



Ricerca di Sistema elettrico

## Sperimentazione di un caricabatterie reversibile

*Antonino Genovese, Francesco Vellucci*

## SPERIMENTAZIONE DI UN CARICABATTERIE REVERSIBILE

Antonino Genovese, Francesco Vellucci (ENEA)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Prodotti e processi per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'elettromobilità

Obiettivo: Ricarica rapida in c.a.

Responsabile del Progetto: Antonino Genovese, ENEA

Si ringraziano tutti i colleghi ENEA che hanno fattivamente collaborato alla realizzazione delle attività.

## Indice

SOMMARIO.....	4
INTRODUZIONE.....	5
1 TEST IN MODALITÀ INVERTER DI TRAZIONE .....	5
2 TEST IN MODALITÀ CARICABATTERIE .....	8
3 CONCLUSIONI.....	10
4 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	10

## Sommario

Nel seguito si descrivono le prove eseguite per lo studio del caricabatterie integrale realizzato nella presente annualità. Il pregio di avere a disposizione in un unico dispositivo le funzioni di caricabatterie e di azionamento dei motori ha spinto alla realizzazione prototipale di un sistema in grado di interfacciarsi con la rete elettrica secondo il modo di ricarica 3 e, quando non in servizio di ricarica, operare come inverter di bordo per alimentare i motori. Le prove descritte sono i primi test eseguiti sul sistema per testarne la funzionalità operativa in entrambe le condizioni.

## Introduzione

Il processo di sperimentazione del caricabatterie integrale ha sofferto di un ritardo rispetto alle scadenze naturali previste inizialmente. In particolare modo sono da annoverare i problemi relativi a :

- Fallimento della MicroVett con conseguente indisponibilità del veicolo che doveva servire da test bench ;
- Riprogettazione del banco di prova e di misura per adattarlo alle caratteristiche delle apparecchiature sostitutive del veicolo, e cioè all'alimentazione di una diversa batteria e di una diversa motorizzazione (vedi il precedente rapporto sulla realizzazione);
- Conseguente ritardo nella aggiudicazione della gara per la progettazione e realizzazione della macchina reversibile;
- Problemi di consegna dei dispositivi con idonee caratteristiche elettriche per momentanea indisponibilità dei medesimi sul mercato;
- Consegna della macchina in tempi ormai ristretti per l'esecuzione di prove a potenze nominali per il rilevamento dell'efficienza e delle prestazioni elettriche in generale;
- Necessità di rimodulare l'insieme delle prove per adattarle al nuovo set di prova.

In definitiva buona parte del tempo e dell'impegno inizialmente previsto come dedicato alla fase di sperimentazione è stato assorbito dalla fase di ridefinizione specifiche con adattamento della progettazione, acquisizione e realizzazione della macchina. Di conseguenza le prove, pur costituendo quelle eseguite un insieme idoneo a verificare le funzionalità della macchina, proseguono con la verifica delle prestazioni della macchina ai valori corrispondenti alla potenza nominale di 43 kW e con la valutazione dell'efficienza del sistema di conversione della potenza, tanto nel funzionamento diretto che in quello "reverse".

## 1 Test in modalità inverter di trazione

Il primo test è stato eseguito per verificare la funzione della macchina reversibile in modalità inverter. Il banco prova motori è alimentato da un pacco batterie ( al Pb) con una tensione di 220 V . Il bus dc ( lato capacità) è stato impostato a 350 V. La configurazione della macchina in questa prova consentiva il pilotaggio di due diversi motori : il primo grazie a 2 moduli di potenza ha consentito il pilotaggio in trifase con correnti di picco sino a 290 A, mentre il secondo motore era pilotato da un unico modulo trifase con corrente di picco pari a 145 A.

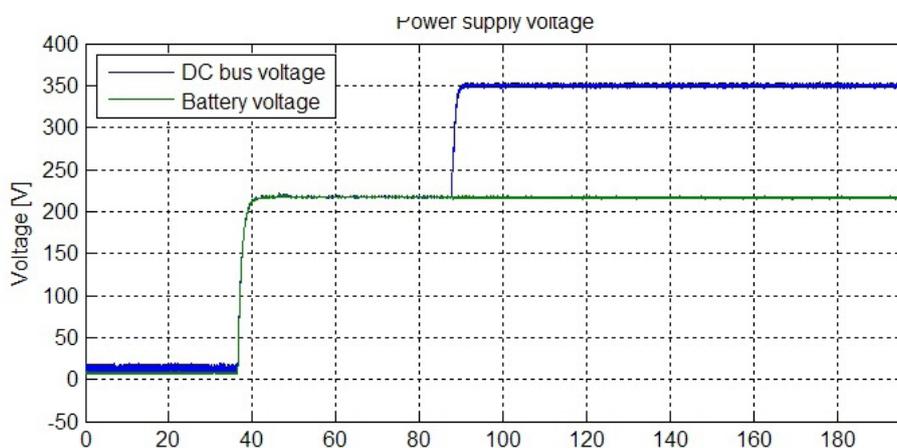


Figura 1. Attivazione dell'inverter con modalità soft start

I due motori utilizzati erano un motore sincrono IPM pilotato dallo stadio ad alta potenza ed un motore asincrono pilotato dallo stadio a bassa potenza. Il motore IPM era controllato in velocità (300 rpm) e quello asincrono in coppia ( da 0 a 35 Nm). In figura 1 sono mostrate le tensioni di batteria e quelle del bus DC : prima viene chiuso il contattore del pacco batterie che tramite una rampa giunge a 220 V, poi viene attivato il booster che consente il raggiungimento dei 350 V sul bus dc.

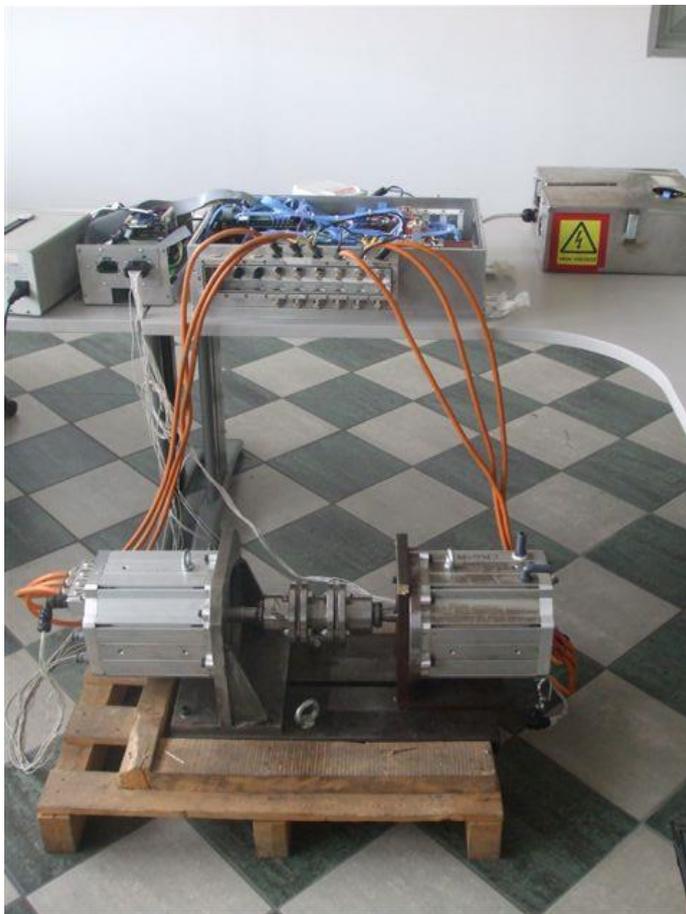


Figura 2 . test con i due motori

I motori sono portati all'erogazione della medesima coppia : prima a 20 Nm e successivamente a 40 Nm. Si noti che i motori sono meccanicamente collegati tra loro tramite un giunto (figura 2) . Il motore sincrono è pilotato in velocità come motore mentre il secondo motore è pilotato in coppia e funziona come carico.

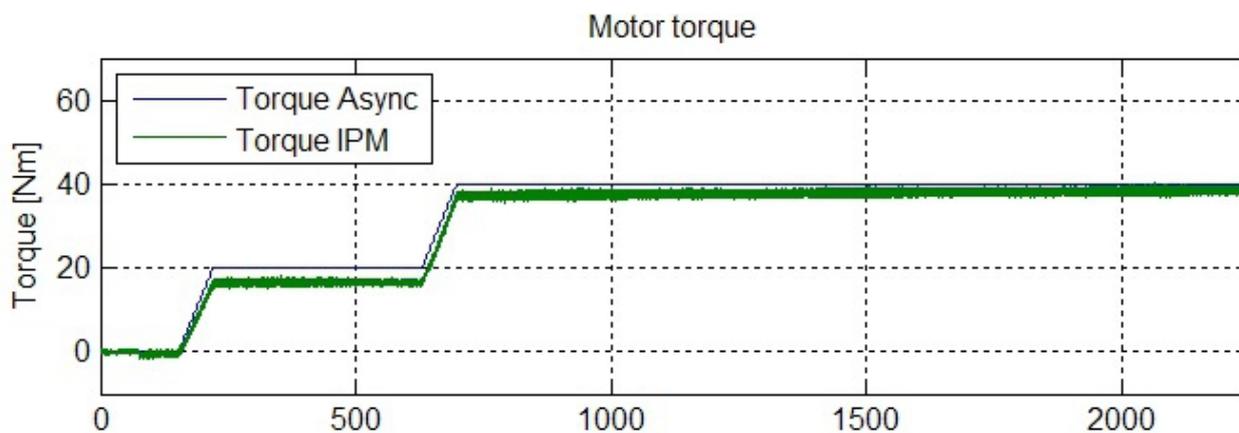
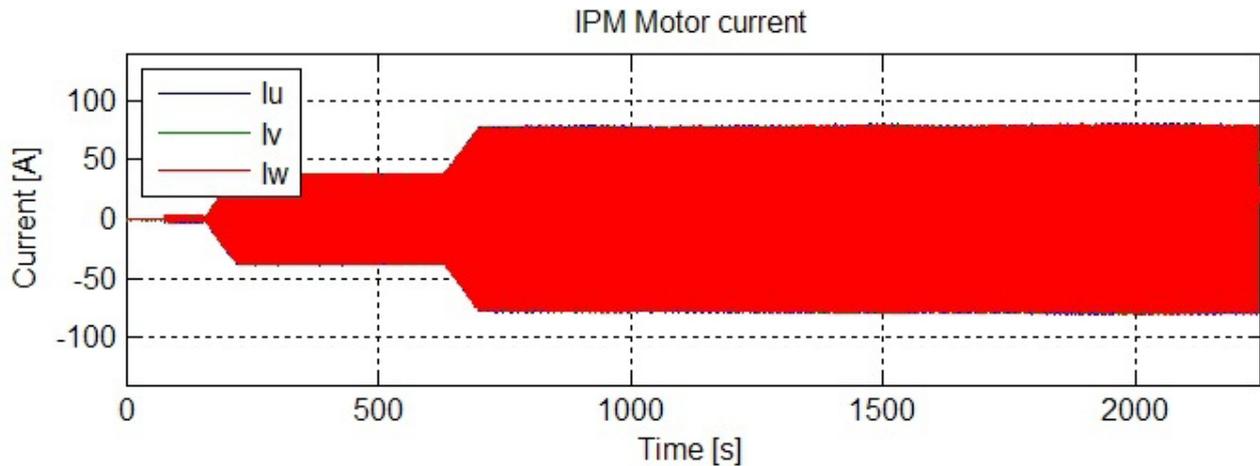


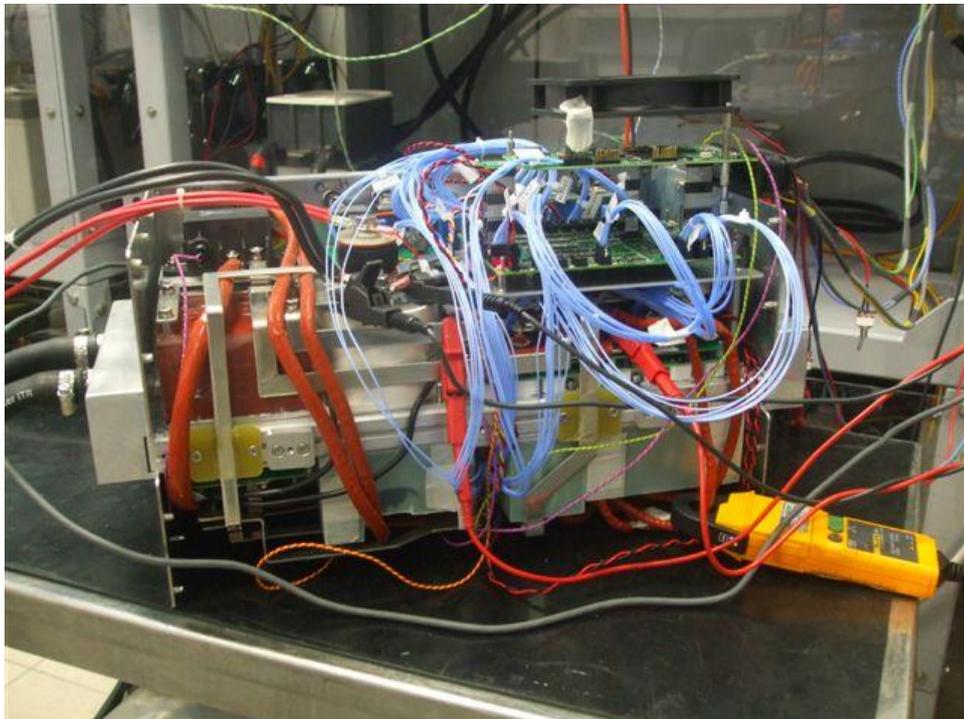
Figura 3. Coppia erogata



**Figura 4. Correnti nel motore sincrono**

Le correnti del motore IPM sono mostrate in figura 4.

Il sistema deve essere in grado di agire anche come sistema per il recupero in frenata ossia poter far transitare la corrente dal motore verso la batteria. Il banco di prova allestito in assenza di un freno motore consente di verificare il recupero in caso di forti variazioni di velocità. In figura 6 è mostrato dapprima una variazione rapida in salita da 0 a 1200 rpm in cui si evidenzia il calo della tensione di batteria e l'erogazione di corrente dall'accumulo ( 12 A). Nel caso della frenata la tensione in batteria sale poiché la corrente in batteria mostra un picco in ricarica. Da notare che il cambiamento da modalità boost ( erogazione da batteria verso il bus DC) a chopper ( dal bus DC verso la batteria) si hanno dei picchi di tensione che devono essere controllati con una messa a punto dei parametri di controllo.



**Figura 5 . sistema in prova al banco**

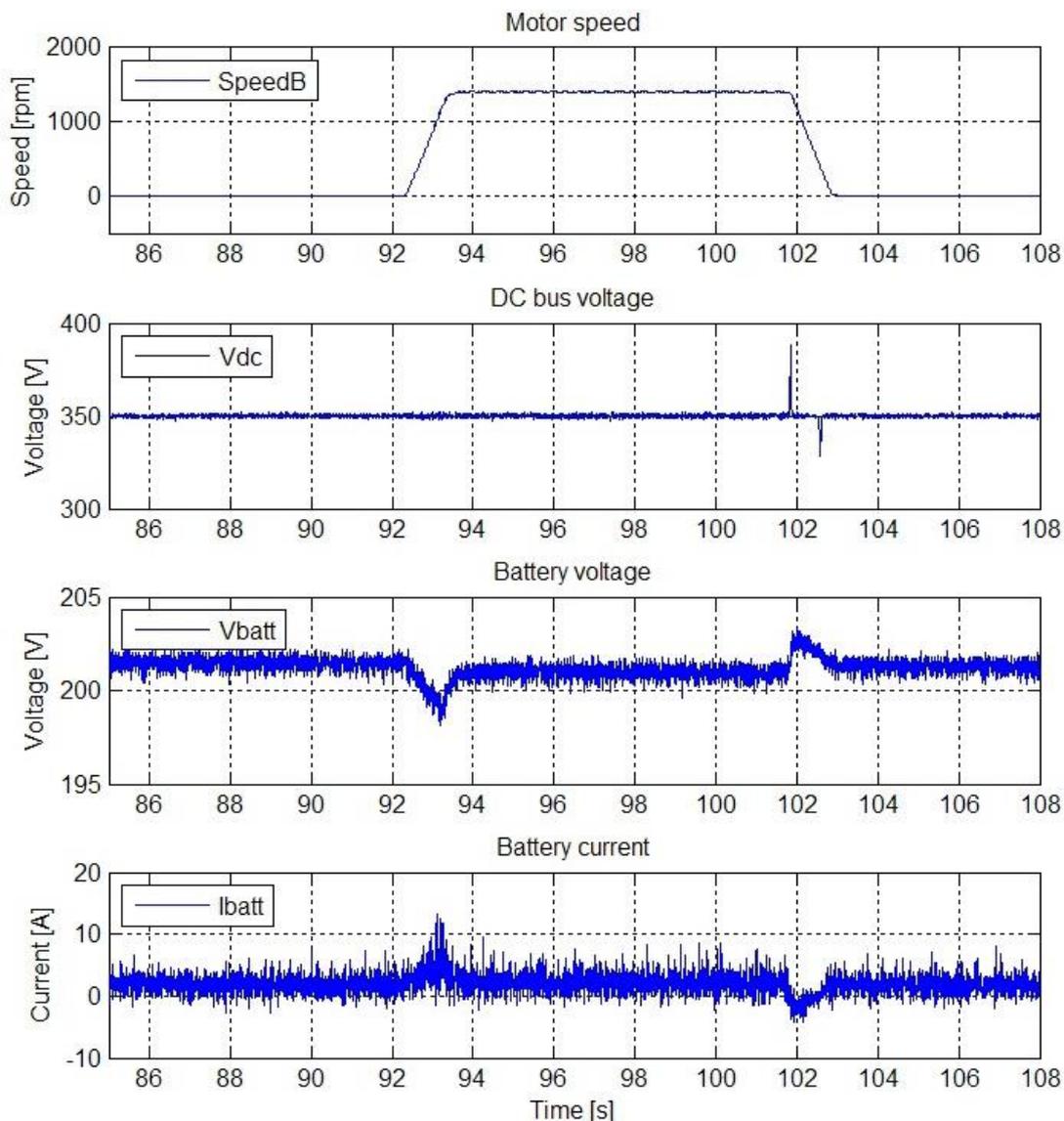


Figura 6 . recupero in frenata

## 2 Test in modalità caricabatterie

In questa fase le prove in modalità carica batterie sono state eseguite con un pacco batterie Pb-acido da 180 V di tensione totale.

In una fase successiva verrà testato prima il funzionamento a 23 KW come caricabatteria di una batteria Li-Ioni da 11.5 kWh (288V/40 Ah), che consente la ricarica a 2C, e, come ultima fase, la prova a potenza massima (43 kW) per la ricarica in 30' della batteria da 25 kWh della Nissan Leaf, acquisita con fondi di altra provenienza.

Il bus DC era impostato a 320 V e l'ingresso da rete era monofase a 220 V efficaci. Sono stati impiegati due moduli buck-boost e 2 moduli inverter. La corrente di ricarica in batteria è stata impostata a 8 A.

Il circuito del carica batterie è configurato come in figura 7. La figura 8 mostra la rilevazione con l'oscilloscopio di alcune grandezze elettriche di interesse.

La linea gialla (1) mostra l'uscita del PFC corrispondente al bus DC. Il valore medio della tensione 180 V (oscillante tra 0 e 320 V con frequenza di 100 Hz). La linea viola mostra la tensione in batteria all'uscita del buck converter che abbassa la tensione a 180 v massimi (100 – 180 V a 100 Hz). La corrente in batteria (4) è in media di circa 8 A oscillando tra 4 e 15 A.

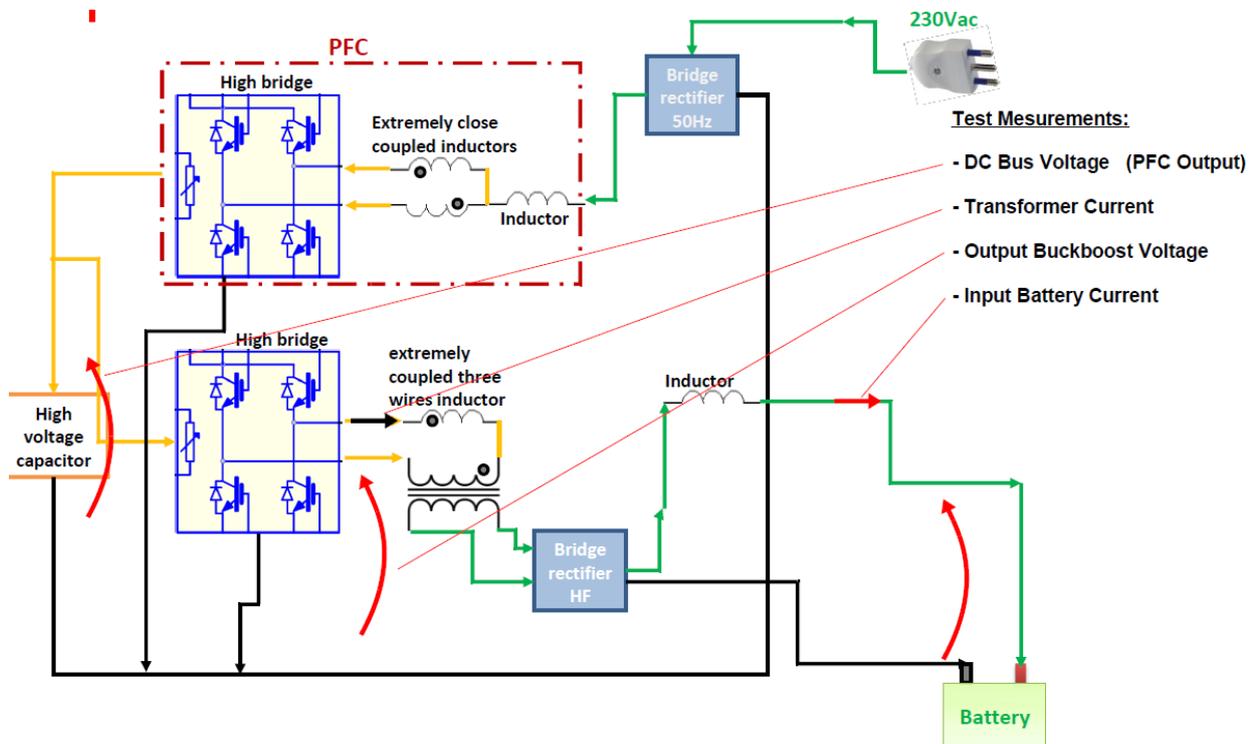


Figura 7 . circuito carica batterie

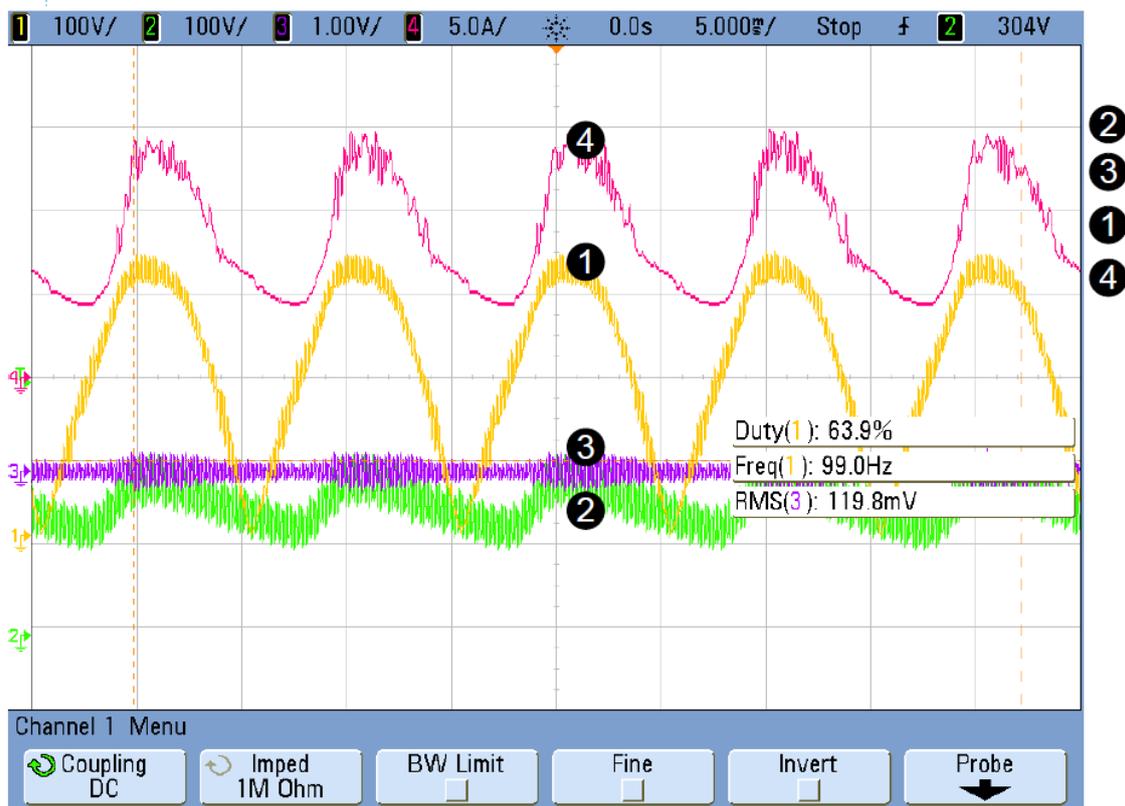


Figura 8 . misure in caricabatterie

### 3 Conclusioni

Le funzioni principali del caricabatterie reversibile sono state testate ed appaiono in linea con quanto previsto. Il sistema necessita di un test approfondito per verificare :

- Le prestazioni nominali ;
- I controlli PWM lato batteria ( con un pacco al Li-ioni) e lato stazione di rete;
- La valutazione della curva di efficienza e d il rendimento massimo;
- Le prestazioni di ricarica rapida.

Il lavoro di testing è tuttora in corso e si pensa di ultimare i lavori entro il mese di ottobre.

### 4 Abbreviazioni ed acronimi

BEV	Battery Electric Vehicle
BT	Bassa Tensione
DC	Direct Current
c.c.	Corrente continua
c.a.	Corrente alternata
PWM	Pulse Width Modulation