

Microrredes híbridas en SEIL

Dr. Milan Prodanovic

Webinar: Microrredes Urbanas Inteligentes 22/09/2021



Web: geiser.depeca.uah.es/promint



Microrredes híbridas en SEIL

Índice:

- “Smart Energy Integration Lab” – SEIL
- Microrredes de corriente alterna
- Microrredes de corriente continua
- Microrredes híbridas de CC/CA
- Trabajos de futuro



2

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



instituto
idea
energía

EXCELENCIA
MARIA
DE MAEZTU

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Smart Energy Integration Lab

SEIL ofrece la flexibilidad necesaria para:

- Implementación de escenarios energéticos avanzados
- Integración en redes eléctricas de energías renovables y de almacenamiento
- Estudios de redes eléctricas de CC y de CA (o híbridas)
- Estudios de estabilidad de redes
- Desarrollo y pruebas de algoritmos de control para redes eléctricas (niveles de control primario, secundario y terciario)

Está inscrito como miembro de:

- Red de Laboratorios de CM (REDLAB 368)
- Red de laboratorios europeos Joint Research Centre for SmartGrids

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



**instituto
idea
energía**

**EXCELENCIA
MARÍA
DE MAEZTU**

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



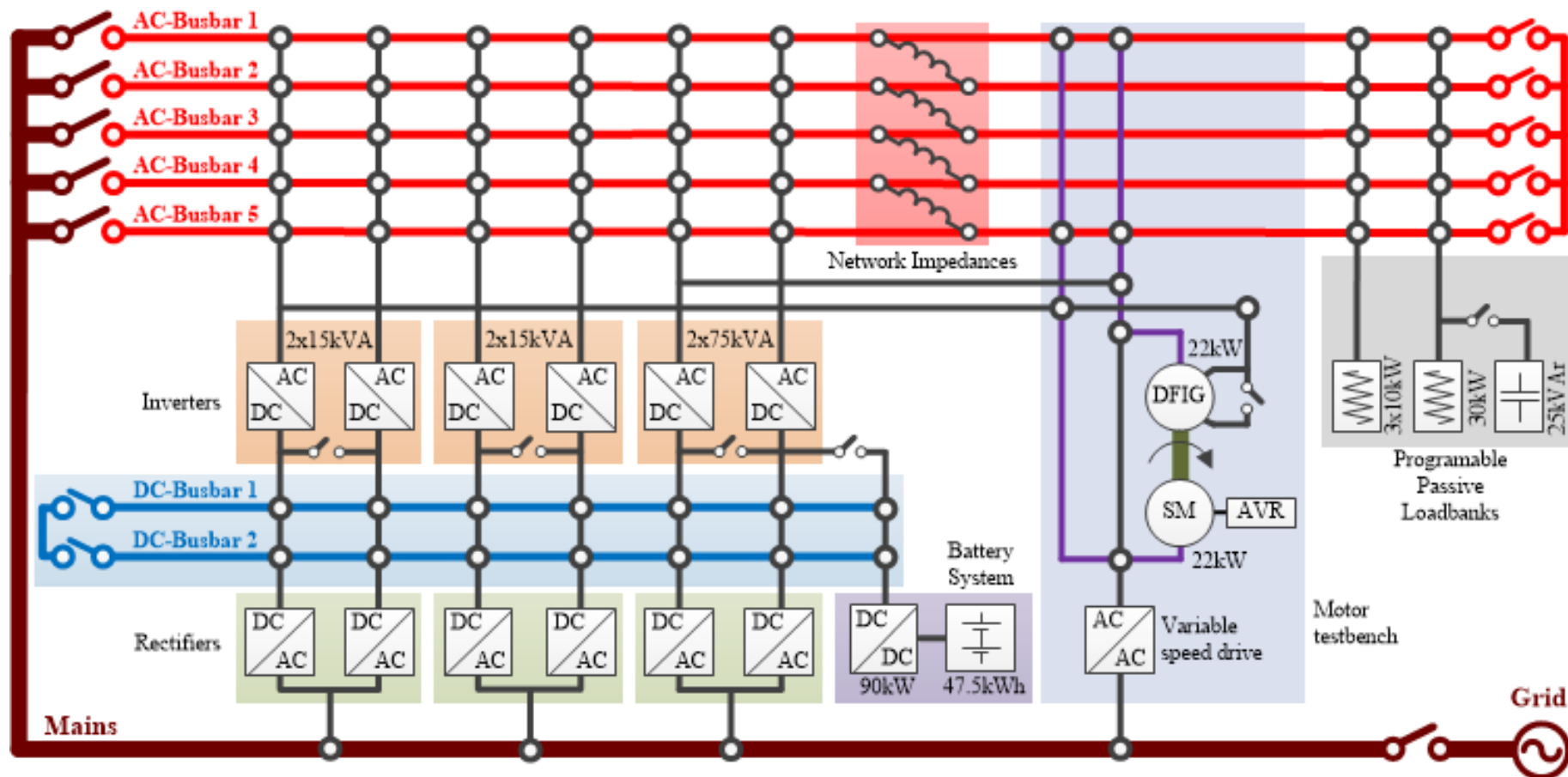
**Comunidad
de Madrid**

Smart Energy Integration Lab

SEIL es una instalación única y representa un conjunto de dispositivos eléctricos que se pueden conectar en una manera flexible y versátil para formar redes eléctricas:

- 4 x 15 kVA y 2 x 75 kVA convertidores de electrónica de potencia
- 2 x 30 kW y 25kVA cargas programables y controlables remotamente
- 47.5 kWh sistema de batería Ion-Li y 5kWh batería de flujo
- 75 kW cargador de baterías bidireccional y programable
- 22kW banco de motores configurable con DFIG y motor-generador síncrono
- Cuadros de distribución eléctrica configurables para CC y CA
- Impedancias de red configurables
- Sistema independiente de monitorización y control
- Plataforma flexible para programación

Smart Energy Integration Lab



5

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



**instituto
idea
energía**

EXCELENCIA
MARÍA
DE MAEZTU

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Iniciativa de Empleo Juvenil



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

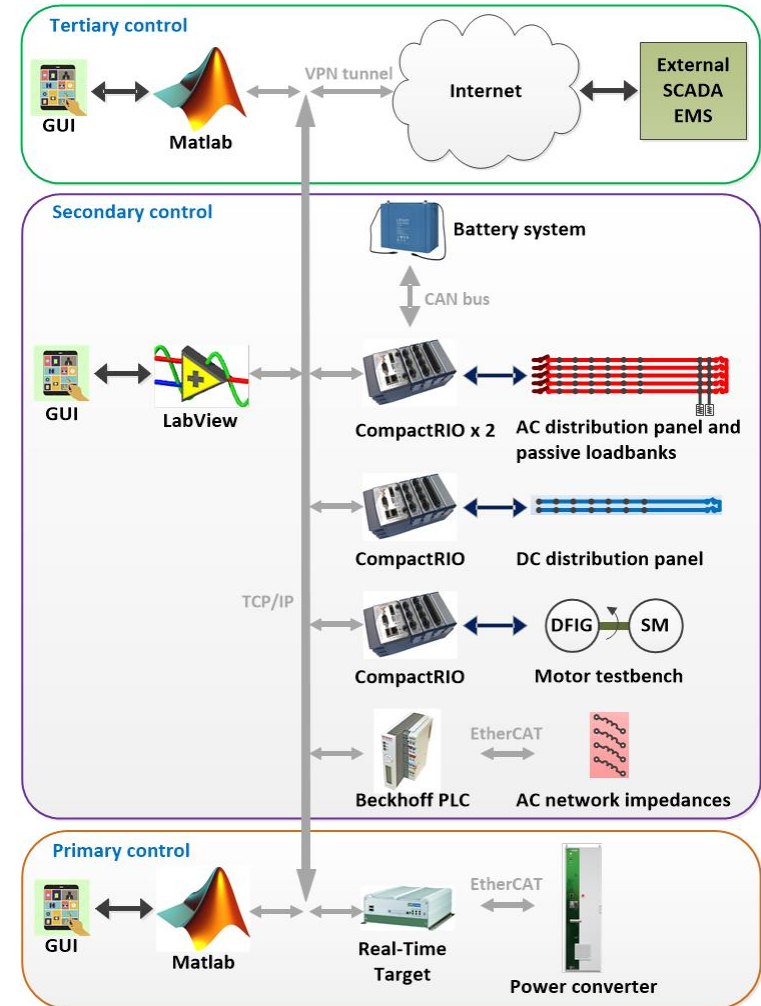


**Comunidad
de Madrid**

Smart Energy Integration Lab

SEIL permite la implementación de algoritmos de gestión y de control en tiempo real:

- Control primario usando la programación en Simulink.
- Control secundario utilizando LabView.
- Control terciario utilizando cualquier plataforma de control interno o externo.
- Conexión vertical utilizando TCPIP.
- Controladores locales de cuadros eléctricos.
- Interfaz con sistema SCADA.
- Monitorización en tiempo real.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



instituto
idea
energía

EXCELENCIA
MARIA
DE MAEZTU

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Microrredes de corriente alterna

SEIL permite formar:

- Microrredes aisladas (tensión y frecuencia controladas localmente)
- Microrredes conectadas a red eléctrica (frecuencia definida por la red)

Convertidores pueden formar y simular:

- Parque de energía (power park)
- Generación distribuida (usar impedancias entre embarrados)

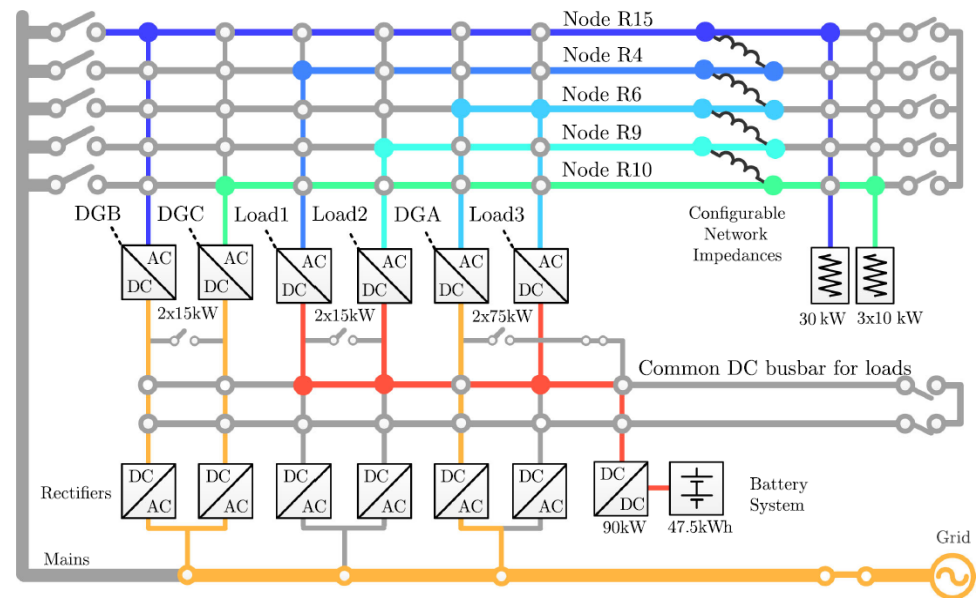
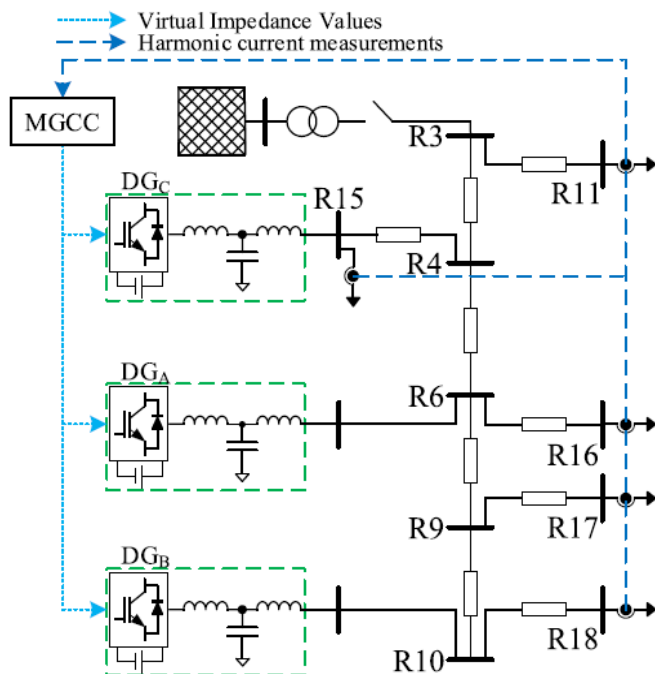
Se utilizan:

- Cargas de potencia activa y de potencia reactiva
- Impedancias de líneas eléctricas (entre convertidores o hacia la red)
- Baterías
- DFIG o máquina síncrona

Microrredes de corriente alterna

Ejemplo: Diseño de impedancias armónicas virtuales para gestión óptima de calidad de potencia en microrredes (en colaboración con NTNU y SINTEF)

- Microrred aislada benchmark con la gestión centralizada de la calidad de potencia
- Implementación en SEIL usando todos los convertidores, impedancias y cargas



PROMINT-CM

PR0grama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



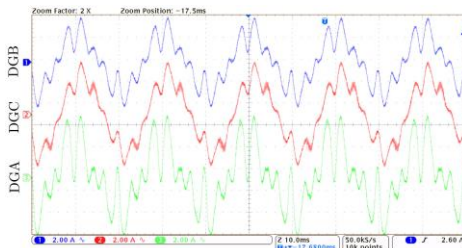
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



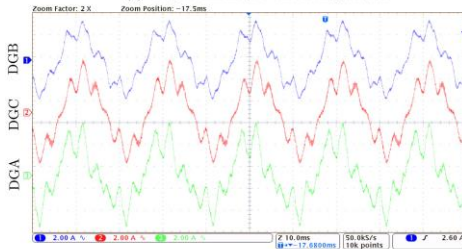
**Comunidad
de Madrid**

Microrredes de corriente alterna

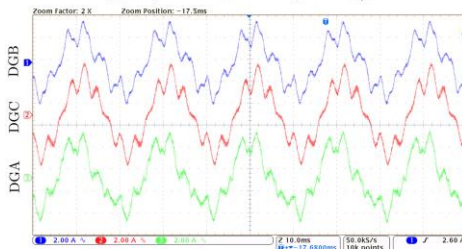
- Corrientes de salida de generadores sin y con impedancias virtuales
- Calidad de potencia al arranque de control
- Actualización continua y optimizada de valores de impedancias virtuales



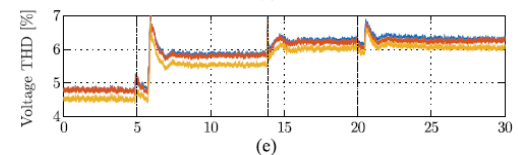
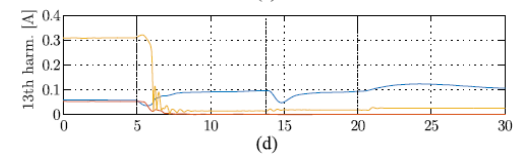
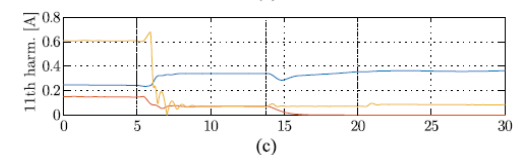
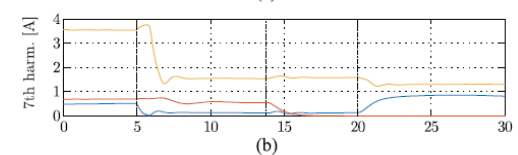
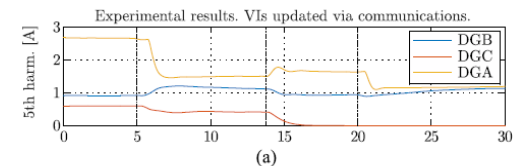
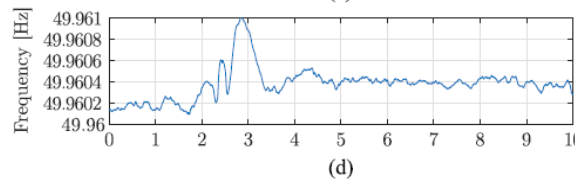
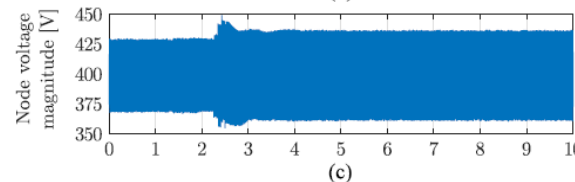
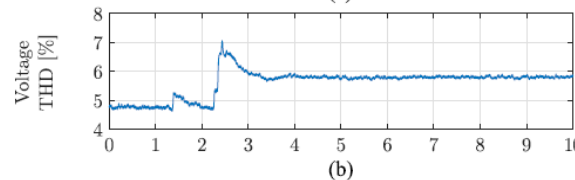
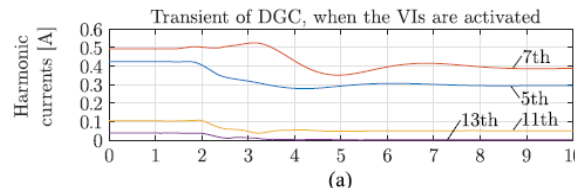
(a) Output currents, no virtual impedances



(b) Output currents, virtual impedances, $\beta = 0.2$



(c) Output currents, virtual impedances, $\beta = 0$



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



Time [s]
idea
energía

EXCELENCIA
MARIA
DE MAEZTU

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

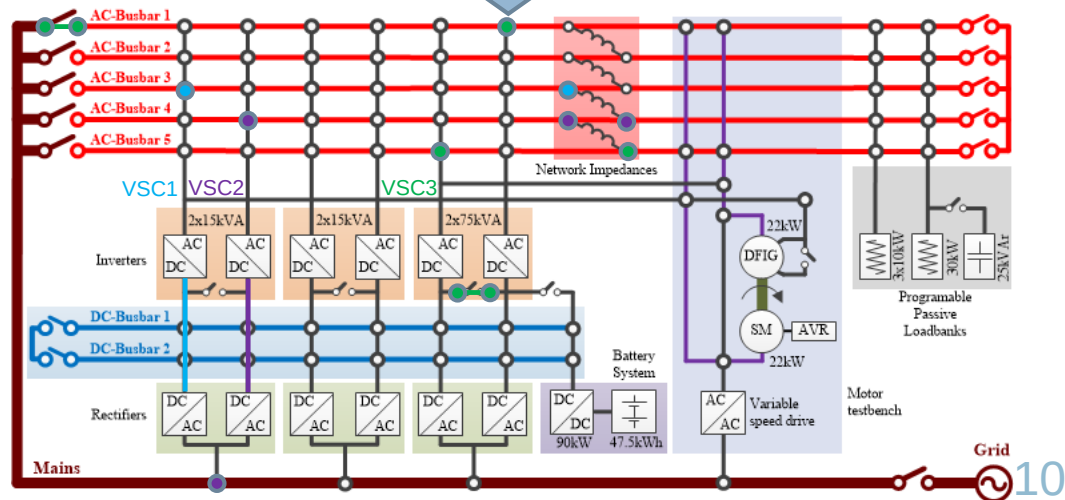
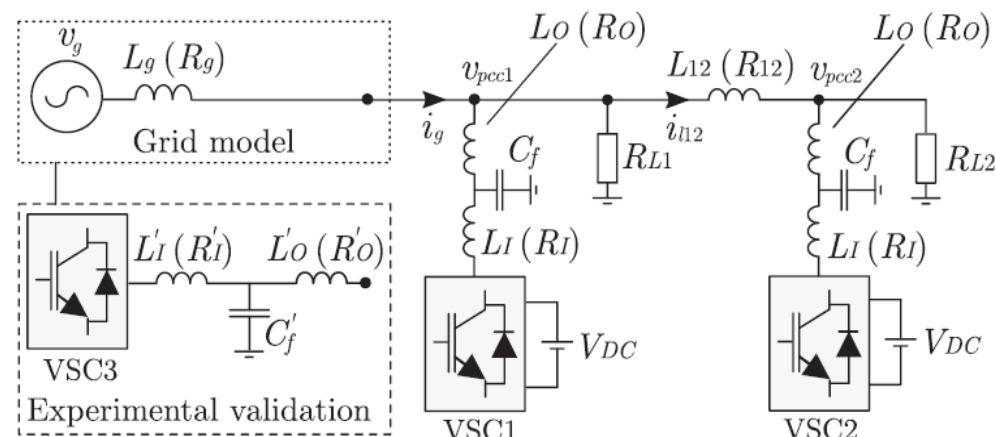


Comunidad
de Madrid

Microrredes de corriente alterna

Ejemplo: Análisis de propiedades dinámicas de VSCs conectados a redes débiles incluyendo los efectos de tiempo muerto y retardos

- Microrred de dos VSCs seguidores conectada a la red eléctrica débil.
- Emulador bidireccional de red (2 VSCs) se usa para la implementación de la red débil
- Objetivo - desarrollar y validar el modelo de pequeña señal que incluye los efectos de implementación real (tiempo muerto y retardo)



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



instituto
idea
energía

EXCELENCIA
MARIA
DE MAEZTU

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



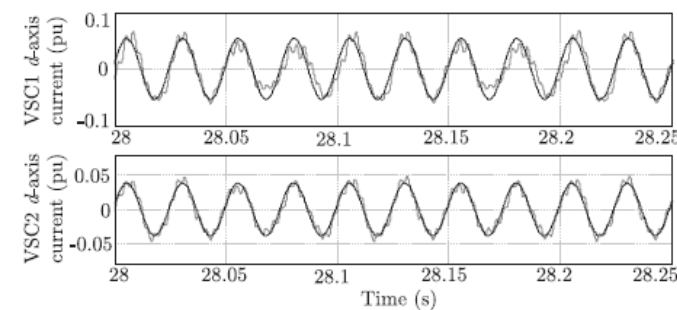
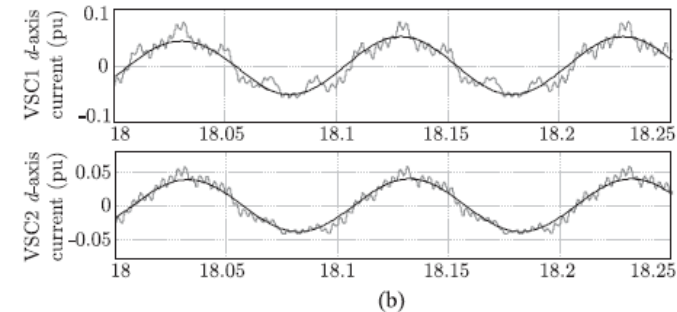
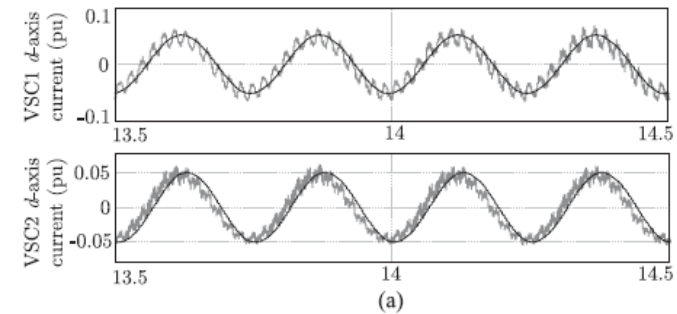
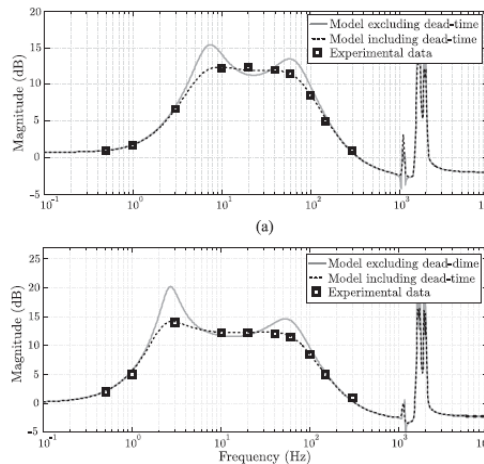
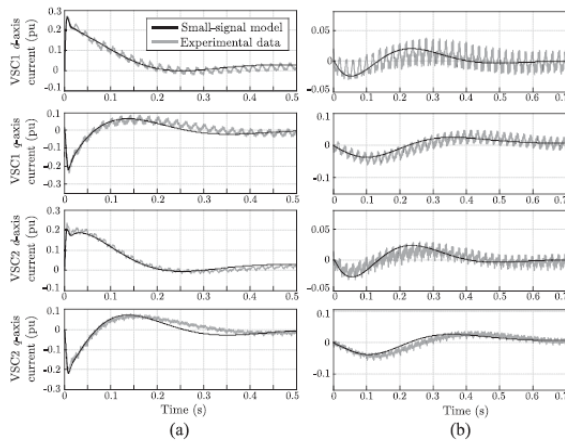
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Microrredes de corriente alterna

- Validación experimental de los modelos en los dominios de tiempo y de frecuencia
- Comparación con los modelos ideales que no consideran desperfectos
- Impacto del parpadeo (flicker) de tensión en las corrientes de inversores



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Microrredes de corriente continua

SEIL permite formar:

- Microrredes aisladas de CC (tensión controlada localmente)

Convertidores se conectan a los embarrados de CC

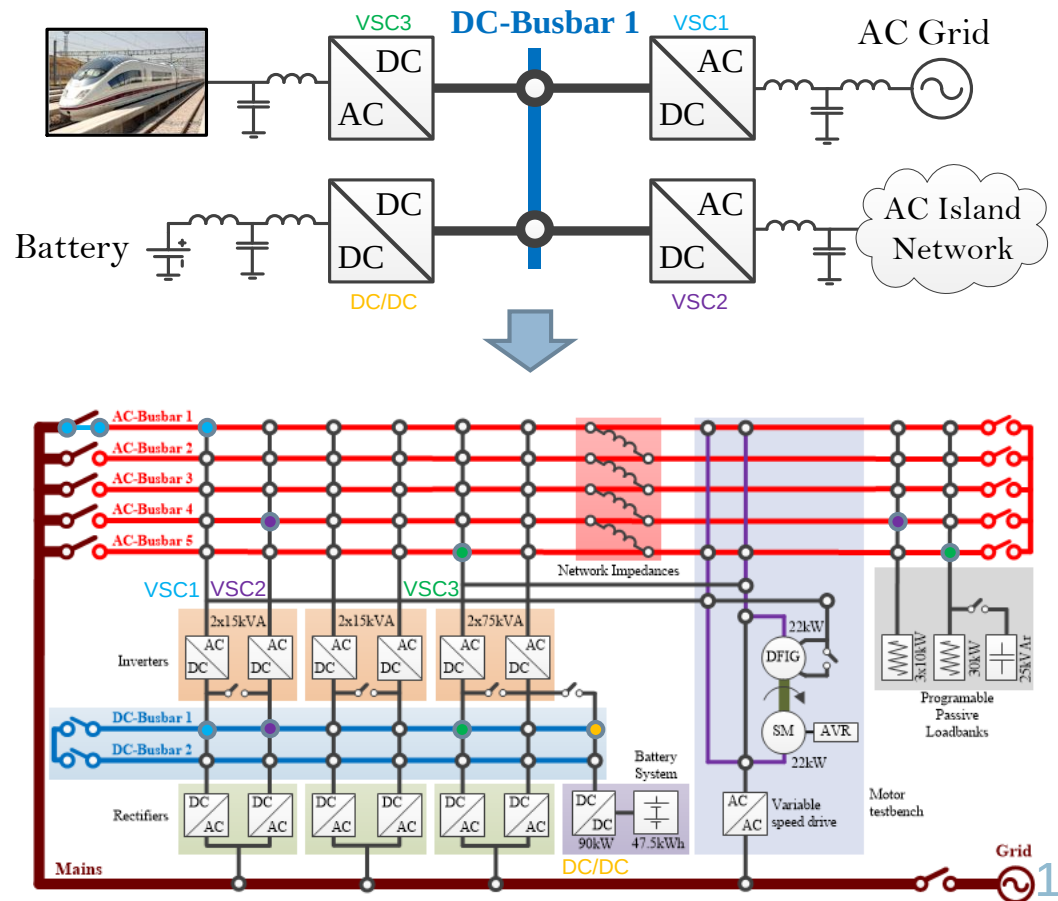
Se utilizan también:

- Baterías (conectadas directamente a los embarrados CC)
- Embarrados de CA con la configuración local de cargas

Microrredes de corriente continua

Ejemplo: Alimentación inteligente del sistema ferroviario

- Microrred aislada de CC para alimentar trenes y la carga auxiliar
- Batería se utiliza tanto para controlar la tensión (control primario) como para la gestión energética (EMS)
- Implementación en SEIL utiliza diferentes convertidores, cargador de batería y las cargas CA.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



instituto
idea
energía

EXCELENCIA
MARIA
DE MAEZTU

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

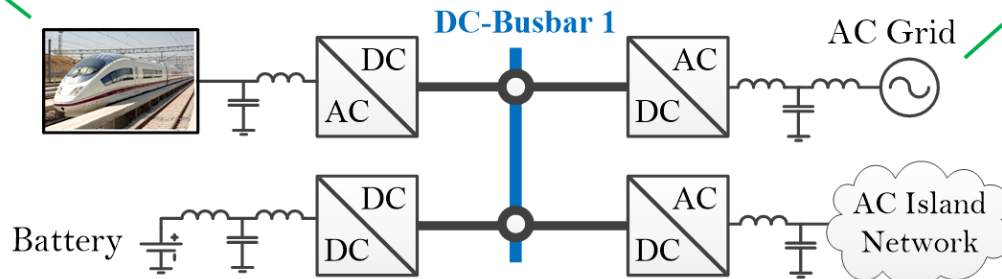


Comunidad
de Madrid

Microrredes de corriente continua

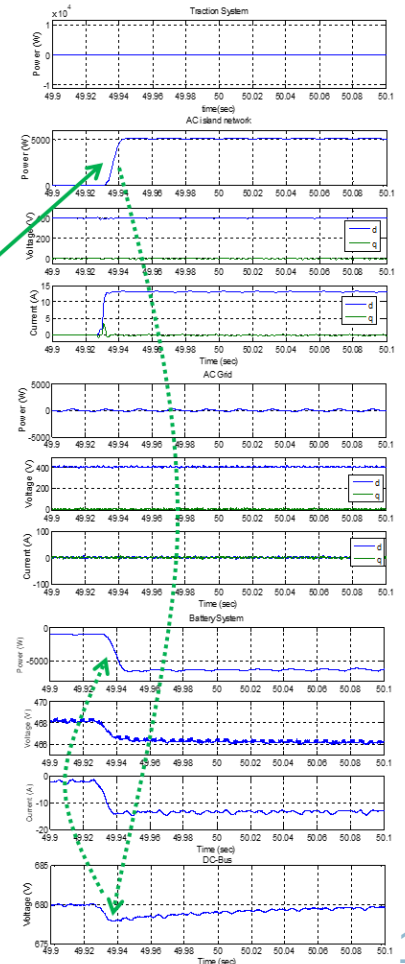
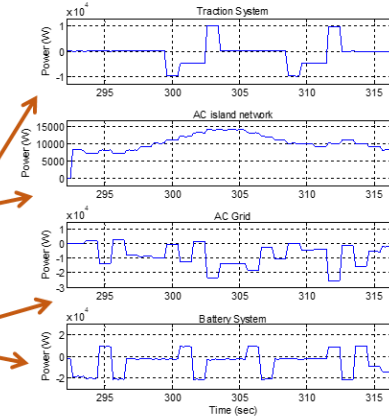
Primary Control

- Battery system controls the DC busbar voltage
- Traction system transient energy balance
- AC network transient energy balance



EMS

- MPC control applied
- 24h period executed over 24s interval
- Traction and AC islanded network profiles executed
- Battery energy balance managed by AC grid



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Microrredes híbridas CC/CA

SEIL permite formar:

- Enlaces de CC/CA
- Enlaces multiterminales de CC/CA
- Dinámicas de redes de CA se simulan por separado

Convertidores se configuran utilizando embarrados de CC y de CA

Se utilizan:

- Cargas de potencia activa y de potencia reactiva en CA
- Impedancias de líneas eléctricas en CA
- Baterías (conectadas en CA o en CC)
- DFIG o máquina síncrona

15

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



**instituto
idea
energía**

EXCELENCIA
MARÍA
DE MAEZTU

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

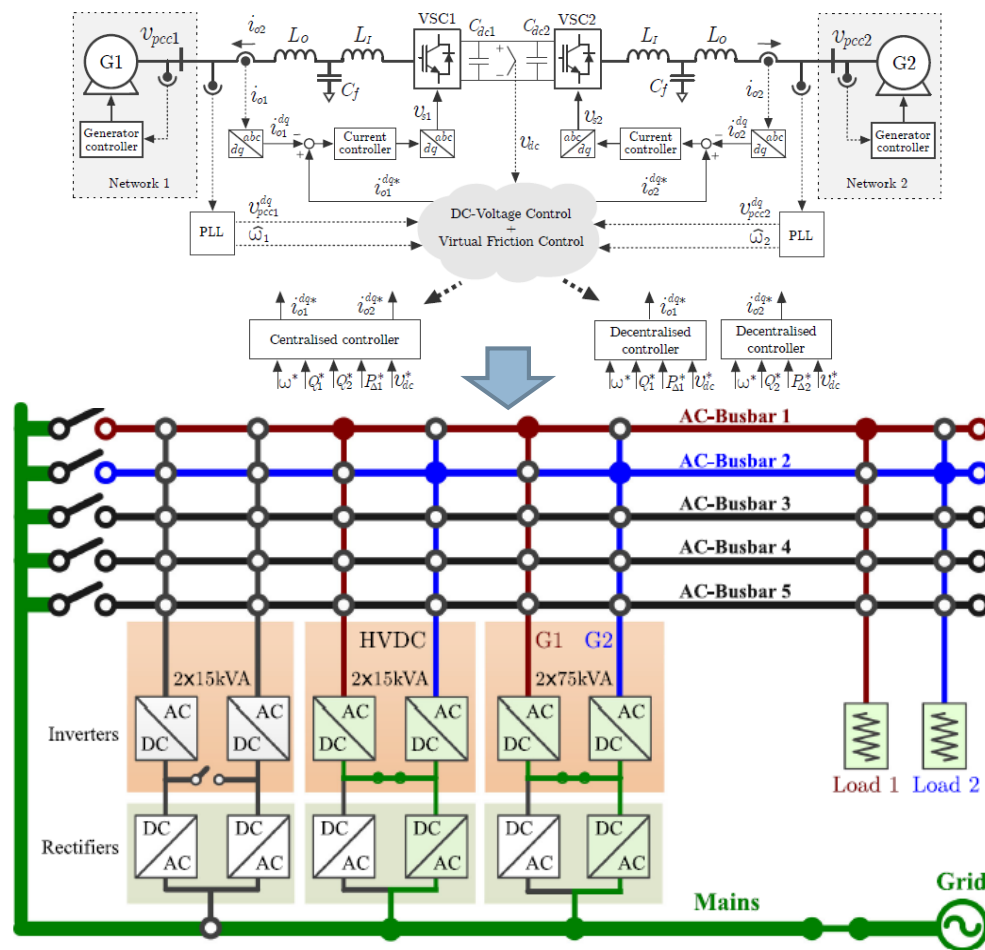


**Comunidad
de Madrid**

Microrredes híbridas CC/CA

Ejemplo: Control de fricción virtual para amortiguamiento de oscilaciones en enlaces HVDC.

- Dos áreas de la red conectadas por un enlace HVDC.
- Fricción virtual introduce un efecto de “roce” entre las dos redes y sirve para amortiguar oscilaciones en ambas redes.
- Implementación utiliza los embarrados de CC y de CA, convertidores y las cargas.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



instituto
idea
energía

EXCELENCIA
MARIA
DE MAEZTU

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Iniciativa de futuro



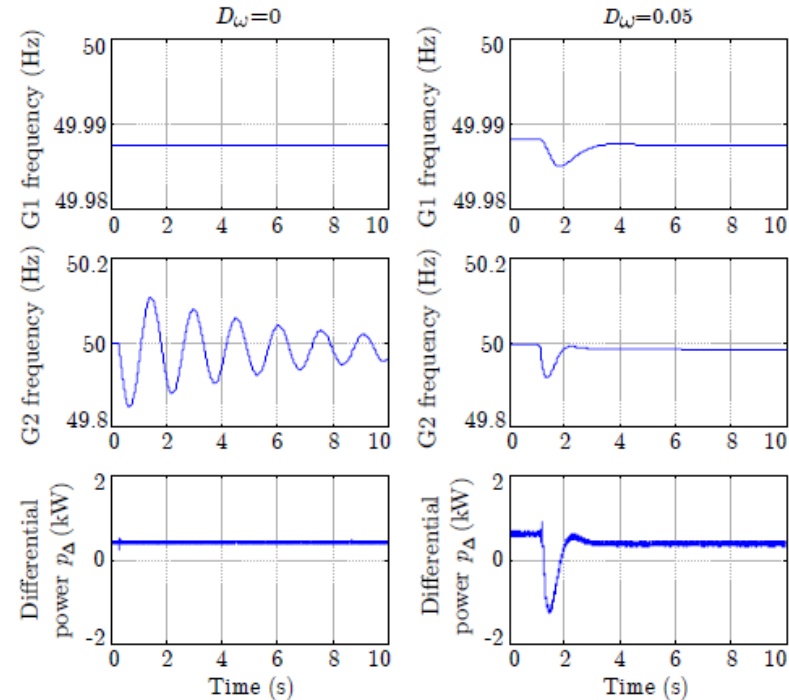
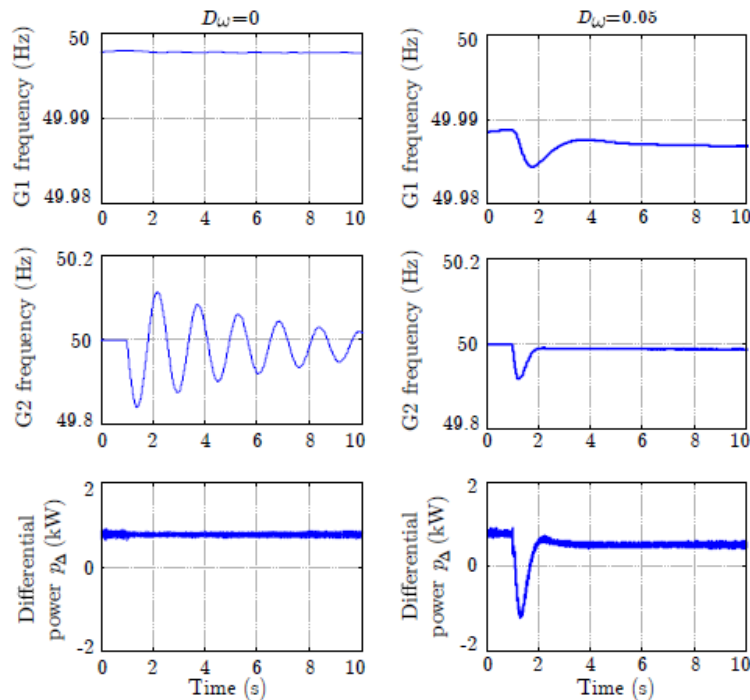
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Microrredes híbridas CC/CA

- Se compararon casos sin y con fricción virtual
- Se compararon los resultados simulados y experimentales
- Acoplamiento introducido amortigua oscilaciones de frecuencia



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Trabajos de futuro

Actividades previstas:

- Terminar la integración del banco de motores en SEIL
- Mejorar el software de control de laboratorio
- Introducir “gestor de datos”

Colaboraciones:

- Con UAH y ICAI dentro del marco del proyecto PROMINT-CM
- Ya se ofrece el laboratorio a las empresas de sector energético

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid



UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



¿Preguntas?

¿Ahora mismo? Lanza la pregunta en el chat!

¿Más tarde? Por correo electrónico:

milan.prodanovic@imdea.org
marta.arroyo@imdea.org

19