



Sviluppo, messa a punto e sperimentazione di un sistema combinato batterie al litio-ferro-fosfato/FER per applicazioni in bassa tensione. Report 1 –Sviluppo sperimentale e perfezionamento degli apparati di controllo e comunicazione.

M. Fiorino, M.G. Ippolito, E. Telaretti, G. Zizzo

SVILUPPO, MESSA A PUNTO E SPERIMENTAZIONE DI UN SISTEMA COMBINATO BATTERIE AL LITIO-FERRO-FOSFATO/FER PER APPLICAZIONI IN BASSA TENSIONE. REPORT 1 - SVILUPPO SPERIMENTALE E PERFEZIONAMENTO DEGLI APPARATI DI CONTROLLO E COMUNICAZIONE

M. Fiorino (LAYER Electronics)

M.G. Ippolito, E. Telaretti, G. Zizzo (Università di Palermo)

Aprile 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Generazione distribuita, reti attive e sistemi di accumulo

Progetto: Sistemi avanzati di accumulo dell'energia

Obiettivo: Sperimentazione e caratterizzazione di moduli e sistemi al litio

Responsabile del Progetto: Mario Conte, ENEA



Il presente documento descrive le attività svolte nel periodo Ottobre 2012-Marzo 2013 nell'ambito dell'Accordo di Collaborazione "Sviluppo, messa a punto e sperimentazione di un sistema combinato batterie al litio-FER per applicazioni in bassa tensione"

Responsabile scientifico ENEA: Giorgio Graditi

Responsabile scientifico DEIM: Mariano G. Ippolito

Indice

| | |
|--|----|
| SOMMARIO..... | 4 |
| 1 INTRODUZIONE..... | 5 |
| 2 ACCUMULATORE AL LITIO..... | 5 |
| 2.1 DESCRIZIONE DELL'ACCUMULATORE..... | 5 |
| 2.2 PROBLEMATICHE DI SICUREZZA RELATIVE AGLI ACCUMULATORI AGLI IONI DI LITIO..... | 12 |
| 3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI PERFEZIONAMENTO E MESSA A PUNTO DEL DISPOSITIVO..... | 13 |
| 4 DETTAGLI SULLE CARATTERISTICHE DEL DISPOSITIVO..... | 15 |
| 4.1 PREMessa..... | 15 |
| 4.2 MODIFICHE APPORTATE RISPETTO ALL'ANNUALITÀ 2012..... | 15 |
| 4.3 SCHEDA CTR-2013..... | 16 |
| 4.4 SCHEDA MDL-2013..... | 18 |
| 5 CONCLUSIONI..... | 20 |
| 6 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI..... | 20 |
| 7 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI..... | 20 |
| 8 CURRICULUM VITAE DEL GRUPPO DI RICERCA..... | 22 |
| 9 APPENDICE A: SCHEMA ELETTRICO ESECUTIVO DEL DISPOSITIVO..... | 23 |

Sommario

Il presente documento costituisce il report dell'attività svolta nel periodo ottobre 2012 – marzo 2013 avente per oggetto: "Sviluppo, messa a punto e sperimentazione di un sistema combinato batterie al litio-ferro-fosfato/FER per applicazioni in bassa tensione".

L'attività s'inquadra come avanzamento delle ricerche svolte nel corso di collaborazioni precedenti con lo sviluppo sperimentale e la realizzazione prototipale di un sistema di controllo ed interfaccia verso la rete di un sistema combinato di accumulo elettrico-generazione FER, della taglia di 20 kW, progettato per applicazioni in bassa tensione tali da consentire l'implementazione di funzionalità innovative improntate al modello "smart" (di tipo Virtual PowerPlant, Demand Response, ect.).

Il sistema, progettato e realizzato per operare sia in base a logiche di controllo locale, sia in risposta a segnali di controllo da remoto provenienti dal gestore della rete di distribuzione e/o dal mercato, è dotato di una doppia interfaccia, verso il sistema di potenza e verso i sistemi di telecomunicazione, in entrambi i casi con caratteristiche di bidirezionalità dei flussi (di potenza e di dati).

Nel corso della precedente annualità (PAR 2011), sul sistema sviluppato è stata già svolta una campagna di test condotti in laboratorio utilizzando un sistema di accumulo elettrochimico di tipo tradizionale (batterie al piombo).

L'attività svolta nella presente annualità ha avuto come obiettivo precipuo l'integrazione nell'apparato di un sistema di accumulo al litio (in sostituzione delle batterie al piombo) con il perfezionamento e la messa a punto, attraverso una campagna di test sperimentali, dell'intero sistema (logico e fisico) di controllo dell'apparato secondo il modello MASs (Multi Agent Systems), integrando i controllori delle unità costituenti il sistema di power conditioning, l'unità di controllo del sistema di protezione d'interfaccia e di comunicazione verso la rete e il BMS (Battery Management System) del pacco batterie.

Più in particolare, l'attività di ricerca del DEIM si è articolata in due fasi successive.

Nel corso della prima fase, l'attività ha riguardato l'integrazione fisica e funzionale, nel sistema ibrido accumulo-FER, di un pacco batterie costituito da 250 celle al litio-ferro-fosfato (per una capacità complessiva di 16 kWh). A tal fine è stato necessario procedere allo sviluppo hardware e software degli apparati di interfaccia e comunicazione tra i controllori delle unità costituenti il sistema di power conditioning, l'unità di controllo del sistema di protezione d'interfaccia e di comunicazione verso la rete e il BMS (Battery Management System) delle batterie al litio.

Il presente documento riporta i risultati di tale attività.

Nel corso della seconda fase, oggetto di un successivo report, si relazionerà sui test e le prove a cui il sistema sviluppato sarà soggetto.

Le attività di cui al presente report sono state condotte in sinergia con il personale tecnico di ENEA e con la collaborazione dell'azienda Layer Electronics s.r.l. di Erice (TP).

1 Introduzione

Nella prima fase delle attività si è proceduto allo sviluppo sperimentale ed al perfezionamento degli apparati di controllo e comunicazione del sistema sviluppato in [1-2].

Trattasi di un sistema di controllo ed interfaccia verso la rete di un sistema combinato di accumulo elettrico-generazione FER, della taglia di 20 kW, progettato per applicazioni in bassa tensione (BT) tali da consentire l'implementazione di funzionalità innovative improntate al modello "smart" (di tipo Virtual PowerPlant, Demand Response, ect.).

Nel seguito ci si riferirà semplicemente con il termine "dispositivo" all'insieme dei componenti di tale sistema che si interfacciano con la rete, con il generatore FER e con le batterie (BMS compreso).

La fase di perfezionamento del dispositivo, sulla quale si relaziona nel presente report, è stata resa necessaria dalla necessità di interfacciare questi con un sistema di accumulo al litio in sostituzione delle batterie al piombo utilizzate nella fase di test in [2].

Infatti, la particolarità del Battery Management System (BMS) del pacco batterie al litio determina diverse modalità di comunicazione ed interfaccia con il dispositivo richiedendo alcune modifiche all'intero sistema di controllo dell'apparato secondo il modello MASs (Multi Agent Systems). Inoltre, durante la fase di sviluppo sperimentale e di perfezionamento condotta in tale senso, sono emerse alcune possibilità di miglioramento dell'intero dispositivo che sono state prontamente colte.

Nella prima parte del presente report vengono riportate le caratteristiche del sistema di accumulo al litio e del BMS e sono descritte le problematiche relative alle fasi di carica e scarica di questa tipologia di accumulatori.

Nella seconda parte è riportata una breve cronologia dell'attività svolta.

Infine, nell'ultima sezione del presente documento, viene presentato un breve confronto tra il dispositivo e quanto sviluppato nella precedente annualità e sono forniti degli approfondimenti tecnici sulle modifiche introdotte.

2 Accumulatore al litio

2.1 Descrizione dell'accumulatore

Il pacco batterie utilizzato è costituito da batterie al litio-ferro-fosfato (LiFePO_4).

Rispetto alle tradizionali batterie LiCoO_2 la tecnologia LiFePO_4 è caratterizzata dalla possibilità di un maggior numero di cicli di carica/scarica, da una maggiore efficienza, da un miglioramento del funzionamento alle alte temperature e da un più elevato grado di sicurezza [3-4].

Il pacco batteria e il relativo BMS sono stati realizzati in modo da risultare integrati in un unico chassis, mostrandosi come una costruzione compatta e facile da spostare in fase di sperimentazione.

Sono presenti diverse interfacce con l'esterno:

1. un'uscita di potenza laterale;
2. un'uscita di alimentazione laterale del BMS a 12V;
3. una presa CAN-Bus sul coperchio per la connessione con carica-batterie, generatore di corrente, o nel caso specifico, con il dispositivo realizzato;
4. un'uscita seriale per il collegamento con un PV e la trasmissione dati al BMS;
5. un display per visualizzare lo stato di carica e la segnalazione degli allarmi.

In tabella 1 sono riportate le caratteristiche della cella LiFePO_4 della *Alchemy Italia srl* [5].

Tabella 1. Caratteristiche della cella LiFePO₄

| | |
|---------------------------------------|---|
| Marca | Alchemy Italia srl |
| Modello | ALCH.F20-225150010 |
| Tipologia | litio-ferro-fosfato |
| Capacità nominale | 20 Ah (condizioni di scarica CC/CV - 0,5 C) |
| Tensione nominale | 3,2 V |
| Resistenza interna | ≤ 3 mΩ |
| Tensione nominale di carica | 3,65 V |
| Tensione minima di scarica | 2 V |
| Massima corrente impulsiva di scarica | 100 A per 8 secondi |
| Condizioni di carica standard | 0,5 C (CC/CV a 25 °C) |
| Condizioni di carica veloce | 1 C (CC/CV a 25 °C) |
| Condizioni di scarica standard | 0,5 C (CC a 25 °C) |
| Condizioni di scarica veloce | 2 C (CC a 25 °C) |
| Bilanciamento delle tensioni di cella | BMS passivo |
| Peso della cella | 535 g |
| Volume della cella | 225 x 150 x 10 mm |

La configurazione del pacco batterie prevede l'impiego di N. 250 celle, connesse a due a due in parallelo, per un totale di 125 batterie connesse in serie, con una tensione nominale complessiva di 400 V. In figura 1 e 2 è mostrato il pacco batterie.



Figura 1. Pacco batterie Alchemy Italia srl.



Figura 2. Vista della parte interna del pacco batterie.

Nella seconda foto sono visibili sia le celle che il BMS. Quest'ultimo ha un'architettura distribuita con 9 unità SLAVE (Sentinel) preposte al monitoraggio delle celle ed un'unità MASTER (Guardian). In figura 3 è riportato il dettaglio di una delle 9 unità SLAVE.



Figura 3. Particolare dell'unità Sentinel SLAVE n.7.

Le unità SLAVE comunicano con l'unità MASTER via CAN-bus. L'unità MASTER, che è denominata Guardian ed è riportata in figura 4, ha il controllo dell'intero pacco batterie e comunica con gli altri sistemi elettronici di bordo e con l'esterno. Il BMS ha un range operativo di temperatura compreso tra 10°C e 45°C.

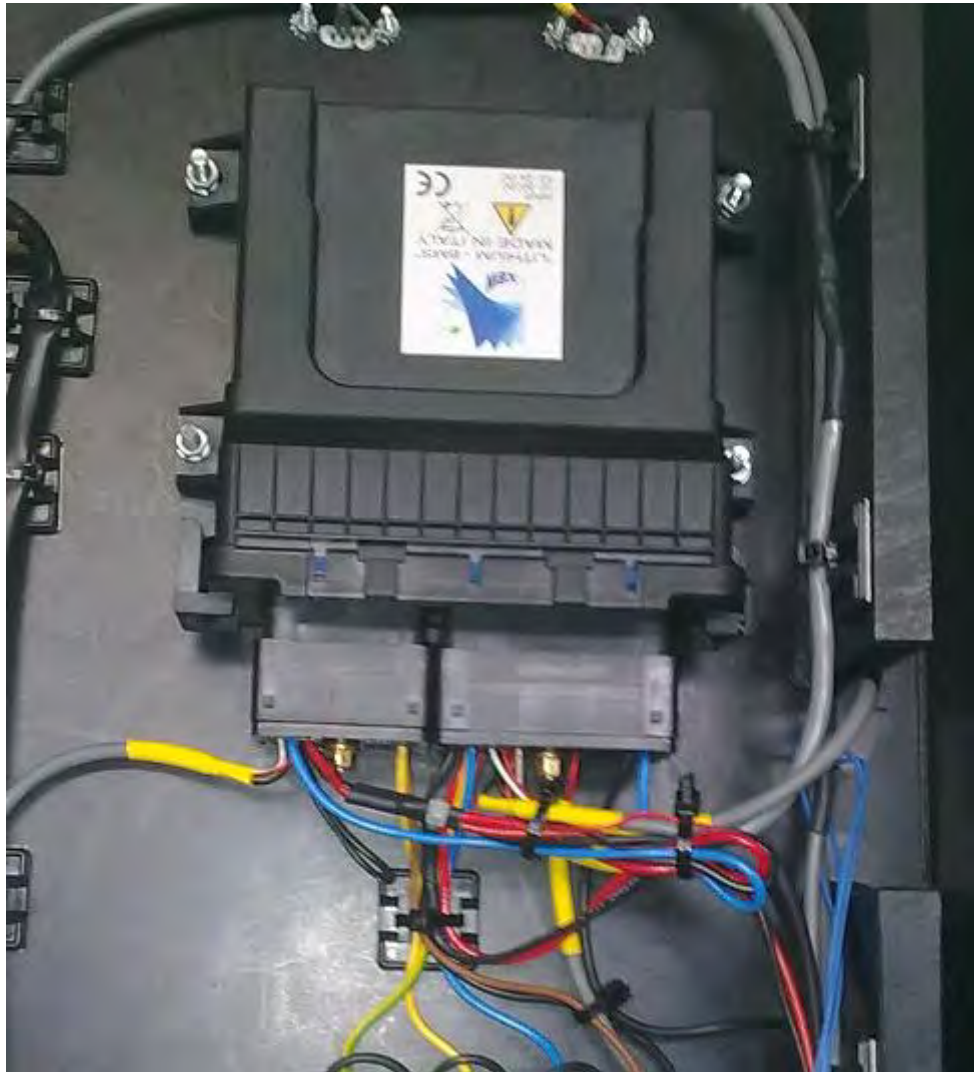


Figura 4. Particolare dell'unità Guardian (MASTER).

In figura 5 è riportato lo schema elettrico del BMS.

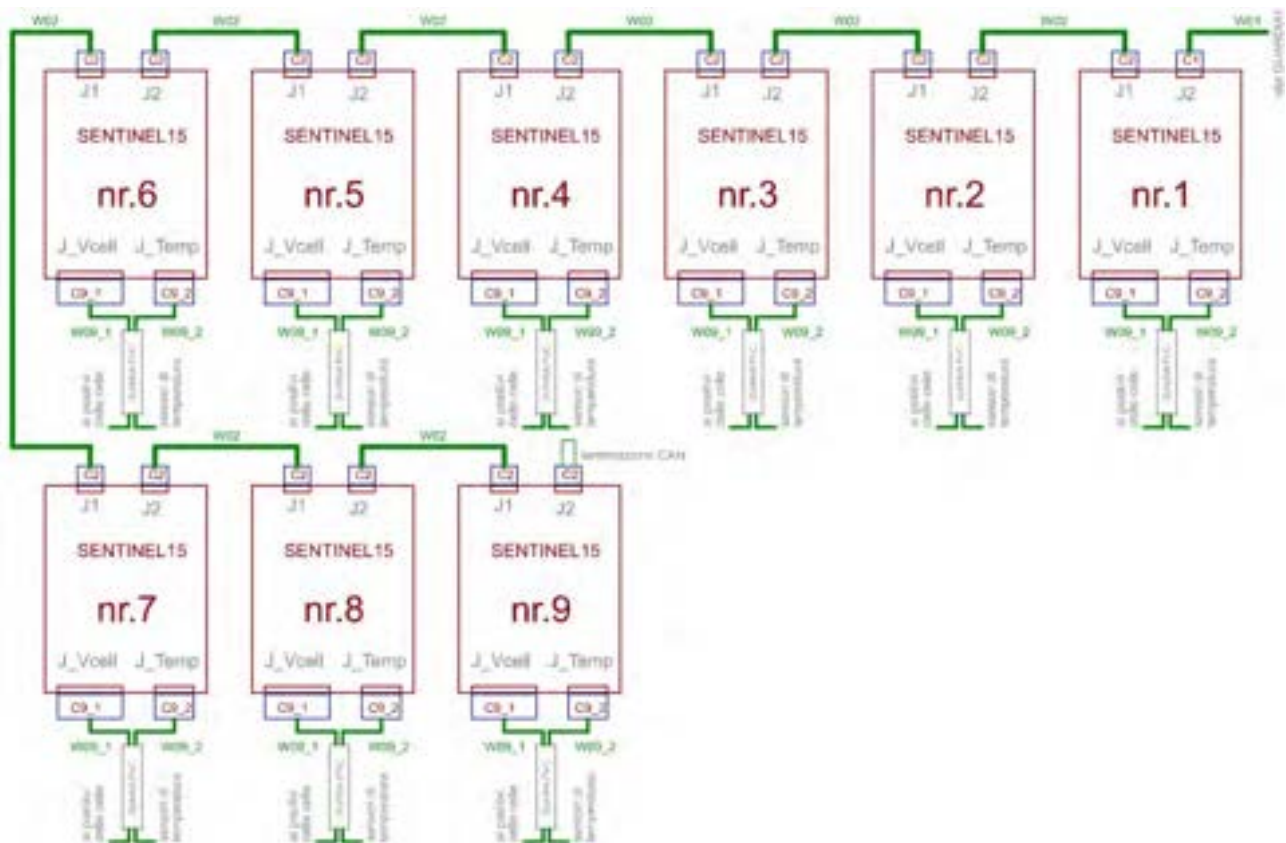


Figura 5. Schema elettrico del BMS.

Il pacco batterie è provvisto sullo chassis di un indicatore di carica (figura 6) e di due porte di comunicazione con l'esterno di tipo CAN-bus e RS-232 (figura 7).

Il protocollo CAN-bus [6-10] implementa una particolare tecnica per evitare collisioni tra pacchetti di dati trasmessi e quindi risulta estremamente favorevole all'utilizzo per le comunicazioni bidirezionali tra il dispositivo e il BMS.

Il termine CAN, com'è noto, indica "Controller Area Network" e il protocollo CAN-bus si basa sulla trasmissione di bit dominanti ("0" logico) e recessivi ("1" logico).

La porta RS-232 [11] è quella che viene generalmente chiamata porta seriale e garantisce soltanto uno scambio di dati a bassa velocità tra il dispositivo ed il BMS.

In figura 8 sono mostrate l'uscita di potenza e l'alimentazione del BMS a 12V.



Figura 6. Particolare dell'indicatore di carica.



Figura 7. Particolare delle porte di comunicazione.



Figura 8. Particolare uscita di potenza ed alimentatore 12V BMS.

2.2 Problematiche di sicurezza relative agli accumulatori agli ioni di litio

La sicurezza è uno degli aspetti più importanti nell'utilizzo degli accumulatori elettrochimici. Nelle applicazioni stazionarie le batterie sono soggette a minori sollecitazioni dinamiche ma sono comunque sottoposte a continui stress elettrici e termici.

L'elettrolita delle batterie al litio, che garantisce la conduzione degli ioni litio e agisce da collegamento tra l'elettrodo positivo e quello negativo, può essere liquido, polimerico, gel o ceramico con presenze di solventi organici che rendono l'elettrolita infiammabile, corrosivo e irritante.

Inoltre, il litio, come tutti i metalli alcalini, nella sua forma elementare è altamente infiammabile se esposto in aria e soprattutto se viene in contatto con l'acqua, con la quale reagisce violentemente rilasciando idrogeno. Per ridurre la reattività si preferisce mantenerlo, all'interno delle celle, sotto forma di ossido misto. Le condizioni di abuso, termico ed elettrico, possono comunque dar luogo ad incendi ed esplosioni a causa della deposizione di litio metallico.

Le fasi di carica e scarica delle batterie ioni – litio sono molto delicate e devono quindi essere svolte correttamente, senza essere esasperate, pena l'alterazione della struttura delle batterie stesse con conseguente diminuzione del rendimento. Tali dispositivi sono inoltre sensibili alle sovratemperature che possono nascere a causa di una sovraccarica, di una scarica particolarmente breve o per via di un cortocircuito e innescano reazioni esotermiche che provocano il fenomeno distruttivo della fuga termica.

Sopra i 60 °C si ha una riduzione della vita della batteria mentre a basse temperature si ha una diminuzione dell'efficienza del dispositivo con l'impossibilità di effettuare la ricarica a 0°C.

Un ottimo livello di sicurezza può essere raggiunto e mantenuto soltanto attraverso l'impiego dei materiali anodici e catodici chimicamente più sicuri, facendo attenzione ai processi produttivi, al disegno delle geometrie costruttive e alle protezioni meccaniche e termiche insieme alle misure di sicurezza implementate a livello di sistema per il monitoraggio del comportamento della batteria: il BMS.

Relativamente alla cella si deve garantire il deposito uniforme del materiale attivo, la realizzazione di una valvola di sfogo di tipo meccanico per il rilascio dei gas dell'elettrolita e l'implementazione di un dispositivo meccanico sensibile alla temperatura.

A livello di modulo si deve prevedere un sistema di isolamento termico e di raffreddamento efficiente per prevenire la fuga termica in modo da evitare la propagazione del calore e deve possedere adeguati interruttori e fusibili per l'eventuale distacco della batteria durante la carica e la scarica oltre al già citato BMS e il sistema di bilanciamento delle celle.

Di tali problemi di sicurezza si è tenuto conto nella scrittura dell'algoritmo di comunicazione tra il BMS e il dispositivo.

Inoltre, nella realizzazione del sistema di accumulo, la Alchemy srl ha posto particolare attenzione alle problematiche di sicurezza.

Una volta che lo chassis dell'accumulatore è chiuso, è impossibile accedere alle parti in tensione del sistema, inoltre all'interno sono posti dei fogli di Lexan trasparente che consentono, una volta aperto lo chassis, di vedere i componenti garantendo comunque un appropriato isolamento delle parti in tensione.

Per la separazione tra le varie celle sono stati scelti dei materiali plastici in grado di migliorare lo scambio termico con l'esterno e contemporaneamente assicurare leggerezza ed il necessario isolamento elettrico.

Per migliorare il raffreddamento del sistema sono presenti otto aperture laterali protette da griglie che possono, a seconda delle necessità derivanti dalle condizioni dell'ambiente di installazione, essere rimosse e sostituite da ventole di raffreddamento.

3 Descrizione delle attività di perfezionamento e messa a punto del dispositivo

Di seguito è riportato un resoconto dell'attività di perfezionamento e messa a punto del dispositivo nel periodo ottobre 2012-marzo 2013. Per dare una maggiore evidenza dello sviluppo temporale dell'attività, le diverse fasi sono riportate sotto forma di elenco numerato.

1. L'attività inizia quando il sistema di accumulo agli ioni di litio, acquistato da ENEA secondo quanto previsto nell'accordo di collaborazione, viene trasferito al DEIM e reso disponibile per l'avvio delle attività.
2. Preliminarmente si affronta il problema della comunicazione tra il dispositivo e il BMS. Il circuito CTR BB 2012 già realizzato [2] ed impiegato per la carica/scarica delle batterie al Piombo, gestito dal processore Micro ATMEGA 16, prevedeva per il ricevimento dei parametri di settaggio, una porta seriale RS485, mentre il sistema di accumulo agli ioni di litio implementa il protocollo di gestione della carica soltanto attraverso la porta CAN-bus. Tale peculiarità del sistema di accumulo non era nota durante la fase di progettazione svolta nel corso della precedente annualità [1-2]; pertanto la CTR BB-2012 non era stata progettata per gestire tale protocollo di comunicazione.
3. Si affronta il problema cercando di integrare l'hardware necessario al processore micro ATMEGA 16. Tale processore, tuttavia, non ha tra le periferiche interfacciabili un'interfaccia CAN-bus. Dopo alcune ricerche si opta per l'impiego di un circuito OLIMEX su cui è installato un microprocessore della ST serie STM 32, attraverso il quale realizzare la comunicazione con il BMS. Il circuito consente di interfacciare il microprocessore ATMEGA 16 con il BMS. In figura 9 è rappresentato il circuito di interfaccia. Disponendo di un'uscita RS232 già implementata, si è utilizzata questa periferica per interfacciarsi alla CTR BB 2012, passando attraverso un convertitore RS232/TTL per ottenere una comunicazione seriale gestibile dall'ATMEGA 16. In figura 10 è rappresentato lo schema di collegamento.



Figura 9. Circuito Olimex per l'interfaccia BMS-dispositivo.

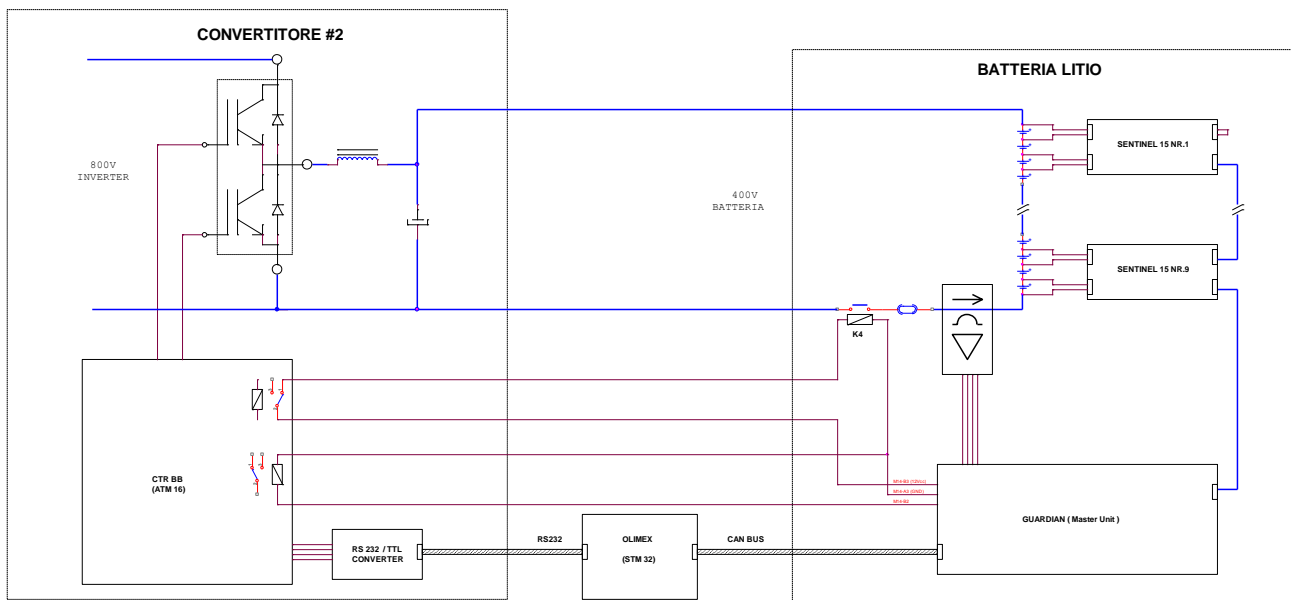


Figura 10. Schema di collegamento tra il dispositivo e il sistema di accumulo al litio.

4. Effettuate le modifiche hardware sopra indicate, si passa allo sviluppo di un nuovo protocollo di comunicazione tra il dispositivo e il BMS tramite il collegamento realizzato mediante scheda OLIMEX. Stante le peculiarità del BMS, è quest'ultimo che fornisce al convertitore 2 gli input per l'erogazione della corrente di carica verso le batterie Li-Ion, al contrario di quanto accade normalmente nella ricarica di batterie al Pb.
5. Durante lo sviluppo del protocollo di comunicazione, emergono alcuni problemi di diversa entità, legati sia alla realizzazione del software, che al malfunzionamento hardware dei dispositivi di controllo installati nel sistema di accumulo. In particolare si rileva che le informazioni contenute nei byte scambiati tra l'interfaccia a microcontrollore e il BMS non sono corrette. Dopo un'attenta analisi del codice del programma e diverse prove emerge che il problema è legato ad un'errata indicazione nel data-sheet della scheda OLIMEX. Si provvede, pertanto, alla risoluzione del problema software.
6. Durante le prove di comunicazione, tuttavia, vengono rilevati dei parametri anomali riguardanti la temperatura di alcune celle della batteria. Con il supporto del centro assistenza XBW (produttore

dell'elettronica di controllo del BMS) si provvede ad una verifica hardware delle nove unità SLAVE Sentinel 15 preposte al monitoraggio delle celle del pacco batteria; dal test emerge un malfunzionamento dell'unità n.7.

7. Si provvede pertanto alla rimozione dell'unità SLAVE Sentinel 15 malfunzionante e alla spedizione della stessa al centro assistenza del produttore XBW.
8. Alla ricezione del circuito Sentinel 15 n° 7 riparato si provvede all'esecuzione di un nuovo test di carica del sistema di accumulo.
9. In questa fase vengono individuati e risolti altri problemi hardware (inversione della posizione del sensore di corrente ad effetto Hall installato sul BMS, interventi sul contatto K4 del BMS e sul contattore ermetico incluso nel pacco batterie, ecc.).
10. In contatto con il centro assistenza XBW si procede all'ottimizzazione del protocollo di comunicazione.
11. Implementato il nuovo protocollo di comunicazione del convertitore, in modo da rispettare la logica e soprattutto i tempi di funzionamento del BMS ed eseguito un secondo test di carica e scarica del pacco batterie la procedura è viene completata con successo.
12. Nel corso delle precedenti prove si riscontra la presenza di scariche elettrostatiche che, almeno potenzialmente, possono compromettere il corretto funzionamento del dispositivo. Pertanto si rende necessaria l'installazione nella scheda di protezioni di tipo anti ESD. Considerato che la tecnologia PTH sulla quale si basa scheda CTR 2012 non consente l'aggiunta di queste protezioni, si provvede a riprogettare la scheda utilizzando una tecnologia di tipo SMD che consente l'utilizzo di protezioni anti ESD. La nuova scheda viene denominata CTR-2013.
13. Le modifiche alla scheda CTR 2012 comportano anche la necessità di ridefinire il sistema di comunicazione con la scheda MDL 2012. In conclusione, anche quest'ultima viene riprogettata per consentire l'interfacciamento con la nuova scheda CTR-2013. La nuova scheda così ottenuta è denominata MDL-2013.
14. Nell'ottica di semplificare il dispositivo, con l'occasione, la scheda CTR BB 2013 viene integrata nella scheda MDL-2013.
15. Si procede alla fase di test finale del dispositivo.

4 Dettagli sulle caratteristiche del dispositivo

4.1 Premessa

Nel seguito saranno mostrate nel dettaglio le modifiche introdotte nel dispositivo realizzato in [1-2].

Si precisa che nessuna modifica è stata apportata alla parte hardware relativa ai componenti di potenza in seguito all'interfacciamento tra il dispositivo e il BMS.

I test effettuati sul nuovo dispositivo, anche in seguito alle modifiche introdotte nella parte di controllo, confermano il dimensionamento effettuato in [2].

4.2 Modifiche apportate rispetto all'annualità 2012

Le modifiche apportate hanno riguardato essenzialmente le schede di controllo del dispositivo. In particolare, in [1] si è mostrato che erano presenti le seguenti schede:

- CTR-2012: la scheda madre dell'apparecchiatura, dove risiede il microcontrollore TI, ed i collegamenti con i modulatori dei convertitori #1 e #2, con i driver, il display LCD e la scheda di comando dei circuiti ausiliari. La scheda CTR-2012 si basa su tecnologia PTH;
- MDL-2012: la scheda che funge da modulatore del convertitore #2, ovvero la parte del dispositivo che si interfaccia con la rete di distribuzione. La scheda MDL-2012 si basa su tecnologia PTH;
- CTR BB-2012: la scheda che funge da modulatore del convertitore #1, ovvero la parte del dispositivo che si interfaccia con il sistema di accumulo e con il generatore FER.

In seguito alle modifiche effettuate, in risposta alle esigenze di cui si è parlato nella sezione 3 del presente report, nel nuovo dispositivo sono presenti le seguenti schede:

- CTR-2013: la nuova scheda madre dell'apparecchiatura basata su tecnologia SMT;
- MDL-2013: la nuova scheda che, integrando anche le funzioni della scheda CTR BB-2012 funge da modulatore di entrambi i convertitori.

La tecnologia PTH viene utilizzata nei circuiti integrati tradizionali. La sigla PTH, com'è noto, sta per "Pin through hole" ed indica che i pin (i "piedini") dei singoli componenti attraversano il circuito stampato che li ospita tramite fori metallizzati. I pin vengono successivamente saldati sul retro della scheda oppure vengono inseriti in uno "zoccolo" compatibile col componente, saldato sulla scheda, garantendo in questo modo la possibilità di sostituire velocemente i componenti del circuito.

La tecnologia SMT è più recente della PTH. La sigla SMT sta per "Surfacemountingtechnology" ed indica che i componenti di un circuito stampato vengono inseriti sulla superficie della scheda senza praticare su di essa alcun foro. I singoli componenti in questo caso sono indicati con la sigla SMD "Surfacemountingdevice".

Nell'appendice A del presente report è mostrato lo schema elettrico esecutivo del dispositivo messo a punto.

4.3 Scheda CTR-2013

La scheda CTR-2013 è il controllore centrale del dispositivo. In essa risiede il DSP. Tra le sue funzioni, quelle principali sono:

- gestire le diverse modalità di funzionamento dei due convertitori;
- gestire la funzione MPPT;
- gestire il display LCD;
- gestire la misura dei parametri di rete e della potenza attiva e reattiva erogata/assorbita, attraverso uno specifico processore denominato "PowerMeter".

In figura 11 è mostrata la scheda CTR-2013. In figura 12 è riportato lo schema elettrico del cuore della scheda, il DSP. In figura 13 è riportato lo schema elettrico del "PowerMeter", componente fondamentale per la gestione di molte delle funzioni previste dalla Norma CEI 0-21.



Figura 11. Particolare della nuova scheda CTR-2013.

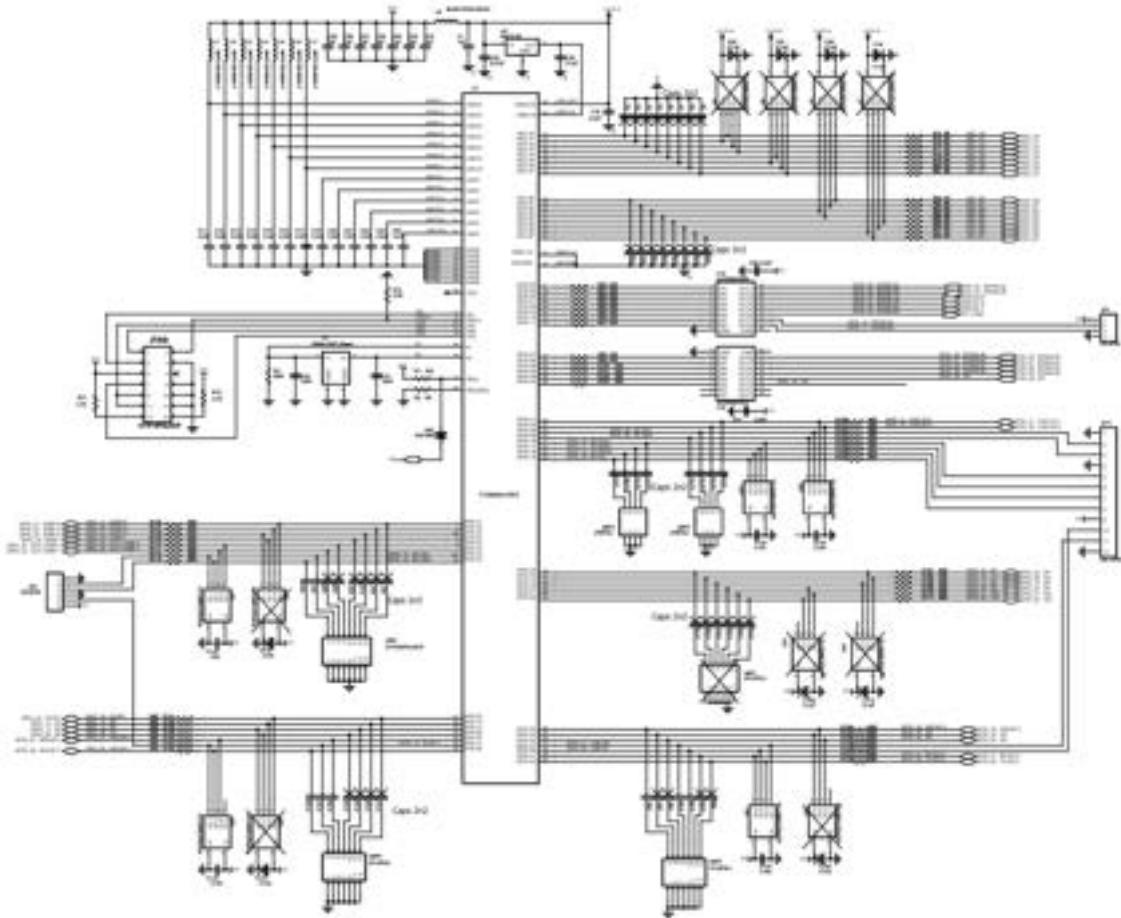


Figura 12. Schema elettrico del DSP.

In figura 14 è mostrata la scheda MDL-2013. In figura 15 è riportata la parte della scheda che sostituisce la scheda CTR-BB 2012.

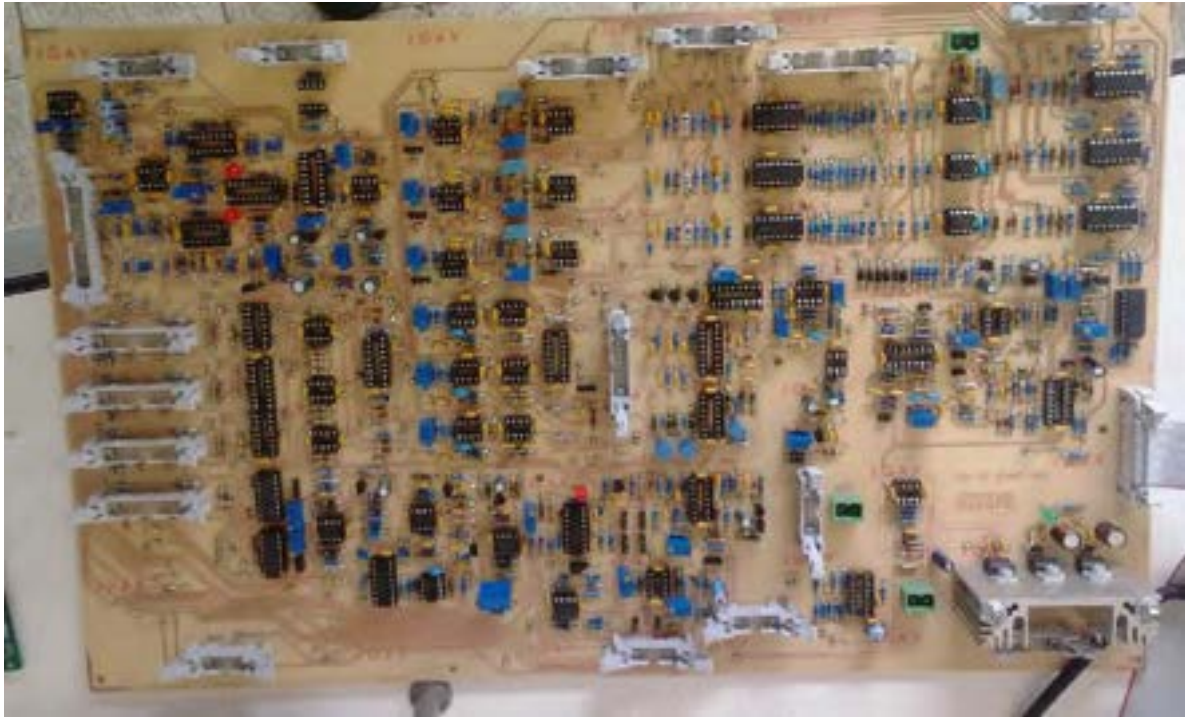


Figura 14. Particolare della nuova scheda MDL-2013.

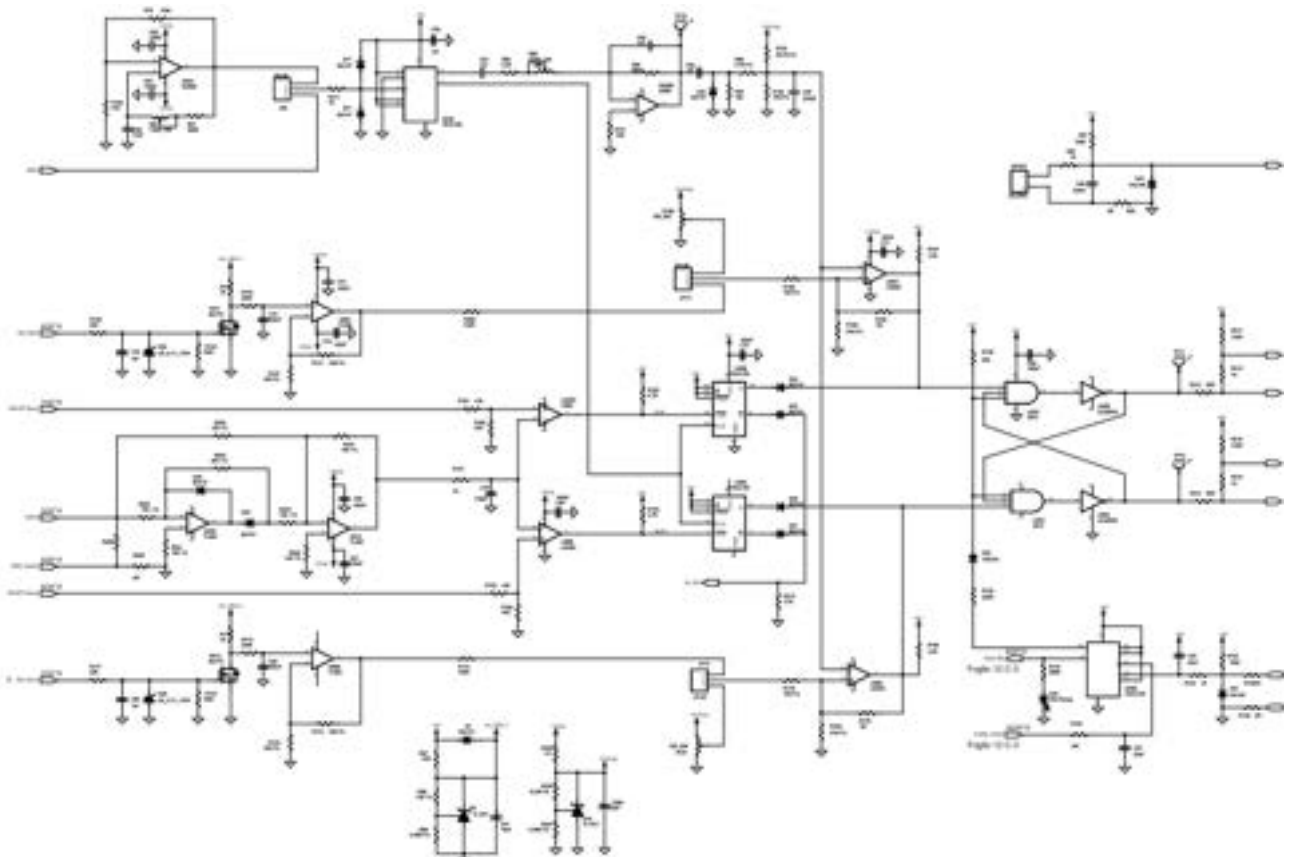


Figura 15. Modulatore del convertitore DC/DC.

5 Conclusioni

Nel presente documento sono stati presentati i risultati della prima fase delle attività svolte nell'ambito della ricerca dal titolo: *“Sviluppo, messa a punto e sperimentazione di un sistema combinato batterie al litio-ferro-fosfato/FER per applicazioni in bassa tensione”*.

In particolare:

- sono state presentate le caratteristiche del sistema di accumulo al quale il dispositivo è stato adattato;
- è stata riportata l'elencazione e la descrizione, in sequenza cronologica, delle attività svolte nella fase di messa a punto e perfezionamento del dispositivo;
- sono state chiaramente illustrate le modifiche apportate al dispositivo rispetto ad una precedente configurazione che utilizzava batterie al Pb.

Il lavoro svolto consente di procedere alla successiva fase di test e prove del dispositivo anche in connessione alla rete BT di distribuzione, oggetto del Report successivo.

6 Riferimenti bibliografici

1. A.Cataliotti, M.G. Ippolito, E. Telaretti, G. Zizzo, M. Conte, G. Graditi, M. Pasquali, “Progettazione di un sistema di controllo ed interfaccia per sistemi combinati accumulo-FER. Report 1 - Documento di specifica”, Report RdS/2012/248.
2. M.G. Ippolito, E. Telaretti, G. Zizzo, M. Conte, G. Graditi, M. Pasquali, “Progettazione di un sistema di controllo ed interfaccia per sistemi combinati accumulo-FER. Report 2 - Progettazione esecutiva, realizzazione del prototipo e prova”, Report Rds/2012/305.
3. P.J. Hall, E.J. Bain, “Energy-storage technologies and electricity generation”, Energy Policy, Vol. 36 (2008), pp. 4352–4355.
4. H. Ibrahim, A. Ilinca, J. Perron, “Energy storage systems—Characteristics and comparisons”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 12 (2008), pp. 1221–1250.
5. <http://atombatteries.it/test/>
6. Norma ISO 11898-2: Road vehicles - Controller area network (CAN) - Part 2: High-speed medium access unit
7. Norma ISO 11898-3: Road vehicles - Controller area network (CAN) - Part 3: Low-speed, fault-tolerant, medium-dependent interface
8. Norma ISO 11992-1: Road vehicles - Interchange of digital information on electrical connections between towing and towed vehicles - Part 1: Physical and data-link layers
9. Norma ISO 11898-5: Road vehicles - Controller area network (CAN) - Part 5: High-speed medium access unit with low-power mod
10. SAE J2411: Single Wire CAN Network for Vehicle Applications
11. EIA RS-232, Electronic Industries Alliance Recommended Standard 232

7 Abbreviazioni ed acronimi

AC: Alternative Current

BMS: Battery Management System

BT: Bassa Tensione

CEI: Comitato Elettrotecnico Italiano

DC: Direct Current

DDI: Dispositivo di Interfaccia

DSP: Digital Signal Processor
EN: Norma Europea
ESD: Electrostatic Discharge
FER: Fonti energetiche rinnovabili
FV: Fotovoltaico
GD: Generazione Distribuita
ISO: International Organization for Standardization
MPPT: Maximum Power Point Tracking
MT: Media Tensione
PLC: Power Line Communication
PTH: Pin through hole
PV: fotovoltaico
SMD: Surface mounting device
SMT: Surface mounting technology
SPI: Sistema di protezione di interfaccia

8 Curriculum Vitae del Gruppo di Ricerca

Michele Fiorino (1967) è Responsabile del reparto progettazione e Responsabile Garanzia Qualità ISO 9001 presso la Layer Electronics s.r.l. di Erice (TP).

Nel 1997 è responsabile del progetto di un UPS gestito da microcontrollore finanziato nell'ambito del "POP Sicilia 94/99 misura 3.3" in collaborazione con il CRES di Monreale (PA). Nel 1999 è Technical Manager in nell'ambito del programma "ESPIRIT-FUSE", per la progettazione di un inverter da 40 kVA controllato da microprocessore in collaborazione con il CRES. Dal 2001 è Coordinatore di vari progetti di "Inverter per immissione in rete" di energia prodotta da fonti rinnovabili, per l'installazione in impianti Eolici e Fotovoltaici. Nel 2010 cura i rapporti con il laboratorio UnderwritersLaboratories "UL INTERNATIONAL ITALIA". Dal 2011 ad oggi è Coordinatore di due progetti finanziati dalla Reg. Sicilia nell'ambito della "linea di intervento 4.1.1.1 del POR FESR 2007-2013" e "linea di intervento 4.1.1.2 del POR FESR 2007-2013" in collaborazione con il DEIM dell'Università di Palermo e il CNR.

Mariano Giuseppe Ippolito (1965) è Professore associato di Sistemi Elettrici per l'Energia presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Palermo.

I suoi principali interessi di ricerca ricadono su diverse aree tematiche dei sistemi elettrici di potenza, quali: pianificazione strategica e progettazione di sistemi di distribuzione, controllo (compensazione e riconfigurazione) delle reti MT, aspetti di power quality, nuovi algoritmi di load-flow e di power-tracing, stabilità dei sistemi elettrici, generazione distribuita e reti di distribuzione attive, dispacciamento e controllo ottimale dei sistemi di generazione e di accumulo elettrico in reti automatizzate, microgrids e smart-grids. In questi campi ha pubblicato più di 120 articoli tra atti di convegni e riviste scientifiche nazionali ed internazionali.

Enrico Telaretti (1975) è Assegnista di ricerca presso il DEIM dell'Università degli Studi di Palermo nel gruppo Sistemi Elettrici per l'Energia.

I suoi principali interessi di ricerca sono nel campo dell'analisi dei sistemi elettrici di potenza, dello studio dei guasti nelle reti di distribuzione, della generazione distribuita e del suo impatto sulle reti. Negli ultimi anni si è occupato dell'integrazione dei sistemi di produzione da FER e dei sistemi di accumulo nelle reti elettriche e nelle smart-grids. E' autore di numerosi articoli pubblicati su riviste e su proceedings di convegni internazionali.

Gaetano Zizzo (1976) è Ricercatore nel settore Sistemi Elettrici per l'Energia presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Palermo.

I suoi principali interessi di ricerca riguardano l'analisi dei sistemi elettrici di potenza, la sicurezza elettrica nelle reti MT e AT, gli impianti di terra globali, la diagnostica nelle reti di distribuzione e trasmissione, il fotovoltaico e la generazione distribuita in genere, le politiche di incentivazione di impianti da FER e le applicazioni della domotica e della building automation. E' autore di numerosi articoli pubblicati su riviste e su proceedings di convegni nazionali ed internazionali.

9 Appendice A: Schema elettrico esecutivo del dispositivo

