

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN A ESCALA DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE ENERGÍA MARINA, UNIDADES DE ALMACENAMIENTO Y SU INTEGRACIÓN EN MICRO REDES

Ubaldo Jasso Ruíz<sup>1</sup>, Edgar Mendoza<sup>1</sup>, Juan Ramón Rodríguez-Rodríguez<sup>2</sup> y Alfredo Velázquez Ibáñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM, UJassoR@iingen.unam.mx, emendezab@iingen.unam.mx, [mailto: alfredo.vel1996@gmail.com](mailto:alfredo.vel1996@gmail.com)

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM, jr\_rodriguez@fi-b.unam.mx

## Introducción

Con el fin de cumplir los objetivos mundiales a largo plazo, relacionados con el clima, calidad del aire y acceso a la energía, el despliegue de las energías renovables tiene la impetuosa necesidad de acelerarse, lo cual va de la mano con la investigación y desarrollo de alternativas no convencionales de generación eléctrica como lo es la energía marina.

En este artículo se muestra el diseño, modelado y construcción a escala de una planta de generación de energía eléctrica a partir de energía marina considerando unidades de almacenamiento de energía adjuntas, con el fin de gestionar de forma inteligente la inyección de potencia eléctrica en microredes y redes de media tensión.

Para esto, se consideran valores reales de redes eléctricas cercanas a las zonas potenciales de generación en México y se introducen datos reales de torque por oleaje o corrientes submarinas a un generador síncrono de imanes permanentes. Dicho lo anterior, es importante mencionar que la mayor parte de la investigación se dirige al desarrollo de los convertidores y controles propios de electrónica de potencia (Ramón, 2012).

En el laboratorio, se conecta un motor eléctrico mecánicamente en el eje a un generador síncrono de imanes permanentes, el cual inyecta la potencia eléctrica generada a través de un convertidor de electrónica potencia CA/CD/CA. También se analiza, de forma paralela, la viabilidad de integrar sistemas de almacenamiento de energía distribuidos o en conjunto; a fin de amortiguar las oscilaciones de potencia eléctrica generadas por el movimiento estocástico de la energía marina inyectada a la red o microred.

## Propuesta

La Figura 1 muestra la cama de pruebas de experimento, resaltando los puntos más trascendentes de esta investigación. Específicamente, se analizan los modelos matemáticos del generador síncrono de imanes permanentes, los convertidores de electrónica de potencia, las etapas de almacenamiento y las estrategias de control implementadas. A nivel simulación, se analiza la integración de todos los componentes operando en conjunto ante una entrada de excitación mecánica intermitente que simula los datos reales del oleaje, exponiendo las principales variables en el proceso de conversión de energía.

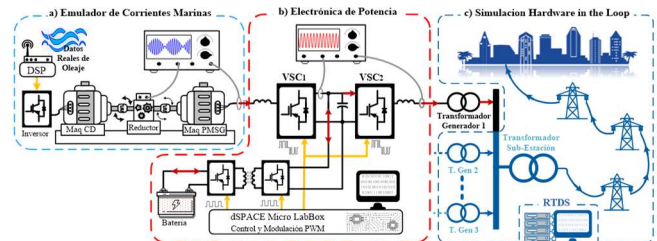


Figura 1. Esquema operación de un sistema de generación por corrientes marinas con almacenamiento de energía.

De forma adjunta, se estudia el impacto en la estabilidad de la red eléctrica ante la integración de uno y n generadores eléctricos, donde se culminará en las estrategias óptimas de control y almacenamiento de energía, que permita cumplir con las respectivas normas y códigos de red para la interconexión de nuevas centrales generadoras en México.

## Descripción por etapas

### Modelado y simulación

Este trabajo es la generación de un respaldo matemático que presenta en forma de ecuaciones las principales características del sistema,

incluyendo los componentes mecánicos, eléctricos y de control. Hecho esto, se evalúa en simulación la operación del sistema a una potencia de 30 kW, para llevar a cabo casos de estudio básicos a nivel generador que representen su integración a la red eléctrica. Cabe mencionar que esta etapa incluye todos los elementos presentes en el esquema de acuerdo a la Figura 1 (Yazdani, 2010).

#### *Reproducción de datos reales de torque*

A fin de reproducir una función de corrientes marinas en laboratorio, se ha iniciado variando la velocidad de un motor impulsor de CD, a través de un controlador de motor basado en topología puente H, controlado a partir de señales PWM obtenidas de un DSP (Digital Signal Processor), donde a partir de las variables moduladoras se representa el comportamiento natural de corrientes marinas. Es necesario mencionar que para tal objetivo se requiere la comunicación via ethernet entre la unidad de medición en sitio y el driver de máquina en laboratorio. La Figura 2 muestra el avance físico de esta sección mientras que la Figura 1 muestra su integración en la plataforma general (Yazdani, 2010).



Figura 2. Prototipo emulador de oleaje ethernet.

#### *Etapas de interconexión CA/CA*

A partir de los resultados de se implementa un convertidor VSC Back to Back, aplicando un control de potencia y voltaje considerando la estrategia de control  $dq0$ , común en varios sistemas de energía renovable, la cual se programada en la plataforma DSP. La finalidad de esta etapa es extraer la máxima energía del generador PMSG y acondicionarla para su integración a un puerto de CA de 60Hz. El prototipo del convertidor VSC Back to Back se muestra en la Figura 3 (Yazdani, 2010).

#### *Almacenamiento de energía CD/CD*

A partir de los trabajos realizados en, se realiza el proceso de carga y descarga de baterías y su integración al puerto CD del sistema. La finalidad de esta etapa es promediar las curvas de generación de energía a fin de mantener la generación menos

variable o estocástica. El prototipo del sistema de almacenamiento por baterías se muestra en la Figura 4 (Yazdani, 2010).

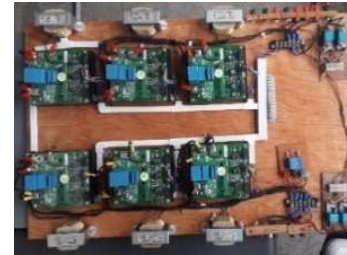


Figura 3. Prototipo convertidor Back to Back AC/CD/AC.



Figura 4. Prototipo de carga y descarga de baterías, DAB.

#### *Desarrollo de modelos de red y pérdidas por transmisión*

A fin de emular el comportamiento general de  $n$  unidades de generación, es necesario contar con modelos reducidos, los cuales conserven las principales características del sistema a un costo computacional bajo, permitiendo realizar la simulación completa de una granja de generación. Con base en los trabajos realizados en, se incluyen los modelos de red de generación por corrientes marinas hasta su integración a la red eléctrica, como se muestra en la Figura 5 (Yazdani, 2010).



Figura 5. Esquema de modelos de red y pérdidas por transmisión.

#### **Referencias**

Yazdani Amirnaser, Reza Iravani. (2010). Voltage Sourced in Power Systems. 10 ed. Arizona EUA, Wiley editorial.

Ramón Grunewald Antonio. (2012). Estudio de la generación energética con turbinas Hidráulicas en las corrientes marinas. Universidad politécnica de Cartagena.



1er Congreso Internacional  
**CEMIE-Océano**



