

Circuitos de CA: libros de texto universitarios y simulación computacional

Norah Giacosa¹, Jorge López², Claudia Zang¹, Jorge Maidana¹, Alejandro Such¹, Norma Godoy³

¹Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales/Universidad Nacional de Misiones
Félix de Azara 1552. (3300) Posadas. Misiones. Argentina
e-mail: norah@correo.unam.edu.ar; claudiamzang@gmail.com; jamiagms@gmail.com
alejandrosuch89@gmail.com

²Facultad de Ingeniería /Universidad Nacional de Misiones
J.M. de Rosas 325. (3360) Oberá. Misiones. Argentina.
e-mail: lopezj@fio.unam.edu.ar

⁴Facultad de Ciencias Forestales/Universidad Nacional de Misiones.
Bertoni 124. km 3. (3382). Eldorado. Misiones. Argentina.
e-mail: normaegodoy@gmail.com

Resumen

Algunos estudiantes universitarios tienen dificultades para comprender el comportamiento de circuitos eléctricos de corriente alterna. Si bien son múltiples las causas que pueden atribuirse a esta problemática, se sostiene que una de las mismas podría estar relacionada con la manera en que se presenta el tema en los libros de texto que consultan.

Los resultados de una investigación previa, en la que se analizó el tratamiento del tópico mencionado en una muestra intencional de diez libros de texto universitarios de uso frecuente en Argentina, mostraron que la falta de coherencia entre el sistema simbólico y el sistema lingüístico usado en algunos ejemplares, como así también la heterogeneidad de expresiones matemáticas presentes en los mismos, dificultarían la construcción de conocimiento por parte de los estudiantes.

Entre los diferentes recursos tecnológicos, potencialmente útiles para hacer más fluidos los procesos de enseñanza y aprendizaje, se seleccionó y analizó una simulación computacional, de acceso libre, para

complementar el estudio de circuitos eléctricos de corriente alterna.

En los resultados se describe el simulador y se señalan tanto las bondades pedagógicas como las advertencias a tener en cuenta si se pretende incorporarlo a situaciones áulicas.

Palabras claves: circuitos eléctricos, corriente eléctrica alterna, libros de texto, simulación, Universidad.

Contexto

Este estudio se realizó en el marco de dos proyectos de investigación registrados en la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM). Uno de los ellos, “El aprendizaje de la Física universitaria: un estudio de las relaciones entre los modelos empleados en la enseñanza y las representaciones de los estudiantes” (16Q479) se ejecutó durante el período 2011-2014. El otro proyecto titulado “Análisis del tratamiento de contenidos de Física presentes en libros de texto universitarios de uso frecuente en las carreras de grado que ofrece la UNaM”, actualmente en etapa de evaluación, está

previsto ser desarrollado en el trienio 2015-2017.

Introducción

El tema “Oscilaciones electromagnéticas forzadas” es uno de los contenidos de Física correspondiente al ciclo básico de la mayoría de las carreras científico-tecnológicas argentinas. En algunos libros de texto (LT) este contenido suele presentarse bajo el título “circuitos de corriente alterna (CA)”.

De la práctica docente del grupo y del análisis de los exámenes escritos que realizan los estudiantes, surge que los errores más frecuentes están relacionados con: identificación del ángulo de fase, caracterización del circuito, elaboración de correspondencias entre funciones matemáticas temporales y representaciones gráficas, realización de inferencias derivadas de la lectura de gráficos cartesianos y/o diagramas de fasores y resolución de situaciones problemáticas.

Algunos autores sostienen, basados en resultados de una investigación previa [1], que la falta de coherencia entre el sistema simbólico y el sistema lingüístico como así también la heterogeneidad de expresiones matemáticas presentes en algunos LT universitarios de uso frecuente en Argentina dificultarían la comprensión del tema.

En dicho estudio se demostró que dado un circuito RLC en serie, como se muestra en la Figura 1, si la fuente de excitación y la corriente alterna temporal se presentan simbólicamente como se indican en las ecuaciones (1) y (2) respectivamente, existen dos maneras de definir al ángulo de fase entre las cantidades alternantes tal como se señala en las ecuaciones (3) y (4) [la tilde en (4) corresponde a los autores del trabajo de investigación].

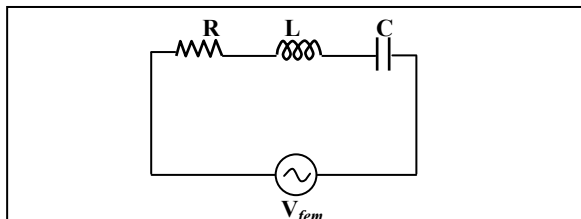


Figura 1: Circuito RLC en serie

$$V_{fem} = V_{0T} \text{sen}(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

$$I = I_0 \text{sen}(\omega t + \beta) \quad (2)$$

$$\text{tg} \phi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad (3)$$

$$\text{tg} \phi' = \frac{X_C - X_L}{R} \quad (4)$$

Como puede apreciarse, el valor del ángulo de fase (Φ) depende del criterio con el cual se define el valor de la reactancia (X) del circuito. En la mayoría de los ejemplares analizados [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] la reactancia se indica como la diferencia entre la reactancia inductiva (X_L) y la reactancia capacitiva (X_C). En los restantes [11], se presenta como la diferencia entre la reactancia capacitiva y la reactancia inductiva.

En los LT donde se emplea la expresión (3) se define implícitamente Φ como la diferencia entre la constante de fase del voltaje (α) y la constante de fase de la CA (β). En cambio, los que usan la ecuación (4) definen Φ como el opuesto de la citada diferencia ($\Phi' = -\Phi$).

En los LT donde se usa (3) un ángulo de fase “positivo” indica que el circuito es predominantemente inductivo; en cambio, un ángulo de fase “negativo” señala que el circuito es predominantemente capacitivo. En los LT que utilizan (4) se invierten dichas consideraciones. Es necesario pues, al recomendar LT explicitar estas cuestiones que, aunque parezcan triviales, entrañan dificultades para los estudiantes.

Por otro lado, son escasas las simulaciones computacionales relacionadas con circuitos de CA que podrían utilizarse como complemento de enseñanza [12]. La experiencia docente de los autores muestra que las existentes no siempre se adecuan al contexto educativo donde se pretenden

incorporar, ni son compatibles con las definiciones que se presentan en algunos LT universitarios de uso frecuente.

Se sostiene que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) no sólo han revolucionado el acceso a la información, sino que también han modificado los hábitos de los estudiantes, por lo cual se hacen necesarias investigaciones de esta naturaleza que posibiliten identificar los modelos físicos que emplean los LT (en sus versiones impresas o digitales) y las simulaciones computacionales.

Líneas de investigación y desarrollo

Este trabajo se llevó a cabo en el marco de los citados proyectos de investigación, el primero de ellos se formuló en el contexto de indagación sobre las representaciones mentales de los estudiantes universitarios del ciclo básico relacionadas con determinados tópicos de Física y sobre recursos de didácticos potencialmente útiles para acercar dichas representaciones a los modelos físicos aceptados por la comunidad científica, de manera de hacer más fluidos los procesos de enseñanza y aprendizaje. El segundo, surgido bajo la convicción del papel preponderante que tienen los LT en el proceso de instrucción, pretende contribuir a la literatura existente sobre la caracterización de LT universitarios de Física en relación con las condiciones que ofrece al estudiante para promover el aprendizaje de conceptos, principios y leyes de la disciplina.

Se espera que los resultados obtenidos en el desarrollo de estos proyectos puedan colaborar con el mejoramiento y la actualización de la enseñanza de la Física.

Objetivos y Resultados

En virtud de lo indicado precedentemente, el propósito de este trabajo es presentar el análisis crítico, derivado del

estudio de caso [13, 14], de una simulación computacional de acceso libre con la cual se pueden plantear actividades y experiencias en entornos virtuales integradas a la resolución de problemas de lápiz y papel. El tema particular que se aborda es circuitos eléctricos (RLC en serie) con CA.

A tal efecto se utilizaron las siguientes categorías: criterios para seleccionar información libre de Internet, orientaciones para elegir *software* educativo y recaudos necesarios para la selección de materiales curriculares [15]. Asimismo se identificaron, a partir de la comparación de la información proporcionada por el programa y los resultados del análisis de una muestra intencional de diez LT universitarios de uso frecuente, los ejemplares cuyos modelos físicos son compatibles con el simulador.

Se anhela que los resultados presentados fomenten la incorporación curricular de recursos tecnológicos potencialmente útiles para facilitar la conceptualización del comportamiento de circuitos de CA por parte de los estudiantes.

El simulador escogido [16], pertenece al curso “*Online Physics using applets*” desarrollado por Chiu-King Ng (© 2002-2014), El título del simulador, en su versión en idioma inglés, es: “*RLC series a.c. circuit*”. Su pantalla se reproduce en la Figura 2.

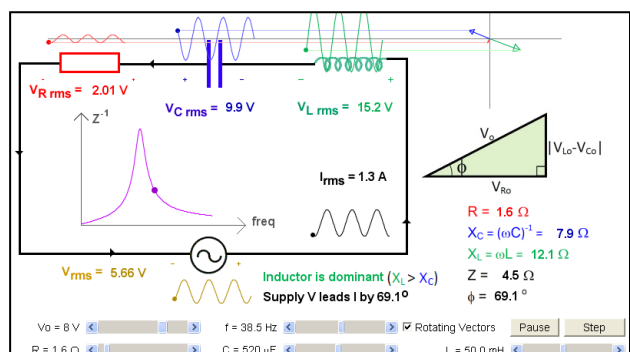


Figura 2: Pantalla simulador C.K. Ng

El objetivo del simulador es estudiar el comportamiento de un circuito RLC en serie conectado a un generador, a través del

tiempo. Se asume que la tensión aplicada es senoidal.

Como puede verse en la Figura 2, en la parte central se encuentra el esquema del circuito y en la parte inferior de la pantalla se hallan los controles de entrada. Dichos controles posibilitan modificar los valores de las variables independientes (moviendo el cursor correspondiente), detener (*Pause*), reiniciar (*Continue*) o avanzar la animación paso a paso (*Step*).

Las variables independientes que admite el programa son voltaje (V_o) y frecuencia de la fuente (f), resistencia (R), inductancia (L) y capacitancia (C). En la Tabla 1 se muestran los valores mínimos y máximos que acepta el simulador para las mismas.

Símbolo	Valor mínimo	Valor máximo
V_o	2,0 V	10,0 V
f	10,0 Hz	65,9 Hz
R	1,0 Ω	9,9 Ω
L	100,0 μF	998,0 μF
C	10,0 mH	99,8 mH

Tabla 1: Rango de valores de variables independientes

Los resultados numéricos que proporciona el simulador son: reactancia capacitiva, reactancia inductiva, módulo de la impedancia, ángulo de fase, valor medio cuadrado o valor eficaz de voltajes (fuente y elementos) y valor eficaz de corriente.

También exhibe, en las proximidades del esquema del circuito, un triángulo pitagórico que relaciona intermitentemente: a) el valor absoluto de la reactancia con los valores de resistencia e impedancia, b) los voltajes efectivos de los elementos pasivos con el correspondiente a la fuente y c) los voltajes máximos en resistencia, bobina, capacitor y fuente.

Asimismo muestra, u oculta, los tres vectores rotantes (fasores) de tensión máxima en cada elemento (*Rotating Vectors*) cuya proyección sobre el eje de coordenadas cartesianas rectangulares proporciona el voltaje instantáneo en cada elemento.

Grafica la variación temporal de voltaje en cada elemento y en la fuente como así también la variación temporal de la corriente eléctrica. Representa gráficamente la recíproca de la impedancia -admitancia- en función de la frecuencia.

Indica la polaridad temporal en los extremos de la fuente y de los elementos pasivos, y señala con una flecha, superpuesta a los hilos conductores que cierran el circuito, el sentido alternativo de circulación de la corriente eléctrica.

El programa compara los valores de la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva, e indica las características predominantes del circuito. Señala, según los valores de variables independientes seleccionadas, las tres posibles condiciones: a) si $X_L > X_C$ entonces V adelanta a I , b) si $X_L = X_C$ entonces V están en fase con I , y c) si $X_L < X_C$ entonces I adelanta a V .

Entre las bondades pedagógicas para su uso en el aula se señalan:

- Utiliza distintos colores para representar los elementos pasivos del circuito, y esos mismos colores se usan para reproducir la función temporal de voltaje correspondiente a cada elemento.

- Permite plantear situaciones problemáticas cuantitativas y cualitativas acordes al nivel del curso en el que se pretende introducir.

- Proporciona a los estudiantes oportunidades para desarrollar su propia comprensión acerca de los conceptos involucrados en circuitos de CA.

- La pantalla se puede transportar a otros programas informáticos lo cual facilita el proceso de revisión de la experimentación.

Algunas cuestiones que deberán ser advertidas a aquellos estudiantes a los que se les propongan actividades en entornos virtuales con este recurso son:

- El criterio con el cual define la reactancia del circuito concuerda con algunos LT universitarios de uso frecuente [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], pero es opuesta a la de otros [12].

- Proporciona el valor absoluto del ángulo de fase, lo cual contradice todos los ejemplares de la muestra intencional de LT analizados pero es compatible con algunos modelos matemáticos implícitos en ciertas calculadoras manuales.

A manera de reflexión final, los autores consideran importante señalar que la creación de ambientes educativos enriquecidos con TIC requiere una formación guiada y suficientemente prolongada, donde el punto de partida sean las propias teorías y prácticas de los docentes respecto a la enseñanza y el aprendizaje [17]. Se espera con este trabajo realizar una contribución en esa dirección.

Formación de Recursos Humanos

El equipo actual está conformado por docentes y estudiantes de la FCEQyN, FI y FCF (UNaM). La co-dirección está a cargo de una docente de la FIQ (UNL). Una de las integrantes está cursando la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales (Universidad Nacional del Comahue); y otro un Doctorado en Ciencias Física (Universidad Nacional del Nordeste).

Algunos integrantes del proyecto utilizan regularmente simulaciones en cursos de Física, han coordinado Talleres de capacitación docente (Uruguay, 2012; Ecuador, 2013, Argentina, 2013) y diseñado e implementado una Asignatura Optativa destinada a alumnos avanzados del Profesorado en Física (FCEQyN-UNaM) utilizando simuladores de acceso libre (2012, 2014).

Referencias

[1] Giacosa, N.; Zang, C., Galeano, R. y Such, A. (2014) Oscilaciones electromagnéticas forzadas: análisis del sistema simbólico y lingüístico empleado en libros de texto universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol.26, N° Extra: Selección de trabajos presentados al SIEF XII. p. 131-144.

[2] Alonso, E. y Finn, E. (1976) *Física. Vol. II Campos y ondas*. Barcelona. España: Fondo Educativo Interamericano S.A.

[3] Bauer, W. y Westfall, G. (2011) *Física para Ingeniería y Ciencias con Física moderna. Volumen 2*. 1° Ed. México: McGraw Hill.

[4] Giancoli, D. (2009) *Física para Ciencias e Ingeniería con Física moderna. Volumen II*. 4ta Ed. México: Pearson Educación.

[5] Halliday, D.; Resnick, R. y Krane, K. (1999). *Física. Vol. 2*. 4ta. Ed. México: Compañía Ed. Continental, SA.

[6] McKelvey, J. y Grotch, H. (1981) *Física para ciencias e ingeniería. Tomo II*. 1ra. Ed. México: Harla S.A.

[7] Serway, R. y Jewett, J. (2009) *Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. Vol. 2*. 7ma. México: Ed. Cenage Learning Editores S.A.

[8] Tipler, P. (1993) *Física. Tomo 2*. 3ra Ed. España: Editorial Reverté S.A.

[9] Tippens, P. (2011) *Física, conceptos y aplicaciones*. 7° Ed. Perú: McGraw Hill.

[10] Young, H. y Freedman, R. (2009) *Física universitaria con Física Moderna. Vol.2*. 12° Ed. México: Pearson Educación.

[11] Gettys, E.; Keller, F. y Skove, M. (2005) *Física para Ciencias e Ingeniería. Tomo II*. México: McGraw Hill.

[12] Marinelli, M. y Lombardo, G. (2013) Utilización de GeoGebra para el análisis de circuitos de corriente alterna. *Congreso Latinoamericano de GeoGebra*. Chaco. UNCAUS. p. 1-5.

[13] Ander-Egg, E. (2010) *Métodos y Técnicas de investigación social, Vol. III: Cómo organizar el trabajo de investigación* España: Lumen.

[14] Bardin, L. (1996) *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.

[15] Giacosa, N.; Giorgi, S. y Concarì, S. (2007) Orientaciones para seleccionar applets de uso libre para la enseñanza de la Física. *Memorias del VII Encuentro de la Red DHIE - II Enc. Nac. de Colectivos Escolares y Redes de Maestros que Hacen Investigación desde la Escuela*. Casilda, Santa Fe. CD-ROM. s/p.

[16] Ng, Chiu-king (2002-2014) "Online Physics using applets". En <http://ngsir.netfirms.com/englishhtm/RLC.htm> > Acceso 03/03/2015.

[17] Carneiro, R.; Toscano, J. y Diaz, T. (eds).
(2011) *Los desafíos de las TIC para el cambio
educativo. Metas Educativas 2021*. España: OEI.