



Politecnico di Torino
Corso di laurea in Ingegneria elettrica

Tesi di Laurea Magistrale

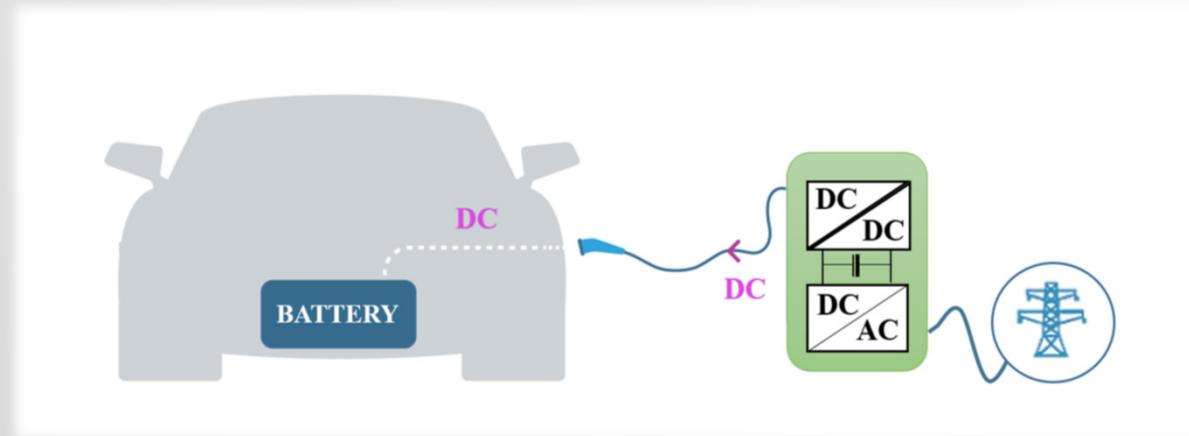
**Progettazione di convertitori AC/DC per sistemi
di ricarica ultrafast delle batterie**

Relatore
Iustin Radu Bojoi

Candidata
Helena Mirante

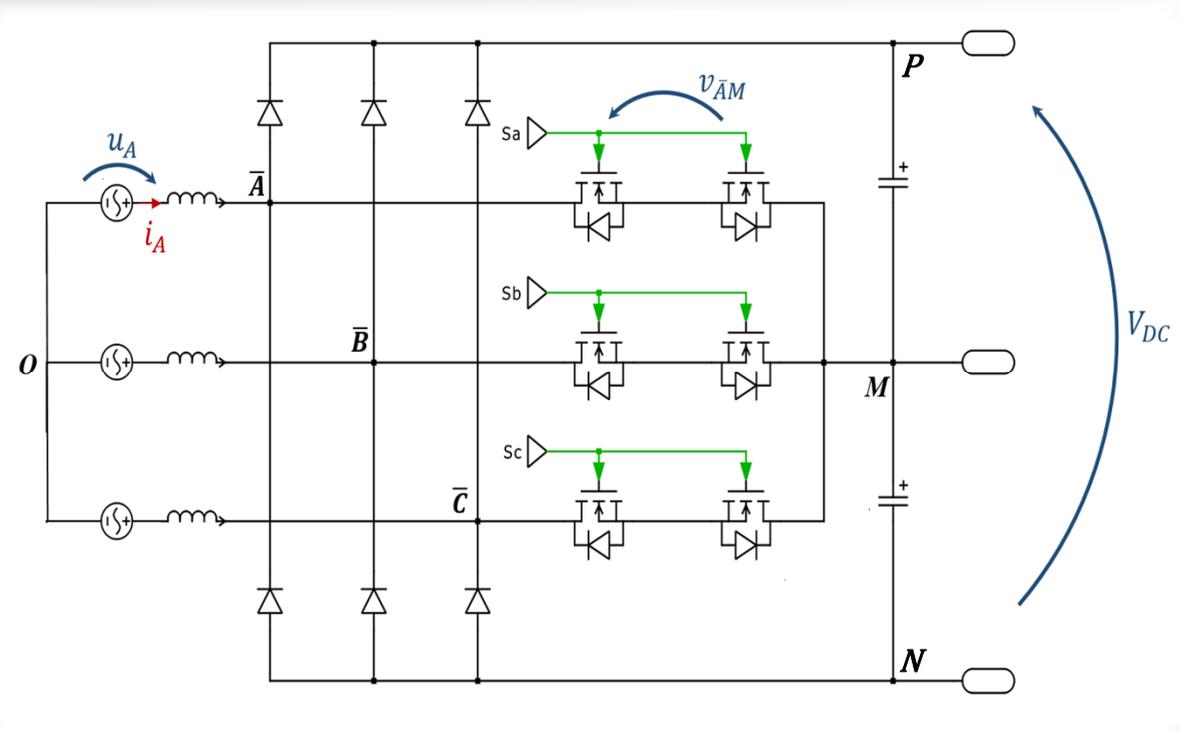
Ottobre 2019

- Ricaricare batteria in breve tempo;
- Progettare convertitore AC/DC con alto PF e basso THD;
- Simulare in PLECS il comportamento del convertitore.



T-Type Rectifier

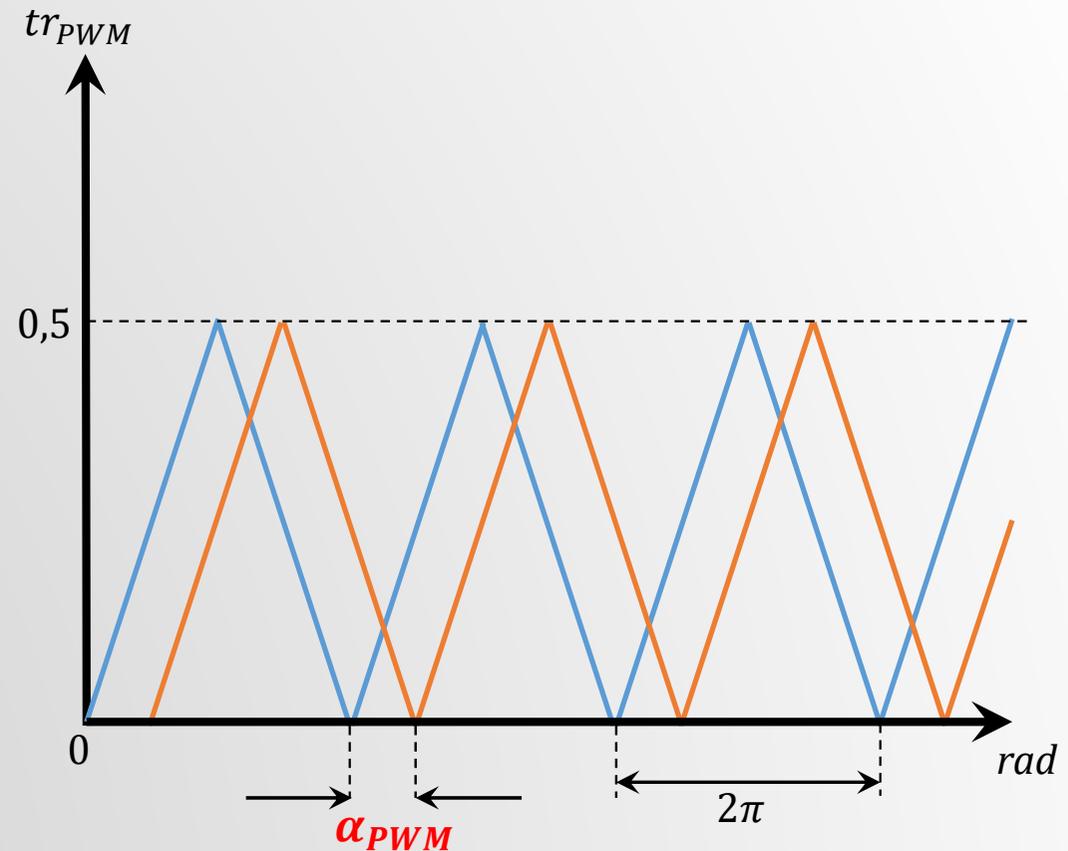
- Raddrizzatore monodirezionale
- Attivo a tre livelli
- Quattro dispositivi per gamba
- Bassa potenza dissipata in conduzione



Interleaving

Soluzione: due T-Type Rectifier connessi in parallelo con sfasamento (α_{PWM}) fra le due portanti.

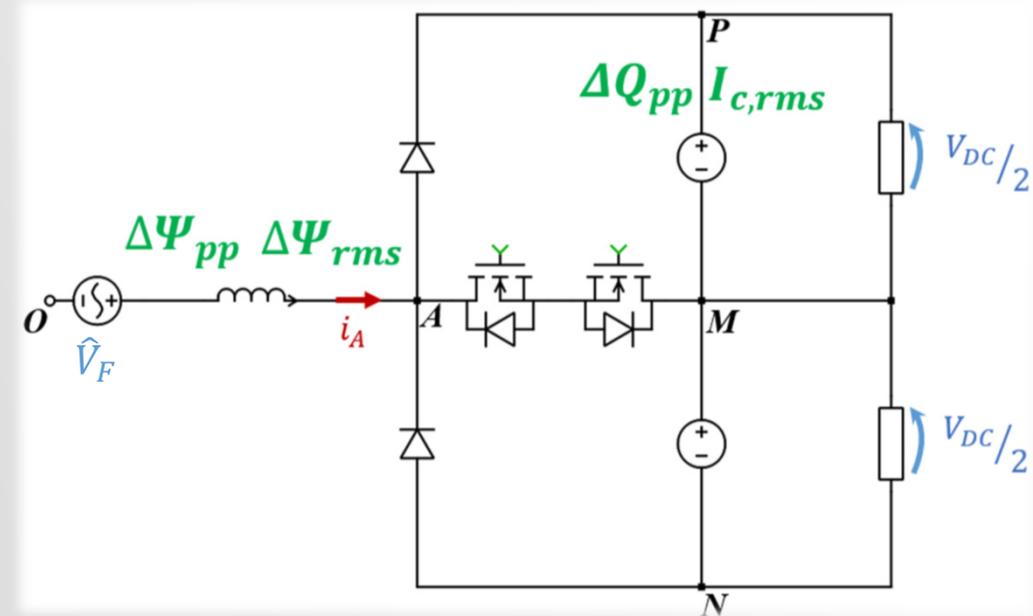
- Riduzione stress termico sui devices,
- Riduzione del ripple di corrente in entrata,
- Riduzione del ripple di carica nel DC-link,
- Aumento del numero di componenti,
- Aumento della complessità del controllo,
- Aumento del ripple di corrente sul singolo induttore di boost.



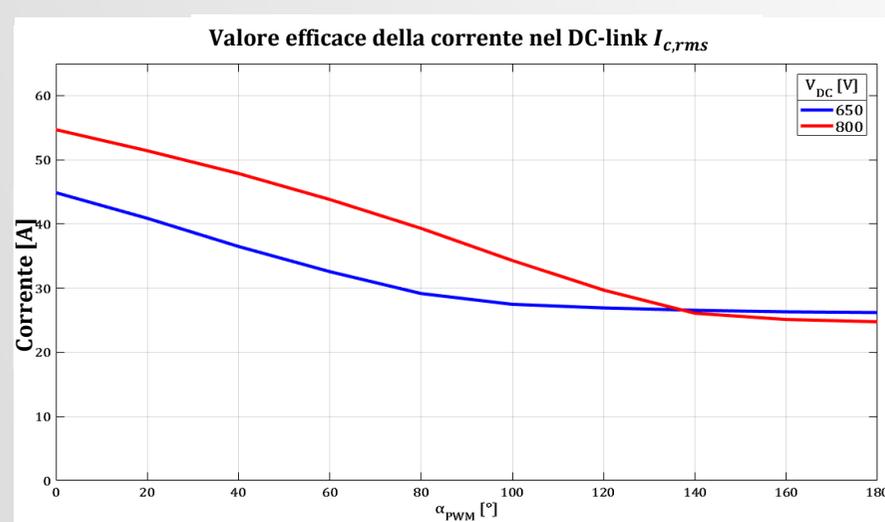
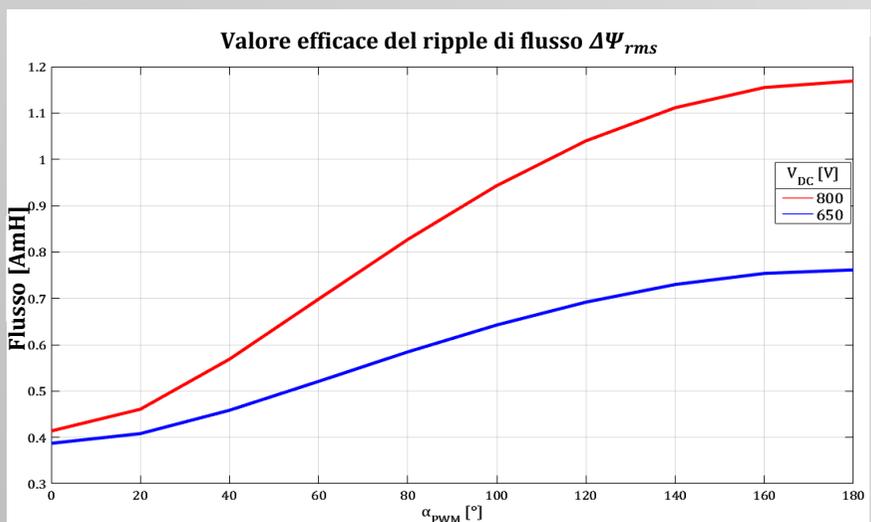
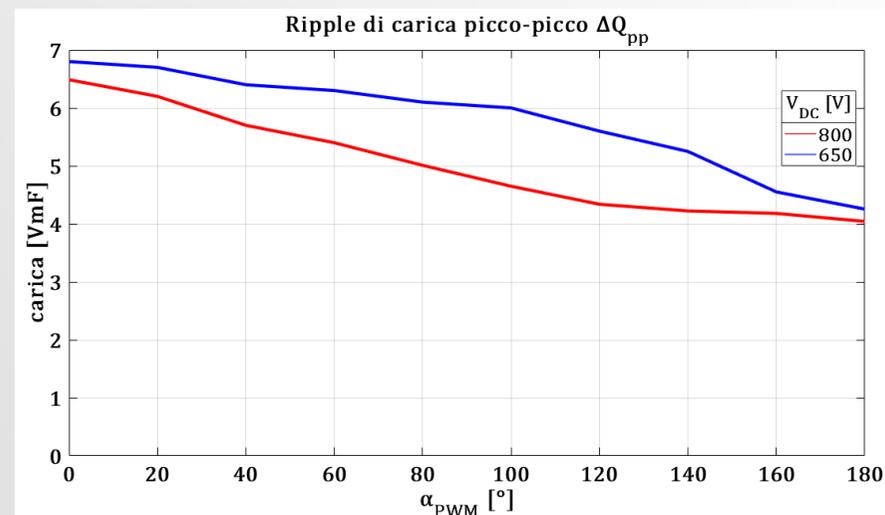
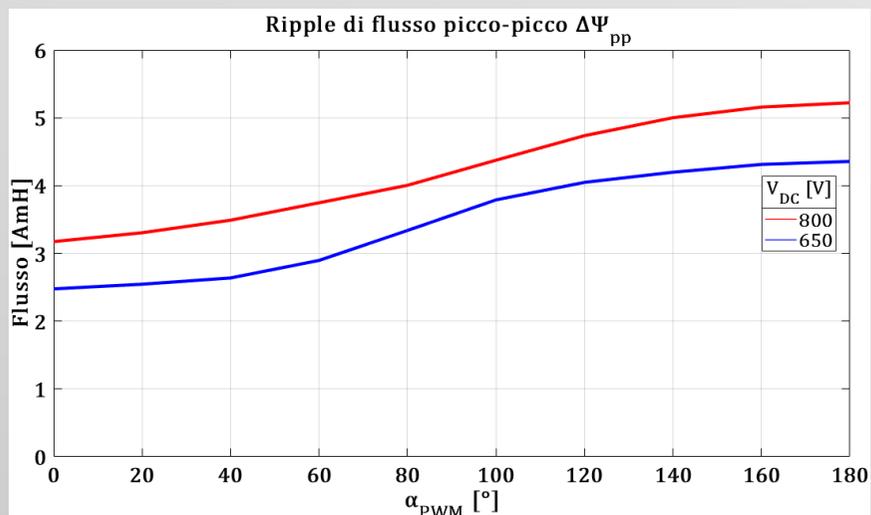
Influenza di α_{PWM} sul 'Worst Case Design'

Condizioni di progetto:

- Potenza nominale $P_N = 60 \text{ kW}$,
- Tensione di fase $V_F = V_{N,grid} = 230 \text{ V}$,
- Frequenza di commutazione $f_{sw} = 20 \text{ kHz}$,
- Modulazione ZMPC,
- Tensione del DC-link $650 \text{ V} \leq V_{DC} \leq 800 \text{ V}$,
- Indice di modulazione $m = \frac{\hat{V}_F}{V_{DC}/2}$,
- Angolo del fattore di potenza $-5^\circ \leq \varphi \leq +5^\circ$.



'Worst Case Design': $\alpha_{PWM} = 0^\circ$ e $V_{DC} = 800V$



Dimensionamento elementi passivi

Condensatore

$$WCD \begin{cases} PF_{min} = 0.996 \\ \Delta V_{pp,max} = 5\% \frac{V_{DC}}{2} \\ \Delta Q_{pp,max} \end{cases}$$

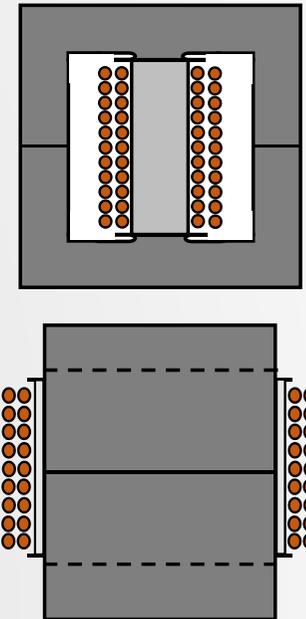
$$C_{DC} = \frac{\Delta Q_{pp,max}}{\Delta V_{pp,max}} \approx 500 \mu F$$



Induttore

$$WCD \begin{cases} V_{DC,max} \\ \Delta I_{pp,max} = 20\% \hat{I}_{leg} \\ \Delta \Psi_{pp,max} \end{cases}$$

$$L_m = \frac{\Delta \Psi_{pp,max}}{\Delta I_{pp,max}} \approx 250 \mu H$$



Dimensionamento elementi attivi

MOSFET

$$WCD \begin{cases} V_{DS,min} > \frac{V_{DC}}{2} \\ I_{DS,min} > I_{leg} \end{cases}$$

Diode

$$WCD \begin{cases} V_{R,min} > V_{DC} \\ I_{A,min} > I_{leg} \end{cases}$$

SiHG018N60E



Si **MOSFET**:

$$\begin{cases} V_{DS} = 650 \text{ V} \\ R_{on} = 21 \text{ m}\Omega @ 25 \text{ }^\circ\text{C} \\ I_D = 99 \text{ A @ } 25 \text{ }^\circ\text{C} \end{cases}$$

VS-E5PH6012L-N3

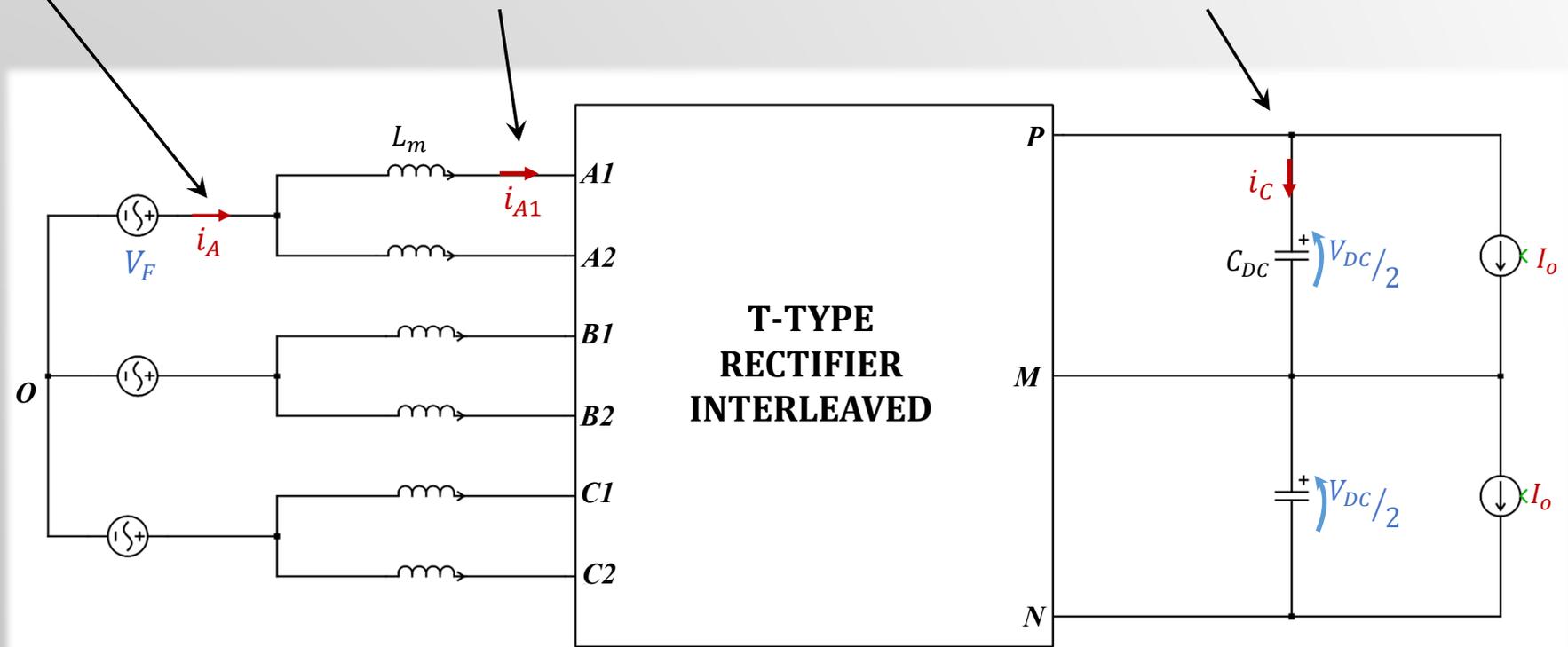
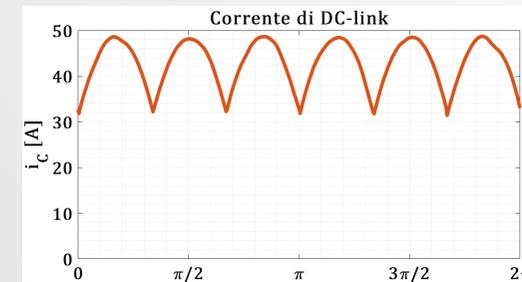
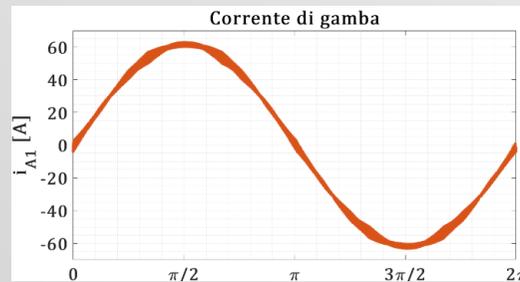
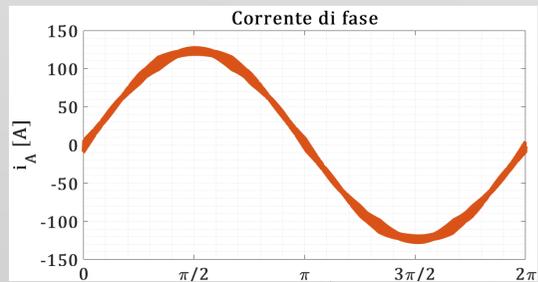


Si **Diode**:

$$\begin{cases} V_R = 1200 \text{ V} \\ V_F = 1.7 \text{ V @ } 125 \text{ }^\circ\text{C} \\ I_F = 60 \text{ A @ } 125 \text{ }^\circ\text{C} \\ t_{rr} = 38 \text{ ns} \end{cases}$$

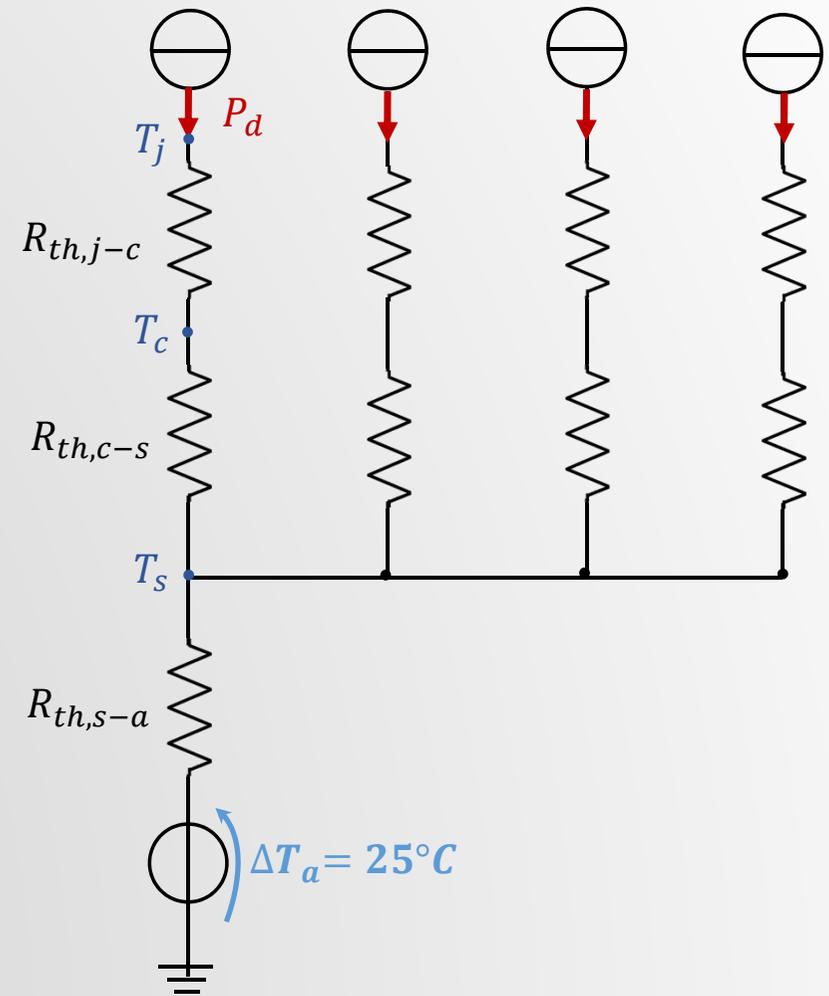
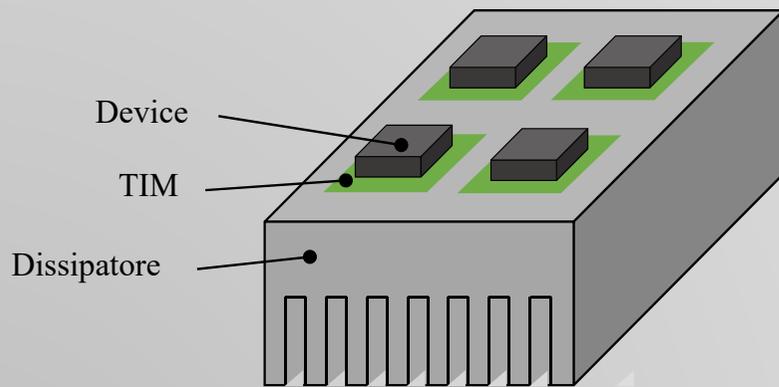


Modello Elettrico in PLECS

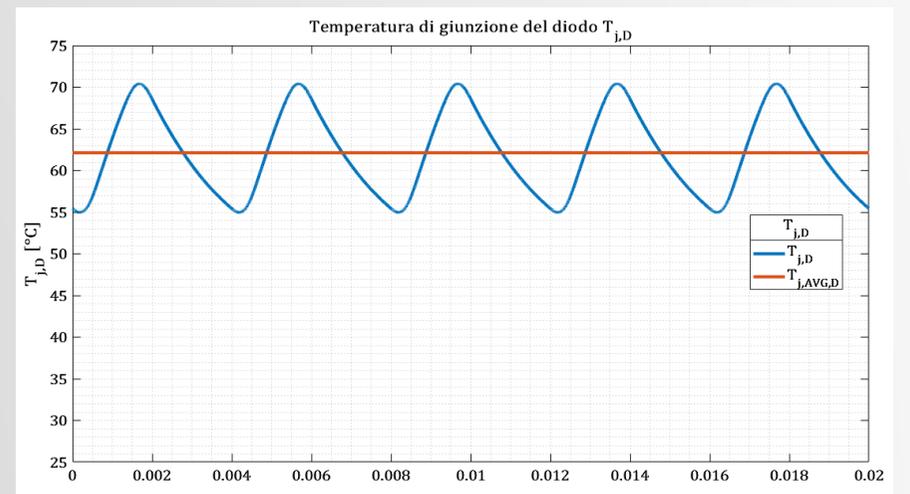
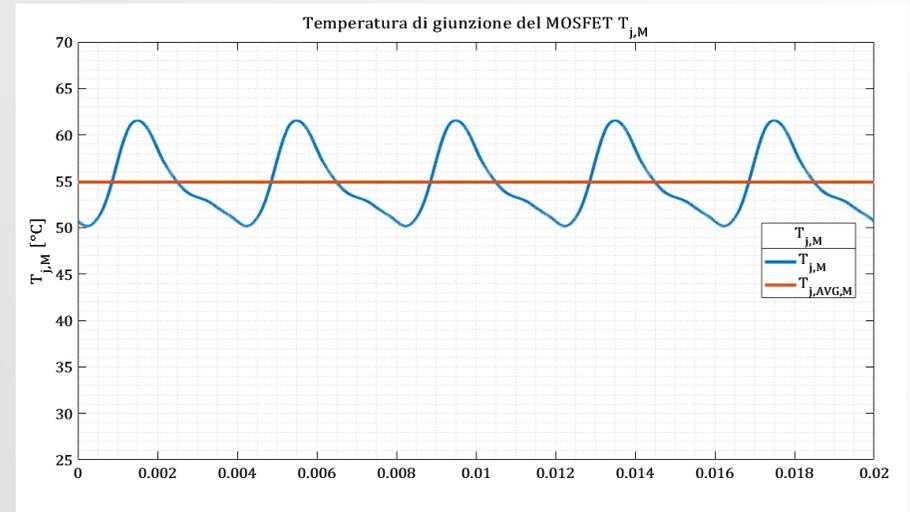
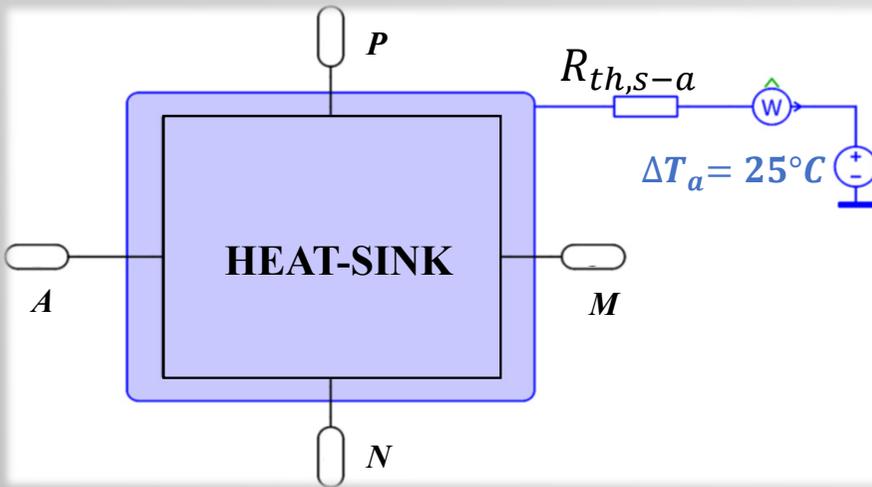
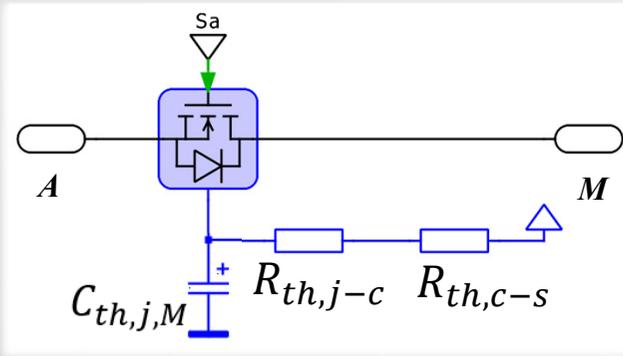


Modello Termico

Considerando il regime termico, si modella il contatto fra elementi vicini con una resistenza termica R_{th} .

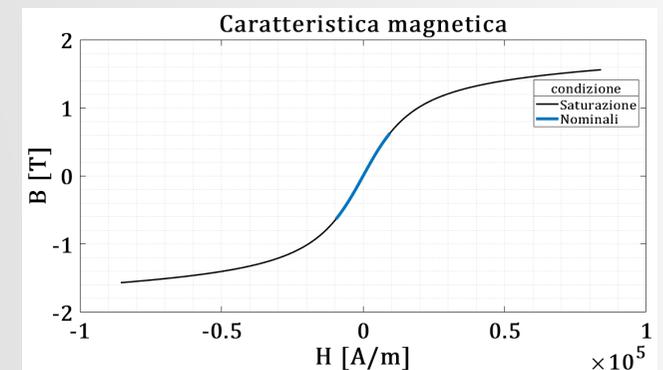
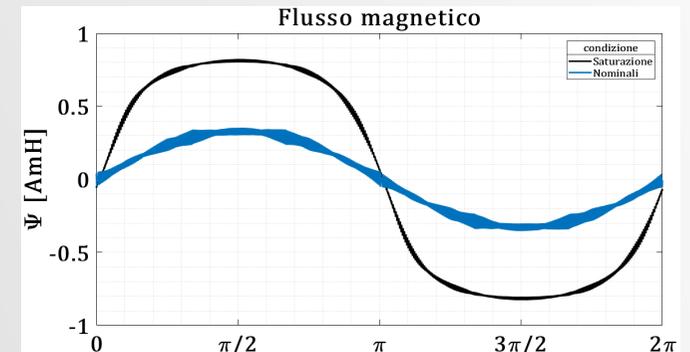
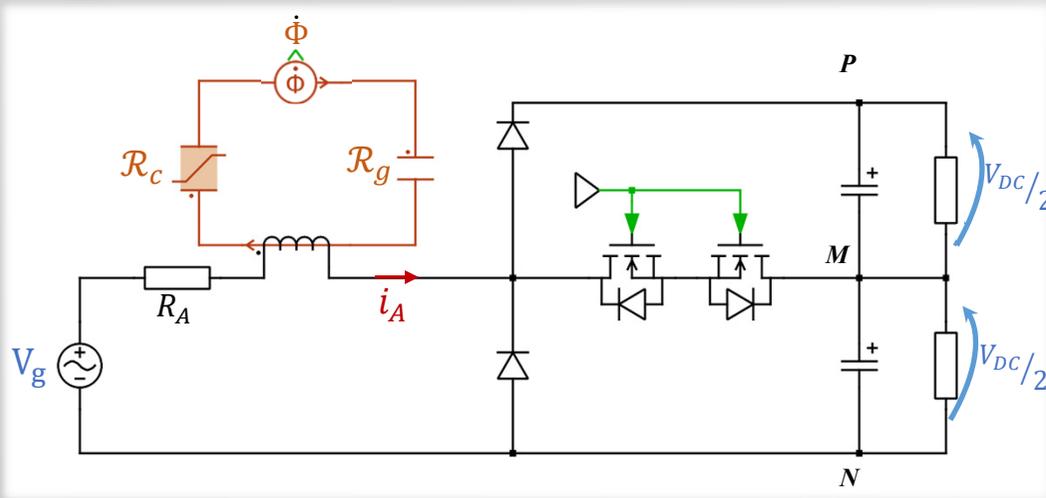


Modello Termico in PLECS



Modello Magnetico in PLECS

Conoscendo i parametri del materiale e la geometria dell'induttore di boost, si modella l'induttore come una serie della riluttanza magnetica del nucleo saturabile \mathcal{R}_c e del traferro \mathcal{R}_g .



Conclusioni

- La temperatura di esercizio dei devices attivi risulta minore della massima di progetto $T_{j,max} = 125^{\circ}C$;
- Il nucleo ferromagnetico dell'induttore non lavora in saturazione;
- L'efficienza del convertitore è $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100 = \left(1 - \frac{P_d}{P_{in}}\right) \cdot 100 = 98,85\%$;
- Il fattore di potenza risulta $\cos\varphi = 0,9995$;
- La distorsione armonica della corrente di rete risulta $THD \approx 0,3\%$.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE