DIGITAL AUTOMATION LAB
Digital District · RE

Hy-ER - Piattaforma per il dimensionamento e la prova a banco di sistemi Fuel Cell per veicoli off-highway

HY-ER è una piattaforma software e hardware per il dimensionamento di sistemi ibridi Fuel Cell e batteria destinati a veicoli industriali e macchine operatrici off-highway. Il processo parte dal ciclo di lavoro della macchina, descritto per sottosistemi (trazione, idraulica, pneumatica, utenze elettriche), e ne ricava il profilo di potenza complessivo. Su questo profilo il software calcola l'insieme delle coppie potenza dello stack e capacità della batteria in grado di sostenere il ciclo e le confronta per massa, costo e consumo di idrogeno. Il ciclo viene poi convertito in profilo di corrente ed eseguito su un banco prova per Fuel Cell dotato di carico elettronico rigenerativo e impianto di alimentazione a idrogeno. Le misure acquisite vengono utilizzate dal software per il confronto con i modelli. Il laboratorio di caratterizzazione e test è operativo presso il Digital Automation Lab dal dicembre 2025.

"Dal ciclo di lavoro al dimensionamento di Fuel Cell e batteria, fino alla verifica sul banco prova"

Laboratory	DAL
Specialization Area	Energia e Sostenibilità, Meccatronica e Materiali
Contacts	Giacomo Piccinini
Keyword	Fuel Cell PEM, Veicoli off-highway, Dimensionamento Fuel Cell e batteria, Banco prova idrogeno



Fig. 1: Box di collaudo Fuel Cell

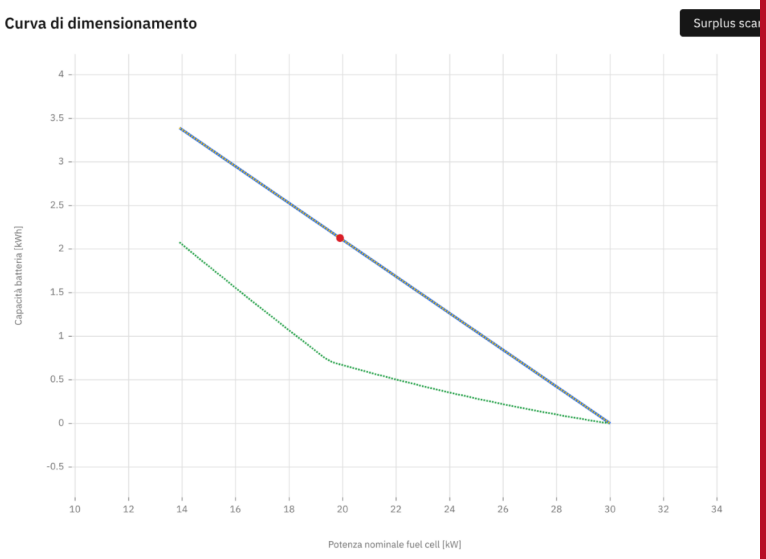


Fig. 2: Curva dimensionamento ottimale del modulo

Description

La piattaforma HY-ER è destinata a costruttori di veicoli industriali e macchine operatrici, fornitori della filiera dell'idrogeno e integratori di sistemi che necessitano di valutare e dimensionare soluzioni Fuel Cell prima della realizzazione del prototipo. Il prodotto integra software di simulazione e infrastruttura di prova in un ambiente unico per l'analisi, il dimensionamento e la validazione sperimentale.

Il software è articolato in tre moduli: analisi del ciclo di lavoro, dimensionamento energetico e prova sperimentale. Il primo acquisisce i profili operativi dei sottosistemi da file Excel o tramite interfaccia grafica, calcola i fabbisogni energetici e genera il ciclo completo della macchina. Il secondo simula il funzionamento integrato di Fuel Cell e batteria lungo il ciclo di missione, individuando le configurazioni ammissibili e stimandone massa, costo e consumo di idrogeno. Il terzo converte il ciclo in un profilo di corrente per il banco prova, acquisendo in tempo reale i principali parametri operativi e archiviando i risultati delle sessioni di collaudo.

Il banco comprende una console di controllo con PLC e HMI, un carico elettronico rigenerativo bidirezionale, un box di prova ventilato con rilevazione di idrogeno e una linea di alimentazione da bombole dotata dei necessari sistemi di sicurezza.

Innovative aspects

HY-ER integra in un unico flusso digitale attività normalmente separate quali stima dei consumi del veicolo, simulazione dello stack Fuel Cell e validazione sperimentale. Un formato standardizzato per requisiti e cicli di lavoro è condiviso tra modelli e banco prova, consentendo l'esecuzione sullo stack reale dello stesso ciclo utilizzato per il dimensionamento e il confronto diretto tra simulazioni e misure. L'algoritmo di dimensionamento genera le combinazioni Fuel Cell-Batteria compatibili con il profilo di missione, dalla soluzione con stack minimo e maggiore supporto della batteria fino a quella in cui lo stack copre autonomamente i picchi di potenza, nel rispetto dei limiti operativi. La configurazione ottimale è individuata mediante ottimizzazione multiobiettivo basata sul fronte di Pareto, considerando massa, costo e consumi di idrogeno. L'architettura modulare a sottosistemi consente di modellare differenti configurazioni di veicoli senza modificare la struttura del modello. La curva di polarizzazione misurata converte la potenza richiesta in corrente, garantendo elevata corrispondenza tra simulazione e prova sperimentale.

Potential applications

La piattaforma è applicabile alla progettazione di veicoli e macchine operatrici a idrogeno: carrelli elevatori e veicoli per la logistica interna, macchine agricole, macchine movimento terra, veicoli per servizi urbani. Per i costruttori supporta la valutazione della conversione a idrogeno di una macchina esistente a partire dal suo ciclo di lavoro. Per i produttori di Fuel Cell e componenti consente prove di caratterizzazione e di durata con cicli di carico rappresentativi dell'applicazione. Il laboratorio è utilizzabile anche per formazione tecnica sui sistemi a idrogeno.



Fig. 3: Live testing Fuel Cell

Involved partners	Digital Automation Lab, Fondazione REI (capofila); CNR STEMS; Centro H2 MO.RE, Università di Modena e Reggio Emilia; imprese CF3000 S.r.l. e Resoh Solutions S.r.l.
Implementation Time	1 mese/persona
Technology Readiness Level	TRL 7 - prototipo dimostrativo in ambiente operativo
Exploitation	Il laboratorio Fuel Cell è operativo e utilizzato da imprese per sperimentazione e validazione tecnologica. Nel 2026 ha supportato una PMI del settore e offre servizi di collaudo e caratterizzazione di Fuel Cell, sviluppo di sistemi a idrogeno, formazione specialistica e trasferimento tecnologico, rafforzando l'ecosistema regionale dell'innovazione.

Application example

L'attività ha riguardato il dimensionamento e la validazione sperimentale di un sistema a celle a combustibile PEM destinato all'alimentazione di un carrello elevatore elettrico per applicazioni industriali.

Il processo è stato applicato al dimensionamento di un sistema Fuel Cell progettato per l'inserimento in carrelli elevatori, a partire dai parametri del veicolo e da un ciclo di lavoro derivato dalla norma VDI 2198 per le prove di consumo energetico dei carrelli. Il software ha ricavato il profilo di potenza del singolo ciclo, della durata di 72 s, e la sequenza di 120 cicli consecutivi, pari a circa 3 ore di funzionamento, utilizzata come profilo di prova. Il profilo così ottenuto è stato quindi eseguito sul banco HY-ER nell'ambito di una campagna di test su uno stack PEM di una PMI del settore. Il banco ha quindi eseguito i rispettivi profili di corrente con passo di 1 s e il sistema di acquisizione ha registrato 14 grandezze a 2 Hz (tensioni, correnti, potenze, rendimenti, pressione, temperatura e portata di idrogeno), consultabili in tempo reale, archiviate e disponibili per l'export in diversi formati standard.

DIGITAL AUTOMATION LAB

Digital District · RE

DAL

Digital Automation Lab



Il Digital Automation Lab (DAL) è un centro innovativo specializzato in tecnologie di manifattura avanzata per la Fabbrica del Futuro e l'industria 4.0. **Il DAL supporta le imprese nel miglioramento dei processi di stabilimento** attraverso tecniche di lean manufacturing, progetti di digitalizzazione e automazione e implementazione di soluzioni tecnologiche.
L'approccio "TEST BEFORE INVEST" consente alle imprese di valutare gli investimenti in tecnologie digitali di automazione e robotica. Tra i servizi offerti figurano la guida all'innovazione di processo, lo studio di fattibilità, l'analisi preliminare del ROI, la simulazione virtuale, la verifica/validazione in laboratorio fino all'implementazione nel processo produttivo.
Il DAL si concentra più fronti applicativi: Miglioramento dei processi produttivi: adottando logiche Lean Manufacturing si valuta se il processo manifatturiero è pronto per l'automazione e identifica semplificazioni e attività che non aggiungono valore; Analisi delle soluzioni tecnologiche: viene valutata la soluzione tecnologica ideale per il processo produttivo, Ricerca di soluzioni tecnologiche innovative da proporre alle aziende.
Il laboratorio DAL ospita al suo interno diverse tecnologie: **soluzioni per automazione di magazzini, AVG, AMR, cobot, esoscheletri, sistemi di visione, robot con visione industriale, sistemi di monitoraggio delle attività produttive**.
Vengono supportate start-up innovative nello sviluppo di prodotti innovativi per il manifatturiero.

Website	https://digitalautomation.dd-re.it/
Director	Andrea Parmeggiani
Published on	17/11/2026