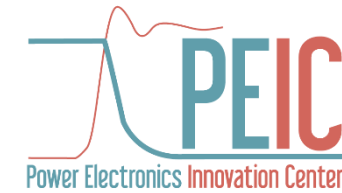




Politecnico
di Torino



Active Power Filter for Power Quality improvement of Power Converters Functional Testing Lines

Relatore:

Prof. Radu Bojoi

Candidato:

Mussinatto Federico

Co-relatori:

Fabio Mandrile



Alessandro Roveri



Vincenzo Mallemaci



Fabio Pagani



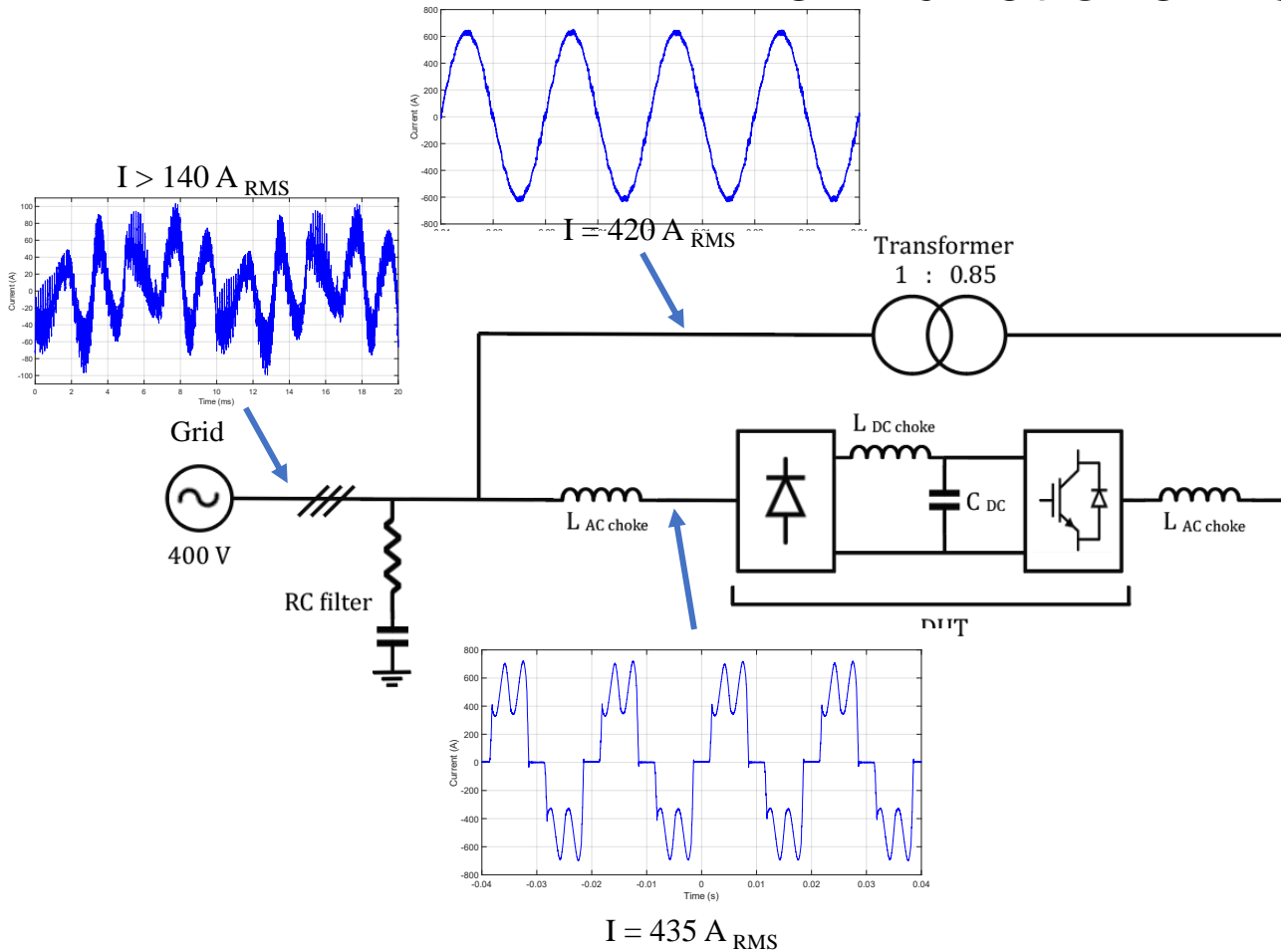
Dipartimento Energia "Galileo Ferraris"

Politecnico di Torino, Italy

30/11/2021

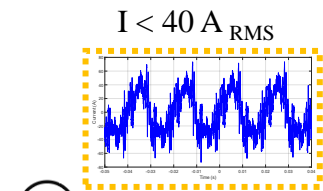
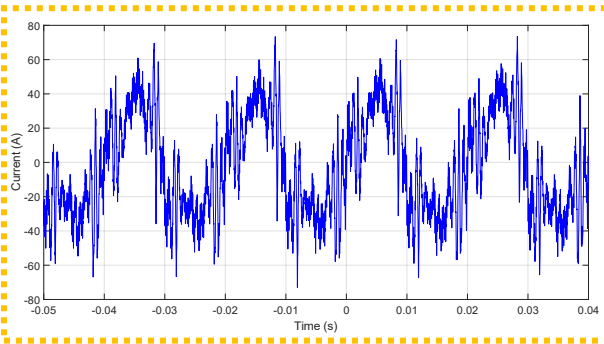


Final Functional Testing (FFT) line



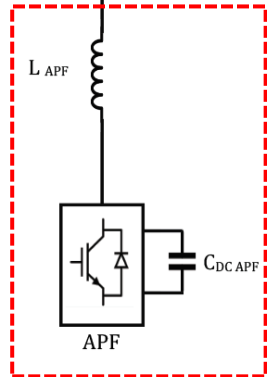
- **Problema:** per elevate correnti dei DUT la corrente di rete è maggiore della corrente massima di linea
- Intervento delle protezioni (fusibili)
- **Test non effettuabili**

Soluzione proposta

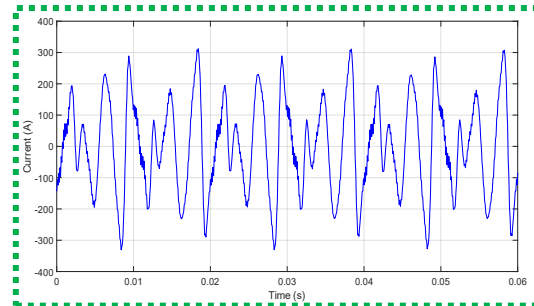
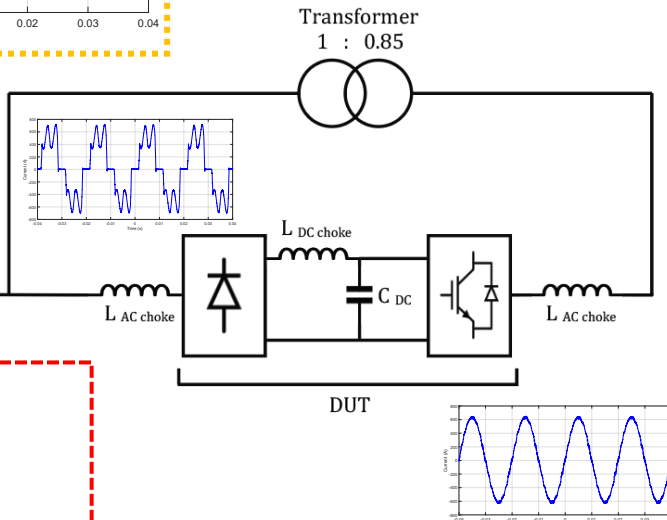
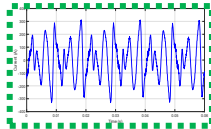


400 V
Grid

RC filter

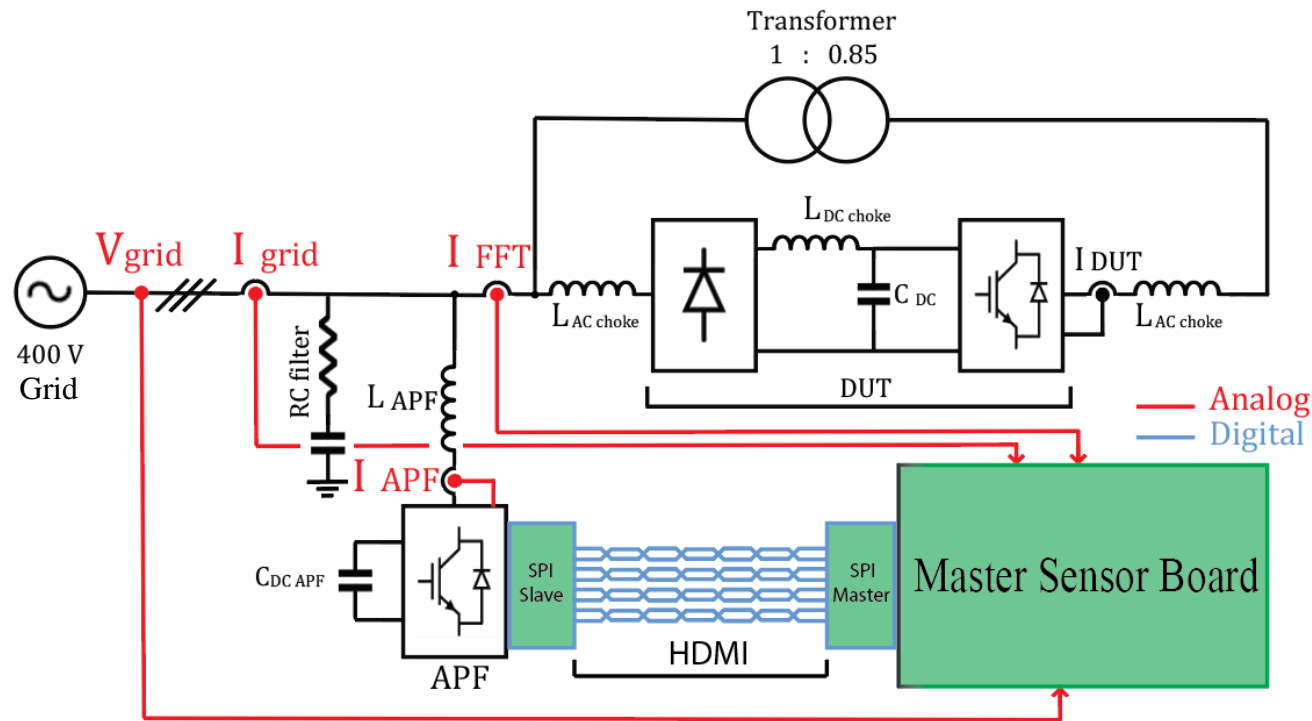


I > 100 A_RMS



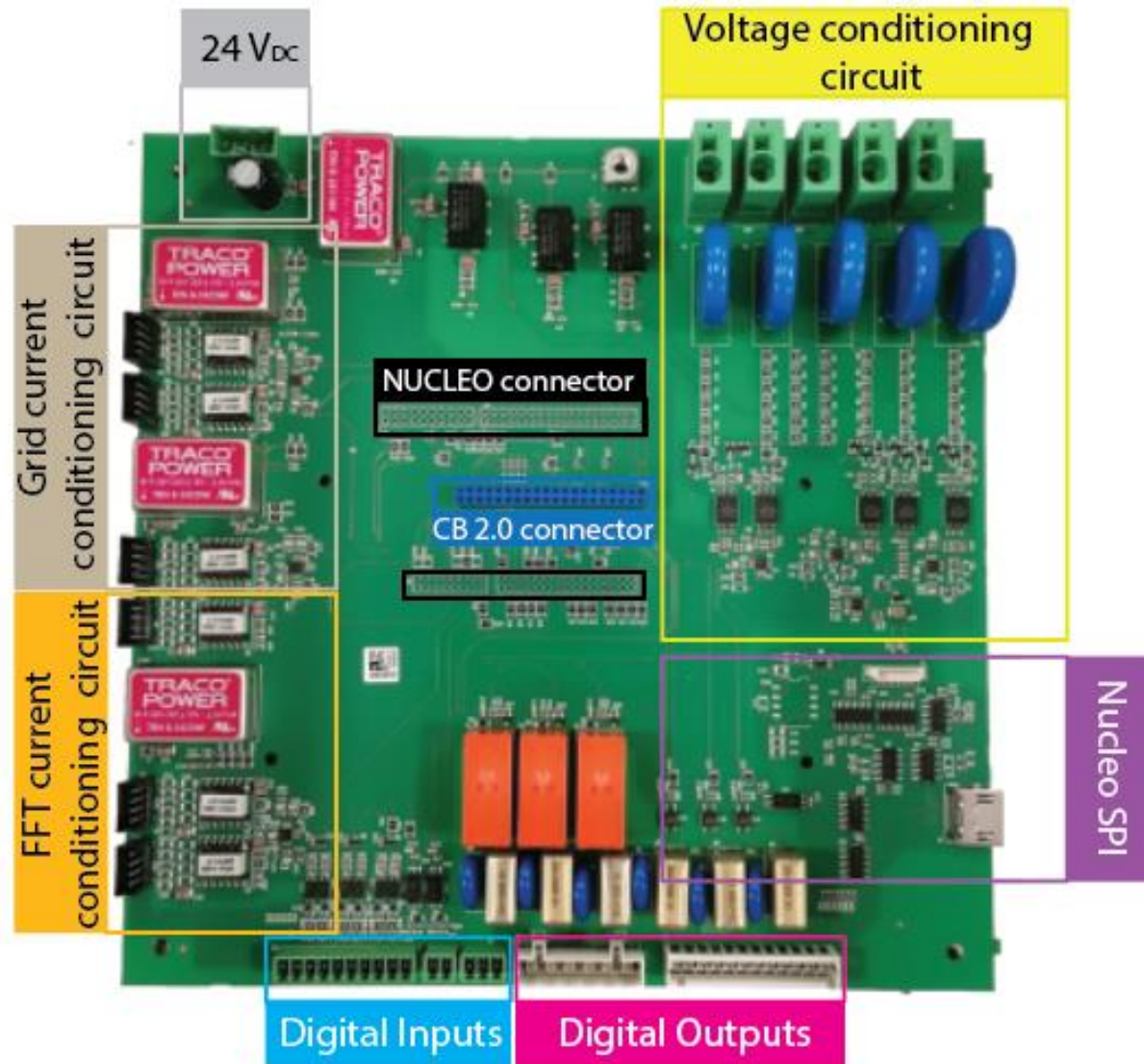
- Filtro attivo (APF): compensa le armoniche di corrente a bassa frequenza
- Le armoniche non circolano in rete → corrente di rete di prima armonica per compensazione perdite di sistema
- Requisiti misure per APF:
 - Corrente in ingresso sistema rigenerativo
 - Tensioni di rete

Obiettivi e contributi personali



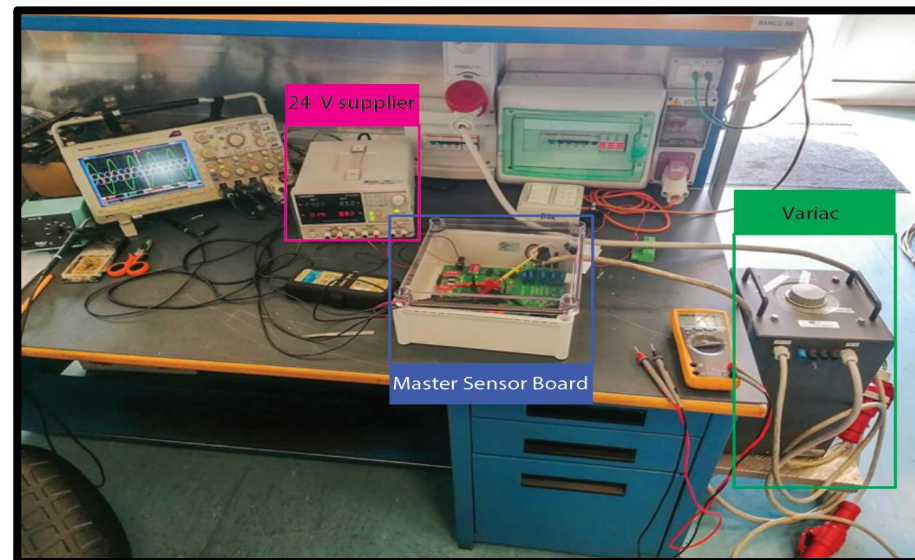
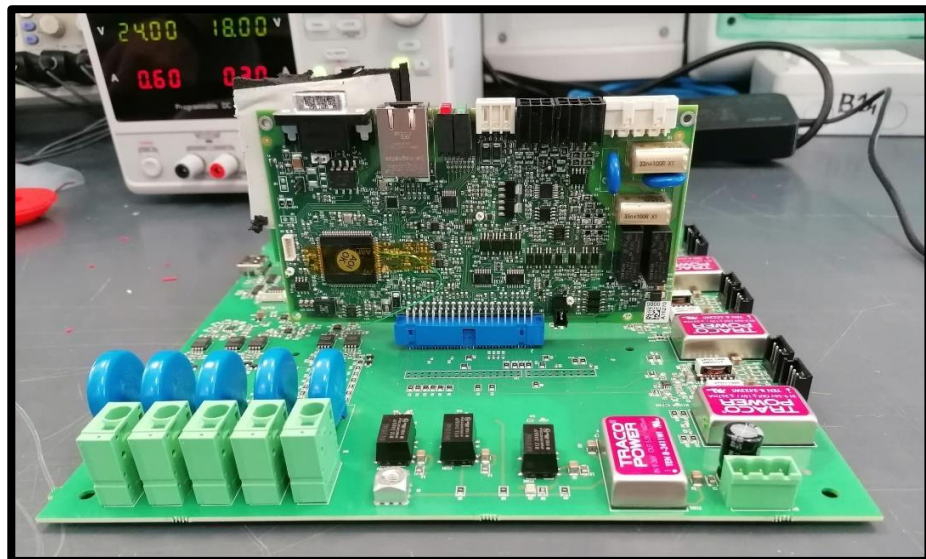
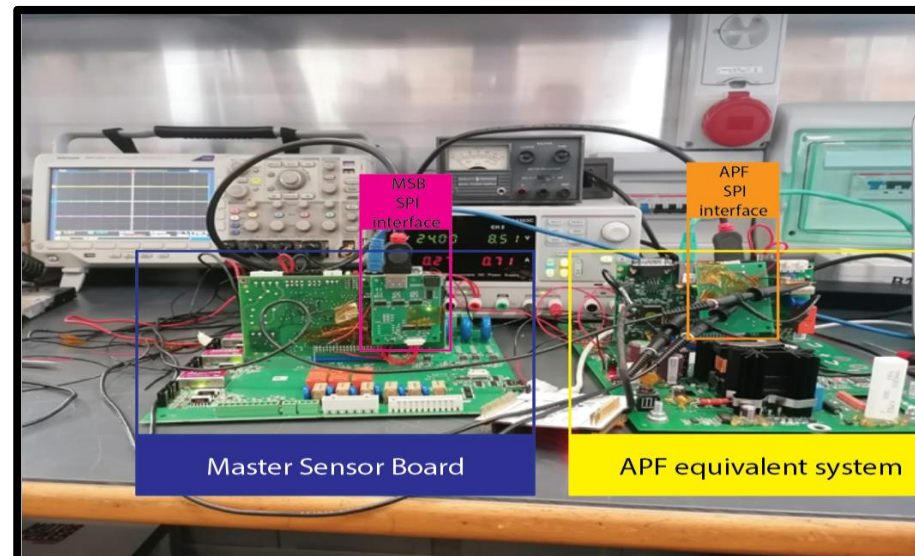
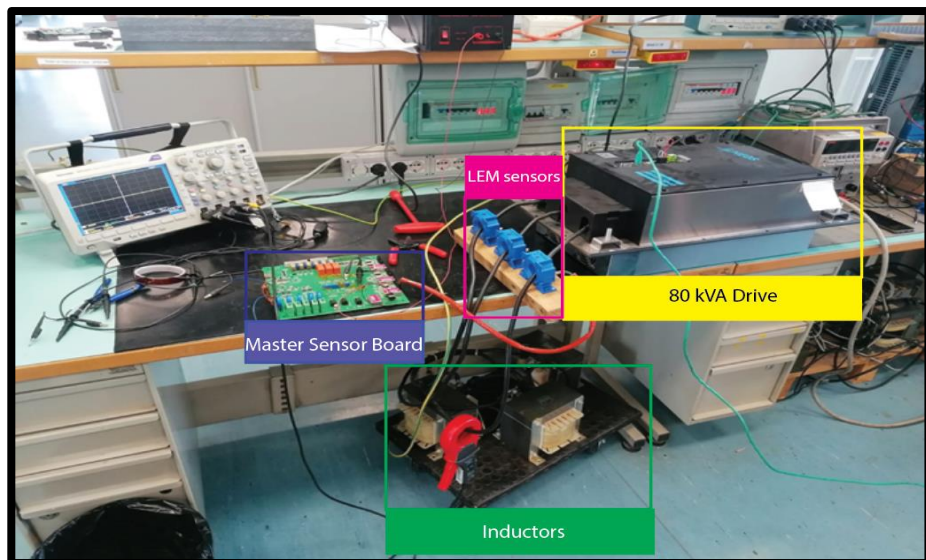
- Scheda ausiliaria Master Sensor Board (MSB):
 - Condizionamento analogico e gestione acquisizioni
 - Sincronizzazione a rete
- Algoritmo di controllo e validazione PLECS
- Implementazione controllo e validazione su linea produttiva

Master Sensor Board

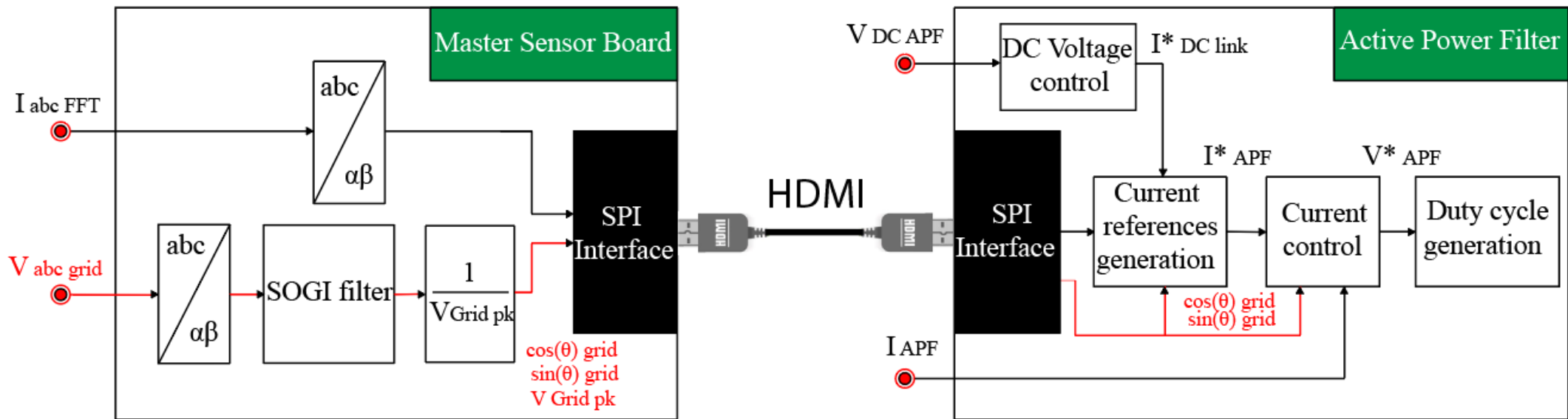
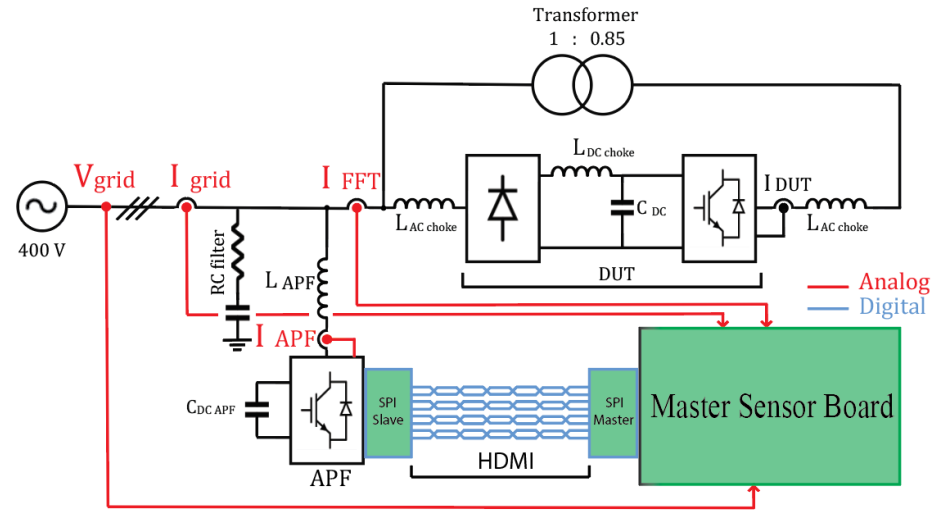


- Condizionamento analogico di tensioni e correnti
- Accoppiamento con Control Board di Prima Electro o scheda NUCLEO STM
- Comunicazione SPI differenziale a 5V

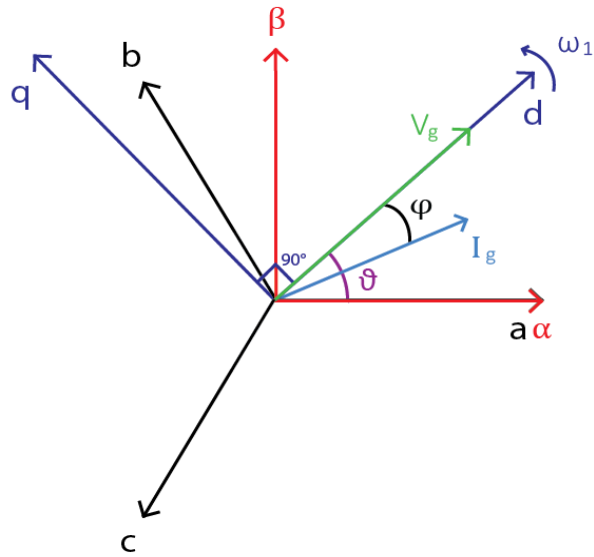
Prove di collaudo MSB



Algoritmo di controllo



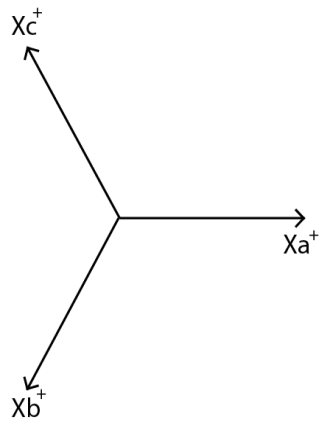
Algoritmo di controllo



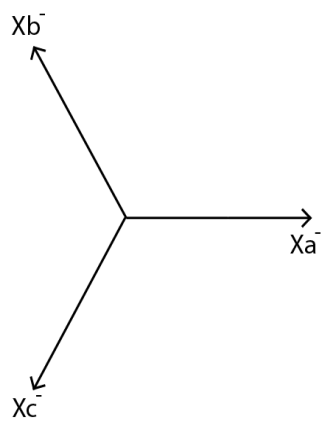
Ordine armonico (h)	Frequenza [Hz]	Sequenza	Frequenza nel riferimento dq rotante a 50 Hz [Hz]
1	50	+	0
5	250	-	300
7	350	+	300
11	550	-	600
13	650	+	600
17	850	-	900
19	950	+	900
23	1150	-	1200
25	1250	+	1200

➤ Nel riferimento rotante dq le armoniche dispari non multiple di tre collassano su una stessa frequenza

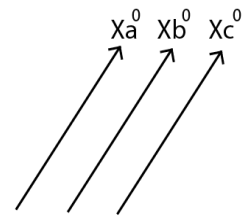
➤ Regolatori risonanti a 300 Hz, 600 Hz, 900 Hz e 1200 Hz [1]



Sequenza diretta



Sequenza inversa



Sequenza omopolare

$$H_{OLP-Res}(s) = k_p + \frac{2k_i s}{s^2 + \omega_0'^2}$$

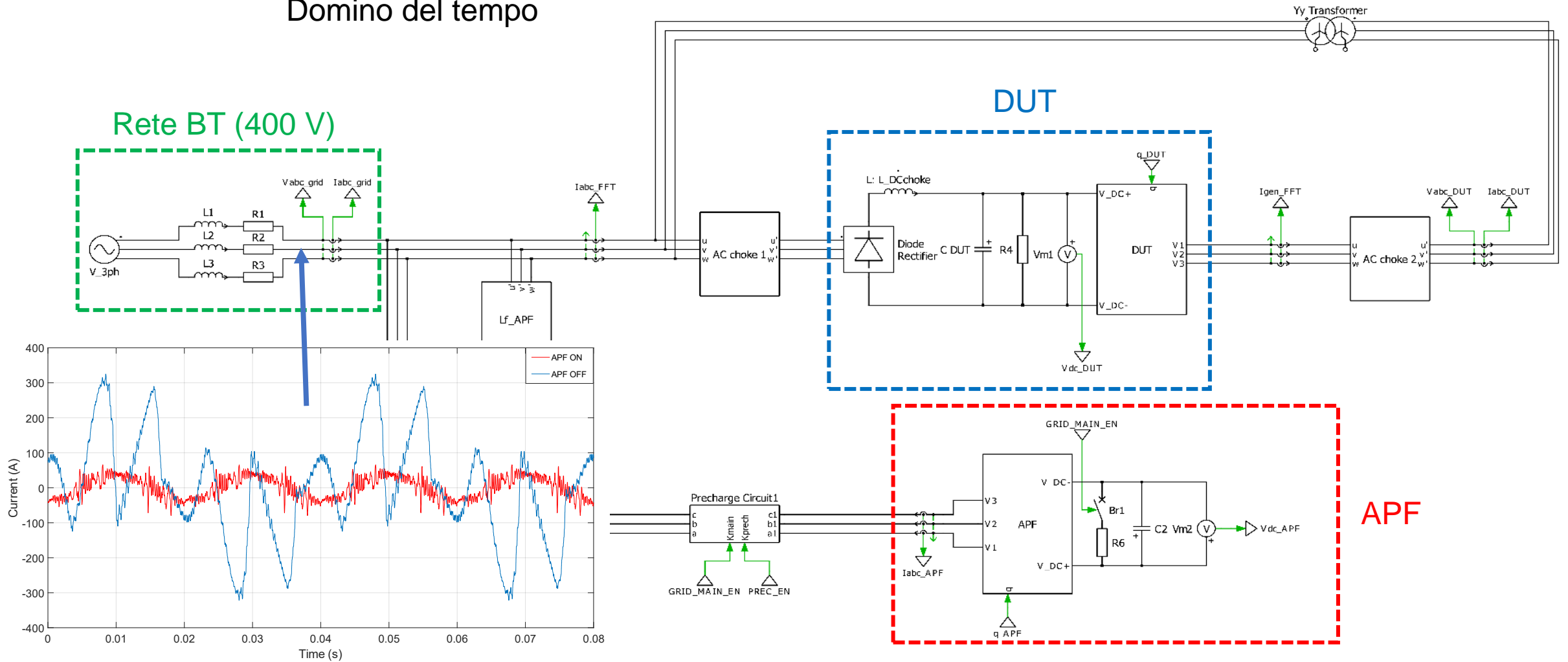
[1] R.I. Bojoi, G. Griva, V. Bostan, M. Guerriero, F. Farina, F. Profumo, "Current Control Strategy for Power Conditioners Using Sinusoidal Signal Integrators in Synchronous Reference Frame"

IEEE Transaction on Power Electronics, 20(6):1402–1412, November 2005.

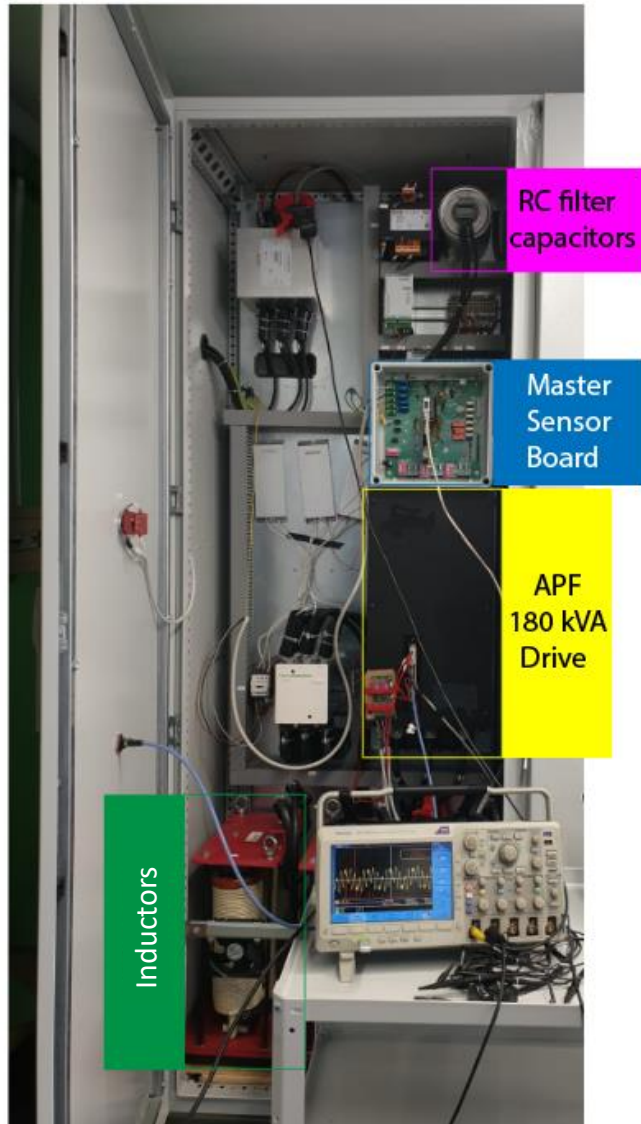
Validazione del controllo su simulazione PLECS

Risultati simulazione corrente di rete

Domino del tempo

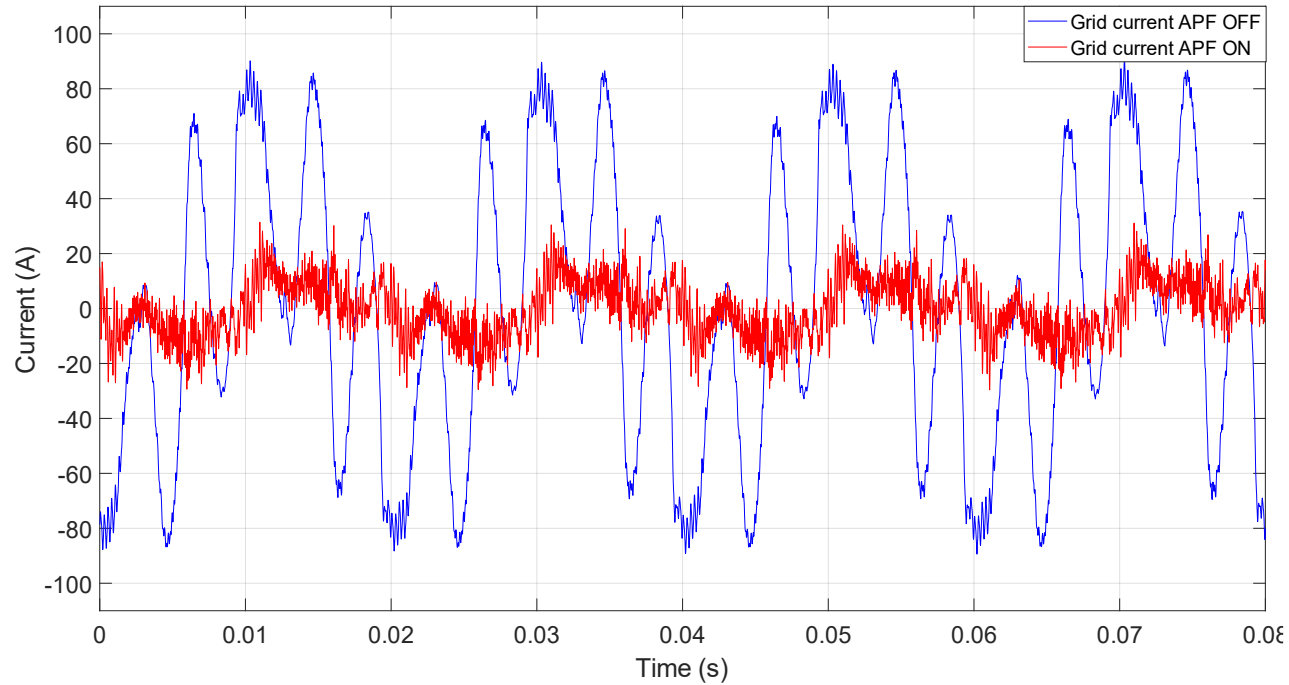


Prove sperimentali

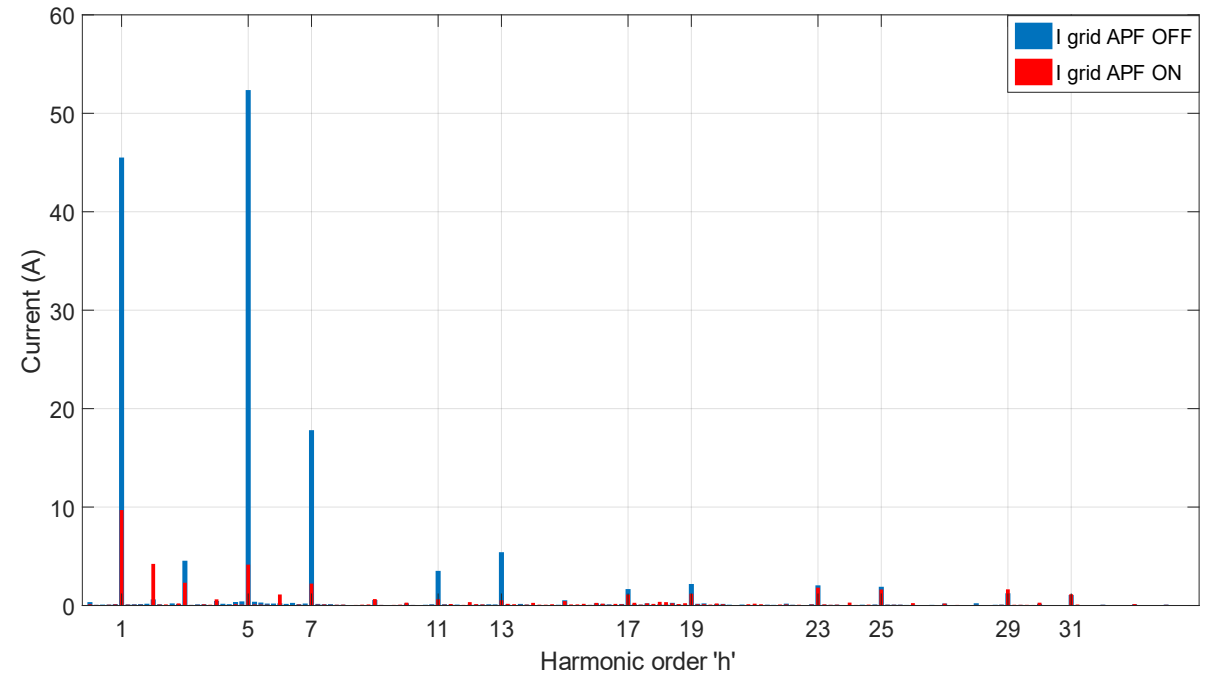


Risultati sperimentali

Corrente di rete limite protezioni



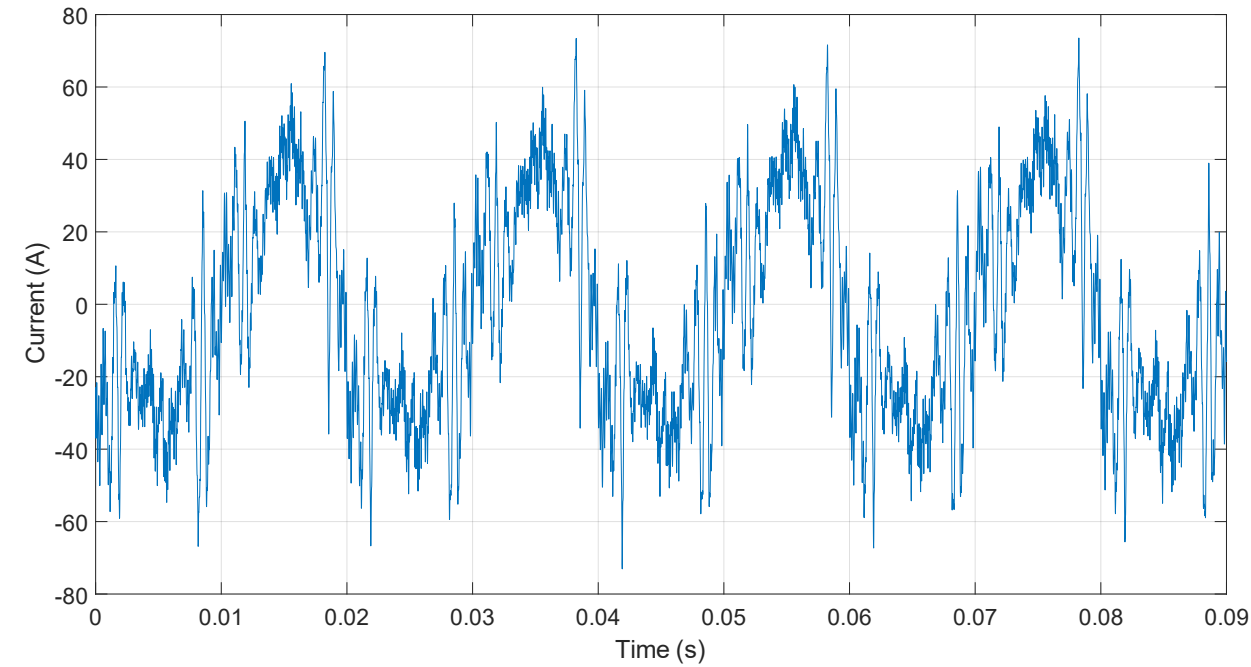
Dominio del tempo



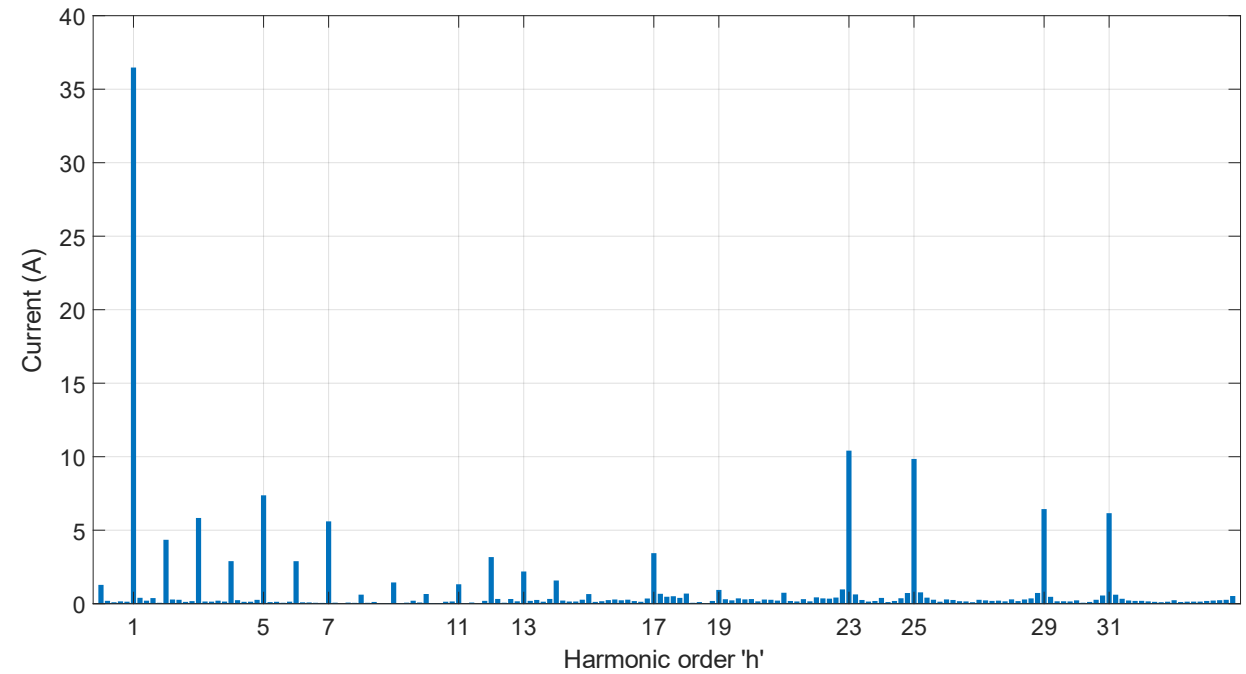
Dominio della frequenza

Risultati sperimentali

Corrente di rete test nominale



Dominio del tempo



Dominio della frequenza

Risultati sperimentali

Corrente di test del drive in prova (RMS)	Corrente di rete (RMS)		
	APF OFF	APF ON	Confronto
73 A	57.9 A	16.8 A	-71%
180 A	74.5 A *	22.5 A	-69%
300 A	104.2 A *	27.3 A	-74%
450 A	143.4 A *	30.9 A	-78%

* Questo valore è stimato da simulazione PLECS perché maggiore del limite di rete

Conclusioni

- Master Sensor Board: efficace nel condizionamento analogico, nelle acquisizioni e nella sincronizzazione a rete
- Controllo APF: efficace nella compensazione fino alla 19° armonica → riduzione della corrente di rete sotto la soglia di intervento delle protezioni di linea e **possibilità di terminare i test di collaudo anche ad elevate potenze**
- Futuri miglioramenti: compensazioni ad armoniche superiori → necessario miglioramento hardware microcontrollori e dei componenti di potenza

Grazie per l'attenzione!

