

Una experiencia en la elaboración de los trabajos de laboratorio “circuitos RC y RL” con equipos docentes de la R.P.Ch.

Santiago García Dally, Félix Martínez Oliva[†] y Mercedes Navarro Fernández.

Departamento de Física Aplicada, Facultad de Física, Universidad de la Habana, fmartinez@fisica.uh.cu

[†] autor para la correspondencia

Recibido el 15/7/2008. Aprobado en versión final el 12/10/2009.

Sumario. Gracias a los esfuerzos del Ministerio de Educación Superior (MES), las diferentes universidades de nuestro país han incrementado el número de equipos de laboratorio relacionados con la disciplina Física General adquiridos en la Republica Popular China. Dada su diversidad y ventaja de comunicación con un equipo de cómputo a través de una interfaz, amplían las posibilidades de creatividad de los docentes para su posterior empleo en la docencia, ya sea sustituyendo prácticas de laboratorio ya establecidas en los programas de las asignaturas, o como nuevas prácticas que anteriormente no se realizaban. En el presente trabajo se describen las prácticas de laboratorio correspondientes a los circuitos RC y RL elaboradas por los autores empleando los equipos antes mencionados, así como sus experiencias tanto en el montaje como en su inserción en el proceso docente. Se describen las prácticas montadas y se evalúan los resultados obtenidos.

Abstract. Thanks to the efforts of the Cuban Ministry of Higher Education (M.E.S), the different universities of our country have increased the laboratory equipment related with the discipline General Physics for different careers. The diversity of these equipment and their communication facilities by using a personal computer through a digital interface, enlarge the possibilities of the professors' creativity for their later use in laboratory classes, either substituting laboratory works already settled down in the programs or as new practices that previously were not carried out in courses. Present work describes the laboratory tasks corresponding to the functioning of RL and RC circuits connected to a DC source, prepared by the authors using the equipment before mentioned as well as its experiences in the preparation of the practice and in the insertion as laboratory practice.

Palabras clave. Laboratorios de física (01.50.Pa), Mediciones eléctricas (84.37.+q), procesamiento de datos (07.05.Kf)

1 Introducción

Dentro del conjunto de aplicaciones de las TICs (Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones), en la enseñanza de la Física, se encuentra su empleo en los laboratorios docentes mediante la incorporación de dispositivos automatizados para la recogida y elaboración de datos experimentales que son introducidos en una computadora.

Las prácticas de laboratorio controladas mediante una computadora responden a una tecnología cuyo aprove-

chamiento en el proceso de enseñanza-aprendizaje resulta muy conveniente tal como se refleja en diferentes artículos relacionados con el tema^{1,2,3} y que a nuestro juicio se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- La calidad de las mediciones resulta de esta forma superior respecto de las tradicionales.
- Se logra mayor rapidez, facilidad, cantidad y seguridad en la adquisición de datos experimentales.
- Se logra registrar en un tiempo mínimo tablas de valores y gráficos, para su valoración posterior.

- Es posible conservar en soporte digital los registros experimentales. Esto viabiliza la comunicación y comprobación de los resultados.
- Se amplían las posibilidades de alcanzar una mayor motivación de los alumnos.

Estos señalamientos y el hecho de que al ejecutar esta práctica con la computadora, el estudiante se puede concentrar en el análisis de la Física del problema⁴, sin distraerse por tener que utilizar equipos que tienen elementos que distraen su atención y no son de interés en el trabajo concreto a realizar, hacen más útil y deseable el empleo de estos equipos para la realización de este tipo de prácticas en el Laboratorio de Electromagnetismo.

2 Aspectos tomados en cuenta en el diseño de las prácticas

A partir de los argumentos dados anteriormente y las ventajas que puede tener la forma tradicional de realizar estas prácticas, al diseñar el trabajo que deben desarrollar los estudiantes, se tuvieron en cuenta varios criterios que influyen en la duración de la práctica, los objetivos que se le señalan a ellas y la forma en que se escribió el documento teórico-práctico que recibe el estudiante para prepararse y ejecutar la práctica. Estos fueron:

- Que la estructura y contenido den cumplimiento a los objetivos planteados en los planes de estudio D para las diferentes especialidades.
- Que combinen aspectos de la práctica tradicional con la automatizada para que el alumno adquiriera una noción clara de las magnitudes medidas y una capacitación básica en la manipulación de instrumentos tradicionales de laboratorio
- Aprovechar la rapidez de la adquisición de datos para realizar nuevas acciones que conlleven una mayor complejidad y/o modificación de los parámetros medidos
- Que sea el alumno quien realice el montaje del circuito y manipule la computadora.
- Que se efectúen mediciones de los componentes (R, L y C) utilizados en los tableros mediante equipos de precisión.
- Proporcionar, a los docentes encargados de realizar las prácticas, un material en el que se contemplen los detalles técnicos y metodológicos de las mismas.
- Concebir las prácticas de forma tal que al concluir estas, el estudiante se encuentre con el informe de laboratorio prácticamente hecho y, por ende, tenga mayor tiempo disponible para la comprensión, análisis de los resultados obtenidos y posibilidades de análisis de las situaciones problemáticas que se le planteen.

El documento que recibe el estudiante como folleto de prácticas debe contener una breve introducción teórica del tema de la práctica, una explicación de lo que es necesario realizar en el laboratorio y las principales indicaciones operacionales del equipo a emplear y del software a usar para el manejo de los datos e indicaciones sobre el contenido del informe a presentar en la siguiente sesión de prácticas. Este documento elaborado no resulta ser la

simple traducción del material que traen los equipos adquiridos porque las concepciones de los dos documentos son diferentes.



Figura 1. Interfase y tablero de circuitos RC o RL empleados, acoplados a una PC con el software montado.

3 Práctica de laboratorio ‘circuito RC’

Para el desarrollo de la práctica se emplean los siguientes equipos

- Interfase experimental (HPCI -1 01) con su cable de conexión (HPCI-1 19)
- Circuito RLC (HPCI-1 07)
- Computadora en la que previamente se haya instalado el programa “CAE”
- Multímetro UT55

La práctica consta de 3 actividades o ejercicios.

1. Circuito RC formado por una resistencia y un capacitor.
2. Circuito RC formado por una resistencia y dos capacitores en serie
3. Circuito RC formado por una resistencia y dos capacitores en paralelo.

En la Figura 1 se muestra la vista general de la instalación usada. Para el trabajo se forman grupos pequeños de estudiantes, preferiblemente de no más de 3 alumnos por puesto de trabajo, con el fin de permitir la participación de todos los integrantes en la realización directa de la práctica. A los estudiantes se les suministra una guía para realizar la práctica, donde se les explican, además de las cosas ya enumeradas en el punto 2 de este trabajo, las diferentes tareas a realizar que incluyen.

- a. El montaje de los circuitos correspondientes a cada uno de los ejercicios mencionados anteriormente
- b. Medir las capacidades y resistencia eléctrica involucrada en cada actividad.
- c. El cálculo de las capacidades equivalentes que se emplearan en las actividades 2 y 3
- d. Medir el voltaje y el tiempo (\cong 25-30 mediciones) en las curvas obtenidas en cada ejercicio.
- e. Realizar los cálculos teóricos de las constantes de tiempo para cada actividad y por cada método usado y descrito.
- f. Exportar los datos experimentales a un programa de análisis como el Origin y en la tabla de valores calcular la carga (q) para cada instante de tiempo a través de

la expresión $q = CV$ empleando en cada caso los valores de la $C_{equivalente}$ calculados

g. Obtener la curva q vs t que mejor ajusta a los datos obtenidos determinando de la ecuación de ajuste el valor de la constante de tiempo (parámetros de ajuste). (Método 2)

h. Seleccionar en la tabla de valores cuál es q_{max} y calcular con él, el valor $q = 0,63q_{max}$ seleccionando en la tabla el tiempo para el cual se alcanza este valor hallado y obtener, de esta forma, la constante de tiempo (Método 1)

i. Haciendo el cálculo de q/t para cada punto, hallar y graficar i versus t . El punto de inicio de ese gráfico da el valor que se pide posteriormente para i_o (Método 3)

j. Discusión de las diferencias encontradas entre los distintos métodos empleados en la práctica y entre los valores de las constantes de tiempo halladas mediante los métodos empleados en la práctica.

Es importante señalar que se determina la constante de tiempo por tres vías diferentes, que permiten discutir cuáles son las alternativas más precisas en esta determinación. De esas vías debemos puntualizar el modelo 3 que aprovecha la idea siguiente: La expresión de la cantidad de carga que almacena el condensador al cargarse es y su derivada da:

$$q(t) = \varepsilon C \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau_{RC}}} \right] \Rightarrow \frac{dq}{dt} = i = \frac{\varepsilon C}{\tau_{RC}} e^{-\frac{t}{\tau_{RC}}}$$

Se halla el gráfico de i vs t y la corriente para el instante inicial es:

$$i_o = \frac{q_M}{\tau_{RC}} \Rightarrow \tau_{RC} = \frac{q_M}{i_o}$$

que nos da el valor de la constante de tiempo. El valor de q_M se halla de los datos procesados. Esta alternativa de determinación de la constante de tiempo no es usualmente estudiada en laboratorios tradicionales y es, en sí misma, novedosa. En todos los casos se determina la incertidumbre de este valor hallado y se comparan los mismos.

En la Figura 2 se muestran los resultados experimentales calculados y los ajustes realizados con Origin de los tres ejercicios planteados. Se observa que el número de puntos experimentales no es pequeño, lo que garantiza un buen resultado de las mediciones y magnitudes halladas.

Los resultados hallados se muestran en la tabla 1.

En el análisis de los resultados se usó que los valores de la capacidad y la resistencia tienen un 10% de error relativo. Los valores dan diferente y los modelos 1 y 3 son los más cercanos al valor nominal.

4 Práctica de laboratorio ‘circuito RL’

Para el desarrollo de la práctica se emplean los siguientes equipos

- Interfase experimental (HPCI -1 01) con su cable de conexión (HPCI-1 19)
- Circuito RLC (HPCI-1 07)
- Computadora en la que previamente se haya instalado el programa “CAE”
- Multímetro UT55

Modelo	τ_{RC} (s)	$\Delta \tau_{RC}$ (s)	Observaciones
1	0.100	0.020	Se halla del gráfico de q vs t en la PC
2	0.113	0.002	Se halla del ajuste exponencial
3	0.104	0.036	Se halla de la curva de i vs t

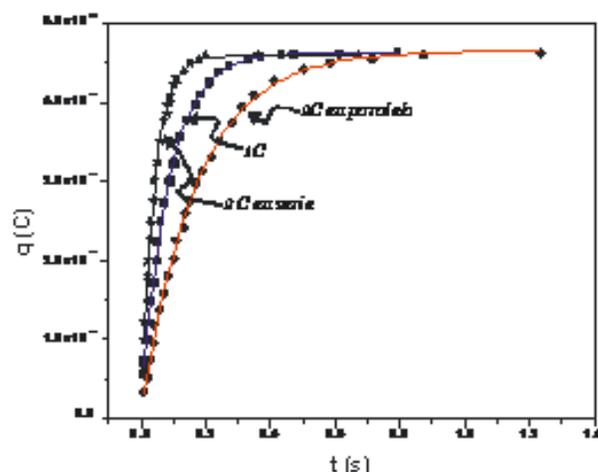


Figura 2. Resultados experimentales obtenidos por los estudiantes en una sesión de trabajo.

La práctica consta de 2 actividades o ejercicios

1. Circuito RL considerando todo el inductor.
2. Circuito RL considerando la mitad del inductor.

Al igual que para la práctica RC, aquí se forman grupos pequeños de estudiantes por puesto de trabajo, con el fin de permitir la participación de todos los integrantes en el trabajo experimental. A los estudiantes se les suministra una guía donde se les explica el fundamento teórico y se les proponen las diferentes tareas a realizar que incluyen.

- 1) Montaje de los circuitos correspondientes a cada uno de los ejercicios
- 2) Medir la resistencia eléctrica involucrada en cada actividad.
- 3) Mediciones de voltaje y tiempo en las curvas obtenidas en cada ejercicio
- 4) Realizar los cálculos teóricos de las constantes de tiempo para cada ejercicio.
- 5) Exportar los datos experimentales al Origin y en la tabla de valores calcular la intensidad de la corriente i para cada instante de tiempo a través de la ley de Ohm.

6) Obtener la curva i vs t que mejor ajusta a los datos obtenidos en cada ejercicio, determinando de la misma el valor experimental de la constante de tiempo.

7) De la tabla de valores hallar en cada caso el valor de $i = 0,63i_{m\acute{a}x}$ y en ella seleccionar el tiempo en que se alcanza este valor, que es la constante de tiempo.

8) Discutir las diferencias encontradas en los valores de las constantes de tiempo halladas mediante los dos métodos empleados en la práctica.

9) Determinar la inductancia L empleada en cada actividad práctica a partir de los valores de las constantes de tiempo determinadas.

En la Figura 3 se observa una vista del puesto de trabajo y en la 4 se muestra la curva de voltaje versus tiempo en el circuito RL planteado en la práctica. El comentario de la cantidad de puntos hallados es aquí válido también.

4 Perfeccionamiento del trabajo

Con el fin de obtener información acerca de las deficiencias y dificultades que pudieran presentar los materiales elaborados para estas dos prácticas, así como la ejecución de las actividades a realizar, en los dos semestres del presente curso escolar, se seleccionaron al azar tres estudiantes en cada semestre, a los que se les incluyeron estas dos prácticas dentro del conjunto de trabajos de laboratorio a realizar.

Los resultados alcanzados fueron muy positivos ya que a partir de las deficiencias observadas durante la manipulación de los equipos y de los criterios vertidos por los estudiantes se pudo:

- Enmendar la redacción de los materiales que se les entregaron a los estudiantes.
- Constatar que las actividades programadas en cada práctica se ajustan al tiempo establecido.
- Establecer que existen deficiencias al trabajar con el programa Origin, lo que motivó la elaboración de un material adicional para orientar mejor el procesamiento de los datos obtenidos.
- Obtener mejores resultados en la discusión de los informes de laboratorio presentados.
- Desarrollar y evaluar un multimedia de Power Point donde se les muestran fotos de resistencia y capacitores similares a los empleados en la práctica, se les indican las páginas del texto que deben estudiar y se les incluyen animaciones Flash que simulan acciones que deben desarrollar durante la práctica

6 Conclusiones

Se han incorporado a los Laboratorios Docentes de nuestro Departamento, dos nuevas prácticas automatizadas, a partir del equipamiento adquirido recientemente. En ellas, se combina la actividad experimental con la simulación y el uso de programas de ajuste, con lo cual se favorece el cumplimiento de algunos de los objetivos planteados en los nuevos planes de estudio de la Disciplina

Física General. Hemos discutido aquí los resultados alcanzados con ellas y hemos constatado sus ventajas.



Figura 3. Estudiantes realizando el montaje y preparación de la práctica

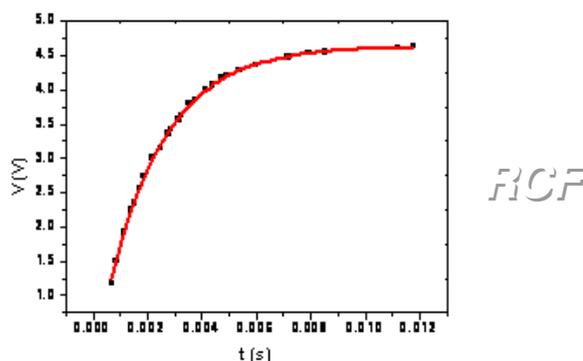


Figura 4. Resultado experimental obtenido por los estudiantes en la sesión de trabajo.

Referencias

- H. A. Kofman, E. J. Tozzi, P. A. Lucero, IE04- Experimentación y Simulación con circuitos RC, RL y RLC, 6° Jornadas de Informática Educativa, UNL Santa Fe, Argentina, (2001).
- F.J. Marcos, E.R.Bouchet, O.E.DiLissa, C.E.Freyre, D.E.Martinez, D.M. Berman, Modelización Computarizada De Sistemas Físicos. Su Incidencia En El Proceso Educativo, Ciencia, Docencia y Tecnología, Vol XVI # 030, PP 157-178, Universidad Nacional Entre Ríos, Argentina, (2005)
- R. A. C. González, El Desarrollo De La Actividad Experimental En Física General y El Uso De Las Tics En Las Prácticas De Laboratorio., Revista Pedagogía Universitaria Vol. XII No. 5 (2007)
- C A. A. Alfonso, J. A. Mederos y V. M. Marcelo, El Laboratorio de Física desde su PC, Revista Iberoamericana de Educación ISSN 1681-5653, (2003)
- U-star Sensor Technology Co, L., 2004. Computer Aided Physics Laboratory. Experiment manual. v 4.0. HPCI-1. única ed, M.d.E.o.d. China. Vol. único., Shangai: Ministerio de Educación de China. 135.