

MAS QUE UN LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA

G. CASARAVILLA¹, M. FACCIO², A. GONZALEZ² y A. PRIETO²

¹ Universidad de la República- Uruguay (UR). gcp@iie.edu.uy

² Grupo de Proyecto final de la titulación en Ingeniero Electricista (UR).
maufacc@adinet.com.uy, algol@adinet.com.uy, adprieto@adinet.com.uy.

Este trabajo describe la concepción actual del laboratorio de Electrónica de Potencia de la carrera de grado de 5 años para la titulación en Ingeniero Electricista de la Universidad de la República (Uruguay). Se describe el diseño didáctico y los cuidados que se tuvieron a los efectos de aprovechar al máximo la instancia de laboratorio para que el estudiante aprenda mas temas que los estrictamente asociados con la asignatura específica, sin incrementar significativamente el tiempo dedicado o invertir en costosos recursos materiales adicionales.

1. Introducción.

Cuando se diseña un laboratorio se deben tener en cuenta múltiples aspectos. En primer lugar se debe definir que se quiere enseñar. La toma de esta decisión normalmente está asociada a la temática de su asignatura madre, en la cual se imparten los conocimientos básicos teóricos y prácticos correspondientes, y a un estudio de factibilidad económica. Sin embargo, si se amplía el alcance didáctico de la instancia de laboratorio a temas más generales, que también deben ser experimentados por los estudiantes, se abre un sinnúmero de oportunidades para enseñar con un incremento marginal de costos. Las instancias de laboratorio son, dado su costo asociado, escasas. Por tanto el tiempo dedicado por los estudiantes en tareas de laboratorio debe ser aprovechado al máximo. Como ejemplo ilustrativo, no es razonable para un título de grado, un laboratorio explícito de protocolos de instrumentación (por ej. GPIB), pero si se puede desmitificar el tema para el estudiante haciendo que el mismo utilice instrumentos que tengan dicha interface, asegurándose así que conozca su existencia y facilidad de uso.

2. Diseño de un Laboratorio de Electrónica de Potencia y algo más.

Como ya se ha establecido, primero se seleccionó de la asignatura madre [1] la temática a desarrollar en el laboratorio teniendo en cuenta los recursos que se dispone. Para el ejemplo en estudio se seleccionaron cuatro prácticas con los siguientes objetivos primarios.

Puente rectificador trifásico doble vía con diodos: Comprender el funcionamiento de un puente rectificador, incluyendo el fenómeno de la conmutación y sus pérdidas, el diseño térmico de un circuito de potencia y el uso de hojas de datos de semiconductores de potencia.

Puente trifásico con tiristores con Comando Arco-coseno: Estudiar el funcionamiento de un puente trifásico doble vía, 6 pulsos, de tiristores disparado por Comando Arco-coseno en conducción continua y discontinua.

Rama de un puente inversor: Analizar el funcionamiento de una rama inversora. Identificar los tiempos involucrados en la conmutación de una llave de potencia. Uso de circuitos de snubbers. PWM sinusoidal y calculado.

Convertidor Flyback: Analizar el funcionamiento de un convertidor DC-DC. Estudio de circuitos integrados específicos para control PWM. Manejo de herramientas de simulación y comprensión de su utilidad (en realidad la simulación está en todas las prácticas).

Segundo, se analizaron que temas, asociados o externos, a la construcción de las plantas físicas y la temática central de cada una de estas cuatro prácticas de laboratorio, se podían anexar, y así, aprovechar la instancia de la realización de las mismas para hacerle llegar al estudiante enseñanzas adicionales. En la primer columna de la Tabla 1 se destacan los temas teóricos agregados a la idea central de la práctica, los cuales en general son introducidos teóricamente en otras asignaturas, pero que en ningún momento el estudiante enfrenta en la realidad dado que las mismas no cuentan con un curso de laboratorio.

Finalmente y como consecuencia de las propias tecnologías utilizadas, se identificaron otros temas secundarios, mostrados en la segunda columna de la Tabla 1, los cuales con un mínimo esfuerzo se pueden anexar para que sean asimilados por el estudiante.

A modo de ejemplo, se resalta como producto secundario, el hecho de que el estudiante haga simulaciones con PSpice. Se debe hacer notar que en ningún curso de grado se enseña el uso de esta herramienta. Sin embargo, con un mínimo de instrucciones iniciales y la capacidad autodidacta de los estudiantes, superan este requerimiento sin mayores dificultades. Así pues, con el solo requerimiento en el instructivo de la práctica de que se debe simular con PSpice y archivos de ejemplo, se logra que el estudiante utilice y parcialmente domine la herramienta.

Otro ejemplo interesante, es como a través de la utilización de instrumentos profesionales, se logra que el estudiante asimile temáticas cubiertas parcialmente en los cursos de grado. El tema indicado como “adaptación de impedancias en líneas de parámetros distribuidos” realmente se termina entendiendo cuando el estudiante se enfrenta al osciloscopio y amplificador de corriente por efecto hall utilizado en la última práctica. El cable coaxial de impedancia característica de 50 ohm que conecta el amplificador con el osciloscopio tiene una impedancia terminal de 50 ohm en uno de sus extremos. Con el simple detalle de hacer que sean los estudiantes quienes armen esa parte del circuito de medida, se genera una interesante discusión en ese momento. Aunque lo conecten bien no se debe dejar de preguntarles por qué. No siempre lo saben, si bien generalmente saben la teoría, no las consecuencias de su aplicación práctica.

El último ejemplo al que se hará referencia es el tema de la “generación asíncrona” consistente en la tensión que “mágicamente” aparece (en ciertas condiciones) conectando un banco de condensadores trifásico a un motor de inducción que está girando arrastrado por otro. Durante cursos de grado previos el estudiante es instruido de por que es que ocurre el fenómeno, pero es realmente en la observación empírica cuando termina de asimilarlo. El simple agregado de un motor asíncrono en el eje del de continua, que es comandado por el rectificador de tiristores de la segunda práctica, mas un banco de condensadores alcanza para que el estudiante “vea” y crea.

TEMAS TEORICOS AGREGADOS	TECNICAS y TECNOLOGIAS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diodos ánodo y cátodo a la rosca ✓ Efecto de la grasa siliconada ✓ Métodos de medida de temperatura (termocupla, resistencia de berilio) ✓ Instrumentos cuadro o hierro móvil ✓ Transformadores en delta abierta ✓ Sistema de protecciones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Simular con SPICE ✓ Técnicas de montaje ✓ Uso de la pinza amperimétrica Fluke 43
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Motor de continua ✓ Control de corriente (PI, I) ✓ Control de par de motor de continua ✓ Generación asíncrona ✓ Grupo Ward-Leonard. ✓ Rotación de fases ✓ Sistema de protecciones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Simular con SPICE ✓ Celda discreta de efecto hall ✓ Software de Control con PC (Placa de adquisición LAB-PC 1200 de National Inst.) ✓ Osciloscopio virtual con PC (Placa LPM-16 de National Inst.) ✓ Limitaciones de las multitarea en PC con Windows para aplicaciones en tiempo real ✓ Puntas se osciloscopio divisoras por 100.
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recuperación inversa de diodos ✓ Rectificadores trifásicos simple vía ✓ Filtros L-C ✓ Drive por emisor de un BJT ✓ Sistema de protecciones ✓ Lógica de comando seguro ✓ Aislación galvánica de sistemas ✓ Filtros de línea ✓ Identificación de componentes 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Simular con SPICE ✓ Manejo de las llaves por puerto paralelo de PC ✓ Osciloscopio Tek2232 (digital con adquisición y GPIB). ✓ Celda discreta de efecto hall ✓ Cálculo de contenidos armónicos (FFT) ✓ Resolución de sistemas de ecuaciones no lineales ✓ Aplicación de Labview (Tek2232 hacia la PC vía GPIB) ✓ Uso de osciloscopio con barrido retardado
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Funcionamiento del TL494. ✓ Mosfet de potencia ✓ Pérdidas de conducción y conmutación ✓ Diseño térmico ✓ Efecto de las fugas del transformador ✓ Recuperación inversa de diodos ✓ Reencendido de Mosfet por corriente de recuperación inversa de su diodo intrínseco antiparalelo 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Simulación con SPICE ✓ Uso de punta profesional de corriente por efecto hall (Tektronix) ✓ Adaptación de impedancias en líneas de parámetros distribuidos

Tabla 1. *Temas teóricos agregados y técnicas y tecnologías incorporadas*

3. Instructivos de laboratorio, preinformes e informes.

Al momento de diseñar los instructivos previos a la realización de la práctica, se abundó en preguntas específicas, las cuales deben ser contestadas en un preinforme previo a la realización de la instancia de laboratorio. El cumplimiento de este exigente requisito obliga

al estudiante a realizar un esfuerzo adicional, pero tiende a asegurar el buen aprovechamiento de las horas de experimentación. Se resalta el adjetivo “específicas” ya que al estar claramente detalladas, obliga a respuestas individuales sobre cada temática, lo cual además de ordenar el proceso de razonamiento, permite una mejor verificación de los conocimientos previos a la realización de la instancia del laboratorio. Para la realización del informe final se indica que es lo que se pretende, además de un requisito que ha significado en los hechos sumamente indicativo, al menos para el cuerpo docente, de lo aprendido por el estudiante: que realice un resumen de del orden de 300 palabras (dependiendo del volumen conceptual de cada práctica) donde destaque que conceptos aprendió con la realización del laboratorio. En sí contiene la mejor parte de los informes.

4. Soporte complementario.

A los efectos de universalizar el conocimiento y transferir el espíritu didáctico buscado con el laboratorio (importante al momento de formar nuevos ayudantes de laboratorio) se elaboró un preinforme e informe de cada práctica que por razones obvias está sólo a disposición del cuerpo docente. Asimismo el estudiante dispone de todo el material necesario (incluidas hojas de datos, manuales técnicos, etc) desde la página web del curso [2].

5. Últimas modificaciones.

El laboratorio presentado en este trabajo comenzó a crearse hace 12 años durante los cuales se han ido incorporando paulatinamente elementos con el espíritu descrito. Durante el 2000 y principios del 2001 se procedió, por parte del Grupo de proyecto de fin de carrera coautores de este trabajo y dirigidos por el plantel docente responsable de este laboratorio, a uniformizar y mejorar la información entregada a los estudiantes, actualizar hardware y software existente o a crear nuevos elementos necesarios de acuerdo al rediseño del laboratorio. Por ejemplo, desde 1990 la rama del puente inversor era comandada por un Z80 mediante programas hechos en Assembler y Pascal, hoy se dispone de un PC que corre programas de PWM sinusoidal o precalculando ángulos de conmutación, y que controla el inversor con los ángulos calculados por estos programas. Además el mismo PC es utilizado para descargar los archivos del osciloscopio vía GPIB, utilizando un Software en LabView implementado específicamente para este laboratorio por el mencionado grupo de proyecto.

6. Resultados y conclusiones

Durante el curso curricular 2001 que acaba de finalizar se puso a prueba tanto el nuevo hardware y software como la información entregada a los estudiantes, obteniéndose resultados que al menos se puede decir son mejores que los años anteriores. Es opinión del cuerpo docente y estudiantes en general que el Laboratorio así diseñado contribuye no solo a la formación en Electrónica de Potencia, ya que todas las otras cosas introducidas en forma natural con explícitos propósitos didácticos, conforman un laboratorio integral que completa la formación del estudiante.

Referencias

[1] <http://www.iie.edu.uy/ense/assign/elpot1/>

[2] <http://www.iie.edu.uy/ense/assign/elpot1/materialentregado.html>