

DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA EXPERIMENTAL DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS BASADOS EN PILAS DE COMBUSTIBLE

Proyecto Final

AUTOR:

Tomás Tavella
N° 68371/4

DIRECTOR:

Ing. Jorge Anderson Azzano

CO-DIRECTOR:

Dr. Ing. Paul F. Puleston



Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de La Plata

AGRADECIMIENTOS

A la banda, DNI N° de integrantes? 11

RESUMEN

Este trabajo consiste del estudio, diseño, implementación y validación de una plataforma experimental para la evaluación de sistemas híbridos de energías renovables a partir de pilas de combustible de tipo PEM-FC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*). Esta plataforma consiste en un sistema de conversión electrónico de tipo CC-CC aislado, de topología puente completo; monitoreado mediante la medición de sus estados, y controlado por una excitación de tipo PWM (*Pulse-Width Modulation*) provista por un DSC (*Digital Signal Controller*) de alta performance. Este convertor es requerido para poder adaptar la tensión variable que entrega una pila de combustible a una tensión de salida fija para conectar a un bus común de corriente continua.

En el desarrollo de este informe se detallan las tareas realizadas para cumplir este objetivo: el estudio y comprensión de las topologías de conversión CC-CC; la simulación de la topología elegida mediante herramientas de simulación circuital; el diseño de circuitos auxiliares de excitación, sensado y protección; la implementación del sistema en una placa de circuito impreso mediante software EDA (*Electronic Design Automation*); la programación de los algoritmos de control del sistema; y, finalmente la validación experimental de la plataforma.

ABSTRACT

This work entails the study, design, implementation and validation of an experimental platform for the evaluation of hybrid renewable energy systems based on Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEM-FC). This platform incorporates a full-bridge isolated DC-DC electronic converter, monitored via the measurement of its state variables, and controlled by a pulse-width modulated (PWM) signal generated using a high-performance Digital Signal Controller (DSC). This converter provides the adaptation from the variable output voltage of the PEM-FC to the fixed voltage of the common DC bus at the output.

This report details the process through which the goals were achieved: study and understanding of the different DC-DC converter topologies, simulation of the selected converter topology using circuit simulation tools, design process of auxiliary circuits, including driver, sensing and protection circuits, the implementation of the system PCB (printed circuit board) through the use of electronic design automation (EDA) software, programming of system control algorithms, and the experimental validation of the working platform.

ÍNDICE

1. Introducción	6
1.1. Conversores CC-CC conmutados	7

1. INTRODUCCIÓN

CONTEXTO GLOBAL E INVESTIGATIVO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

El precipitado incremento de la población mundial en las últimas décadas, causado por el acelerado desarrollo tecnológico humano a partir de mediados del siglo XX, ha generado un exponencial aumento de demanda energética para poder satisfacer los constantemente crecientes requerimientos de la población. En respuesta a esta incrementada demanda del sistema energético mundial, los países comenzaron a crecer su capacidad instalada de plantas de generación en base a la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas, etc.), sin tener en cuenta el catastrófico impacto que tienen sobre la biósfera terrestre sus grandes emisiones de gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono y metano.

Hoy en día, más de medio siglo después, las consecuencias de este desmedido incremento del consumo global de combustibles fósiles se pueden observar claramente en la temperatura promedio del aire superficial de la Tierra, que ya es más de 1°C mayor a temperaturas medidas a principio del siglo previo (figura 1.1)^[OWID-CO2AndGreenhouseEmissions], con algunos estimados conservadores de más de 2.5°C para finales de siglo^[ref12Wikipedia]. Los efectos perjudiciales de este incremento de temperatura se pueden ver en muchas partes, como la extinción de especies, el retroceso de los glaciares, el aumento de incidencia e intensidad de fenómenos climatológicos extremos (tormentas, sequías, olas de calor, etc.), entre muchos otros.

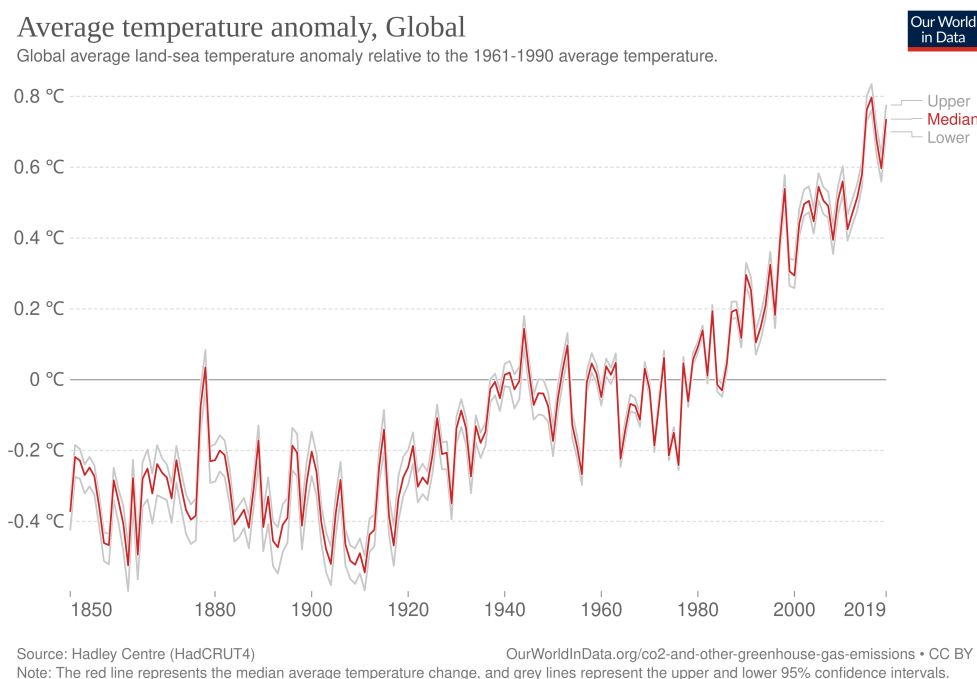


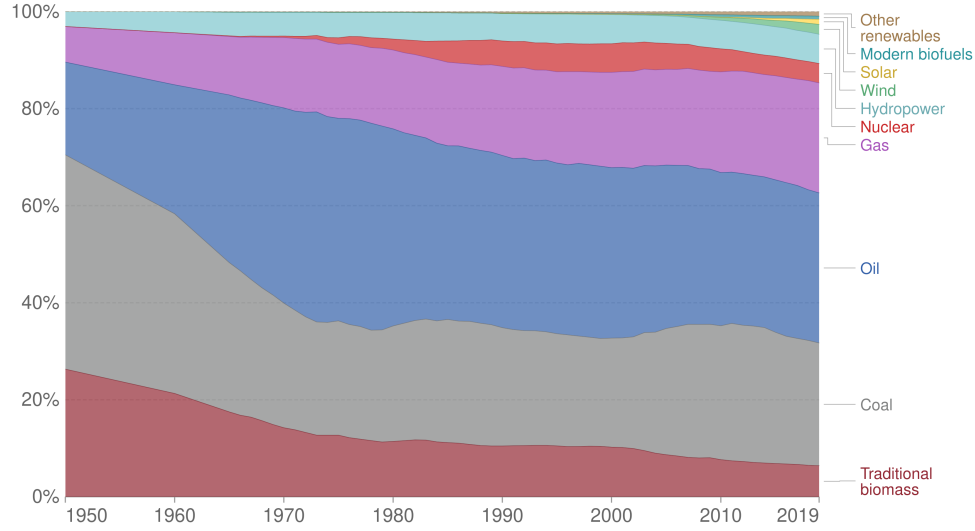
Figura 1.1: Temperatura superficial promedio del planeta, relativo a la temperatura promedio de 1961-1990, desde 1850 hasta 2019.

Sin embargo, los combustibles fósiles y fuentes de energía no renovables siguen conformando una mayoría en el panorama de generación energética global: en el año 2019, alrededor del 85 % de la energía producida mundialmente provino de fuentes no renovables^[OWID-EnergyProduction] (figura 1.2). Para frenar el avance del cambio climático, se debe acelerar el ritmo de adopción de energías alternativas como reemplazo de los combustibles fósiles, disminuyendo la emisión de CO_2 y metano en la atmósfera.

Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.

Our World
in Data



Source: Vaclav Smil (2017) & BP Statistical Review of World Energy

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Figura 1.2: Distribución de producción global de energía según fuente, desde 1950 hasta 2019.

Con esta motivación, el Instituto de Investigaciones en Electrónica, Control y Procesamiento de Señales (LEICI) de la Facultad de Ingeniería de la UNLP se embarcó en un proyecto “Electrónica de Potencia y Sistemas de Control Avanzado Aplicados a Fuentes de Energía Alternativas”, dentro del cual se enmarca el presente trabajo, que utiliza pilas de combustible a base de hidrógeno como fuente de energía alternativa.

La plataforma experimental para la evaluación de sistemas híbridos basados en pilas de combustible consiste de múltiples partes, que se detallan en la figura 1.3 a continuación.

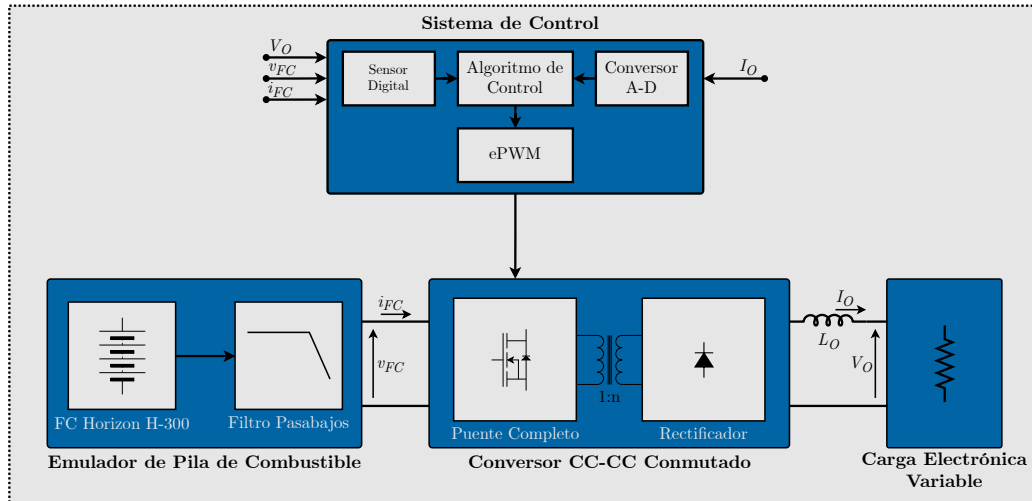


Figura 1.3: Diagrama de la plataforma experimental en estudio.

1.1. Conversores CC-CC conmutados