies and in the use of tools for the design and calculation of the projects they face. For this reason, this research mentions and supports the most outstanding themes, in electrical circuits that new energy engineers must be prepared for the exercise of the profession

Keywords: *Electrical circuits, electrical circuit simulation software, Fourier coefficients, non-sinusoidal regime.*

1. Introducción

Promediando el inicio de la segunda década del siglo XXI, se ha notado en el sector eléctrico a nivel global, una gran proliferación de cargas no lineales. Dicho crecimiento se debe entre otras causas a la enorme cantidad de dispositivos basados en electrónica de potencia (EP) que hoy se usan. Por tal motivo el contenido armónico presente en las redes eléctricas está aumentando. Sí bien es cierto estos dispositivos permiten un uso mucho más eficiente de la energía eléctrica contaminan el suministro eléctrico en todos los niveles del sistema. Comenzando desde los puntos de generación eléctrica, con la conexión de tecnologías renovables de aprovechamiento energético, que requieren tanto de rectificadores, como de inversores de gran potencia. Continuando en el transporte en alta tensión, con los sistemas flexibles de transmisión en corriente alterna (FACTS), entre otros más, de acuerdo con [Eguíluz, 2001].

De igual manera a nivel distribución, con la conexión de generación distribuida renovable (GDR). Los dispositivos basados en EP están cada vez más presentes. A esto se agrega el nuevo componente que introducirá la tendencia modernizadora que pugna por avanzar hacia la red eléctrica inteligente (Smart grid). Y este nuevo componente es el almacenamiento energético. El cual será quien haga incrementar el factor de planta en las centrales de generación renovable. Ineludiblemente para que el almacenamiento energético realice su tarea, requerirá de componentes basados en EP, tanto para cargar baterías o para producir hidrógeno, almacenarlo y posteriormente utilizarlo para generar electricidad. Y debido a todo ello las

compañías suministradoras están aceptando establecer normativas, cuya implementación requiere del desarrollo de sistemas de medición, monitoreo y control, de acuerdo con [Eguíluz, 2005].

En este contexto el requisito primordial de todo sistema energético es la fiabilidad del suministro y, por tanto, de su calidad que incluye el problema de la distorsión. El aumento del nivel de vida da lugar a una creciente contaminación de la red eléctrica. Ello simplemente considerando el apogeo de la tecnología informática en las tres últimas décadas. Además del cambio tecnológico que ha implicado trasladar la iluminación en su mayoría de lámparas incandescentes de hace también algunas décadas. Al auge que tiene la iluminación fluorescente que aún hoy todavía es mayoría; a la ahora novedosa y vanguardista iluminación basada en tecnología Led. Siendo estas últimas dos (la fluorescente y la iluminación Led), cargas no lineales y de acuerdo con las mediciones realizadas por [Barbosa, 2017] altamente distorsionantes de la corriente eléctrica.

En el ámbito de la iluminación, sí bien es cierto se ha avanzado mucho en cuanto a eficiencia. Se ha perdido también por cuestiones inherentes a la proliferación de cargas no lineales y sus consecuencias.

Desde la perspectiva de la utilización de la energía eléctrica en el ámbito doméstico. También se ha avanzado en cuanto a eficiencia, con la creciente cantidad de aparatos de línea blanca de vanguardia. Como lo son los hornos de microondas, los refrigeradores o neveras, lavadoras, secadoras, planchas y los sistemas de aire acondicionado. Cuyo incremento en eficiencia ha sido a costa de incrementar los dispositivos de rectificación, fuentes conmutadas e inversores. Los cuales implican sumar más cargas no lineales, distorsionantes del suministro eléctrico conectados en los hogares.

El efecto más inmediato de tan elevado contenido armónico ha sido un deterioro de las comunicaciones telefónicas. Pero también ocurren otros efectos que, aunque no audibles, pueden ser más perjudiciales. Tales como el mal funcionamiento de sistemas esenciales de control y protección, o las sobrecargas de los equipos eléctricos. Frecuentemente la presencia de contaminación armónica sólo se detecta a posteriori. Como consecuencia, por ejemplo, de la destrucción de los bancos de

condensadores para la corrección del factor de potencia. El sobrecalentamiento principalmente del neutro de las instalaciones eléctricas que debe ahora conducir una mayor cantidad de corriente. En consecuencia, es necesario no solo estudiar e investigar el tema, puesto que el contenido armónico presente en las redes eléctricas, será altamente difícil de revertir. En consecuencia, las próximas generaciones de ingenieros especializados, deberán estar capacitados con los conocimientos y habilidades necesarias para el manejo matemático de señales. Lo cual es requerido para tratar con toda pericia señales no sinusoidales de corriente alterna (CA), de fuentes conmutadas de corriente directa (CD), potencia rectificadas tanto de fuentes monofásicas, como de trifásicas. Además del conocimiento de los temas convencionales de circuitos. Finalmente cabe enfatizar, que estos temas acá llamados destacados no deben ser tratados ni desperdigados, en asignaturas aisladas en los planes de estudios de ingeniería por la razón esbozada en la obra de [Sobrevila 1998], quien pondera muy necesario hacer sinergias, pocas, pero intensivas de todo este mar de conocimientos, tan necesario para alcanzar una práctica profesional equilibrada. Por las razones que se explicarán en el siguiente apartado.

2. Métodos

La formación integral en Ingeniería en lo general; necesita, mediante una docencia de vanguardia continuar con la misión de capacitar mediante saberes, habilidades y conocimientos tecnológico-científicos al ingeniero en ciernes. Formar también la identidad y actitudes propias de un ingeniero para que tenga un buen desempeño profesional, todo ello de manera sinérgica [Sobrevila 1998].

En lo específico para la formación holística de los Ingenieros interdisciplinarios de esta nueva era de la industria 4.0. No solamente es necesario crear sinergias para conjuntar, lo que anteriormente se dijo, sino que además se requiere adicionalmente hacer interacciones aún más intensivas. Dado que la realidad social, la realidad la educativa y la realidad creativa de ingeniería no son lineales, ni rígidas, ni estáticas, mucho menos perennes. Si no por el contrario, se caracterizan por ser complejas, adaptativas, cambiantes, interactivas, transitorias, consecuencia claro está, de

entornos y contextos socioculturales no lineales y quizás hasta estocásticos e inesperados, [Aquino, 2015].

Es por ello por lo que el concepto estrategia responde mejor a los propósitos de la enseñanza de la ingeniería. Entendida como procedimiento adaptativo o conjunto de ellos por el que se organiza secuencialmente la acción para lograr el propósito o meta deseada. Siendo pues un concepto amplio, abierto, flexible, interactivo y sobre todo adaptativo, aplicable a la concreción de modelos de innovación educativa o estimulación de la creatividad. Las estrategias por tanto nos acompañan haciendo de puente entre metas y acciones para conseguirlos, en el ámbito de la innovación educativa en la enseñanza de la ingeniería [Aquino, 2019]. Por tales hechos, en esta investigación, el método empleado fue inquirir estratégicamente en la problemática ingenieril actual, para crear el temario de circuitos eléctricos de la carrera de ingeniería en energía en el Instituto Politécnico Nacional (IPN), de manera estratégica. En este tenor los temas que comúnmente se les imparte a los ingenieros de los grados de energía y electricidad son:

- **Circuitos de Corriente Directa.** En este rubro, se les enseña la naturaleza de la corriente eléctrica y el cuidado que deben tener ellos de sí mismos al manejar este tipo de energía. Sobre todo, porque ejerciendo la profesión deben trabajar, tanto con altos voltajes y corrientes. De igual forma se les debe introducir en los teoremas básicos para el análisis de nodos y el de mallas. La ley de ohm, la ley de watt, divisor de tensión, el divisor de intensidad o corriente. Los teoremas de Thévenin, Norton y así como la transformación de fuentes. La gran ventaja de empezar todo ello en CD es que es mucho más fácil entenderlo y explicarlo que en CA. Aunado a ello, se deberá enseñar la matemática inherente al cálculo en circuitos eléctricos con software de Algebra computacional (CAS), ya sea mediante paquetes computacionales de libre adquisición o del tipo propietario. Respecto a ello, podría ocuparse una alternativa muy eficiente y con mucho respaldo en cuanto a tutoriales, además gratuita como lo es Wx MÁXIMA. O en su caso también YACAS, por otro lado, y de parte de las alternativas tipo propietario y de costo accesible está MAPLE, MATHCAD, MATHEMATICA. Con ello se

adiestrará a los alumnos en la habilidad del cómputo científico. De igual forma es necesario tanto recrear los circuitos y hacer las mediciones correspondientes en la placa de montaje de circuitos (protoboard). Ineludiblemente la realización de simulaciones en algún software de circuitos eléctricos. Tanto las marcas PSIM como MULTISIM y PROTEUS, ponen a disposición de los estudiantes versiones reducidas de sus simuladores para uso académico. Por otro lado, y aunque el análisis transitorio en los circuitos de corriente directa se ha impartido ya desde hace una buena cantidad de tiempo utilizando la respuesta natural y forzada. Resolviendo las ecuaciones diferenciales correspondientes o llevando las ecuaciones al dominio de la frecuencia y después regresando al dominio del tiempo. Es de especial cuidado que se considere ahora el análisis transitorio utilizando la forma de onda que pueden tenerse en las fuentes conmutadas y en los diversos rectificadores que existen [Aquino, 2017]. Diferentes autores entre ellos [Aguilar, 2009]. Promueven el uso de paquetes del tipo CAS, entre otros temas de innovación educativa en el área de electrotecnia, MATHCAD, MAPLE, MATHEMATICA, WXMAXIMA, YACAS, etc., figura 1.



Figura 1 Símbolos de diversos paquetes de algebra computacional.

- **Circuitos de Corriente alterna.** En este tema, los aspirantes, se adentran a temas muy similares que, en el rubro anterior. Respecto a las leyes de ohm, watt, leyes de Kirchhoff, etc. Salvo porque ahora trabajan con fasores que representan las magnitudes y los desfases entre las ondas sinusoidales de la CA. Debido a la dificultad inherente al manejo matemático

de los fasores en vez de magnitudes de CD. El empleo de CAS es mucho más necesario tanto para realizar las operaciones correspondientes, como para graficar los fasores y verificar procedimientos. De igual forma en este tema de los circuitos en CA. Es muy necesario verificar con software de simulación lo realizado en clase. De igual forma se debe recurrir al laboratorio para realizar mediciones y conexiones en corriente alterna, ver figura 2.

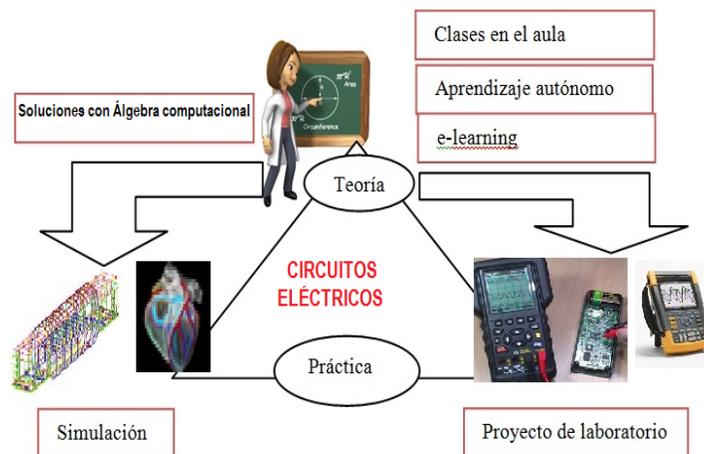


Figura 2 Herramientas para la docencia de circuitos eléctricos.

Los siguientes temas son los que dan singularidad a esta propuesta de innovación educativa. Misma que trata de los temas trascendentes con los que debe ser capacitado un ingeniero en energía en ciernes. Para un buen ejercicio de la profesión en esta etapa del siglo XXI. Buscando lograr esto con una docencia interdisciplinaria, por las razones expuestas en la introducción. Pudiendo suministrarse los temas completos en un semestre con una buena cantidad de horas en la semana o en dos semestres con una cantidad menor de tiempo. Así mismo e independiente del nombre que se le dé a esta asignatura en la escuela correspondiente, conociéndose en otros lados como Electrotecnia.

- **Circuitos de corriente alterna en régimen no sinusoidal.** El tratamiento de este tema ciertamente no es tan nuevo, aunque antaño, las más de las veces se impartía casi de manera exclusiva en los posgrados. Pero ha cobrado una gran trascendencia en los últimos 25 años. Ya que han

proliferado los problemas antes descritos. Y, por otro lado, la gente que imparte cátedra del área de EP y convertidores avanzados de potencia. Piden que desde la unidad de aprendizaje de circuitos eléctricos los estudiantes vengan capacitados en el tratamiento de este importante tema. Y que además sepan utilizar en el mejor de los casos programas de CAS o en su defecto software de cálculo numérico. Juntamente con simuladores de circuitos que permitan realizar, análisis de Fourier. Y puedan asimismo calcular distorsión armónica total entre otros parámetros relacionados con la calidad de la energía eléctrica. Mismos que aparecen trabajando con fuentes de CA no sinusoidal. Entre las señales de CA no sinusoidal que comúnmente, se tienen en la práctica industrial son las mostradas en la figura 3, en sus versiones monofásica y trifásica.

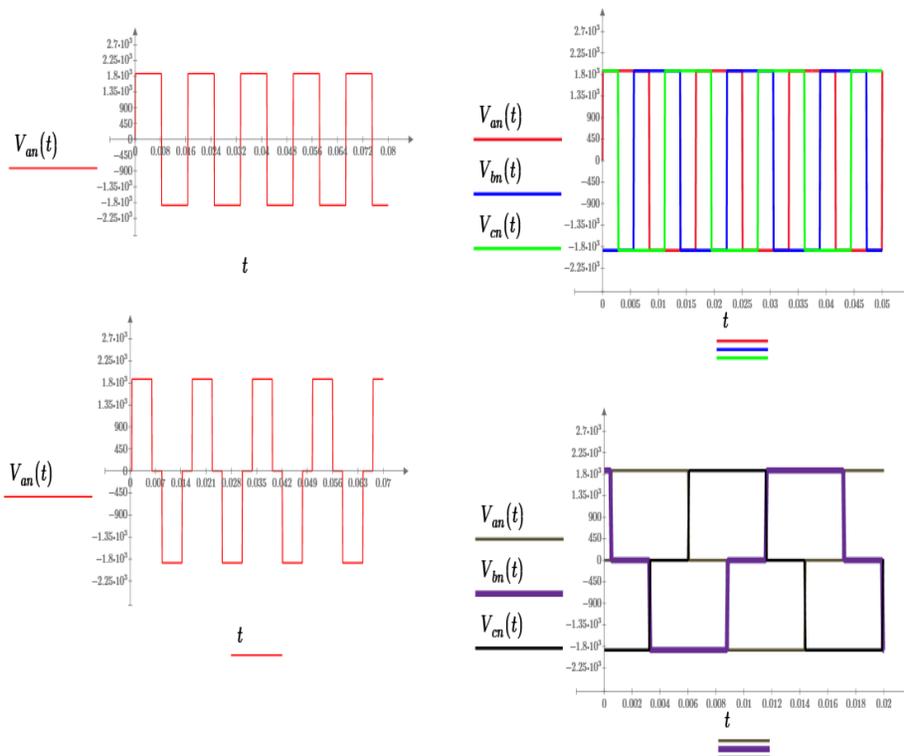


Figura 3 Señales de CA no sinusoidal, en sus versiones monofásica y trifásica.

En contra parte, se tienen también. Cargas no lineales como se mencionó en la introducción, que al recibir una alimentación no sinusoidal deben por tanto

ser tratadas con herramientas matemáticas que faciliten su análisis y cálculo. Por lo que, con el uso del teorema de superposición, juntamente con la descomposición de las señales de CA no senoidal, utilizando CAS obtenemos los coeficientes de Fourier y posteriormente a ello realizar el cálculo para finalmente tener la reconstrucción de las señales originales, con estos coeficientes de Fourier, de acuerdo con [Aquino, 2017].

3. Resultados

Como resultado de analizar los fenómenos inherentes en los circuitos eléctricos en esta nueva realidad. Se investigo y se encontraron formas y metodologías para el cálculo de la Potencia eléctrica considerando las fuentes no sinusoidales y las cargas no lineales [Aquino, 2016].

La trascendencia de este tema, respecto al cálculo del triángulo de potencias y los conceptos de la potencia real, aparente y reactiva. Es que se debe ahora añadir un componente adicional debido justamente al trabajar con fuentes trifásicas y monofásicas no sinusoidales como lo es el concepto de la potencia de distorsión. De igual forma y como se hacía en el pasado se deberá ejercitar al aspirante en el manejo hábil de los números complejos, los fasores, los diagramas fasoriales. Por lo que todas las herramientas de ingeniería que han venido aprendiendo en esta unidad de aprendizaje, se utilizan nuevamente.

Dado que se requiere calcular, tanto a mano, como con paquetes del tipo CAS. Y adicionalmente realizar modelado y simulación digital y los montajes de laboratorio para poder contrastar lo visto en la parte teórica con la parte práctica. En este lapso habrá que hacer uso de las herramientas computacionales como los programas del tipo CAS para el graficado de las potencias, las señales sinusoidales trifásicas y no sinusoidales y especial cuidado y de suma importancia hacer cálculos de factor de potencia, incluyendo la potencia de distorsión, ver la figura 4. Para la impartición de los temas ahora llamados destacados en este artículo. Existe una cierta dependencia de la infraestructura que se tenga en los laboratorios en la facultad o escuela de ingeniería en energía. Pero, independientemente de que sea escasa o amplia, existe todavía una más amplia dependencia para la impartición de esta.

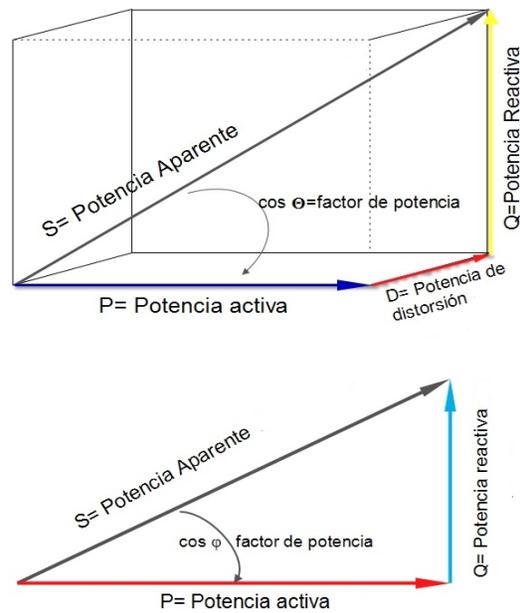


Figura 4 Triángulo de potencia en esta nueva era y el triángulo de potencia.

La dependencia de una estrategia docente, como se mencionó en el apartado de métodos este trabajo, que ayude a conjuntar no solo el trabajo de laboratorio. Sino además de éste; el trabajo en equipo, el trabajo extra-clase.

Conjuntamente de otras herramientas complementarias algunas que en el pasado cercano no se tenían. Como lo es, la creación del material de clase magistral con las ahora modernas presentaciones y las notas complementarias del curso.

Todo ello ahora puede distribuirse por el profesor mediante las redes sociales o a las plataformas para el trabajo en línea de las universidades. Sin tener que gastar en hojas y fotocopias como en el pasado cercano se hacía, [Aquino,2015].

Hasta este punto es necesario mencionar y pormenorizar cada una de estas actividades que se utilizan en la actualidad. Y además las que en un momento dado pueden ayudar algunas más que otras. Respecto a los recursos económicos y de infraestructura con que se cuente para la docencia. Considerando que la mejor manera de formar a esta generación, que tiene múltiples formas de aprendizaje. Es justamente con múltiples medios o herramientas para la enseñanza de la ingeniería, mismos que describimos a continuación:

- **Las clases magistrales en el aula.** Estas deben ser apoyadas con presentaciones de paquetes de office, ya sea office libre o propietario. Las

cuales deben de contener animaciones de ser posible. Estas mismas presentaciones deberán estar disponibles en red. Ya sea en las páginas de la universidad, o en la página del profesor. De no ser posible puede optar por poner a disposición de los alumnos a través de las redes sociales, como Facebook o tutoriales para un canal de YouTube [Aguilar, 2009].

- **Aprendizaje autónomo y e-learning.** Este mismo se lleva a cabo desde el momento que el alumno tiene disponibles las mismas herramientas e información que el profesor. Así mismo, éste mediante la clase magistral suministra información, datos y saberes que no es posible poner en presentaciones y/o en hojas que describan el funcionamiento de los circuitos eléctricos. Además, en esta parte también deben resolverse en primera instancia problemas que habiliten al alumno en el cálculo a mano y selección de soluciones. Ibid.

En segunda instancia y contrastando con lo realizado a mano de forma analítica. Debe enseñarse y ejercitarse el cálculo y solución de problemas incrementando la dificultad de estos, pero ahora apoyándose en el uso de los paquetes del tipo CAS. Teniendo la enorme ventaja de que ya hay disponibles una buena cantidad de tutoriales en canales de YouTube que habiliten a maestro y alumno en el uso de esta herramienta computacional una de las herramientas de cálculo más eficientes de cara hacia la Industria 4.0. Aunado a lo anterior con estos paquetes computacionales permiten también graficar variables eléctricas, variables de entra y de salida, señales de control, señales que deseen ser observables etc. Además de ser utilizados en los temas correspondientes al cálculo y selección de componentes eléctricos, también estos programas son útiles en el análisis matemático y en la expresión gráfica al observar la respuesta de los circuitos ante las cargas, todo ello muy necesario desde la perspectiva del diseño detallado en ingeniería.

Las demás herramientas computacionales que deben emplearse en esta renovada docencia de los circuitos eléctricos son los procesadores de textos y las presentaciones de la clase magistral, ambas constituyen ahora las notas

de clase, juntamente con los problemas resueltos en la misma. Así mismo en la planeación didáctica de esta asignatura, debe elegirse cuidadosamente la cantidad de prácticas de laboratorio y de simulación y cálculo en paquetes CAS y la complejidad de estas, [Aquino, 2016].

- **Habilitación en el laboratorio.** En el caso específico de los ingenieros en energía se le busca dar un peso mayor al trabajo referente al cálculo en el laboratorio de cómputo paquetes del tipo CAS. En cierta medida también al trabajo de simulación digital. Mismo que puede ser tanto de licencia como de libre distribución, por lo que se plantearon las siguientes prácticas de laboratorio:

- ✓ Introducción al software de simulación de circuitos eléctricos
- ✓ Introducción al software CAS a elegir.
- ✓ Mediciones eléctricas, resistencia, tensión, intensidad y uso de la placa de pruebas, (protoboard).
- ✓ Circuitos en Serie y Paralelo
- ✓ Análisis de circuitos en mallas y nodos, en software de simulación y CAS
- ✓ Transformación de fuentes en software de simulación y CAS
- ✓ Superposición en los circuitos, en simulación y en CAS
- ✓ Simulación de CA y observación de variables.
- ✓ Cálculo de parámetros en circuitos en CA con CAS
- ✓ Simulación con cargas inductivas y capacitivas en CA y solución en CAS
- ✓ Creación de diagramas fasoriales en software y en CAS
- ✓ Medición de fasores, armónicos e índices de calidad de suministro de fuentes no sinusoidales
- ✓ Cálculo de coeficientes de Fourier
- ✓ Cálculos de potencia en circuitos con fuentes no sinusoidales y cargas no lineales en CAS
- ✓ Conexión de circuitos trifásicos
- ✓ Cálculos de parámetros de circuitos trifásicos
- ✓ Medición de potencia eléctrica en circuitos trifásicos

Vale aclarar que, en el caso particular de la ingeniería en energía del IPN, se acude por semana a una sesión de laboratorio de computación, a otra sesión semanal al laboratorio práctico y otra sesión en el aula, durante un semestre.

4. Discusión

En la actualidad este tema de tratar las señales que se tienen en las redes eléctricas con alto contenido armónico. Ha pasado de ser un tema de investigación y de estudios avanzados. Para convertirse en uno en que obligadamente ya debe enseñarse con los alumnos de tanto de ingenierías técnicas o ingenierías de diseño. Incluyendo en el caso mexicano, en técnicos superiores universitarios o en el caso de Ecuador en Tecnólogos. Puesto que ya se han desarrollado herramientas que les permite a todos ellos tratar el tema siempre y cuando hayan sido formados oportunamente en ello. Por otro lado, habrá de convencer de una forma muy sutil a los docentes que llevan tiempo enseñando el tema de circuitos eléctricos de forma convencional. Para impartir estos temas con las nuevas formas y los utensilios de este siglo. Dado que cada vez es más común encontrarse con problemas industriales que requieren el conocimiento en temas que antes eran considerados muy avanzados. Y que ahora deben ya permear a niveles de licenciatura y habilitación técnica.

5. Conclusiones

En este trabajo, se muestra una diversidad de herramientas que pueden ayudar a mejorar ampliamente la docencia de los circuitos eléctricos en este siglo XXI. Con ellas se puede avanzar más rápidamente y asimismo realizar cálculos más complejos y prolongados, dadas las herramientas avanzadas que actualmente se disponen. Entre ellas los paquetes del tipo CAS, el software de cálculo numérico que, aunque en este trabajo no se promueve puede ser muy útil en algunas ocasiones. De igual forma el uso de simuladores digitales ayuda también pero no sustituye la capacidad de análisis y el saber hacer, habilidades que no son posibles suplir con herramientas computacionales.

Son insustituibles en la habilitación de los ingenieros en ciernes: el trabajo manual en el laboratorio, el conexionado y medición real en circuitos eléctricos, el saber cómo medir y la interpretación de los resultados. Y muy importante aún, la seguridad inherente al manejo de energía eléctrica de alta tensión y/o alto amperaje.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Aguilar J. D., (2009). Asignatura tecnológica en el campus virtual andaluz: algunos resultados y mejoras planteadas, II Foro Interuniversitario de buenas prácticas en teleformación del Campus Andaluz Virtual, vol. 1, no. 2.
- [2] Aquino R. J. A., Fernández N. C., Corona R. L. G., (2019) Modelado y simulación de la operación del motor serie con diferentes tensiones de alimentación. *Revista Pistas Educativas* ISSN: 2448-847X. Publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México, dependiente de la SEP, a través del Instituto Tecnológico de Celaya.
- [3] Aquino R. J. A., Fernández N. C., Corona R. L. G., (2015). La docencia de la Electrónica de Potencia con renovadas herramientas para la formación de mecatrónicos. Publicado por la Revista de ciencia e ingeniería del instituto tecnológico superior de Coatzacoalcos Año 2, no. 2, enero-diciembre 2015, pp. 30-36. ISSN: 2395-907X.
- [4] Aquino R. J. A., Fernández N. C., Corona R. L. G. (2016). Propuesta de monitoreo de la calidad de la energía generada en planta solar fotovoltaica. Publicado por la Revista de ciencia e ingeniería del instituto tecnológico superior de Coatzacoalcos Año 3, no. 3, enero-diciembre 2016, pp. 54-59. ISSN: 2395-907X.
- [5] Aquino R. J. A., Fernández N. C., Corona R. L. G., (2019). La eficiencia en el cálculo en ingeniería de cara al futuro (una revisión histórica). Presentado en el XX Simposium Internacional: Aportaciones de la universidad a la docencia, la investigación, la tecnología y el desarrollo, del 25 al 27 de septiembre del 2019, ESIQIE IPN, México D.F.
- [6] Aquino R. J. A., Fernández N. C., Corona R. L. G., (2017). Medios tecnológicos en la docencia de máquinas eléctricas para ingenieros mecatrónicos y de

control automático. Presentado en el XVIII Simposium Internacional: Aportaciones de la universidad a la docencia, la investigación, la tecnología y el desarrollo, del 13 al 15 de noviembre del 2017, ESIQIE IPN, México D.F.

- [7] Barbosa A. F., Noguera L. A. y Giral W. M., (2017). Análisis de distorsión armónica en iluminación LED. *Revista Vínculos*, vol. 14, no 2, julio-diciembre 2017, 95-107. DOI: <https://doi.org/10.14483/2322939X.125>.
- [8] Eguíluz M. L. I., (2005). Circuitos en Régimen No-Sinusoidal. Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética. Universidad de Cantabria – España, pp. 1-55.
- [9] Eguíluz M. L. I., (2001). Flujo de potencias en régimen no sinusoidal. Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética. Universidad de Cantabria – España.
- [10] Sobrevila Marcelo Antonio, (1998). Tesis de las ingenierías de base, Trabajo Ganador del primer premio y diploma de honor para el área Enseñanza de la ingeniería, Buenos Aires Argentina. ISBN 10: 9879145127, ISBN 13: 9789879145128.