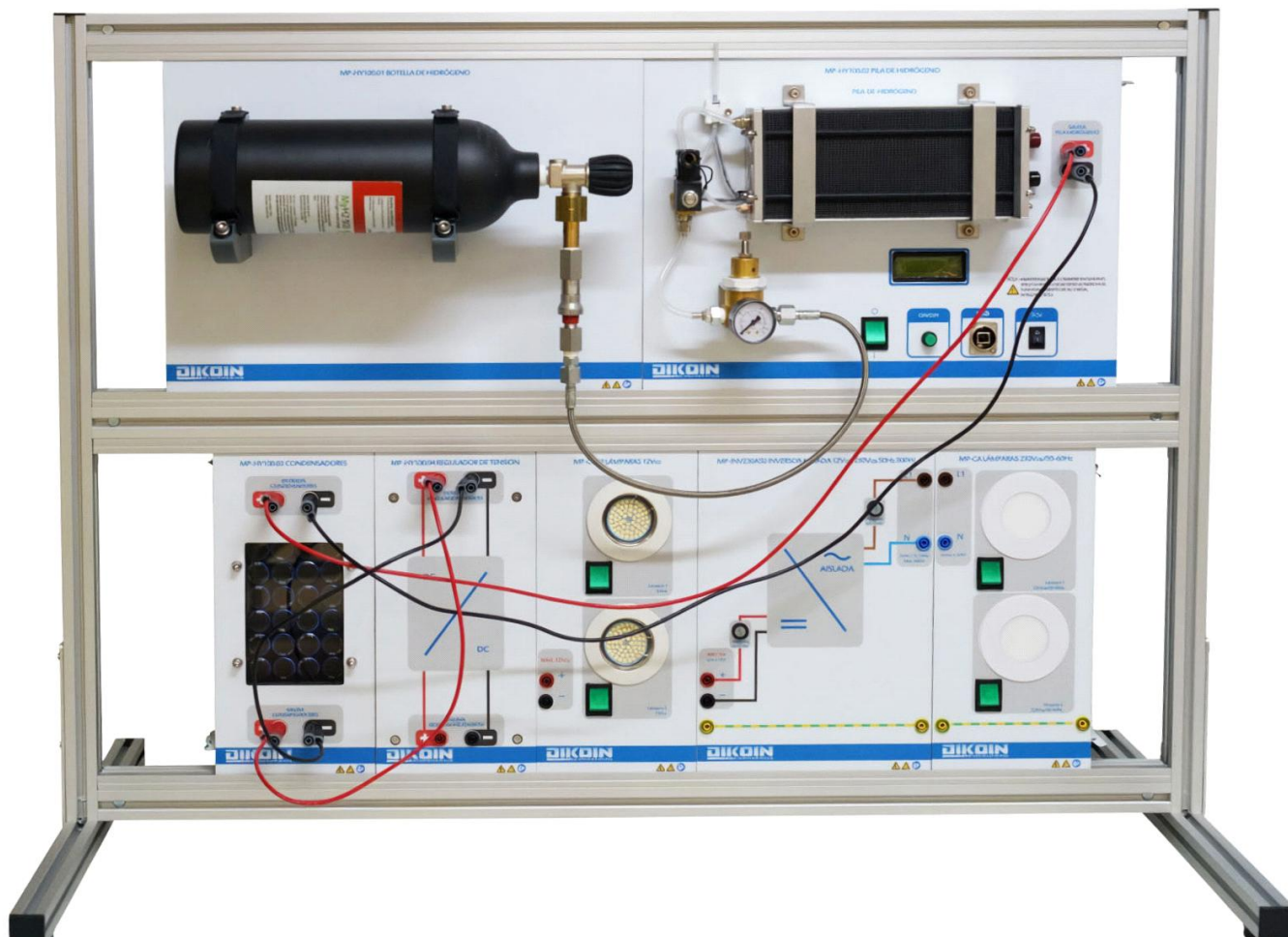


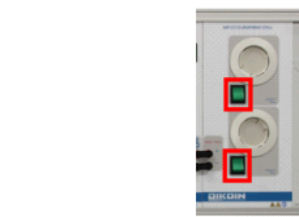


El Entrenador de Vector Hidrógeno (HY100) es un sistema didáctico diseñado para demostrar de forma práctica el funcionamiento de una pila de combustible PEM y las etapas asociadas de conversión, acondicionamiento y utilización de la energía. El equipo reproduce el esquema funcional de una instalación basada en hidrógeno, facilitando la comprensión visual y estructurada del proceso completo, desde la generación hasta el consumo eléctrico.

El sistema integra una pila PEM alimentada mediante una botella de hidruros metálicos, que proporciona un suministro seguro y estable de hidrógeno. La pila ofrece una salida nominal de 36 V DC, cuya estabilidad se optimiza mediante un módulo de supercondensadores que compensa variaciones rápidas de carga. Posteriormente, un regulador DC/DC convierte esta tensión a 12 V DC, adecuados tanto para alimentar una carga resistiva como para suministrar energía al inversor didáctico, encargado de generar 230 V AC.

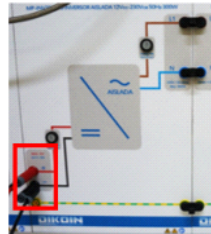
El conjunto se presenta en un panel didáctico accesible, con los módulos interconectados mediante bornas visibles que facilitan la identificación de cada etapa del proceso. El HY100 incorpora además un software profesional de monitorización, que permite visualizar en tiempo real la tensión, la corriente, la potencia y la temperatura del stack, así como registrar datos para su análisis posterior.

Gracias a su diseño modular y a su enfoque pedagógico, el HY100 constituye una herramienta idónea para la formación en ingeniería eléctrica, energías renovables y tecnologías del hidrógeno.



2.3.2. Conversión de corriente continua a corriente alterna

- Conectar la salida del regulador de carga al módulo panel del inversor mediante los cables de conexión.



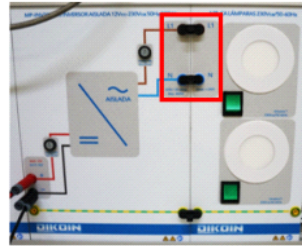
- Este módulo se encarga de transformar la energía proporcionada por el regulador de corriente continua 12V a corriente alterna 230V-50Hz.
- Es capaz de alimentar cargas de corriente alterna a ese nivel de tensión.

12

HY100 - Entrenador de vector hidrógeno (H₂)

2.3.3. Conexión cargas 220v corriente alterna

- Conectar la salida del módulo del inversor a la entrada del módulo panel de consumo de corriente alterna mediante puentes de conexión.



- El módulo panel de corriente alterna dispone de dos lámparas de diferente consumo.
- Al encender los interruptores, el regulador se encarga de alimentar las cargas a partir de la energía generada por la pila de hidrógeno, una vez transformada por el inversor a corriente alterna.

HY100 - Entrenador de vector hidrógeno (H₂)

13

El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

3. Prácticas realizables

3.1. Estudio del funcionamiento general de la pila PEM

3.1.1. Fundamento teórico

La pila de combustible de este equipo utiliza tecnología PEM (Proton Exchange Membrane), cuyo funcionamiento se basa en una reacción electroquímica que transforma la energía química del hidrógeno en energía eléctrica de forma directa, sin combustión.

Cuando el hidrógeno entra en el ánodo de la pila, es separado en protones (H⁺) y electrones (e⁻) gracias a la acción de un catalizador (generalmente platino). La reacción en el ánodo es:



La membrana PEM permite el paso de los protones hacia el cátodo, pero impide el paso de los electrones, obligándolos a circular por el circuito externo. Ese flujo de electrones constituye la corriente eléctrica que alimentará las cargas del sistema. Los protones que atraviesan la membrana se combinan en el cátodo con el oxígeno del aire y los electrones que regresan por el circuito, formando agua:



La reacción global es:



La tensión que genera la pila es el resultado de la suma de las tensiones de cada celda individual. Si cada celda produce aproximadamente 0,7 V bajo carga, un stack de unas 50 celdas producirá:

$$V_{stack} \approx 0,7 V \times 50 \approx 35 V$$

En vacío, la tensión es mayor debido a que no hay caída de tensión por corriente, pudiendo alcanzar entre 45 y 57 V, según la pila.

14

La potencia eléctrica generada se calcula mediante:

$$P = V \times I$$

donde V es la tensión del stack e I la corriente suministrada a la carga.

El software de monitorización permite observar en tiempo real cómo estos parámetros evolucionan con el tiempo, especialmente durante el arranque y ante cambios de carga.

3.1.2. Método

- Abre el paso de hidrógeno desde la botella de hidrógeno metálica.



- Encender el sistema electrónico de la pila y esperar a que el software muestre que está lista para funcionar.

15

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Estudio del funcionamiento de una pila PEM y del sistema energético asociado mediante la monitorización de variables eléctricas y térmicas:
 - Tensión
 - Corriente
 - Potencia
 - Temperatura del stack
- Análisis del efecto de los supercondensadores sobre la estabilidad del sistema
- Estudio de la conversión energética de 36 V a 12 V mediante regulador DC/DC
- Alimentación y análisis de cargas DC
- Estudio de la conversión energética de 12 V a 230 V mediante inversor
- Realización de ensayos con cargas AC
- Evaluación del rendimiento y del flujo energético completo del sistema
- Uso del software de adquisición y análisis de datos para la lectura, representación gráfica, registro y exportación de variables
- Comparación del comportamiento del sistema con cargas DC y AC

DATOS TÉCNICOS

- Tecnología de generación: pila de combustible PEM, con gestión electrónica integrada y sensores internos de tensión, corriente y temperatura.
- Tensión de salida del stack: 30–50 V DC (≈ 36 V nominal, según carga y caudal de H₂).
- Potencia del stack: hasta 300 W.
- Suministro de hidrógeno: botella de hidruros metálicos de baja presión.

Condicionamiento eléctrico

- Estabilización mediante supercondensadores: tensión máxima 36 V.
- Conversión DC/DC interna: salida regulada de 12 V DC.

Conversión a corriente alterna

- Inversor: 12 V DC $\rightarrow$ 230 V AC.

Cargas incluidas

- 2 lámparas de 12 V DC.
- 2 lámparas de 230 V AC.

Monitorización del sistema

- Software con lectura en tiempo real de la tensión, corriente, potencia y temperatura del stack.
- Conexión a PC mediante USB.

- Operación: silenciosa y sin emisiones, con vapor de agua como único subproducto.

SEGURIDAD

- Operación a baja presión gracias al almacenamiento mediante hidruros metálicos.
- Sensor de hidrógeno.

Dimensiones

- Dimensiones: 1.072 x 800 x 512 mm.

REQUERIMIENTOS

- Alimentación eléctrica: 230V/50Hz. (otras sobre pedido).
- El sistema requiere la recarga del hidruro metálico con hidrógeno para su funcionamiento. Los generadores de hidrógeno se comercializan por separado.

NOTA

- PC no incluido.