

# Design of an Industrial Power Converter for Adjustable Speed Drives

Relatori:

Prof. Radu Bojoi

Dr. Fabio Mandrile

Candidato:

Simone Giuffrida

Power Electronics Innovation Center

Politecnico di Torino, Italy

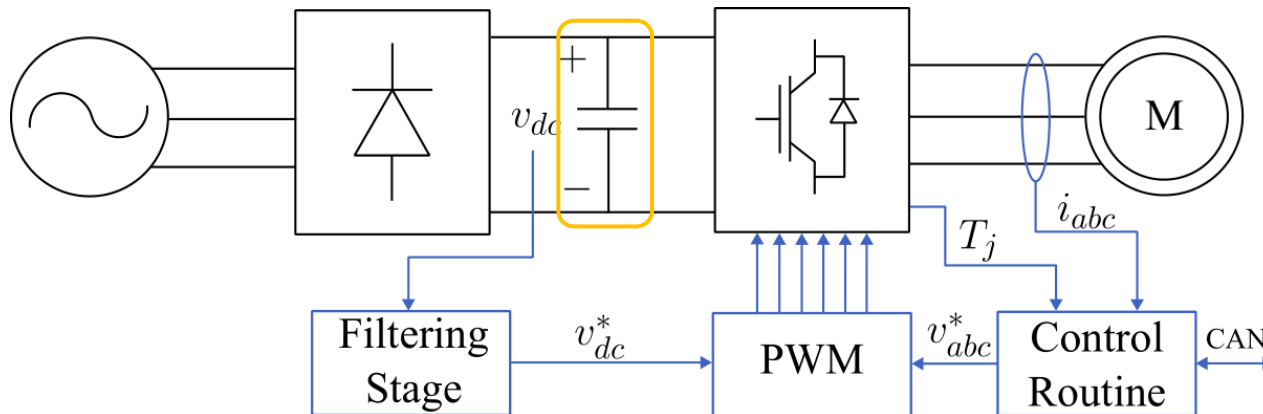
*5 October 2022*

# Indice

- ▶ **Struttura di Conversione e Specifiche**
- ▶ **Modello Analitico Semplificato**
- ▶ **Schema di Controllo**
- ▶ **Risultati della Simulazione PLECS**
- ▶ **Progettazione del Convertitore**
- ▶ **Design Schematici**
- ▶ **Verifica Termica**
- ▶ **Test Sperimentali**
- ▶ **Conclusioni**

# Struttura di Conversione e Specifiche

## Modello rappresentativo del sistema:



## Specifiche:

Rete Trifase	380V; 50Hz/460V;60Hz
Motore	7,5kW; $\cos\phi=0,85$
Conversione AC/DC	Ponte a diodi trifase
Conversione DC/AC	Inverter IGBT 2 livelli
Capacità dc-link	$\approx 20\mu\text{F}$ a Film

## Slim dc-link

Drastica riduzione della capacità ed utilizzo della tecnologia a film

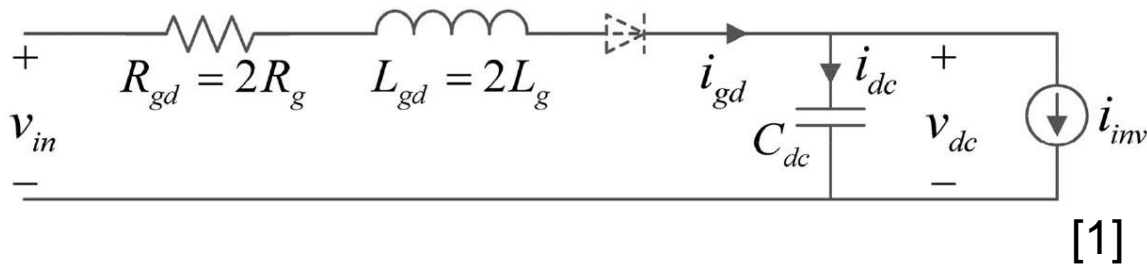
### PRO e CONTRO:

- Maggiore densità di potenza +
- Maggiore affidabilità +
- Maggiore THD della corrente di rete ✗
- Pericolose risonanze tra induttanza di rete e capacità di dc-link ✗

Da risolvere con un opportuno controllo

# Modello Analitico Semplificato

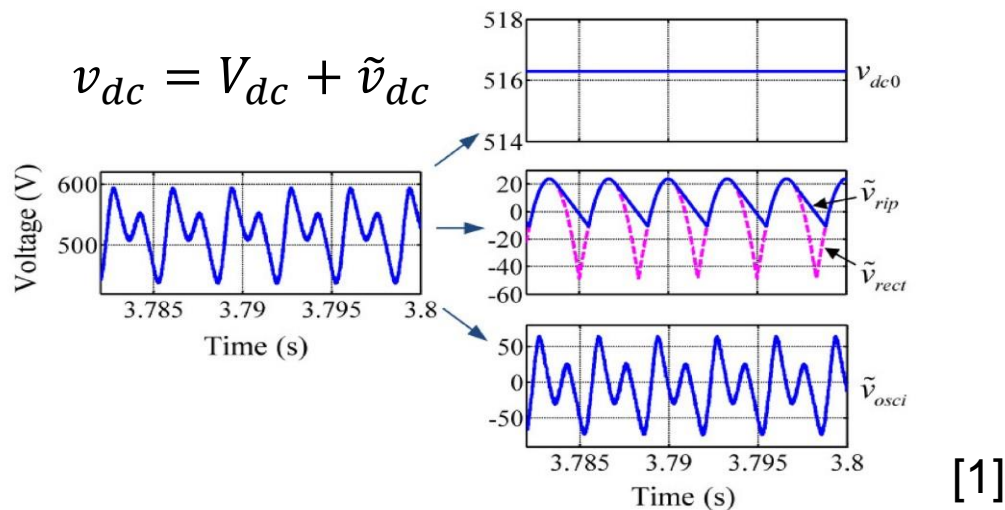
Stabilità del sistema (modello semplificato):



$$s^2 + \underbrace{\left( \frac{R_{gd}}{L_{gd}} - \frac{P_L}{C_{dc}V_{dc}^2} \right)}_{a_{10}} s + \underbrace{\frac{1}{L_{gd}C_{cd}} \left( 1 - \frac{R_{gd}P_L}{V_{dc}^2} \right)}_{a_{20}} = 0$$

La riduzione di  $C_{dc}$  provoca **instabilità e oscillazioni**

Componenti tensione di dc-link



Modifica nel calcolo dei duty cycles

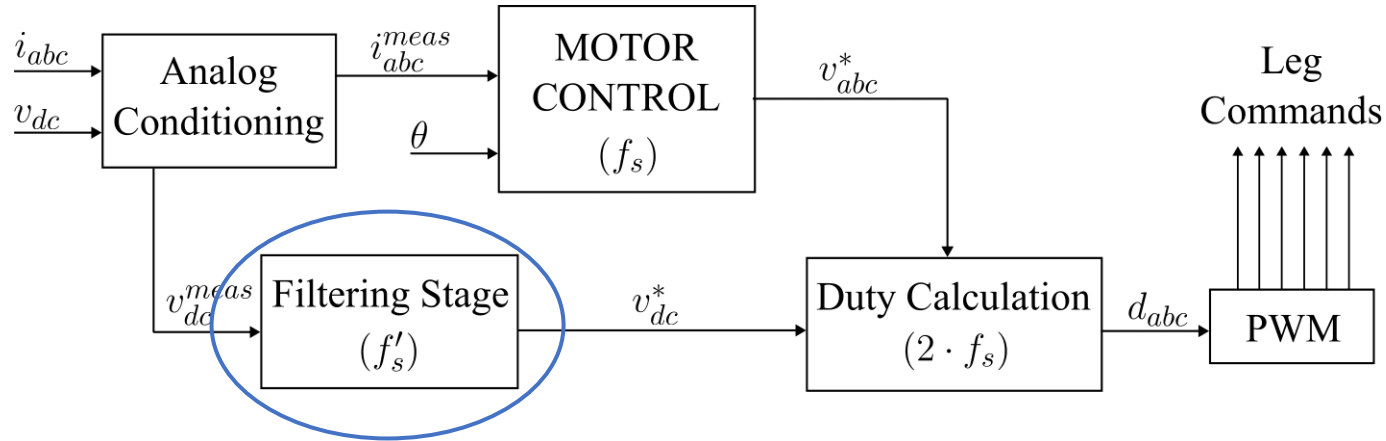
$$d = 0,5 + \frac{v_{rif}}{v_{dc}} \Rightarrow d = 0,5 + \frac{v_{rif}}{v_{dc}^*}$$

$v_{dc}^* = V_{dc} - \tilde{v}_{dc}$

$$s^2 + \underbrace{\left( \frac{R_{gd}}{L_{gd}} + \frac{P_L}{C_{dc}V_{dc}^2} \right)}_{a_{11}} s + \underbrace{\frac{1}{L_{gd}C_{cd}} \left( 1 + \frac{R_{gd}P_L}{V_{dc}^2} \right)}_{a_{21}} = 0$$

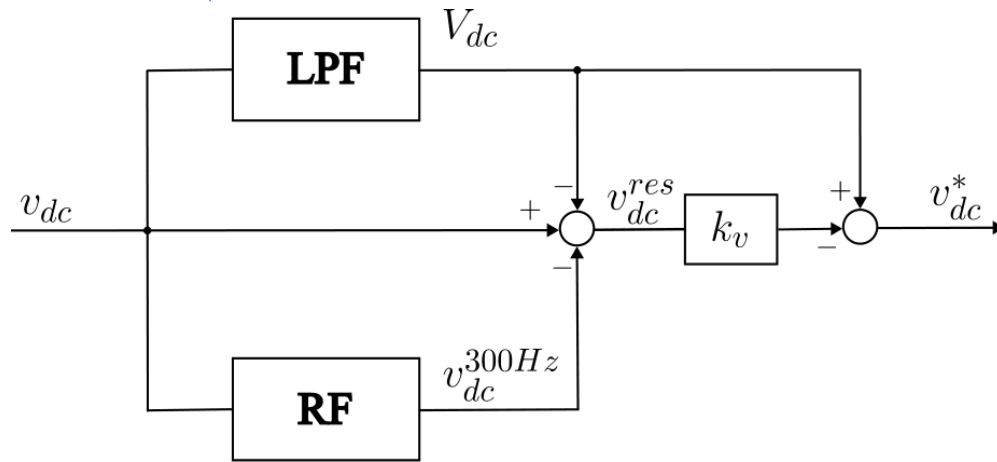
$a_{11}, a_{21} > 0$  **SISTEMA SEMPRE STABILE!**

# Schema di Controllo



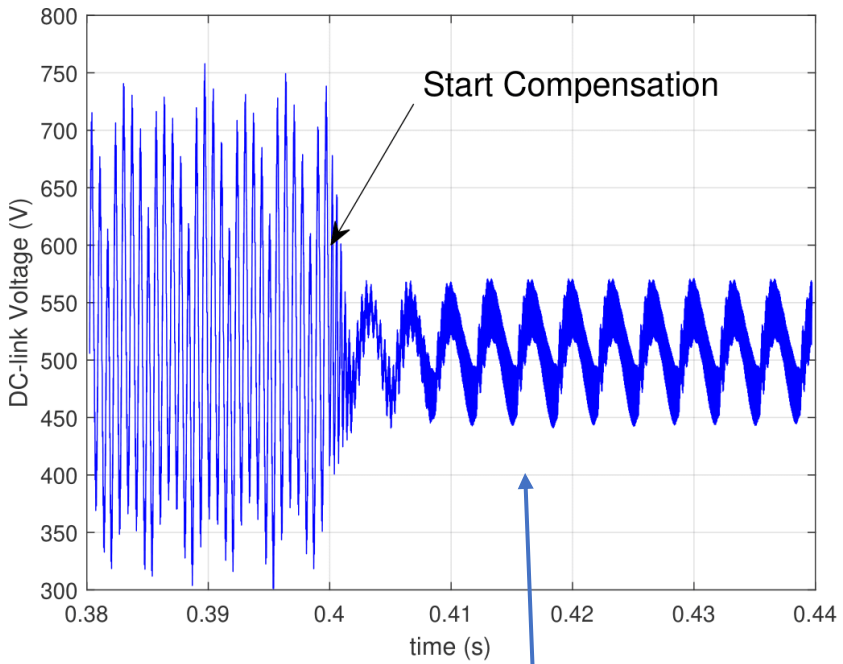
Struttura generale di controllo

$$v_{dc}^* = k_{v0} \cdot V_{dc} - k_v \cdot \tilde{v}_{dc}$$

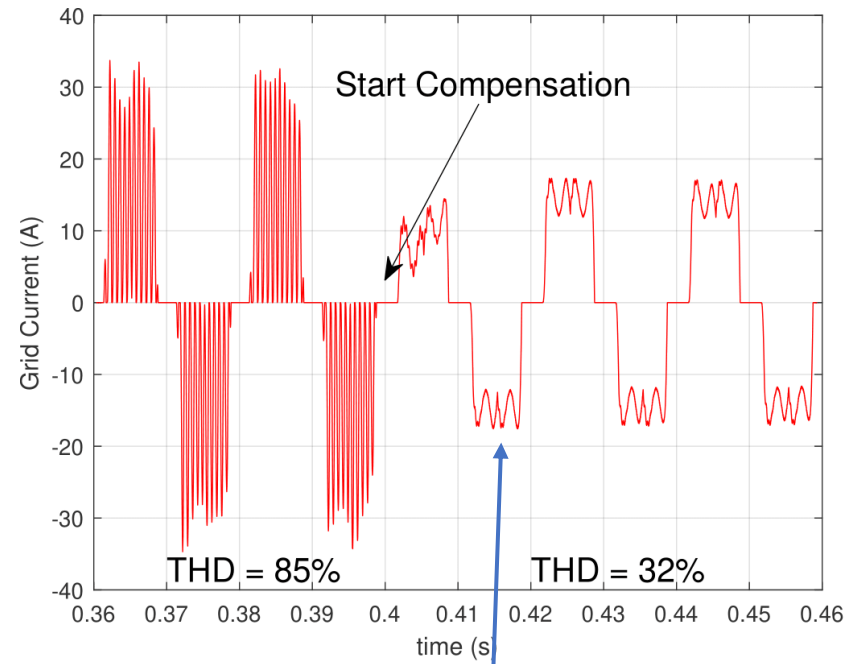


- $\uparrow k_v \Rightarrow \uparrow$ smorzamento  $\Rightarrow \uparrow$ oscillazioni di potenza  $\Rightarrow \downarrow$  performance motore
- $k_{v0}$  dipende dai parametri del sistema e dal punto di lavoro
- Si impone ragionevolmente  $k_v=2; k_{v0}=1$

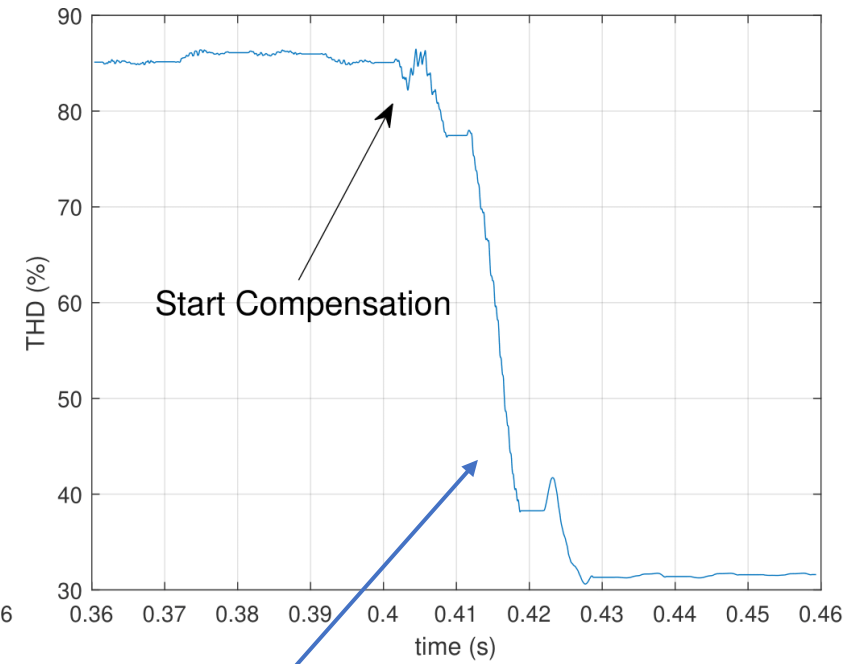
# Risultati della Simulazione PLECS



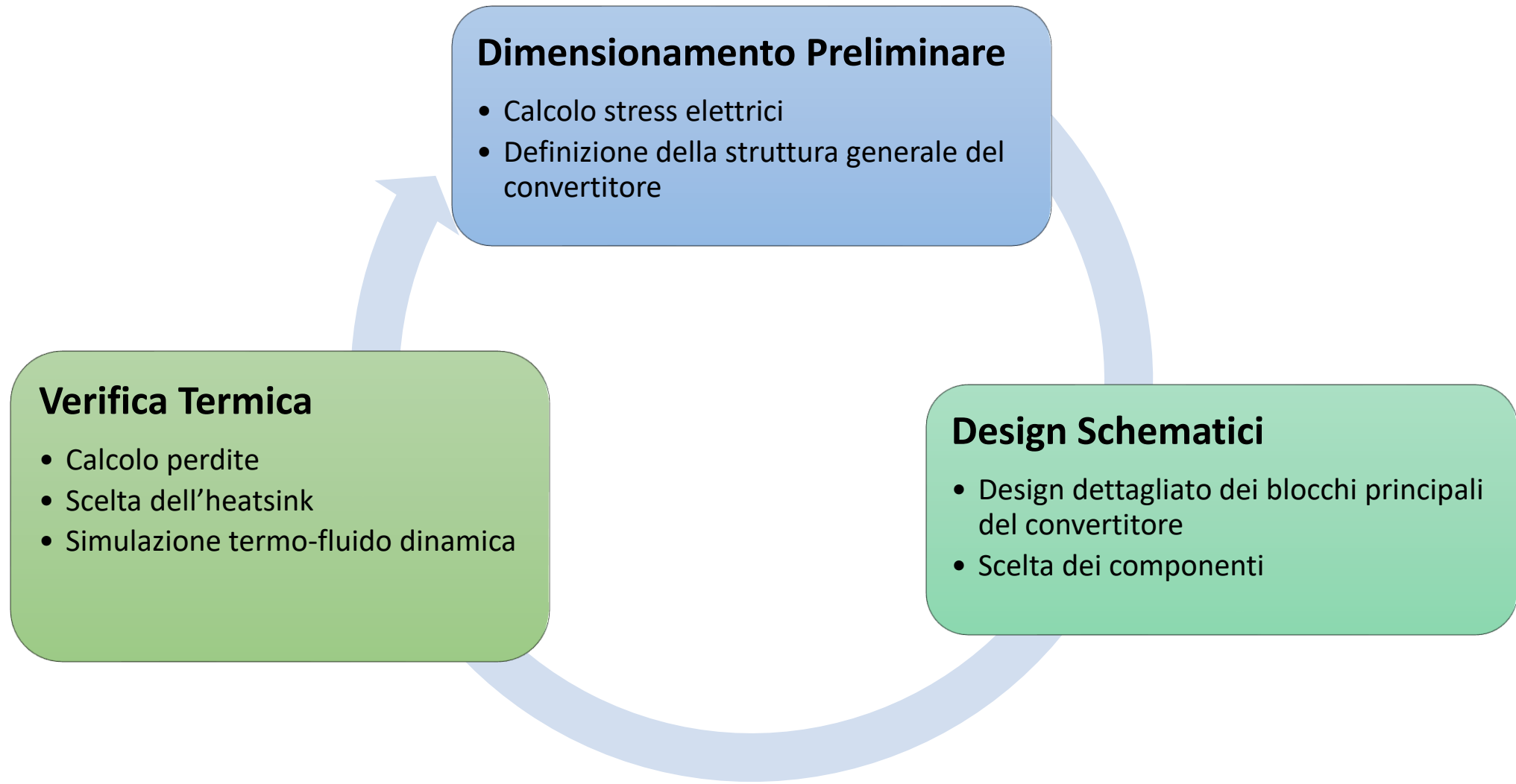
**Riduzione contenuto armonico** tensione di dc-link



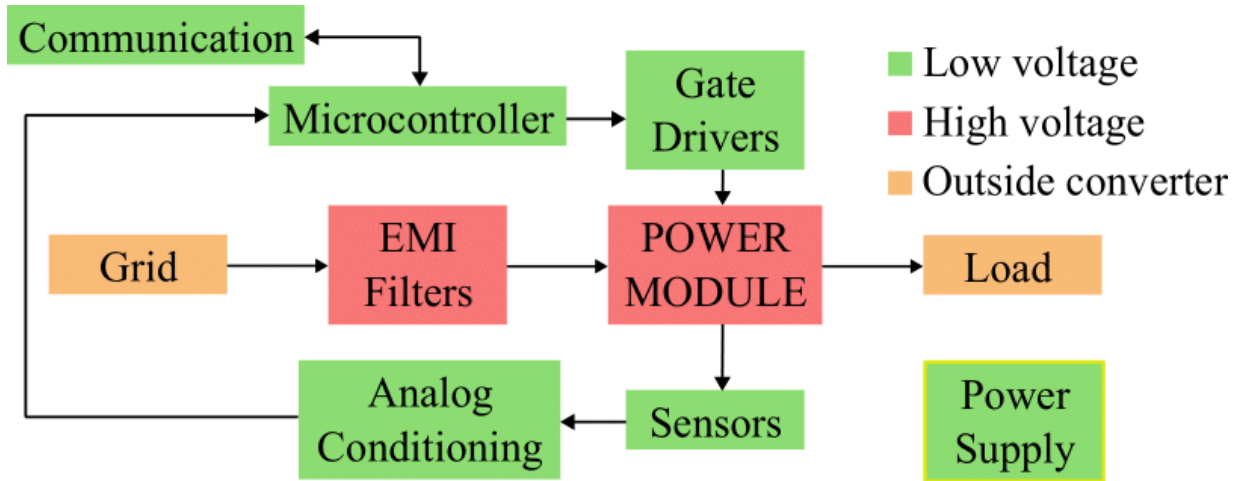
**Risonanze** della corrente di rete drasticamente **abbattute** con conseguente **riduzione del THD**



# Progettazione del Convertitore

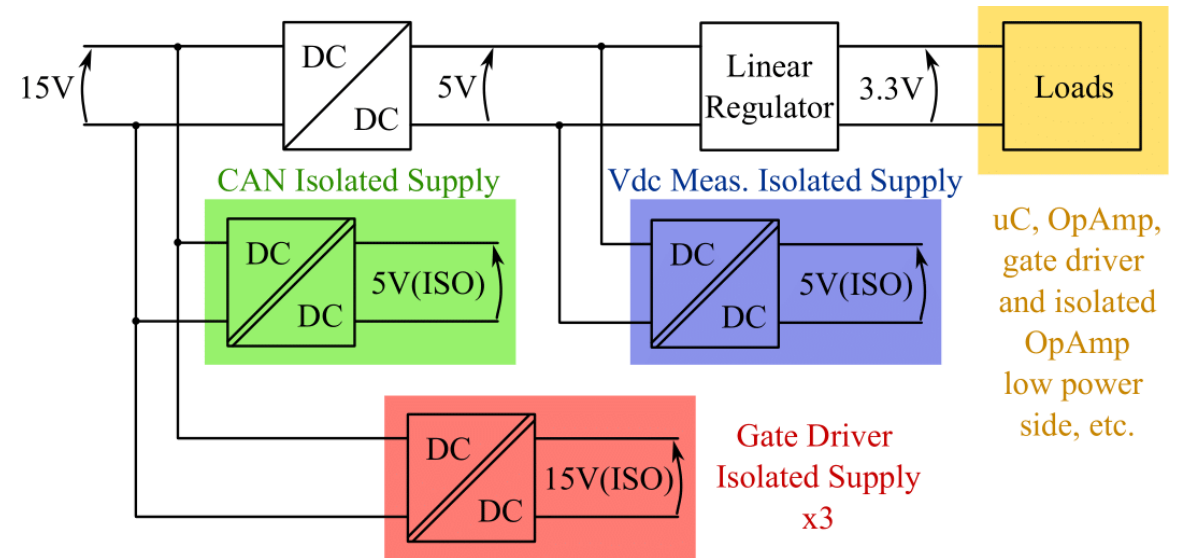


# Design Schematics

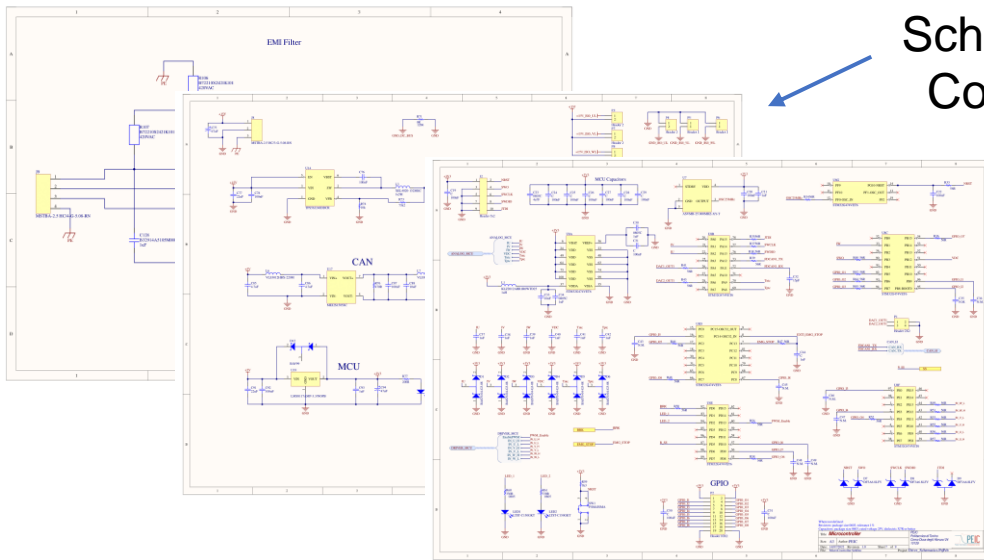


## Struttura Generale del Convertitore

### Schema a Blocchi Alimentazioni Bassa Tensione



## Schematics del Convertitore





# Verifica Termica

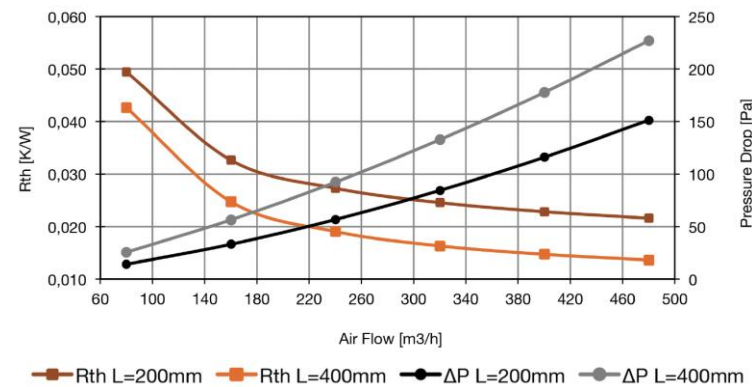
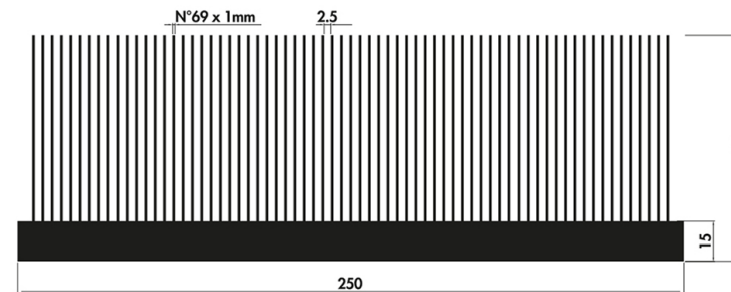
Scelta del dissipatore

Calcolo delle perdite del convertitore e minima resistenza termica richiesta

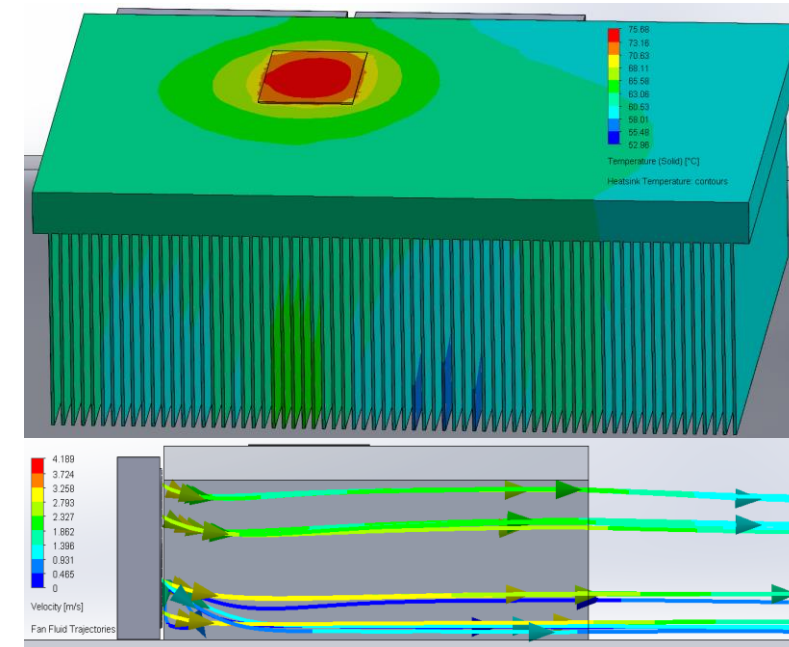
$$T_{s,max} = 80^{\circ}\text{C} \quad T_{amb} = 45^{\circ}\text{C}$$

$$P_{loss}^{TOT} = 200\text{W}$$

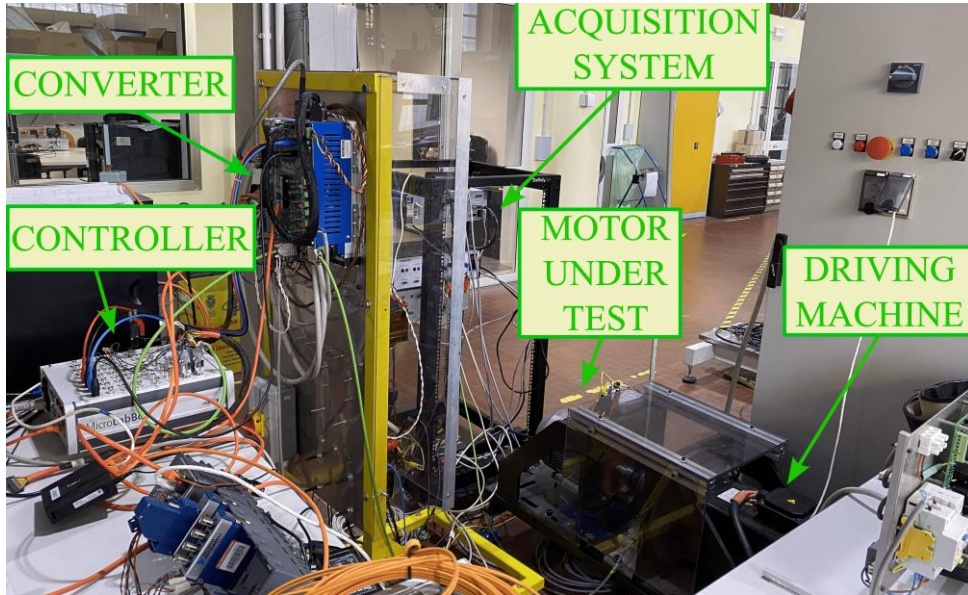
$$R_{th,s-a} = \frac{T_{s,max} - T_{amb}}{P_{loss}^{TOT}} = 0,175 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$



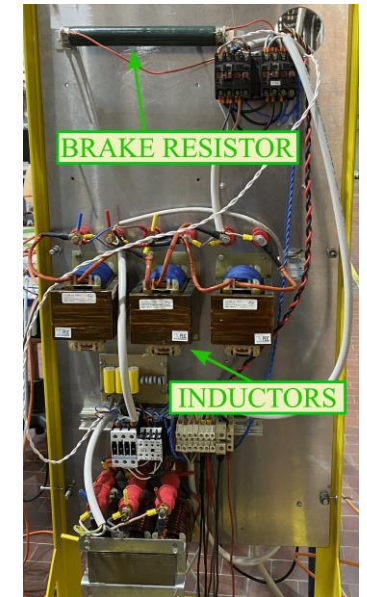
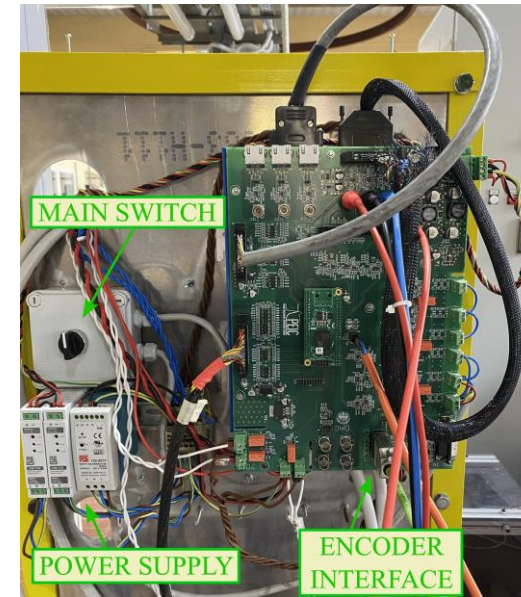
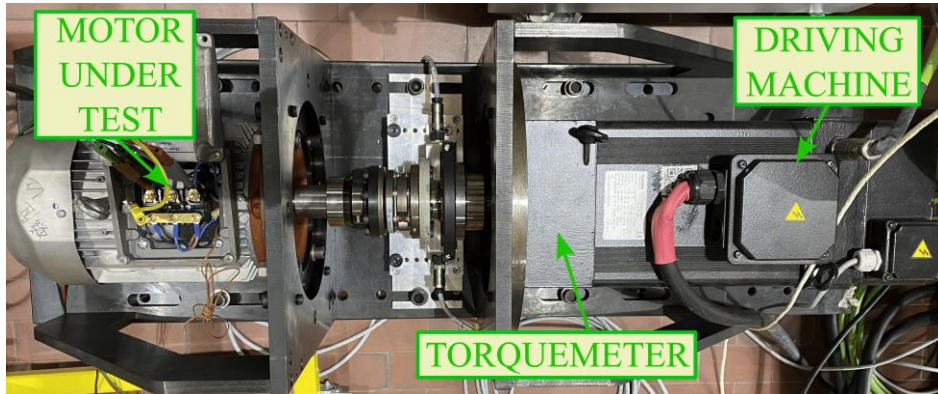
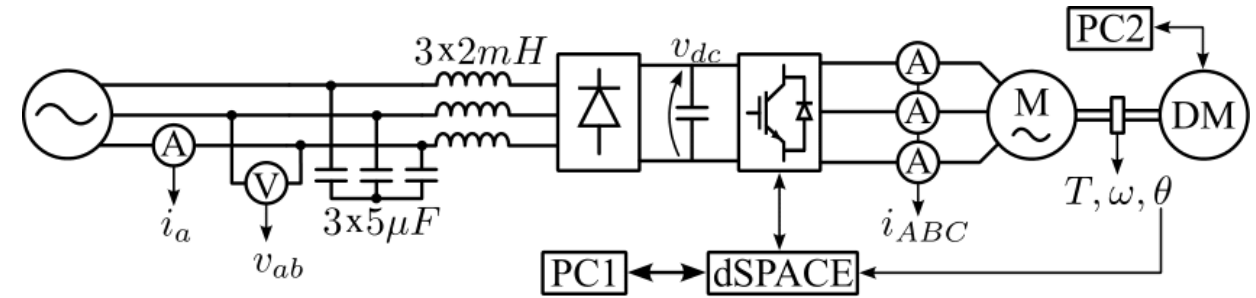
Verifica delle performance (Simulazione termo-fluido dinamica)



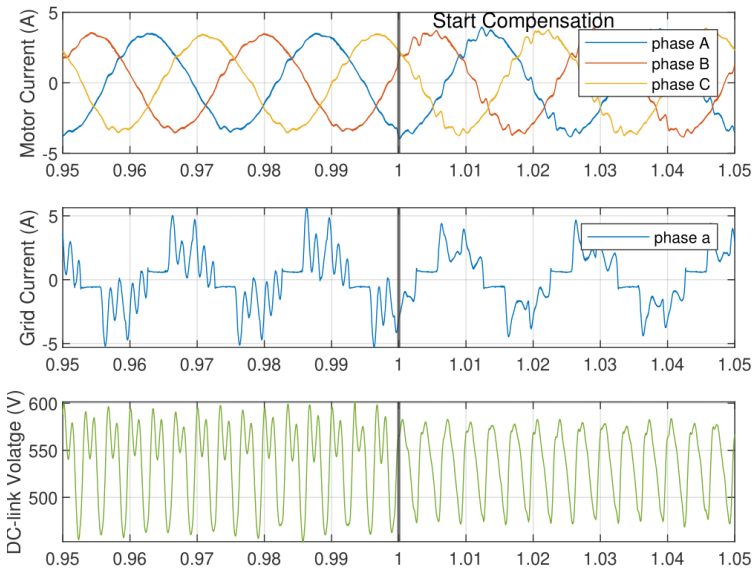
# Test Sperimentali



Banco prova per validare il controllo per lo smorzamento delle oscillazioni (**convertitore già esistente**)

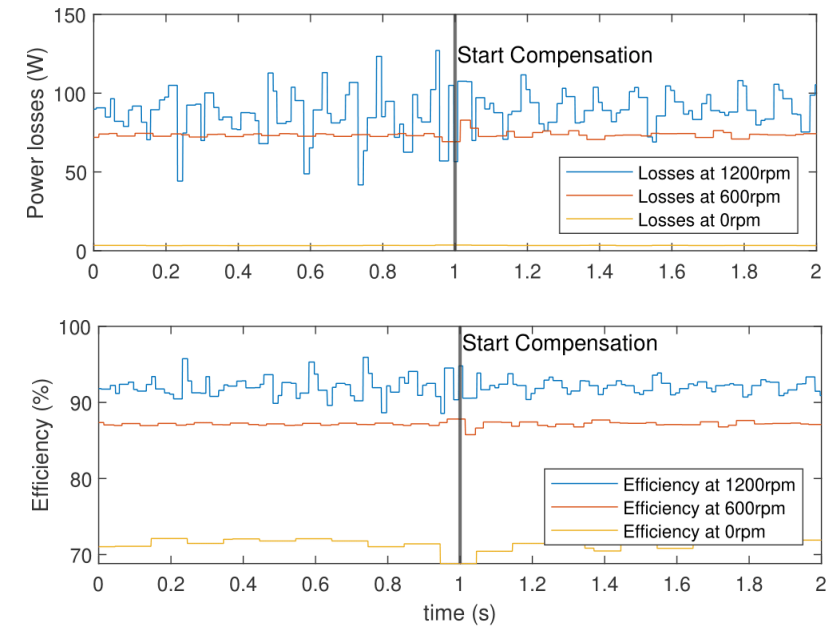
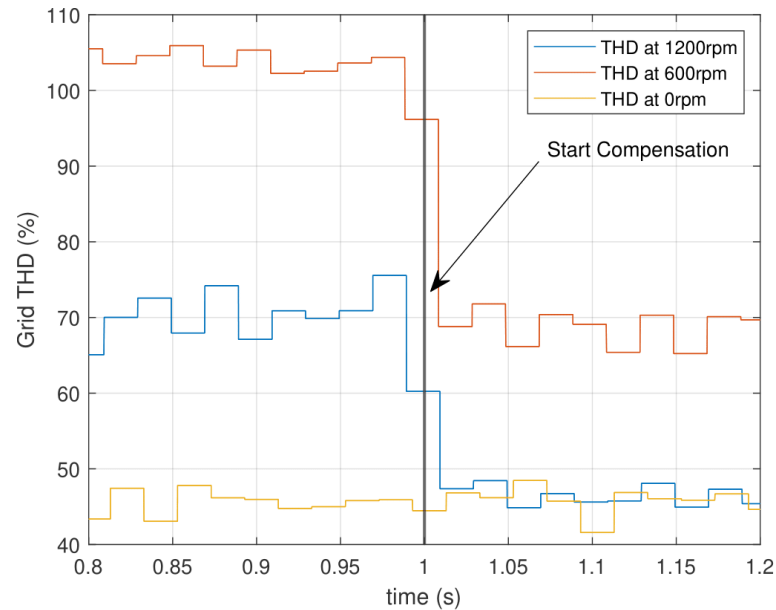


# Test Sperimentali



Test a 1kw (1200rpm, 8Nm)

Test a diverse velocità



I risultati mostrano un importante **riduzione del THD** della corrente di rete e la **quasi completa scomparsa delle risonanze** nella tensione di dc-link, quindi validando la strategia di controllo

## Conclusioni:

- Design Hardware del convertitore ✓
- Sviluppo algoritmo di controllo per smorzamento attivo delle risonanze ✓
- Test sperimentali per validazione del controllo ✓

## Contributi Personali:

- Revisione **bibliografia** e definizione della strategia di controllo più adatta
- **Simulazione** del sistema e validazione del **controllo**
- Panoramica del modulo di potenza e dei vari **componenti** e scelta dei più appropriati in termini di performance e costo
- Dimensionamento dell'heatsink e **verifica termica** mediante simulazione termo-fluido dinamica
- Sviluppo degli **schematici** e configurazione delle periferiche del microcontrollore

## Sviluppi Futuri:

- Sviluppo di un controllo motore di tipo sensorless compatibile con l'algoritmo per lo smorzamento attivo delle risonanze

**Grazie per l'attenzione**