

Interreg



Cofinanciado por
la Unión Europea
Cofinanciado pela
União Europeia

España – Portugal



RESUMEN DE ENTREGABLE E4.1: Informe sobre validación en instalaciones de investigación



Resumen ejecutivo

El entregable 4.1 describe las actividades de validación de las infraestructuras de investigación de los socios del proyecto AGERAR+, llevadas a cabo dentro del alcance de este proyecto. Se describen las actividades realizadas en las infraestructuras de los siguientes socios del proyecto: Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial (INTA), Instituto Tecnológico de Galicia (ITG), Universidad del Algarve (UALG) y Universidad de Évora (UÉvora). Estas actividades se centran en tecnologías de almacenamiento y gestión de energía, y tienen como objetivo probar, modelar y validar soluciones tecnológicas en entornos de laboratorio y reales.

En el INTA, las actividades de validación se centraron en baterías de fosfato de hierro y litio (LFP) y supercondensadores. Estas tecnologías se caracterizaron experimentalmente en una microrred y mediante simulación considerando diferentes escenarios energéticos. También se desarrollaron modelos y procedimientos de prueba para sistemas de almacenamiento, así como algoritmos de control y detección de fallos.

El trabajo en ITG se centró en el modelado de sistemas energéticos, con especial atención a las tecnologías de módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino y a las baterías de iones de litio. Este trabajo utilizó herramientas como PVGIS, pvlb en entorno Python, y Simulink en entorno Matlab. El equipo de ITG también realizó pruebas experimentales, realizando diversos procesos de carga y descarga de baterías, y ensayando diferentes estrategias para maximizar el autoconsumo. También se implementó un gemelo digital de la infraestructura energética para simular su funcionamiento, permitiendo integrar la simulación con la validación experimental de esta infraestructura.

El trabajo de UALG se centró en un sistema de carga de vehículos eléctricos basado en la norma ISO 15118. El equipo de UALG realizó pruebas utilizando diferentes escenarios de carga de vehículos eléctricos, evaluando las tasas de autoconsumo y autosuficiencia resultantes, así como el periodo de amortización de la infraestructura para cada uno de los escenarios. La creación del gemelo digital del sistema de carga permitió simular y validar el rendimiento de las infraestructuras, apoyando decisiones estratégicas para mejorar la eficiencia de su uso.

UÉvora validó su microrred experimental, que está compuesta por un sistema de generación de energía fotovoltaica con paneles de silicio monocristalino, un sistema de almacenamiento de energía compuesto por baterías de iones de litio convencionales, baterías de iones de litio de segunda vida, baterías de cloruro de sodio-níquel, baterías de flujo de vanadio y supercondensadores híbridos a base de carbono. Microrred de

UÉvora que incluye estaciones de carga inteligentes para vehículos eléctricos. Para validar su microrred, el equipo de UÉvora realizó varias simulaciones y pruebas de rendimiento, considerando diferentes estrategias de acumulación y gestión de la energía producida.

1. Actividades de Validación de las Instalaciones de Investigación del INTA

La infraestructura experimental del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) integra sistemas de producción y almacenamiento de energía y un circuito de hidrógeno. Luego de una revisión bibliográfica sobre las tecnologías energéticas utilizadas, se presenta una descripción de la infraestructura de investigación y las actividades de validación realizadas.

1.1 Visión General de la Microrred del INTA

La microrred del INTA es un sistema acoplado en corriente continua (CC) que integra diversas fuentes de energía y cargas. Incluye generación de energía fotovoltaica (FV) y eólica, junto con un sistema de almacenamiento de energía que comprende baterías de plomo-ácido, baterías de iones de litio (LFP) y un circuito de hidrógeno. La arquitectura del sistema permite la conexión a la red principal de CA a través de un convertidor bidireccional CC/CA, lo que permite el intercambio de energía con la red externa. Un bus de 48VCC constituye la columna vertebral de la microrred, suministrando energía a diversas cargas y gestionando el flujo de energía.

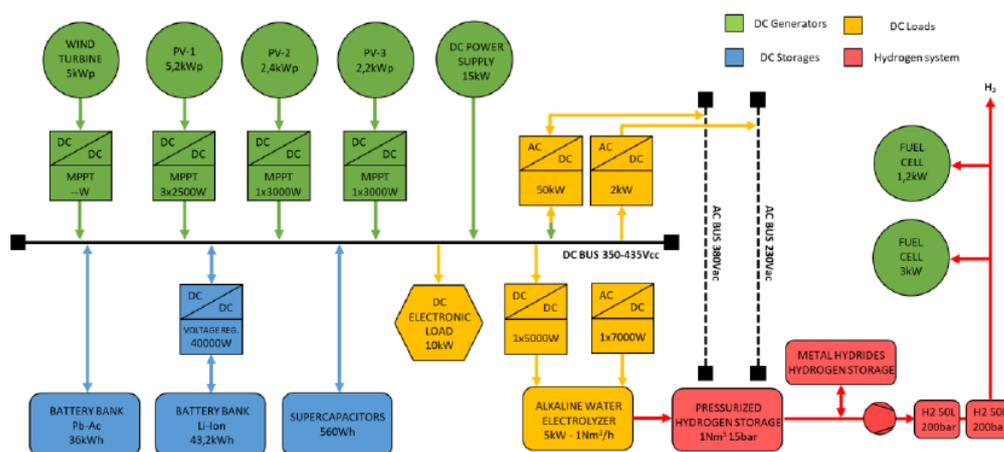


Figura 1.1: Diagrama de bloques de la microrred de INTA

1.2 Estado del Arte

1.2.1 Baterías de Fosfato de Hierro y Litio (LFP o LiFePO₄)

Descubiertas en 1996, las baterías LFP son una variante avanzada de las baterías de iones de litio, destacadas por su seguridad, eficiencia y larga vida útil. Se utilizan en el almacenamiento de energía solar, vehículos eléctricos e industria. Utilizan LiFePO₄ como cátodo y carbono (grafito) como ánodo, con un separador de polímero que permite el paso de los iones de litio.

1.2.2 Supercondensadores

Se clasifican en condensadores electroquímicos de doble capa (EDLC), pseudocondensadores y condensadores híbridos. Los EDLC almacenan energía electrostáticamente mediante carbón activado, mientras que los pseudocondensadores utilizan materiales como RuO₂, MnO₂ o NiO, y los condensadores híbridos combinan las características de las baterías y los EDLC.

1.3 Descripción de Infraestructuras del INTA

El INTA cuenta con una microrred experimental de corriente continua (CC) que integra sistemas fotovoltaicos y eólicos para la producción de energía, con sistemas de almacenamiento de energía (baterías y supercondensadores) y un circuito de hidrógeno. Esta microrred puede operar conectada o aislada de la red de CA. También cuenta con un banco de pruebas para la caracterización de baterías y supercondensadores.

1.3.1 Microrred experimental

Respecto a la producción de energía la microrred incorpora tres instalaciones fotovoltaicas distintas:

- Un campo compuesto por 136 paneles modelo BP60 de 60 Wp, con una potencia total de 5200 Wp, y una topología que garantiza un voltaje de salida adecuado dentro del rango de entrada del convertidor elevador (boost converter).
- Una instalación dispuesta en una superficie vertical, compuesta por 15 módulos en serie de la marca Solar Innova modelo ESF-M-BIPV-GG-P156-40-161W, con una potencia total de 2415 Wp.

- Un sistema fotovoltaico compuesto por 16 paneles flexibles de la marca ENECOM, modelo HF135 de 135 Wp, montados en serie en una superficie a 37° sobre la horizontal, con una potencia total de 2160 Wp.

Y una turbina eólica AERO 5000W, de eje horizontal y trifásica con un voltaje nominal de 230 VCA, y una potencia de 5 kWp.

El sistema de almacenamiento de energía (ESS) está compuesto por un banco de baterías de plomo-ácido y un banco de baterías de iones de litio.

El banco de baterías de plomo-ácido está formado por 30 baterías U-Power con tecnología VRLA-AGM-100 (12 V, 100 Ah) conectadas en serie, que tiene una capacidad total de almacenamiento de 36 kWh. El banco de baterías de iones de litio, a su vez, está compuesto por baterías de tecnología LiFePo4, formado por cinco módulos de 15 celdas cada uno, conectados en serie, con una capacidad total de almacenamiento de 43.2 kWh.

La base del sistema es una unidad de protección y control compuesta por un BMS (Battery Management System) y un mecanismo de equilibrado de las celdas, que permite apagar, proteger y corregir desequilibrios excesivos entre las baterías, y evitar cargas y descargas excesivas.

El banco de supercondensadores integrado en la microrred fue diseñado para permitir el acoplamiento directo al bus de corriente continua para lograr una alta potencia específica. Los supercondensadores utilizados son de Maxwell Technologies, Inc., modelo BMOD0141 P064 B04. Este banco de supercondensadores consta de siete módulos y permite la monitorización del voltaje de cada celda mediante el protocolo CAN.

1.3.2 Banco de ensayo de baterías y supercondensadores

Incluye módulos de alto voltaje y una cámara climática para pruebas bajo diferentes condiciones de temperatura

El banco de ensayo de baterías y supercondensadores del INTA, permite la evaluación simultánea de hasta ocho baterías o packs, según su rango de voltaje. Este banco incluye cuatro canales de alta potencia (0-60 V, 0-100 A), cuatro de baja potencia (0-5 V, 0-10 A) y una cámara climática para el acondicionamiento de las baterías entre los -40°C y los 150°C.

El laboratorio evalúa tecnologías de almacenamiento de energía en aplicaciones móviles y estacionarias, realizando pruebas de carga y descarga en diversas condiciones para determinar su viabilidad en entornos domésticos, comerciales e industriales.

1.4 Tecnologías de almacenamiento en INTA. Ensayos y modelado.

1.4.1 Baterías

Se caracterizaron baterías EVE LF105 (LiFePO₄, 3.2V, 105Ah) y CATL (100Ah). Los procedimientos de prueba incluyen ciclos de carga y descarga a corriente y voltaje constantes, con fases de reposo para estabilización. Los modelos de baterías desarrollados simulan el voltaje, corriente y estado de carga durante los ciclos.

1.4.2 Supercondensadores

Se ensayó el supercondensador Maxwell BMOD0130 P056 B03. El protocolo de pruebas para el supercondensador sigue una secuencia de carga y descarga rápida, diseñada para evaluar su comportamiento en condiciones de alta corriente y su capacidad de respuesta dinámica. El modelo de supercondensador simula su comportamiento de carga y descarga, mostrando una alta eficiencia energética y respuesta rápida.

1.4.3 Supercondensadores Híbridos (HSC)

Se probó el Toomen New Energy TMDD7500/48 con diferentes ciclos de carga y descarga. El modelo preliminar para este HSC simula su comportamiento de carga y descarga, aunque en su estado actual no refleja el efecto Peukert.

1.4.4 Validación de herramientas para optimización de la gestión y el control: Control Predictivo Resiliente, detección de fallos

El modelo que se ha desarrollado para las instalaciones de INTA ha sido implementado en Matlab Simulink. Se utilizó el Control Predictivo de Modelo (MPC) para la gestión energética de la microrred. Los algoritmos de detección de fallos se basaron en ecuaciones de paridad y Filtro de Kalman, aplicados a baterías de plomo-ácido, baterías de litio, vehículos Melex, y supercondensadores.

2. Actividades de validación de instalaciones de investigación del Instituto Tecnológico de Galicia

La infraestructura experimental del Instituto Tecnológico de Galicia (ITG) integra sistemas de producción de energía fotovoltaica, baterías de litio. Después de una revisión bibliográfica sobre las tecnologías energéticas utilizadas, se presenta una descripción de la infraestructura de investigación y las actividades de validación realizadas.

2.1 Visión General de la infraestructura del ITG

La infraestructura de ITG incluye dos instalaciones de producción de energía fotovoltaica compuestas por paneles de silicio cristalino con dos tecnologías diferentes, una con una potencia de 10 kWp y otra con 6.1 kWp, y dos sistemas de baterías de litio (LiFePO₄) con diferentes tecnologías, uno con una capacidad de almacenamiento de 10 kWh y otro con una capacidad de 4.8 kWh. La infraestructura también incluye dos inversores trifásicos que permiten la conexión a la red eléctrica.

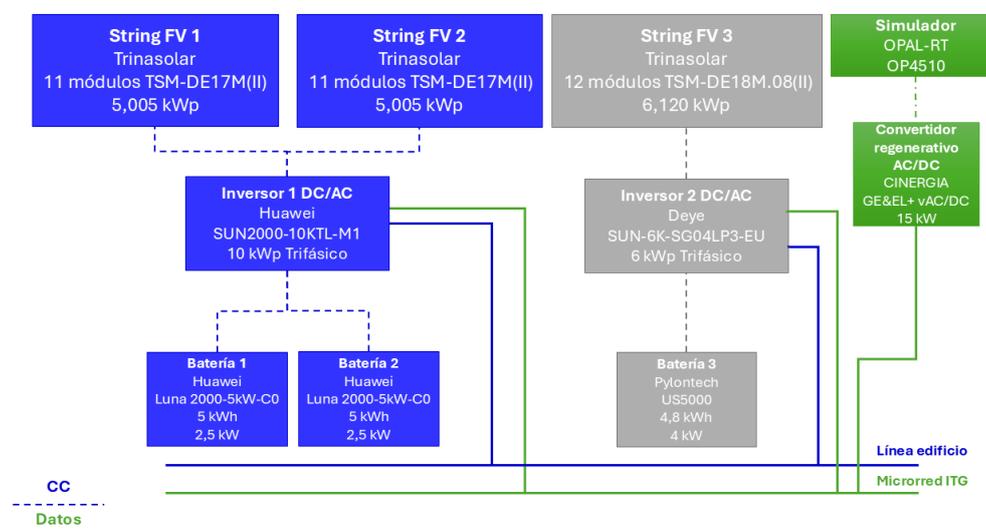


Figura 2.1. Esquema de la instalación futura de fotovoltaica a ensayar en el marco de AGERAR PLUS

2.2 Estado del arte

2.2.1 Módulos fotovoltaicos

En esta sección se describen los principales modelos que describen el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos: el modelo de diodo ideal, el modelo de diodo real y el modelo de dos diodos.

2.2.2 Almacenamiento en baterías

Aquí se presentan diversos modelos que describen lo comportamiento eléctrico, químico y térmico de las baterías, que se distinguen por el nivel de detalle y el costo computacional. Se presentan modelos electroquímicos (EM), modelos de reducción del orden e modelos de circuito equivalente.

2.3 Descripción de infraestructuras

La infraestructura de ITG incluye sistemas de producción de energía fotovoltaica, baterías e inversores trifásicos para la conversión de energía.

2.3.1 Sistemas fotovoltaicos

La infraestructura de ITG incluye una instalación fotovoltaica de 10 kWp, compuesta por 22 módulos Trina Solar TSM-DE17M(II) con una eficiencia del 20.8 %, divididos en dos strings. La segunda instalación fotovoltaica tiene una capacidad de 6.1 kWp y está compuesta por 12 módulos Trina Solar TSM-DE18M.08(II) con una eficiencia del 21.8 %.

2.3.2 Sistemas de baterías

La infraestructura del ITG incluye un sistema con dos módulos de baterías de litio-hierrofosfato (LiFePO_4), con gestión inteligente de energía Huawei Luna2000-5kW-C0, con una capacidad de acumulación de 5 kWh por módulo, y una batería también de litio-hierrofosfato (LiFePO_4) Pylontech con una capacidad de acumulación de 4.8 kWh.

2.4 Ensayos realizados

La microrred experimental incluye tres convertidores regenerativos AC/DC de 15 kW (CINERGIA) y un simulador OPAL-RT en tiempo real, que permite probar herramientas y estrategias avanzadas de gestión energética y evaluar algoritmos de control y estrategias operativas sin afectar la infraestructura eléctrica principal.

El equipo de ITG llevó a cabo un extenso modelado de módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino utilizando diversas herramientas. Utilizó el Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) para estimar la producción de energía fotovoltaica

basándose en la ubicación geográfica y los datos meteorológicos. La biblioteca de Python de código abierto pvlib se empleó para el modelado detallado de sistemas fotovoltaicos, incluyendo el rendimiento del módulo, la configuración de la matriz y el análisis de sombreado. Se utilizó también la herramienta de MATLAB, Simulink para el modelado dinámico de sistemas fotovoltaicos, lo que permite la simulación de diversas condiciones de funcionamiento y la integración con otros componentes energéticos. Se desarrolló también un gemelo digital para replicar el comportamiento de la instalación energética, que permite predecir el rendimiento y planificar mejor la gestión de energía.

3. Actividades de Validación de las Instalaciones de Investigación de la Universidad del Algarve

La infraestructura experimental de la Universidad del Algarve (UALG) integra una estación de carga para vehículos eléctricos y un sistema de producción de energía fotovoltaica. Después de una revisión de lo estado del arte das tecnologías utilizadas, se presenta una descripción de la infraestructura de investigación y las actividades de validación realizadas.

3.1 Visión General de la infraestructura del UALG

La infraestructura de UALG incluye una estación de carga para vehículos eléctricos (VE) y un sistema fotovoltaico (FV). La estación permitirá cargar vehículos eléctricos mediante corriente alterna (CA) y corriente continua (CC) generadas por paneles solares fotovoltaicos.

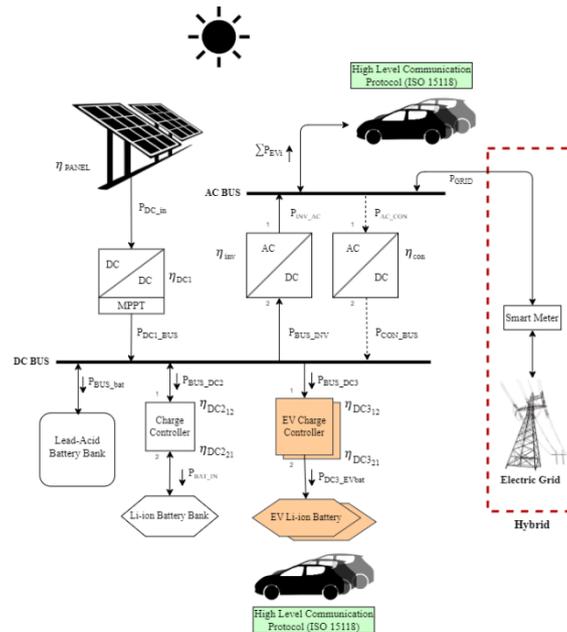


Figura 3.2: Arquitectura de una estación de carga (CS), que integra fuentes de energía renovables y consta de dos buses (CA y CC), lo que le permite operar dentro y fuera de la red.

3.2 Estado del arte

En esta sección se abordan varios modelos la optimización de la recarga de vehículos eléctricos con energías renovables, destacando la importancia de algoritmos inteligentes para programar la carga y minimizar costos de red. Se presenta también la norma ISO/IEC 15118 que es un estándar internacional para la comunicación entre vehículos eléctricos (VE) y estaciones de carga. También se señala la importancia de la tecnología V2G que permite el intercambio bidireccional de energía entre los vehículos y la red eléctrica.

3.3 Pruebas realizadas con el sistema de control de recarga de vehículos eléctricos

Se emuló un proceso de carga de EV, probando diferentes escenarios de carga de VE, incluyendo diferentes potencias de carga, estados de carga de la batería del vehículo y condiciones de la red. Se evaluó el impacto de la carga de VE en las tasas de autoconsumo y autosuficiencia del sistema energético integrado. Esto implicó analizar cómo los patrones de carga de VE afectan la utilización de la energía renovable generada localmente. Además, se realizaron análisis financieros para determinar el período de recuperación de la infraestructura de carga de VE en diferentes escenarios, proporcionando información sobre su viabilidad económica.

3.4 Implementación del gemelo digital del sistema de carga de vehículos eléctricos y validación de la infraestructura

El equipo de UALG desarrolló un gemelo digital para su sistema de carga de vehículos eléctricos, lo que les permite simular el comportamiento de la infraestructura de carga en tiempo real o en condiciones proyectadas. Los resultados obtenidos mediante estas simulaciones sirven de base para la toma de decisiones estratégicas en materia de carga de vehículos eléctricos, como la mejor ubicación de las estaciones de carga, las estrategias de precios y la integración con fuentes de energía renovables.

4. Actividades de Validación de las Instalaciones de Investigación de la Universidad de Évora

La microrred de la Universidad de Évora (UÉvora) está compuesta por dos sistemas de generación de energía fotovoltaica con cuatro tecnologías diferentes, baterías de flujo, baterías de litio convencionales, baterías de litio de segunda vida y un supercondensador híbrido. Después de una revisión bibliográfica sobre las tecnologías energéticas utilizadas, se presenta una descripción de la infraestructura de investigación y las actividades de validación realizadas.

4.1 Visión General de la infraestructura de la UÉvora

La Cátedra de Energías Renovables (CER) de la Universidad de Évora se dedica al desarrollo de soluciones de energía solar para la descarbonización económica. Cuenta con infraestructura experimental para investigación en solar térmica, concentración solar, calor de procesos, fotovoltaica y almacenamiento de energía.

Su principal infraestructura, SolGrid, es una red experimental con baterías y sistemas fotovoltaicos para generación y almacenamiento de energía. Esta microrred proporciona datos científicos para el diagnóstico de problemas de integración, gestión de potencia/energía en tiempo real y desarrollo de modelos. Está equipada con tecnologías monofásicas y trifásicas, así como una red de comunicación, siendo clave para la prueba y caracterización de baterías y supercondensadores.

En 2023, CER instaló un sistema fotovoltaico conectado a la microrred. Este sistema de 85.7 kWp incorpora cuatro tecnologías fotovoltaicas. También se instaló un sistema fotovoltaico de autoconsumo de 65 kWp con dos tecnologías de módulos.

Un sistema de carga de vehículos eléctricos SmartLampPost, con unidades multifunción, está instalado en dos ubicaciones de la Universidad de Évora.

La microrred del CER integra diversos sistemas de almacenamiento de energía, que incluyen: batería de flujo redox de Vanadio (60 kWh), batería de sales fundidas de Cloruro de Sodio y Níquel (7.6 kWh), baterías de iones de Litio (9.8 kWh y una de 2ª vida de 18 kWh WATT4EVER, más dos modulares betterPack-Single de 2.3 kWh cada una), dos supercondensadores híbridos Kurt Energy (2.6 kWh) con células tipo 18650-22S-36P de Toomen New Energy.

Los Supercondensadores Híbridos están combinados con tres inversores Victron Energy Quattro 48/10000/140-100, que ofrecen funciones de inversor, cargador y gestión híbrida. La unidad de control Cerbo GX de Victron Energy gestiona la comunicación en tiempo real con los inversores para monitorear datos clave del sistema.

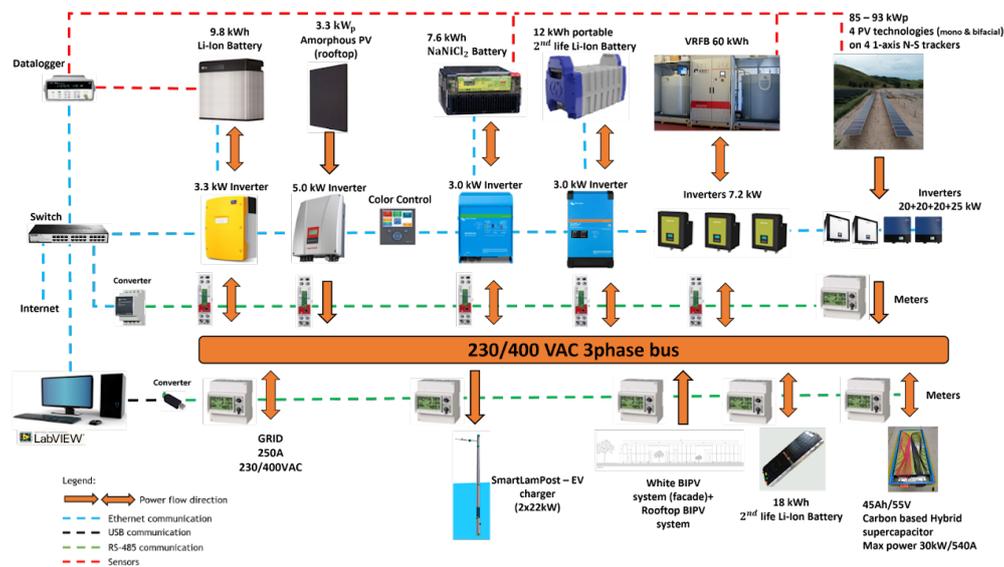


Figura 4.3. Diagrama de la microrred SolGrid de la Universidad de Évora.

4.2 Estado del arte

Los supercondensadores híbridos (HSC) combinan las ventajas de los supercondensadores (alta potencia, carga/descarga rápida) y las baterías (mayor densidad energética), superando las limitaciones de cada uno individualmente. Utilizan configuraciones asimétricas con diferentes materiales de electrodos y mecanismos de almacenamiento de carga (faradaicos y no faradaicos) para lograr un rendimiento superior, ofreciendo alta densidad de potencia, densidad de energía mejorada, ciclo de vida prolongado y seguridad. Los HSC suelen alcanzar densidades de energía de 10 a 200 Wh/kg y densidades de potencia de miles de W/kg.

Sin embargo, evaluar y modelar los sistemas de almacenamiento de energía (ESS), incluidos los HSC, presenta desafíos. Las evaluaciones tradicionales de corriente constante no reflejan condiciones reales, y el modelado de SC es complejo debido a la dependencia del voltaje terminal del uso anterior. Los modelos deben equilibrar precisión y eficiencia computacional. La determinación subjetiva de parámetros y la dificultad para incorporar todos los factores relevantes (como campos eléctricos y variaciones de temperatura) son retos. La predicción precisa del rendimiento en condiciones reales y la estimación del estado de carga (SoC) y el estado de potencia (SoP) son cruciales para una gestión eficaz.

Las baterías de Cloruro de Sodio-Níquel (Na-NiCl_2), especialmente las ZEBRA, son una tecnología madura para almacenamiento estacionario, ofreciendo seguridad y longevidad. La investigación se centra en mejorar la conductividad del electrolito de beta-alúmina, optimizar los materiales del electrodo positivo y reducir la temperatura de operación y los costos de fabricación para expandir su aplicabilidad.

Las baterías de ion-litio (Li-ion) siguen siendo dominantes, con avances continuos en densidad de energía, potencia, vida útil y seguridad. La investigación actual busca nuevos materiales para electrodos (silicio, litio metálico, cátodos de alto níquel), electrolitos de estado sólido y sistemas de gestión de baterías (BMS) más sofisticados.

Las baterías de ion-litio de segunda vida aprovechan las baterías de vehículos eléctricos retiradas para aplicaciones estacionarias menos exigentes. El campo se enfoca en evaluar su estado de salud, optimizar su diseño y gestión, y estandarizar los procedimientos de prueba y marcos regulatorios para una economía circular.

Las baterías de flujo redox de vanadio (VRFB) son prometedoras para el almacenamiento a gran escala, destacando por su seguridad, larga vida útil y capacidad de desacoplar energía y potencia. Se investiga para aumentar su densidad energética y de potencia, reducir costos (materiales de membrana, diseño) y mejorar la eficiencia mediante la optimización del control y la gestión del sistema.

La generación fotovoltaica con paneles de silicio cristalino (c-Si) es la tecnología dominante, buscando constantemente aumentar la eficiencia y reducir costos. Las innovaciones incluyen contactos de pasivación, arquitecturas celulares avanzadas (PERC, TOPCon, HJT) y técnicas de corte de obleas. La investigación también se enfoca en células solares tándem (con perovskitas), caracterización avanzada para mitigar la degradación, procesos de fabricación más sostenibles y la integración con almacenamiento de energía y redes inteligentes.

4.3 Pruebas realizadas con el sistema de acumulación de energía eléctrica

El Supercondensador Híbrido (HSC) se integró con éxito en la microrred de la Universidad de Évora, permitiendo su control y la realización de pruebas de caracterización. Las pruebas, bajo un control de temperatura ambiente entre 20-40°C, se limitaron a una potencia de 25 kVA debido a disparos de disyuntores, a pesar de que el sistema estaba dimensionado para 3x10 kVA.

Se determinaron las eficiencias promedio de carga y descarga de los inversores. La eficiencia promedio de carga (DC-AC) fue del 87.6%, y la de descarga (DC-AC) del 100.3%. La eficiencia energética promedio del ciclo de carga-descarga del supercondensador fue del 97.8% ($\pm 3.7\%$).

Las pruebas revelaron que la capacidad de energía útil de los supercondensadores es inferior a su valor nominal dentro de los límites de tensión aplicados, y disminuye con corrientes de carga/descarga más altas. La capacidad de los inversores actuales (máximo 19.8 kW) impide realizar pruebas a mayores niveles de potencia, lo que limita el aprovechamiento del potencial total del supercondensador (más allá de 8C de carga). Se necesitarían nuevos inversores con mayor capacidad para alcanzar este potencial.

En cuanto a los tiempos de respuesta, se observó que tanto los inversores como el supercondensador tardan más en responder a medida que aumenta la potencia de prueba. El sistema muestra dificultades para responder rápidamente (menos de 20 segundos) durante los procesos completos de carga y descarga. Un proceso promedio de carga del supercondensador dura 60 segundos, mientras que la descarga del inversor es, en promedio, más rápida (menos de 60 segundos). Esta limitación en el tiempo de respuesta parece deberse a la estructura de comando y control interna de los inversores y no a la tecnología del supercondensador. Un sobredimensionamiento de la potencia de los inversores y ciclos de control más cortos podrían mejorar estos tiempos de respuesta.

4.4 Implementación del gemelo digital del sistema de acumulación de energía y validación de infraestructura

Se ha desarrollado una herramienta de simulación para dimensionar sistemas híbridos de almacenamiento de energía (HESS), enfocándose en baterías electroquímicas y

algoritmos de gestión energética. Su objetivo principal es optimizar los parámetros técnicos, energéticos y económicos de los HESS para promover su implementación en redes inteligentes.

La herramienta permite simular el rendimiento de sistemas híbridos, adaptándose a los requisitos específicos del usuario y facilitando la aplicación de algoritmos en tiempo real. También puede integrar perfiles de generación solar fotovoltaica. Los usuarios pueden definir objetivos de gestión energética y obtener soluciones óptimas considerando sus perfiles de consumo o limitaciones técnicas.

Construida con un enfoque de programación modular, la herramienta es fácil de reutilizar, modificar y actualizar, lo que prolonga su vida útil. Incluye entradas como perfiles de consumo, modelos de baterías y detalles de la red eléctrica, y genera evaluaciones económicas y energéticas. Cada tecnología tiene un modelo de rendimiento con parámetros específicos, y existe una base de datos con entradas predefinidas para sistemas de almacenamiento de energía con baterías (BESS), como eficiencia, degradación y límites de potencia del inversor.

Los resultados de la herramienta se validan mediante simulaciones repetidas en diversas condiciones. La herramienta determina el tamaño óptimo de cada tecnología (energía y potencia), proporcionando indicadores energéticos y económicos clave, así como información detallada sobre los flujos de caja a lo largo de la vida útil del proyecto. Genera gráficos que visualizan los flujos de energía (capacidad de la batería, estado de carga, energía de la red y PV, suministro a la carga) y el flujo de caja acumulado.

Investigaciones futuras buscan optimizar la herramienta para identificar la mejor configuración de HESS combinando múltiples indicadores clave de rendimiento (KPI). Esto incluirá la incorporación de diversos algoritmos de optimización (programación dinámica, algoritmos genéticos, optimización multiobjetivo), la integración de tecnologías ESS adicionales (como supercondensadores) para combinar dos o tres tecnologías en una sola aplicación y la ampliación a diferentes marcos tarifarios nacionales.

5. Conclusiones

Las infraestructuras de los socios del proyecto AGERAR+ permiten probar soluciones reales en condiciones controladas. Las actividades de validación en las instalaciones del INTA, ITG, UALG y UÉvora permitieron probar, modelar y validar soluciones tecnológicas en el ámbito del almacenamiento y la gestión de energías renovables,

contribuyendo al avance de los sistemas híbridos y las redes inteligentes, y facilitando la creciente integración de las energías renovables, contribuyendo así a la descarbonización del sector energético. Las herramientas de simulación y los gemelos digitales desarrollados resultan cruciales para la optimización y la toma de decisiones estratégicas en este sector.

Interreg
España – Portugal



Cofinanciado por
la Unión Europea
Cofinanciado pela
União Europeia



@AgerarPlus



Agerar Plus