



Ricerca di Sistema elettrico

## Sviluppo e ottimizzazione del sistema modulare dello stadio di conversione del sistema PEF ad alta intensità

S. De Caro, O. Giordano, S. Panarello, T. Scimone, A. Testa



Sviluppo e ottimizzazione del sistema modulare dello stadio di conversione del sistema PEF ad alta intensità

S. De Caro, O. Giordano, S. Panarello, T. Scimone, A. Testa   
Università degli Studi di Messina - Dipartimento di Ingegneria

Dicembre 2018

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2018

Area: "Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici"

Progetto: "Processi e macchinari industriali"

Obiettivo: F - "Sviluppo e ottimizzazione del sistema modulare dello stadio di conversione del sistema PEF ad alta intensità"

Responsabile del Progetto: Ing. Ilaria Bertini ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Sviluppo e ottimizzazione del sistema modulare dello stadio di conversione del sistema PEF ad alta intensità*"

Responsabile scientifico ENEA: Ing. Francesca Bonfà

Responsabile scientifico Università di Messina: Ing. Salvatore De Caro

## Indice

INTRODUZIONE .....	4
1 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ACCUMULO.....	5
2 DIMENSIONAMENTO DELL'UNITÀ DI RICARICA.....	8
3 SET-UP DI RICARICA .....	10
4 SENSORI .....	12
5 SISTEMA SPERIMENTALE .....	16
6 CONCLUSIONI.....	20
7 CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO IMPEGNATO NELL'ATTIVITÀ.....	21

## Introduzione

Nel trimestre ottobre-dicembre 2018, nell'ambito del PAR 2018 l'attività di ricerca svolta dall'Università di Messina, è stata incentrata sull'ottimizzazione del generatore di campi elettrici pulsati ad alta intensità destinato ad applicazioni di inattivazione batterica negli alimenti, in particolare mosto o vino.

Nella fattispecie, è stato dapprima studiato, poi progettato ed infine realizzato uno stadio di alimentazione dedicato provvisto di sistema di accumulo dell'energia, nonché di uno stadio di ricarica a basso costo.

Il modulo di alimentazione indipendente così costituito consentirà l'utilizzo del generatore PEF anche laddove non sia possibile utilizzare l'energia fornita dalla rete elettrica.

Il vantaggio derivante dall'impiego di una unità di accumulo dell'energia si riscontra nella possibilità di adoperare il generatore PEF senza l'ausilio di cavi elettrici che rappresentano un pericolo per la sicurezza degli operatori.

Oltre ciò, l'assenza di un vincolo fisico diretto con la rete elettrica, consente, dipendentemente dalla scelta progettuale della camera di trattamento, la mobilità del generatore PEF, che a questo punto risulterebbe dipendente esclusivamente dalla autonomia che si vuole richiedere allo stesso, dalla geometria e dal sistema di movimentazione del fluido da sterilizzare attraverso la camera di trattamento (trasportabilità).

Ovviamente, l'autonomia del generatore, in assenza di fornitura di energia della rete di distribuzione nazionale, è legata alla capacità degli accumulatori e quest'ultima è poi correlata innanzitutto alla massa delle batterie (peraltro funzione della tecnologia di queste).

## 1 Dimensionamento del sistema di accumulo

La tecnologia degli accumulatori da adoperare è stata scelta in base ad una analisi economica: infatti al fine di non gravare sul costo del sistema, si è pensato di realizzare l'unità di accumulo con batterie al piombo gel, tecnologia che rappresenta un giusto trade-off tra massa (ponderata in maniera tale da non rendere ostica la movimentazione del generatore) e costi.

In Tabella 1 sono riportate le specifiche tecniche delle batterie Yuasa mod. REC26-12 adoperate.

**Tabella 1. Specifiche degli accumulatori**

SPECIFICATIONS		
Nominal voltage	12	V
20-hr rate Capacity to 1.75VPC at 20°C	26	Ah
10-hr rate Capacity to 1.75VPC at 20°C	23.5	Ah
DIMENSIONS		
Length	166 (±2)	mm
Width	175 (±1)	mm
Height	125 (±2)	mm
(height over terminals)	N/A	mm
Mass (typical)	9.0	kg
TERMINAL TYPE		
Female threaded terminal	M5	
Torque	2-3Nm	Nm
OPERATING TEMPERATURE RANGE		
Storage	-15°C to +50°C	
Charge	-0°C to +40°C	
Discharge	-15°C to +40°C	



La taglia degli accumulatori è stata scelta a seguito di considerazioni energetiche derivanti dalle misure condotte precedentemente. In particolar modo, è stato considerato l'ammontare di energia richiesto per l'inattivazione dei ceppi batterici trattati durante la sperimentazione condotta presso l'Università degli Studi di Messina.

Nella fattispecie, ci si è riferiti ai trattamenti dei campioni di mosto e vino in cui era stato inoculato il microorganismo *pseudococcus parvulus*.

In ambedue le tipologie di campioni era presente una concentrazione iniziale di *pseudococcus parvulus* pari a  $4,4 \cdot 10^6$  [cfu/ml].

Sia per il mosto che per il vino sono stati trattati tre volumi, pari a 50,26ml, 25,13ml e 12,565ml, con campi elettrici rispettivamente di 13kV/cm (corrente di scarica 192A per il mosto e 195A per il vino), 26kV/cm (corrente di scarica 200A per il mosto e 220A per il vino) e 52kV/cm (corrente di scarica 220A per il mosto e 228A per il vino): queste quantità, unitamente al numero di impulsi effettuati sul singolo volume ha determinato la densità di energia fornita dal trattamento PEF.

L'energia così trasferita ai campioni ha consentito di ridurre la concentrazione residua di batteri, post trattamento, con risultati confrontabili a quelli riportati nella letteratura di settore.

Per calcolare la taglia delle batterie, è stata considerata la quantità di carica richiesta per l'inattivazione del batterio *pseudococcus parvulus*.

A tal fine, con riferimento alla forma dell'impulso della corrente di scarica, riportata in Figura 1, è stata calcolata suddetta quantità.

Dalla definizione più generale di corrente elettrica  $I$ , come rapporto tra la quantità di carica  $\Delta Q$  che fluisce attraverso una sezione  $S$  di conduttore e l'intervallo di tempo  $\Delta t$  in cui si ha questo passaggio, e cioè:

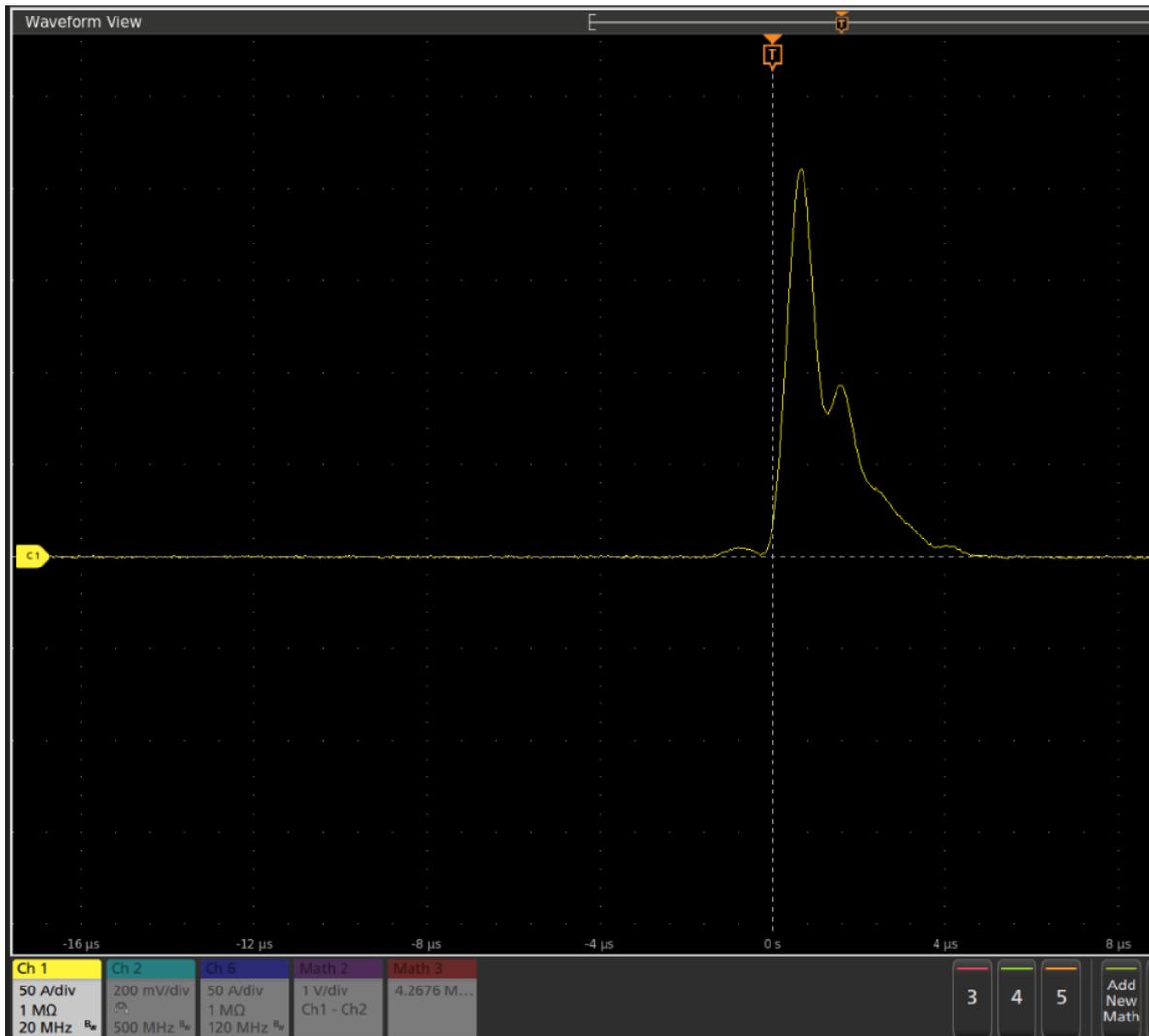
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \text{ si ha che la quantità desiderata è pari a } \Delta Q = I \cdot \Delta t.$$

Approssimando la forma dell'impulso di corrente ad un triangolo di altezza pari all'intensità (si è considerato il valore massimo di corrente  $I_{max}$ , cioè 228A, ottenuto applicando il campo elettrico di intensità maggiore al campione di vino, ossia 52kV/cm) e base eguale alla durata temporale dello stesso  $\Delta t$  (mediamente di 4 microsecondi) si trova che la quantità di carica necessaria ad inattivare i microorganismi sopradetti presenti in un litro di vino è:

$$Q = N_{imp} \cdot \frac{1000}{V_{camp}} \cdot \frac{1}{2} I_{max} \cdot \Delta t$$

espressione in cui  $N_{imp}$  è il numero delle scariche effettuate,  $V_{camp}$  è il volume del campione trattato espresso in ml.

Considerando che il trattamento di un volume di liquido contaminato ha richiesto 100 impulsi di scarica, si trova che la quantità di carica necessaria ad inattivare il batterio *pseudococcus parvulus* presente in un volume di liquido di 1 litro è pari a circa 3,63C.



**Figura 1. Corrente di scarica**

Sulla scorta di queste considerazioni, ed al fine di non gravare sul costo del sistema, è stato scelto di realizzare l'unità di accumulo con 10 batterie al piombo gel da 12V e 26Ah in maniera tale da garantire al generatore PEF di operare per un intervallo di tempo sufficiente al trattamento di una quantità di liquido in cui sia presente il microorganismo sopradetto di circa 250.000 litri, consistente con i volumi di produzione medi tipici di una azienda vinicola.

La scelta di questa capacità per gli accumulatori è stata effettuata anche considerando la massa delle batterie, che, per il modello per il quale si è optato, risulta essere di 9kg.

Considerando inoltre la massa dello stadio di ricarica e quella, trascurabile, di sensori e cavi di collegamento, il generatore PEF, nella sua totalità, risulta facilmente trasportabile ove se ne abbisogni da un singolo operatore.

Uno schema a blocchi del sistema è riportato in Figura 2.

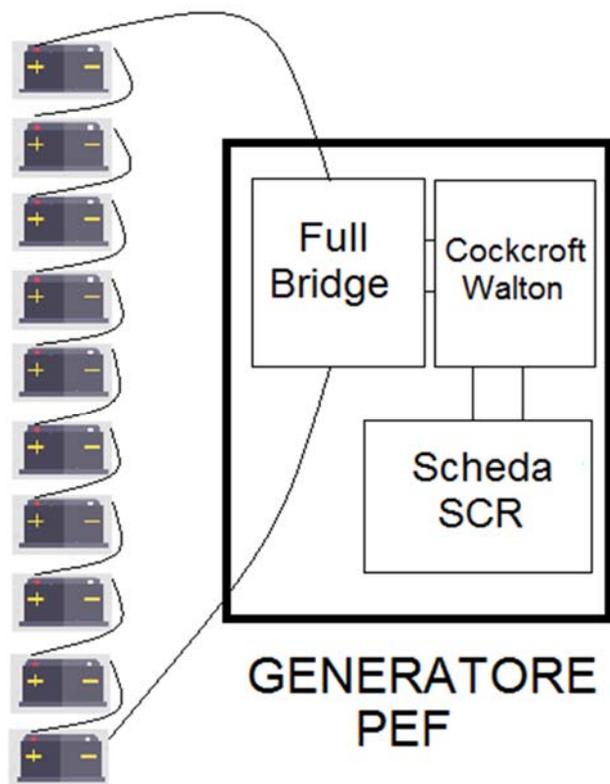


Figura 2. Generatore PEF con sistema di accumulo

La nuova struttura del sistema consente al generatore PEF di operare in assenza di energia elettrica, consentendo la procedura di inattivazione batterica anche in caso di black-out, senza interrompere così il processo di produzione e garantendo la desiderata continuità di servizio.

## 2 Dimensionamento dell'unità di ricarica

A completamento del sistema di alimentazione dedicato è stata dimensionata l'unità di ricarica, che permette il ripristino dei valori di carica delle batterie in tempi consoni a quelli di produzione.

Si è optato per un modulo da 300W Mean Well, funzionante sia con ingresso 115V c.a che con ingresso 230V c.a., dotato di stadio PFC passivo conforme a EN61000-3-2 Classe A, Figura 3.



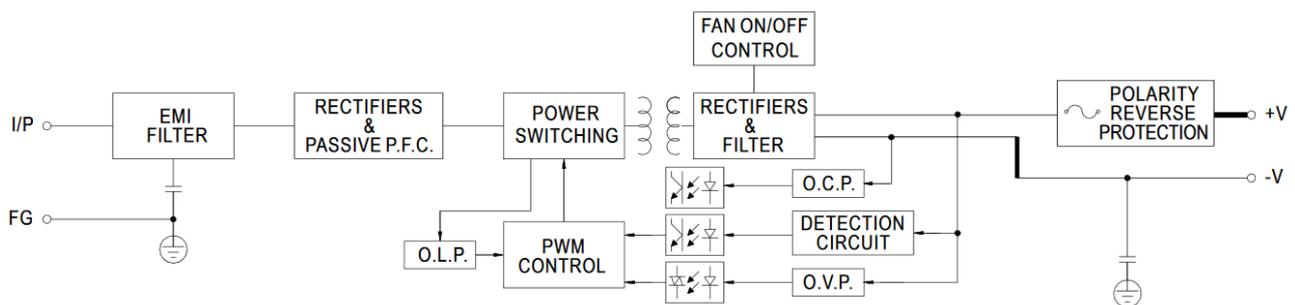
**Figura 3. Caricabatterie**

In Tabella 2 sono riportate le specifiche tecniche dell'unità di ricarica.

**Tabella 2. Specifiche dell'alimentatore**

Attributo	Valore
Corrente di carica	10.5A
Tensione di ingresso	90 → 264V ca
Tensione di uscita	27.4V
Numero di stadi di carica	3
Dimensioni	253 x 135 x 48.5mm
Peso	1.5kg

Lo schema a blocchi dell'unità di ricarica è riportato in Figura 4.



**Figura 4. Schema a blocchi della unità di ricarica**

Dallo schema a blocchi è possibile notare l'isolamento galvanico tra la tensione fornita alla batteria e la rete elettrica, e le protezioni al cortocircuito, inversione di polarità, sovratensione e sovratemperatura.

### 3 Set-up di ricarica

È stato sviluppato un set-up che prevede l'utilizzo di un array di relè che consente di portare in maniera automatica il sistema di batterie dalla modalità di erogazione della potenza a quella di ricarica e viceversa utilizzando lo stesso microcontrollore (ARDUINO UNO WI-FI) deputato alla generazione dei segnali di pilotaggio dei dispositivi del ponte ad H e del tiristore pilota delle schede di interruttori.

In Figura 5 è rappresentato lo schema a blocchi del sistema di ricarica, con particolare evidenza dei relè che consentono il ripristino dei livelli di carica degli accumulatori senza che essi vengano scollegati dal generatore, permettendo così di migliorare il ciclo di lavoro.

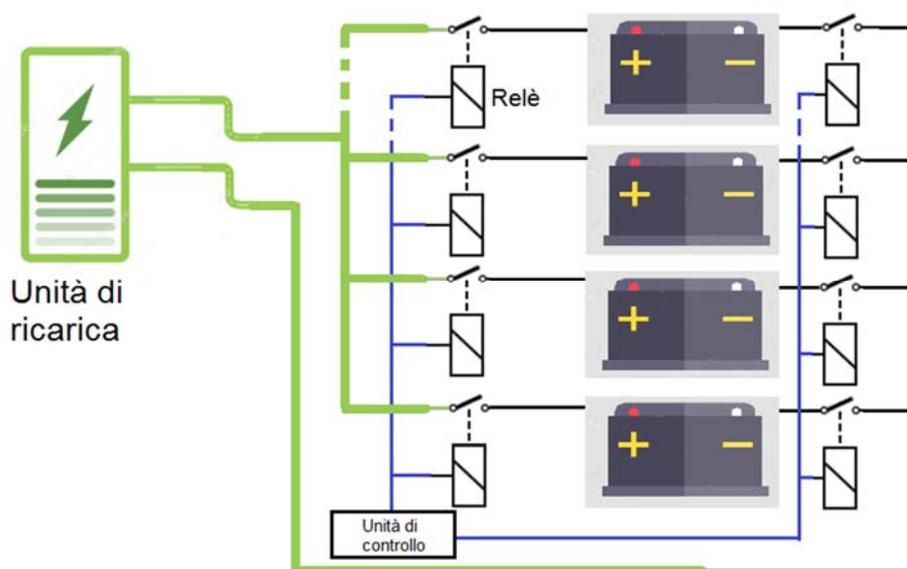


Figura 5. Schema a blocchi dell'unità di ricarica.

Per la realizzazione di questo set-up, sono stati scelti relè monostabili della Omron, monopolari e normalmente aperti (Figura 6), le cui specifiche relative agli avvolgimenti ed ai contatti sono illustrate nelle Tabelle 3 e 4.



Figura 6. Relè monostabile 20A

Tabella 3. Caratteristiche degli avvolgimenti dei relè

Rated voltage	5 VDC	12 VDC	24 VDC
Rated current	180 mA	75 mA	37.5 mA
Coil resistance	27.8Ω	160Ω	640Ω
Coil inductance (ref. value)	Armature OFF	–	0.8 H
	Armature ON	–	1.1 H
Must operate voltage	70% of rated voltage max.		
Must release voltage	10% of rated voltage min.		
Max. permissible voltage	160% of rated voltage at (23°)		
Power consumption	Approx. 0.9 W		

Tabella 4. Caratteristiche dei contatti dei relè

Rated load	20 A at 250 VAC
Contact material	AgSnO <sub>2</sub>
Rated carry current	20 A
Max. switching voltage	250 VAC
Max. switching current	20 A
Max. switching power	5,000 VA
Failure rate (ref. value)	100 mA at 5 VDC

Le caratteristiche elettriche dei dispositivi scelti, e tra queste il relativamente basso valore di potenza richiesto in commutazione, unitamente a quelle meccaniche (resistenza agli shock ed alle vibrazioni) garantiscono un numero elevato di cicli di funzionamento, come si può evincere dalla Figura 7.

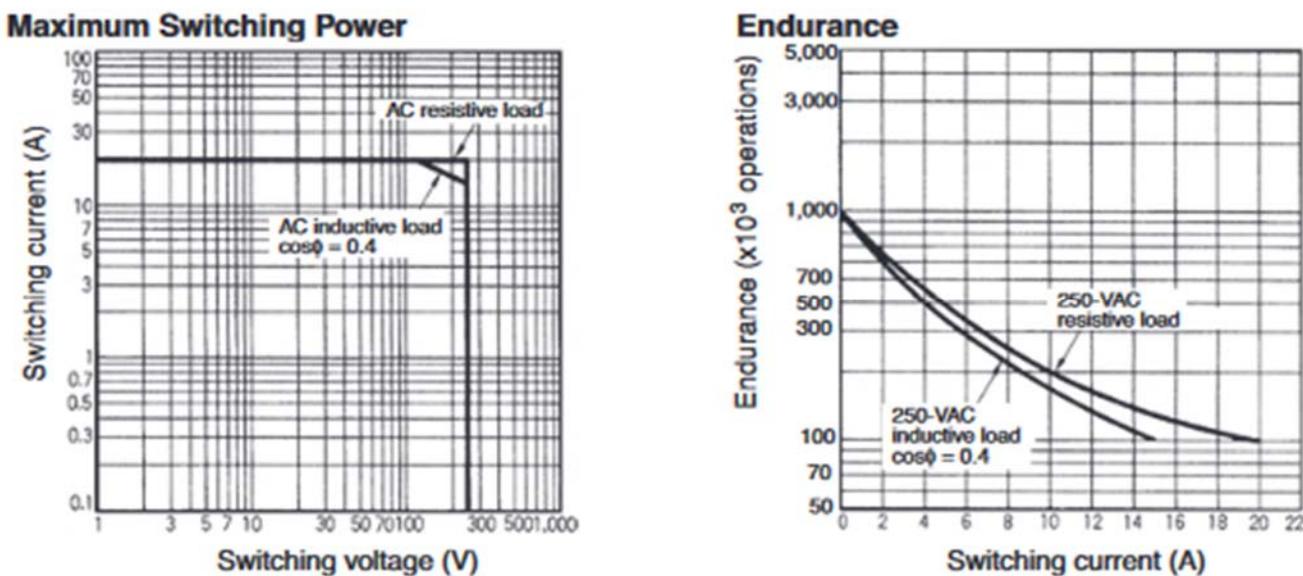


Figura 7. Relè: potenza massima dissipata in switching e test di endurance.

#### 4 Sensori

Attraverso un’opportuna sensoristica (trasduttori di tensione e corrente), tramite la stessa unità di controllo utilizzata per la gestione dello stadio di potenza, è possibile monitorare il livello di carica di ogni singolo accumulatore, nonché la corrente di ricarica delle batterie.

In Figura 8 è riportata la scheda che consente di monitorare i valori delle grandezze sopradette.

Come si nota in Figura 8, sulla scheda sono presenti un sensore di tensione (LV25-P) e un sensore di corrente LA 55P, entrambi della LEM.

In Tabella 5 sono riassunte le caratteristiche elettriche e le performance del trasduttore di tensione LV 25-P, mentre in Figura 9 ne è rappresentato lo schema.

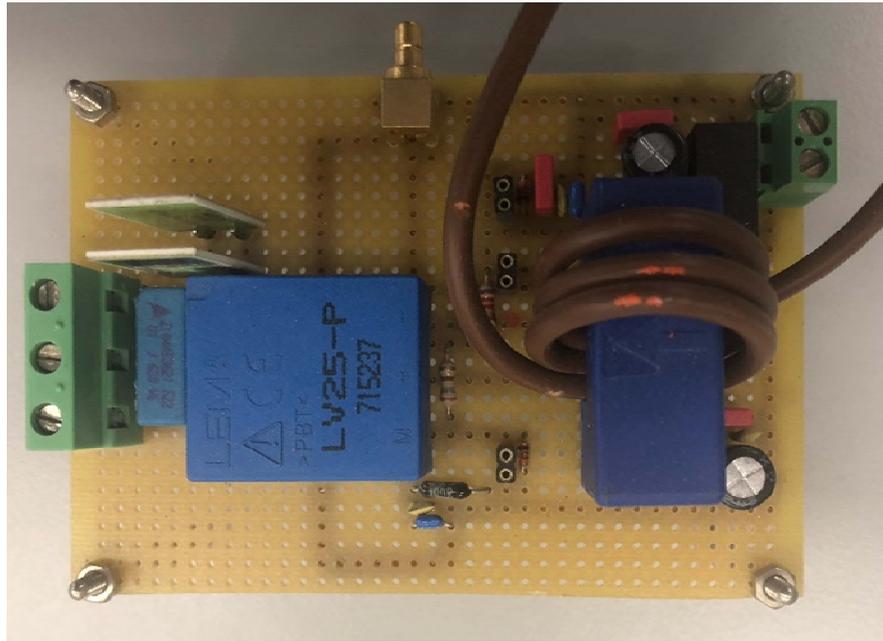


Figura 8. Scheda sensori

Tabella 5. LEM LV 25-P

Electrical data					
$I_{PN}$	Primary nominal rms current		10	mA	
$I_{PM}$	Primary current, measuring range		0 .. ± 14	mA	
$R_M$	Measuring resistance		$R_{M \min}$ $R_{M \max}$		
		with ± 12 V	@ ± 10 mA <sub>max</sub>	30   190   Ω	
			@ ± 14 mA <sub>max</sub>	30   100   Ω	
		with ± 15 V	@ ± 10 mA <sub>max</sub>	100   350   Ω	
			@ ± 14 mA <sub>max</sub>	100   190   Ω	
$I_{SN}$	Secondary nominal rms current		25	mA	
$K_N$	Conversion ratio		2500 : 1000		
$U_C$	Supply voltage (± 5 %)		± 12 .. 15	V	
$I_C$	Current consumption		10 (@ ± 15 V) + $I_S$	mA	
Accuracy - Dynamic performance data					
$X_G$	Overall accuracy @ $I_{PN}$ , $T_A = 25 \text{ °C}$	@ ± 12 .. 15 V	± 0.9	%	
		@ ± 15 V (± 5 %)	± 0.8	%	
$\epsilon_L$	Linearity error		< 0.2	%	
$I_O$	Offset current @ $I_P = 0$ , $T_A = 25 \text{ °C}$		Typ	Max	
$I_{OT}$	Temperature variation of $I_O$	0 °C .. + 25 °C	± 0.06	± 0.15	mA
		+ 25 °C .. + 70 °C	± 0.10	± 0.35	mA
$t_r$	Step response time <sup>1)</sup> to 90 % of $I_{PN}$		40	µs	

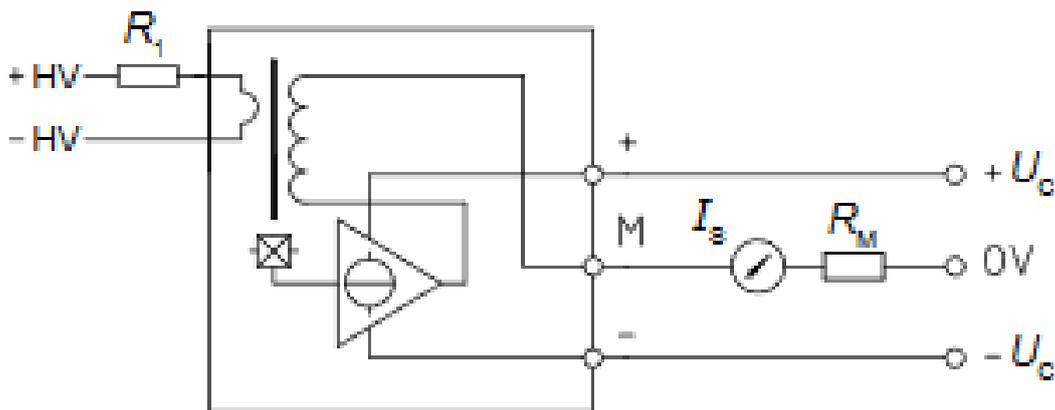


Figura 9. LV 25-P

Dallo schema di Figura 9, considerando i livelli di tensione della singola batteria ( $V_{batt}$ ), ed il valore di corrente nominale ( $I_{PN}$ ) alla tensione di alimentazione del sensore stesso ( $\pm 12V$ ), pari a 10mA, è stato dimensionato il valore di resistenza del resistore  $R_1$ , come:

$$R_1 = \frac{V_{batt}}{I_{PN}} = 1,2k\Omega$$

Inoltre, partendo dal range di valori di resistenza di misura  $R_M$ , per i valori di tensione duale di alimentazione dell'LV 25-P, dal range di possibili valori massimi e minimi della corrente di ingresso, e considerando i valori di tensione massima in ingresso al microcontrollore, si è scelto un valore di resistenza per  $R_M$  pari a:

$$R_M = 100\Omega$$

Analogamente a come fatto per il trasduttore di tensione, in Tabella 6 sono riassunte le caratteristiche elettriche e le performance del trasduttore di tensione LA 55-P, mentre in Figura 10 ne è rappresentato lo schema.

Tabella 6. LEM LA 55-P

Electrical data							
$I_{PN}$	Primary nominal rms current		50		A		
$I_{PM}$	Primary current, measuring range		0 .. $\pm 70$		A		
$R_M$	Measuring resistance @		$T_A = 70^\circ\text{C}$	$T_A = 85^\circ\text{C}$			
			$R_{M \min}$	$R_{M \max}$	$R_{M \min}$	$R_{M \max}$	
		with $\pm 12\text{ V}$	@ $\pm 50\text{ A}_{\max}$	10	100	60	95
			@ $\pm 70\text{ A}_{\max}$	10	50	60 <sup>1)</sup>	60 <sup>1)</sup>
		with $\pm 15\text{ V}$	@ $\pm 50\text{ A}_{\max}$	50	160	135	155
	@ $\pm 70\text{ A}_{\max}$	50	90	135 <sup>2)</sup>	135 <sup>2)</sup>		
$I_{SN}$	Secondary nominal rms current		50		mA		
$K_N$	Conversion ratio		1 : 1000				
$U_C$	Supply voltage ( $\pm 5\%$ )		$\pm 12 \dots 15$		V		
$I_C$	Current consumption		10 (@ $\pm 15\text{ V}$ ) + $I_S$		mA		
Accuracy - Dynamic performance data							
X	Accuracy @ $I_{PN}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	@ $\pm 15\text{ V}$ ( $\pm 5\%$ )	$\pm 0.65$		%		
		@ $\pm 12 \dots 15\text{ V}$ ( $\pm 5\%$ )	$\pm 0.90$		%		
$\epsilon_L$	Linearity error		<0.15		%		
$I_O$	Offset current @ $I_P = 0$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$		Typ	Max			
				$\pm 0.2$	mA		
$I_{OM}$	Magnetic offset current <sup>3)</sup> @ $I_P = 0$ and specified $R_M$ , after an overload of $3 \times I_{PN}$			$\pm 0.3$	mA		
$I_{OT}$	Temperature variation of $I_O$	-25 $^\circ\text{C}$ .. +85 $^\circ\text{C}$	$\pm 0.1$	$\pm 0.6$	mA		
		-40 $^\circ\text{C}$ .. -25 $^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 1.0$	mA		
$t_{ra}$	Reaction time		<500		ns		
$t_r$	Step response time to 90 % of $I_{PN}$		<1		$\mu\text{s}$		
$di/dt$	$di/dt$ accurately followed		>200		A/ $\mu\text{s}$		
BW	Frequency bandwidth (-1 dB)		DC .. 200		kHz		

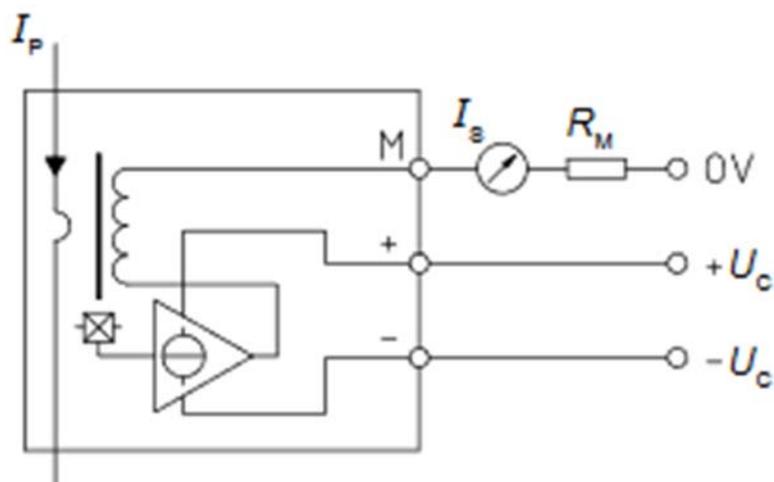


Figura 10. LA 55-P

Come è possibile notare in Figura 8, sul trasduttore di corrente, con lo scopo di aumentare il guadagno di corrente (rapporto di conversione)  $K_N = \frac{N_P}{N_S} = \frac{1}{1000}$  (il sensore fornisce una corrente di uscita mille volte più piccola di quella in ingresso per ogni spira avvolta al primario), dato dal rapporto tra il numero di avvolgimenti al primario  $N_P$  ed il numero di avvolgimenti al secondario  $N_S$ , sono state avvolte tre spire al primario.

Pertanto con la configurazione realizzata, il nuovo rapporto di conversione è  $K_N = \frac{N_P}{N_S} = \frac{3}{1000}$ .

Poiché l'unità di ricarica eroga 10,5A, che con riferimento alla Figura 10, è il valore della corrente al primario  $I_P$ , e ricordando che l'espressione della corrente al secondario è  $I_S = K_N \cdot I_P$  avendo la necessità di adattare il livello del segnale in uscita al trasduttore a quello accettato dal microcontrollore in input, ossia  $V_{analog\ in} = 3,3V$ , si è calcolato il valore della resistenza di misura  $R_M$  come:

$$R_M = \frac{V_{analog\ in}}{I_S} = \frac{V_{analog\ in}}{K_N \cdot I_P} = 100\Omega$$

Grazie al sistema di trasduzione realizzato, è possibile aumentare il tempo di vita medio degli accumulatori impiegati in quanto il processo di ricarica viene avviato controllando istante per istante la corrente erogata alle batterie.

## 5 Sistema sperimentale

Prima dei test di misura sul vino, è stato monitorato l'andamento delle tensioni a vuoto sia delle singole batterie che della stringa realizzata con il collegamento serie dei 10 accumulatori, come riportato nelle Figure 11 e 12.

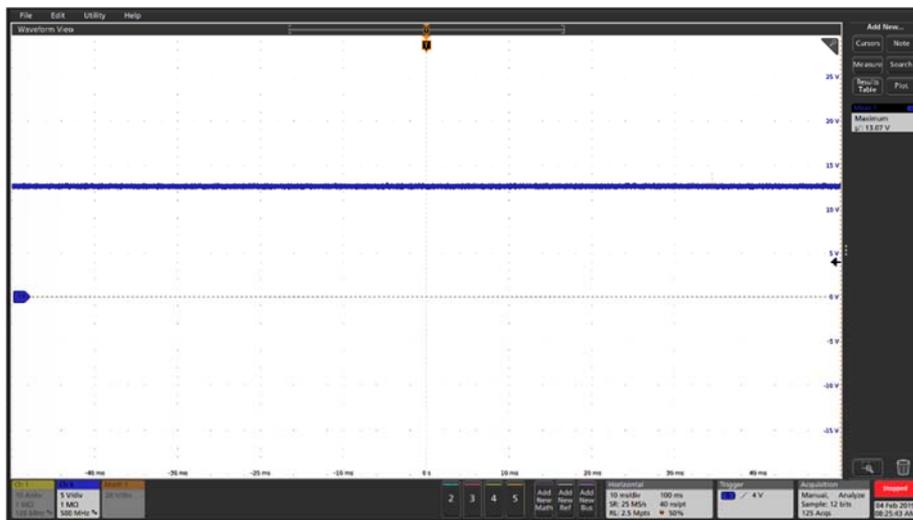
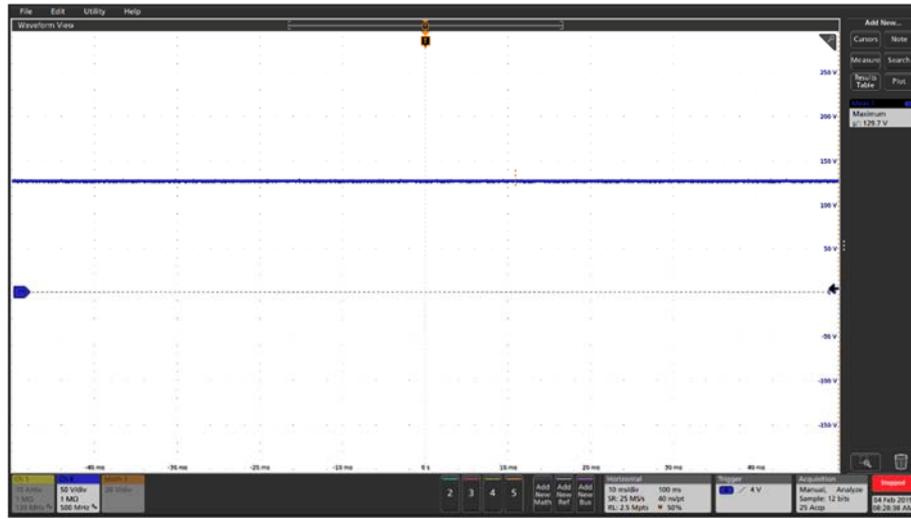


Figura 11. Tensione a vuoto della singola unità di accumulatore



**Figura 12. Tensione a vuoto della serie di 10 accumulatori**

Al fine di validare la bontà del funzionamento del sistema di alimentazione dedicato del generatore, sono state effettuate prove di scarica fornendo al PEF la potenza attraverso gli accumulatori.

In particolare, con in ingresso al ponte ad H la tensione derivante dal collegamento serie di dieci accumulatori,  $V_{in} = 120V$ , e modulando lo stesso per un tempo pari ad 11ms, si è ottenuta ai capi del portacampione la tensione di valor massimo eguale a 13,6kV riportata in Figura 13.

In Figura 14, invece, è mostrato l'andamento della corrente di scarica ottenuta applicando un campo elettrico di 27,2kV/cm: un campione di vino di 25,13ml è stato posto all'interno del portacampione con distanza tra le armature settata a 5mm, con il conseguente valore massimo di corrente di scarica illustrato.

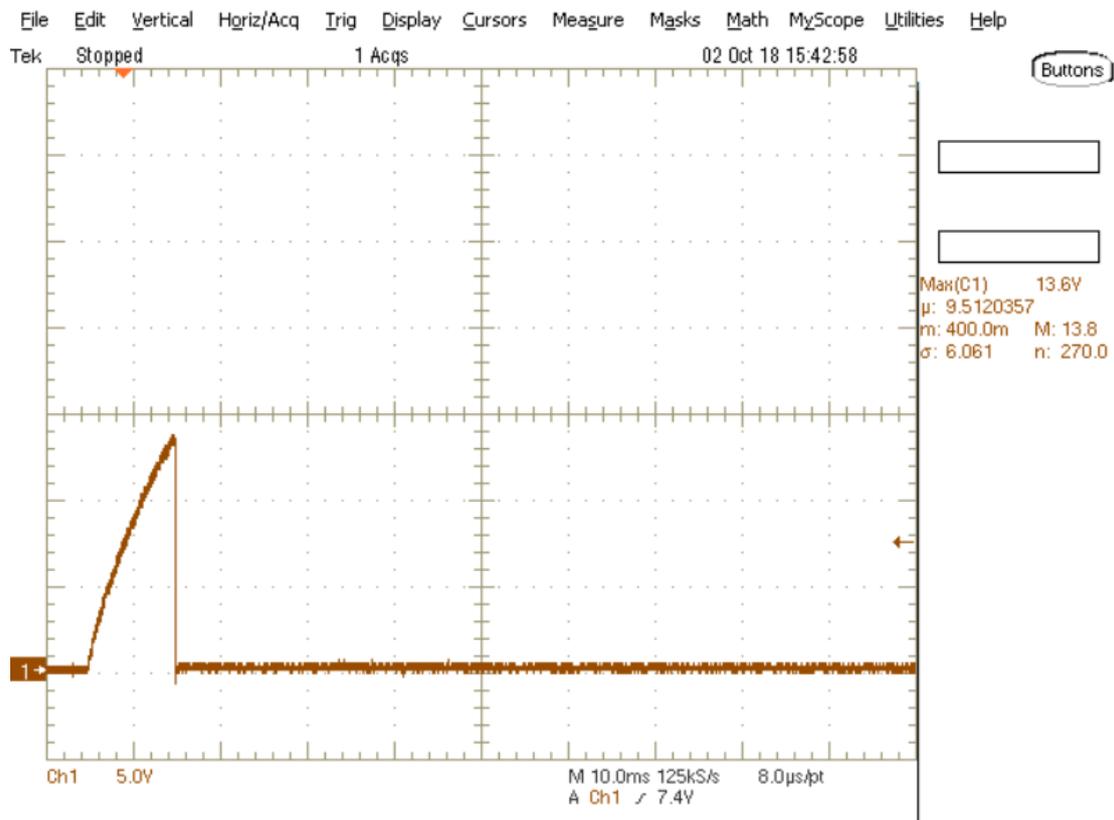


Figura 13. Tensione di scarica sul portacampione, Ch.1 [5kV/div] del generatore PEF alimentato da accumulatori

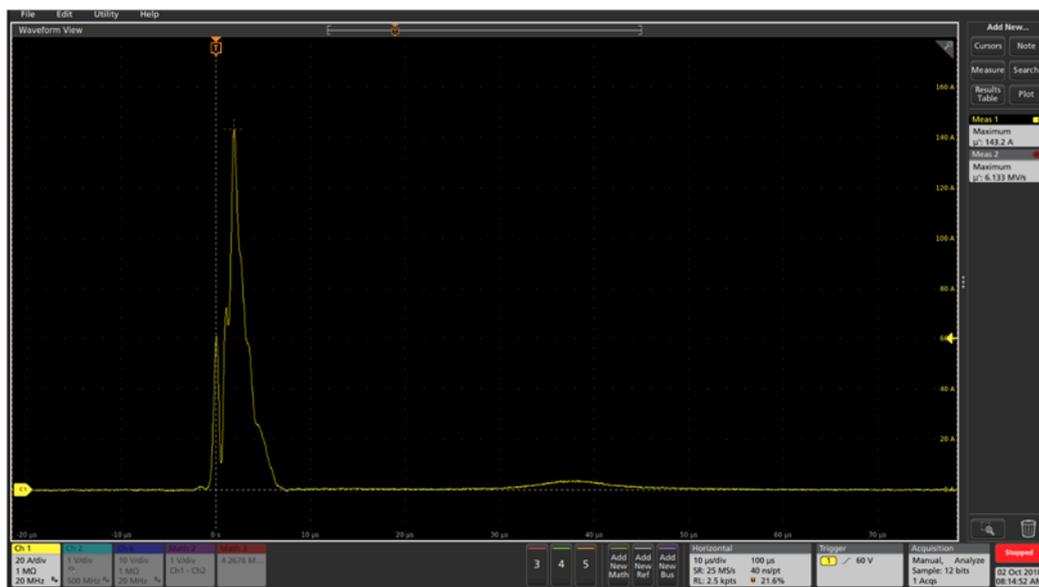
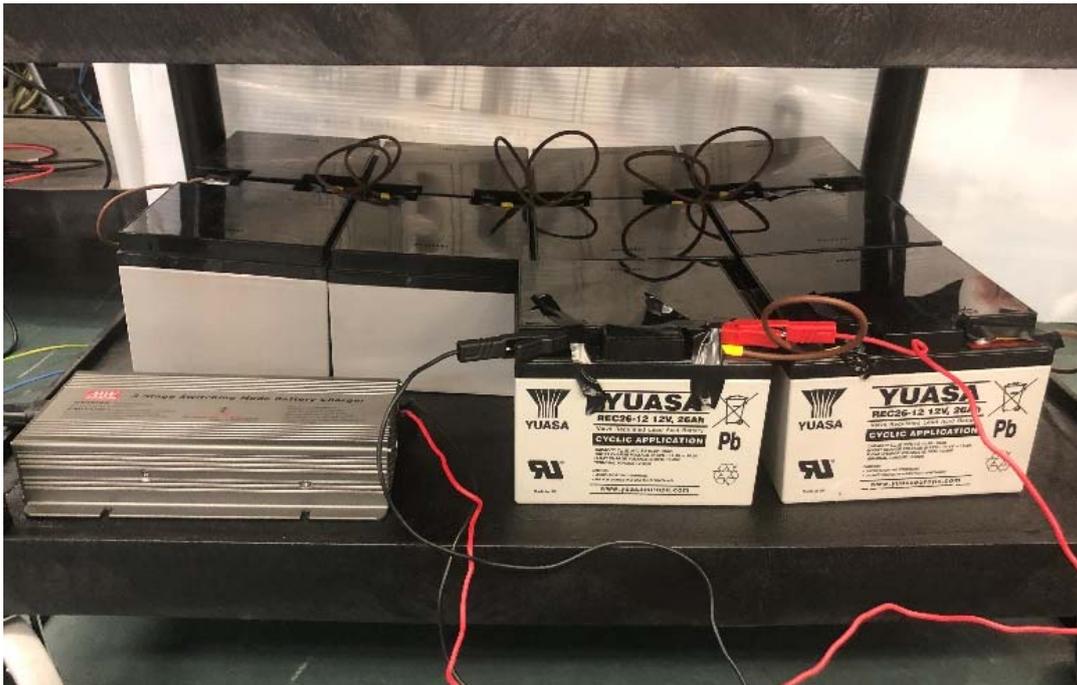


Figura 14. Corrente di scarica del generatore PEF alimentato da accumulatori

La Figura 15 riporta il sistema di accumulo per l'alimentazione del generatore di impulsi elettrici ad alta intensità.



**Figura 15. Sistema di accumulo e ricarica del PEF**

Nella Figura 16 è mostrato il generatore PEF completo di accumulatori e unità di ricarica.

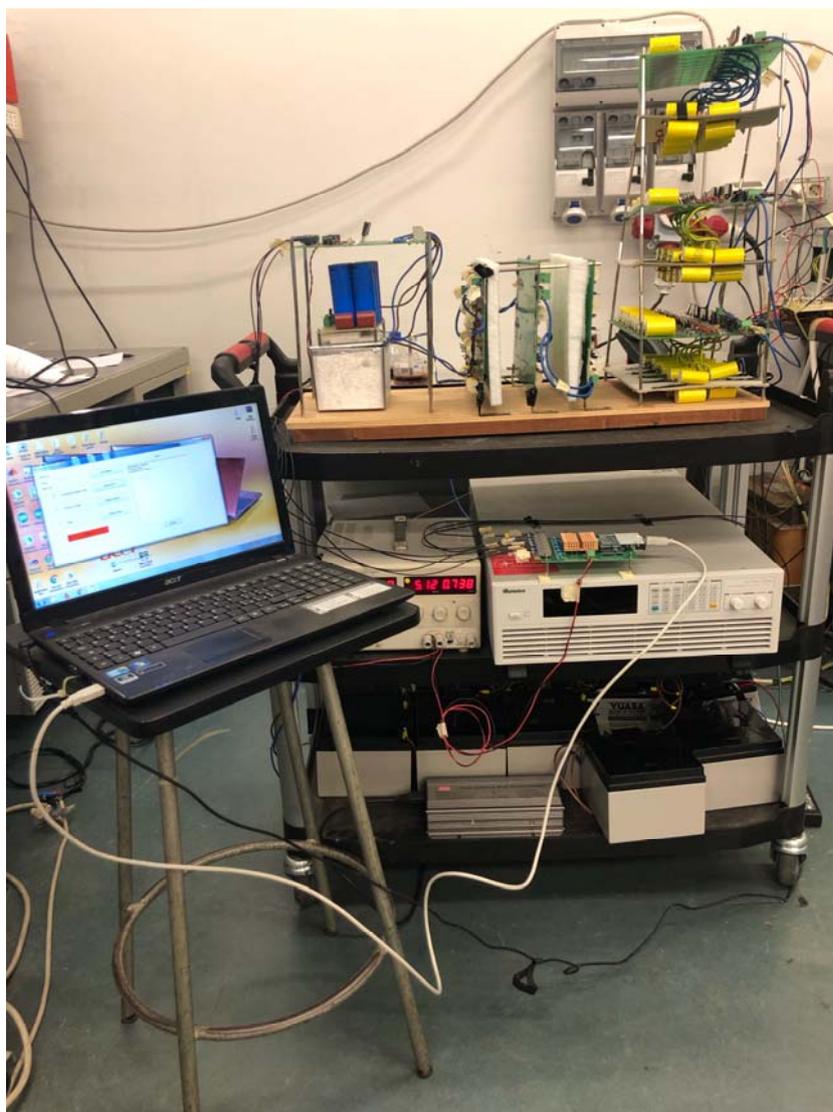


Figura 16. Generatore PEF

## 6 Conclusioni

L'attività di ricerca svolta dall'Università di Messina si è concentrata sull'ottimizzazione del generatore di campi elettrici pulsati ad alta intensità. In particolare è stato progettato e realizzato uno stadio di alimentazione dedicato provvisto di sistema di accumulo dell'energia. Inoltre è stato dimensionato uno stadio di ricarica a basso costo.

Il vantaggio derivante dall'impiego di questo sistema si riscontra nella possibilità di utilizzare il generatore PEF in assenza di fornitura elettrica dalla rete di distribuzione nazionale.

## 7 Curriculum scientifico del gruppo di lavoro impegnato nell'attività

### **SALVATORE DE CARO**

Salvatore De Caro è nato a Frankfurt am Main (Germania) nel 1975. Ha conseguito la laurea in Ingegneria elettronica presso l'università di Messina nel 2000 e il dottorato di ricerca in Ingegneria Elettrica presso l'Università di Catania nel 2004. Nel 2008 è stato titolare di una borsa di studio sul tema "Studio, simulazione e realizzazione di azionamenti elettrici 'sensorless' per applicazioni automobilistiche" nell'ambito del PRIN 2006 "Azionamenti Sensorless per Sistemi Integrati in Applicazioni Industriali e Automobilistiche". Nell'Ateneo messinese ha tenuto a partire dal 2006 il corso di Elettronica di potenza e Sistemi Elettromeccanici.

Dal 2010 ad oggi è Ricercatore Universitario (ING-IND/32) presso il dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Messina ed è membro del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in Ingegneria e Chimica dei Materiali e delle Costruzioni.

Dal 2002 è membro dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers di New York (IEEE).

L'ing. De Caro, è stato Responsabile Scientifico del progetto: MIUR PON02 "SEAPORT - "Sviluppo di tecnologie innovative per la Sostenibilità Energetica ed Ambientale di cantieri nautici ed aree PORTuali " SEAPORT - importo unità Università di Messina 326.471,00 Euro, PON02 001532939551 data inizio 01-02-2012, durata 36 mesi (Decreto n. 1139/2013 prot.24277 del 26-04-2013);

L'ing. De Caro è Task Manager del progetto Horizon 2020: Wide band gap Innovative SiC for Advanced Power (WInSiC4AP). Project ID: 737483.

È revisore per le riviste internazionali: IEEE Transactions on Industrial Electronics, IEEE Transactions on Industry Applications, Electric Power Components and Systems, IEEE Transactions on Power Electronics, Elsevier Applied Energy.

È autore di più di 60 articoli pubblicati su riviste tecniche o in atti di congressi internazionali.

### **ANTONIO TESTA**

Il Prof. Antonio Testa ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettrotecnica, all'Università di Catania nel 1988. Nel 1989, ha iniziato l'attività di ricerca grazie a borse di studio concesse dalla SGS Thomson e dalla sezione AEI di Catania.

Nel 1998 è stato chiamato come Professore Associato dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Messina, ove, dal marzo 2000 è Professore Ordinario. Nell'Ateneo messinese il Prof. Testa ha tenuto a partire dal 1994 i corsi di Elettronica industriale di potenza, Macchine elettriche, Elettronica di potenza, Macchine ed azionamenti elettrici, Sensori ed attuatori e Robotica. I maggiori interessi scientifici del Prof. Testa riguardano il controllo degli azionamenti elettrici, la generazione da fonti di energia rinnovabile, sistemi di generazione con fuel cells, sistemi di immagazzinamento dell'energia, la propulsione elettrica, i dispositivi elettronici di potenza e i convertitori switching. Il Prof. Testa è autore di più di 160 articoli pubblicati su riviste tecniche o in atti di congressi internazionali. E' inoltre coautore di tre brevetti internazionali. Dal 1991 è membro della IEEE e collabora alle attività delle società IAS, IES e PELS.

Ha collaborato nell'ambito di vari contratti di ricerca con ST-Microelectronics (Caratterizzazione e simulazione di dispositivi e circuiti elettronici di potenza), con Rockwell Automation (Tecniche di controllo sensorless per azionamenti elettrici), col Centro Ricerche FIAT (controllo di azionamenti per veicoli elettrici ed ibridi), con l'ENEA (ottimizzazione dei flussi energetici su veicoli ibridi) e col CNR (Convertitori per sistemi di generazione distribuita con celle a combustibile). E' inoltre stato responsabile dell'Unità di Messina per i Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale: "Attuatori e Sistemi per Applicazioni di Domotica"(1999-2001), "Applicazioni su larga scala di generatori modulari di energia elettrica con celle a combustibile"(2002 - 2004), "Azionamenti Sensorless per Sistemi Integrati in Applicazioni Industriali e Automobilistiche" (2006 - 2008) e coordinatore nazionale e responsabile dell'Unità di Messina del Programma di Ricerca di Interesse Nazionale "Topologie di conversione innovative per azionamenti elettrici" (2003-2005).

### **SAVERIO PANARELLO**

Saverio Panarello è nato a Messina nel 1980. Nel 2006 ha conseguito con lode la laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi di Messina. Presso la stessa università, nel 2010, ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Tecnologie Fisiche Avanzate per l'Optoelettronica, la Fotonica e Modellizzazione Elettromagnetica. Dal 2010 al 2015 è stato titolare di assegni di ricerca e borse di studio su tematiche concernenti il progetto e lo sviluppo di strumenti di misura per valutazione di affidabilità di dispositivi elettronici di potenza attraverso lo studio della distribuzione termica e della deformazione meccanica prodotta dalle condizioni operative e si è occupato anche dello studio di tecniche di controllo sensorless per azionamenti elettrici e sistemi di conversione di energia ad alta robustezza di funzionamento. Dal 2015 ad oggi fa parte del personale tecnico dell'Università degli Studi di Messina presso il Dipartimento di Ingegneria. È autore di 16 articoli pubblicati su riviste tecniche o in atti di congressi internazionali.

### **TOMMASO SCIMONE**

Tommaso Scimone ha conseguito la laurea in ingegneria elettronica presso l'Università degli Studi di Messina nel 2007 e nel 2010 il dottorato di ricerca in Energetica presso la Scuola Superiore di Catania. Dal 2010 al 2014 è stato titolare di assegno di ricerca dal titolo "Convertitori per sistemi di generazione da energie rinnovabili e con celle a combustibile" presso l'Università degli Studi di Messina. Attualmente è borsista presso il Dipartimento di Ingegneria. È co-autore di più di 30 pubblicazioni su riviste tecniche o in atti di congressi internazionali. I suoi attuali interessi di ricerca comprendono convertitori cc / cc e dc / ac ad alta potenza.

### **ORAZIO GIORDANO**

Orazio Giordano ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi di Messina nel 2010. Nel 2014, nell'ambito del progetto di ricerca STEM STELO "Sviluppo e messa a punto di sistemi e tecnologie per la realizzazione di macchine e per il miglioramento della logistica di progetto e dei trasporti eccezionali" (Codice Progetto PON01\_02380) e nel progetto di formazione STELO "Formazione Sui Trasporti Eccezionali e LOGistica di progetto", promosso da Fagioli S.p.A. in partnership con Politecnico di Bari, Università di Catania ed Università di Messina, ha conseguito il titolo di "Ricercatore esperto in sistemi e tecnologie per la realizzazione di macchine per lo sviluppo dei trasporti eccezionali". Nel 2015 ha conseguito presso l'Università degli Studi di Messina il titolo di Dottore di Ricerca in Tecnologie Fisiche Avanzate per l'Optoelettronica, la Fotonica e Modellizzazione Elettromagnetica. Dal 2014 ad oggi è stato titolare di borse di studio per ricerca su tematiche inerenti la caratterizzazione di dispositivi elettronici, sistemi di energy harvesting e convertitori di potenza. È autore di 7 articoli pubblicati su riviste tecniche o in atti di congressi internazionali e di svariati report tecnici.