Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Conversione e caratterizzazione di un Minibus elettrico con batterie al piombo acido ad un mezzo di trasporto TPL con ricarica "Flash" alla fermata con accumulo basato su supercondensatori e ricarica con pantografo

Realizzazione e test del prototipo

A. Alessandrini, F. Cignini, L. Berzi, R. Barbieri

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

Report RdS/PAR2017/172

REALIZZAZIONE E TEST DEL PROTOTIPO

Adriano Alessandrini, Fabio Cignini (UniFi-DICEA)
Lorenzo Berzi, Riccardo Barbieri (UniFi-DIEF).

Settembre 2018
Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA
Piano Annuale di Realizzazione 2017
Area: Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica
Progetto: Sistemi di accumulo di energia per il sistema elettrico
Obiettivo: Studi sulla realizzazione di sistemi di accumulo ibridi. Sperimentazione su un prototipo da banco in scala di un sistema di ricarica "flash" per TPL
Responsabile del Progetto: Pier Paolo Prosini, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione tra ENEA e il dipartimento DICEA dell'Università di Firenze (UniFI) dal titolo "Conversione e caratterizzazione di un minibus elettrico con batterie al piombo acido ad un mezzo di trasporto tpl con ricarica "flash" alla fermata con accumulo basato su supercondensatori e ricarica con pantografo".
Responsabile scientifico ENEA: Ing. Fernando Ortenzi
Responsabile scientifico per L'Università di Firenze: Prof. Adriano Alessandrini

Indice

SOMMARIO 4
1 INTRODUZIONE 5
2 REALIZZAZIONE DELLE COMPONENTI MECCANICHE ED ELETTRICHE DI SUPPORTO AL SISTEMA DI RICARICA 6
3 TEST DEL SISTEMA REALIZZATO 9
4 CONCLUSIONI 9
5 OPERE CITATE 10
APPENDICE: CURRICULUM DEL GRUPPO DI LAVORO 11

Sommario

Il report si configura all'interno del programma di ricerca di sistema elettrico 2017/2018 dell'ENEA con il progetto mobilità sostenibile.
L'obiettivo di questo progetto è progettare e realizzare un prototipo di minibus che possa usare un sistema di ricarica rapida a pantografo alla fermata.
Il presente report costituisce il secondo dei due report previsti e descritti nell'allegato tecnico e recante il titolo "Realizzazione e test del prototipo".
Il report rappresenta la fase di realizzazione del progetto e illustra l'installazione dei sistemi a bordo, ed infine i test iniziali del prototipo.

1 Introduzione

Il presente lavoro si inquadra nel progetto ricerca di sistema elettrico dell'ENEA presso il C.R. di Casaccia, il quale da tempo si occupa di gestire, organizzare ed incentivare la ricerca di base, la ricerca industriale e lo sviluppo sperimentale garantendo la massima diffusione dei risultati di tali attività a tutti i cittadini e utenti finali. Per l'anno 2018, parte della ricerca verte sulla razionalizzazione del consumo dell'energia elettrica per il trasporto pubblico condiviso, che adotta sempre diffusamente soluzioni a trazione elettrica e l'offerta di tecnologie atta a soddisfarla è variegata a tal punto da consentire di progettare e realizzare tutte o quasi le esigenze di trasporto.
L'ENEA ha commissionato all'Università di Firenze (UNIFI) il presente lavoro, riguardante la progettazione e successivamente la realizzazione di un sistema di accumulo energetico misto, a bordo di un veicolo facente le funzioni di prototipo. L'accumulo dovrà avvenire con un sistema a batterie e un sistema con supercapacitori (o supercondensatori o superacap).
Il veicolo è stato messo a disposizione da UniFI essendo già in possesso di due unità tipo minibus da 30 posti e 6 metri di lunghezza a trazione elettrica, tali autobus essendo di proprietà dell'Università di Firenze possono fungere da laboratorio per istallare e testare nuove tecnologie, grazie al powertrain elettrico si richiede una quantità di modifiche molto inferiore ad un qualsiasi altro prototipo.

Il problema principale che si vuole affrontare con questa opportunità di ricerca è la ricarica rapida senza che si vada a rovinare la durata del sistema di accumulo, fino ad oggi in molti hanno tentato di aumentare la velocità della ricarica per sistemi a batteria, ma questo implicava l'accorciamento della aspettativa di vita delle stesse al punto da mettere in dubbio la convenienza economica.
Esistono sistemi di accumulo misto supercapacitori-batterie che lasci ai supercapacitori la ricarica rapida e gli spunti ad elevata potenza e mantenga le batterie per i servizi e per le fasi di moto meno impegnative può garantire le prestazioni auspicate senza deteriorare le batterie.
Il sistema di ricarica a terra detto "ricarica flash" (flash charge) a sua volta, sfrutta il travaso energetico ad alta tensione tra due banchi di supercapacitori, uno installato presso la stazione di ricarica carico e l'altro scarico a bordo del veicolo, potrebbe ridurre i tempi di ricarica da minuti a secondi, mantenendo intatta la salute dei sistemi di accumulo del veicolo.
La ricarica alla stazione (capolinea) avendo delle prerogative di alta potenza e breve durata dovrà esser fatta (in primis per ragioni di sicurezza) per contatto con un "pantografo" installato sul tetto del veicolo ed opportunamente isolato.
Tale pantografo è elettro-attuato ed il comando di sollevamento/abbassamento potrà essere automatico (o in eventualità anche comandato dall'autista) quando il veicolo raggiunge la postazione di ricarica.

Il progetto del sistema qui descritto è riportato nel deliverable 1 "Realizzazione di un prototipo di minibus elettrico con ricarica flash" [1], tale report lavoro è complementare a quello del sistema di accumulo di bordo (la cui progettazione è descritta nel deliverable "Progettazione e test di un sistema ibrido SC-accumulo per la ricarica rapida di un bus alle fermate" [2]).
I due lavori citati conseguono la progettazione e realizzazione rispettivamente del sistema di ricarica flash e dell'accumulo misto, scambiandosi informazioni e specifiche tecniche nonché competono allo stesso prototipo.

In questo report è descritta l'installazione del sistema di presa dell'energia elettrica ad alta tensione, costituito da un pantografo commerciale e da un'elettronica di gestione personalizzata, e connessioni di potenza con il sistema di accumulo.

Il presente report è articolato in 3 paragrafi oltre la presente introduzione, sono: la realizzazione delle componenti meccaniche ed elettriche di supporto al sistema di ricarica, i test del sistema realizzato e le conclusioni a cui si è pervenuti durante il progetto.

2 Realizzazione delle componenti meccaniche ed elettriche di supporto al sistema di ricarica

Il veicolo utilizzato come prototipo è rappresentato in Figura 1, di proprietà dell'Università di Firenze e già strumentato grazie a progetti di ricerca passati.

Figura 1 TECNOBUS Gulliver ESP 520

I dettagli del veicolo, in termini di capacità di trasporto, pesi e misure sono riportati nel deliverable 1 del progetto "Progettazione e test di un sistema ibrido SC-accumulo per la ricarica rapida di un bus alle fermate".
Questo veicolo è stato revisionato meccanicamente ed elettricamente per quanto riguarda le dotazioni di serie e il powertrain esistente.
È stato realizzato un supporto meccanico per traferire il carico statico e dinamico (Figura 2), dovuto alla massa del pantografo, sul telaio del bus senza interferire sulla struttura di vetroresina esistente.

Figura 2 Rendering del telaio di supporto al pantografo. A sinistra: montaggio sul tetto, vista superiore. A destra: dettaglio in vista assonometrica.

La Figura 4 e Figura 5 mostrano il telaio di rinforzo da vari punti vista, mentre in Figura 6 il pantografo istallato su di esso con appositi isolatori elettrici e smorzatori meccanici.

Figura 3 Test del pantografo

Figura 4 vista interna del bus realizzato

Figura 5 Telaio di rinforzo viste dal lato interno al bus

Figura 6 vista laterale del pantografo montato sul bus

3 Test del sistema realizzato

Il pantografo è stato collegato ad un alimentatore e si è misurato un assorbimento massimo di 12 A in corrispondenza dell'alzata dello stesso.
Il tempo di sollevamento nonché di abbassamento è di 5 secondi.
Tali funzioni sono state implementate su un hardware embedded basato su arduino.
I cablaggi realizzati sono quelli previsti dal costruttore (vedi Figura 7)

1 – yellow or black
2 – red
3 – black
4 – blue
5 – brown
7 – brown
8 – blue
9 – brown
10 – N/A

C1: MKT – X2 330nF 275V AC
R1: Ring ferrite
S1 – S3: max. switching voltage 100V
max. switching capacity 10VA

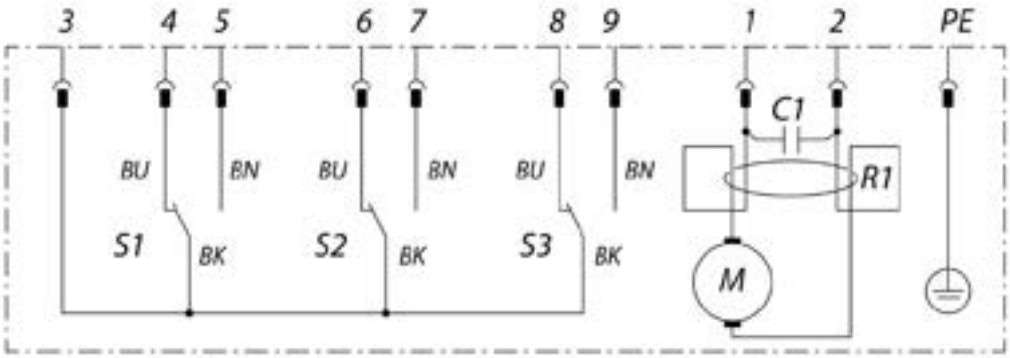

Figura 7 Schema di collegamento del pantografo

4 Conclusioni

Il sistema progettato ha permesso di realizzare un prototipo di minibus con ricarica di tipo flash, grazie all'adozione di un sistema di ricarica per travaso tra supercapacitori, all'interno di questo progetto è stata realizzata l'interfaccia meccanica ed elettrica tra la stazione di ricarica e il sistema di accumulo.
Entrambe le parti del sistema sono state progettate e realizzate con determinate specifiche in progetti di ricerca paralleli a questo.
Si può affermare che il sistema di presa fornito è stato correttamente istallato a bordo del veicolo, in particolare sul tetto, ed è stata verificata la sua funzionalità meccanica ed elettrica, rispettando i criteri di sicurezza imposti in fase di ideazione.

5 Opere citate

[1] A. Alessandrini, L. Berzi e F. Cignini, «Realizzazione di un prototipo di minibus elettrico con ricarica flash,» ENEA, 2018.

[2] A. A. L. B. L. P. R. B. F. C. M. Pierini, «Progettazione e test di un sistema ibrido SC-accumulo per la ricarica rapida di un bus alle fermate,» ENEA, Roma, 2018.

[3] M. P. G. P. S. C. F. S. F. Ortenzi, «Sperimentazione in scala ridotta di un sistema di ricarica ibrido per travaso di supercondensatori per TPL,» ENEA, Roma, 2018.

[4] Bottani e Sartori, Elettrotecnica I, Tamburini Editore, 1973.

Appendice: curriculum del gruppo di lavoro

Prof. Adriano Alessandrini
Professore associato presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA) dell'Università degli Studi di Firenze e docente di Tecnica ed Economia dei Trasporti dal 2015.
È ingegnere meccanico e dottore di ricerca in Energia. È stato ricercatore al CTL fino al 2015 e attualmente ricopre la carica di professore associato all'Università di Firenze con il corso di Pianificazione dei sistemi di trasporto. La sua ricerca verte principalmente sull'impatto ambientale di veicoli e guidatori e sui sistemi di trasporto automatizzati. Adriano ha condotto e partecipato a più di 20 progetti di ricerca sin dalla sua laurea (1998) ed attualmente è il coordinatore del più grande progetto Europeo sui sistemi di trasporto stradali automatizzati: CityMobil2. Dal 2003 ha coordinato team di ricerca i quali hanno implementato numerosi sistemi ed applicazioni per il monitoraggio delle flotte con: Honda, Pigliacelli, AVIS, Roma Car Sharing, Octo Telematics, ENEA, Comune de L'Aquila, ARVAL.

Ing. Fabio Cignini
Assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA) dell'Università degli Studi di Firenze e docente di Tecnica ed Economia dei Trasporti dal 2017.
È ingegnere meccanico dal 2013. Dal 2014 al 2017 è stato assegnista di ricerca al Centro di ricerca per il Trasporto e la Logistica (CTL). Fabio ha lavorato ed è tutto impegnato principalmente sui sistemi di trasporto innovativi, tecnologie ICT, ed impatto ambientale dei veicoli ibridi. Recentemente lavora al progetto Life for Silver Coast, un progetto che ambisce a rivoluzionare la mobilità tradizionale nel comune del Monte Argentario, in passato ha collaborato in un progetto per le Smart-Cities, con lo sviluppo di un sistema di trasporto a chiamata nel comune de L'Aquila in collaborazione con l'ENEA, e in altri progetti di ricerca che utilizzavano sistemi di trazione elettrica dotati di ricarica rapida con l'ENEA.

Ing. Lorenzo Berzi

Ricercatore a tempo determinato di tipo A presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF) dell'Università degli Studi di Firenze e docente del corso di "Costruzione di veicoli elettrici ed ibridi". Ha conseguito la laurea in ingegneria Meccanica nel 2008 e nel 2014 il Dottorato di Ricerca, con uno studio focalizzato sulla modellazione e simulazione dei veicoli elettrici e sul trattamento dati ai fini della creazione di cicli di guida naturalistici. Ha partecipato a progetti di ricerca sia a carattere locale (finanziati dai programmi di ricerca della Regione Toscana) che a carattere internazionale (programmi europei FP7 e H2020). Ulteriori interessi sono relativi non solo alle costruzioni di macchine nel suo complesso ma, in particolare, allo studio delle implicazioni ambientali legate alla progettazione dei prodotti, con particolare riferimento al fine-vita di prodotti complessi ed al trattamento dei materiali per il riuso, il riciclo ed il recupero.