

CASE STUDY

Quattro trasformatori per due forni: dimensionare il rifasamento considerando anche le armoniche

Misure su quattro trasformatori da 2.500 kVA per confrontare potenza reattiva, fattore di potenza e distorsione armonica in un impianto vetrario a ciclo continuo

SETTORE	Industria del vetro - produzione di contenitori in vetro
---------	--

In uno stabilimento per la produzione di contenitori in vetro sono state eseguite misure sulle uscite di quattro trasformatori MT/BT associati a due linee forno. L'obiettivo era raccogliere i dati necessari per definire il nuovo rifasamento, considerando sia il fabbisogno reattivo sia le condizioni armoniche effettivamente presenti.

Il contesto elettrico

- **Due cabine, due forni:** le misure di interesse sono state eseguite su due trasformatori per ciascuna linea forno.
- **Trasformatori:** quattro unità da 2.500 kVA, con tensione di cortocircuito del 6%.
- **Assetto normale:** congiuntore normalmente chiuso.
- **Configurazione d'esercizio:** l'assetto può essere modificato in caso di necessità, elemento da considerare nel dimensionamento.
- **Ciclo produttivo:** funzionamento continuativo 24 ore su 24, 365 giorni all'anno; nella definizione del rifasamento questo richiede di considerare anche la durata del servizio e di prevedere condensatori a durata maggiorata, idonei al funzionamento continuativo e alle sollecitazioni previste.

Schema semplificato dell'assetto considerato



La scala dell'impianto

4 x 2,5 MVA trasformatori MT/BT misurati	2 linee forno considerate	24/7/365 ciclo produttivo continuo	6% tensione di cortocircuito
--	-------------------------------------	--	--

Quattro trasformatori, quattro condizioni elettriche diverse

Le misure eseguite sulle quattro uscite mostrano differenze rilevanti pur a parità di taglia dei trasformatori. Potenza attiva, potenza reattiva, fattore di potenza e distorsione armonica non sono uniformi tra le quattro sezioni.

FORNO 11 - TR1

Potenza attiva media	295 kW
Potenza reattiva media	136 kvar
PF medio	0,908
THDI medio	17,3%
THDV medio	3,46%

FORNO 12 - TR1

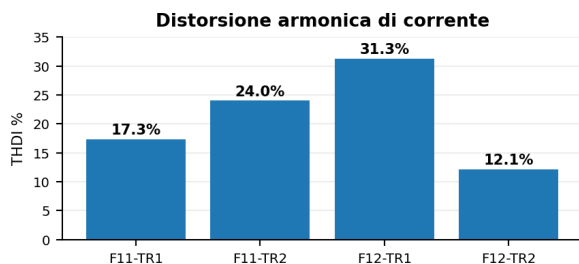
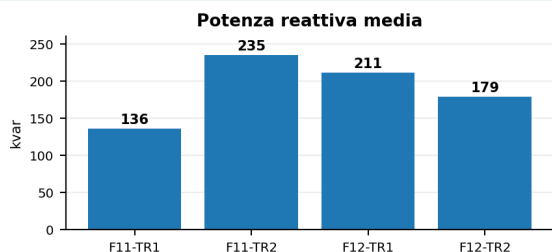
Potenza attiva media	334 kW
Potenza reattiva media	211 kvar
PF medio	0,846
THDI medio	31,3%
THDV medio	4,89%

FORNO 11 - TR2

Potenza attiva media	501 kW
Potenza reattiva media	235 kvar
PF medio	0,905
THDI medio	24,0%
THDV medio	5,28%

FORNO 12 - TR2

Potenza attiva media	315 kW
Potenza reattiva media	179 kvar
PF medio	0,868
THDI medio	12,1%
THDV medio	3,25%



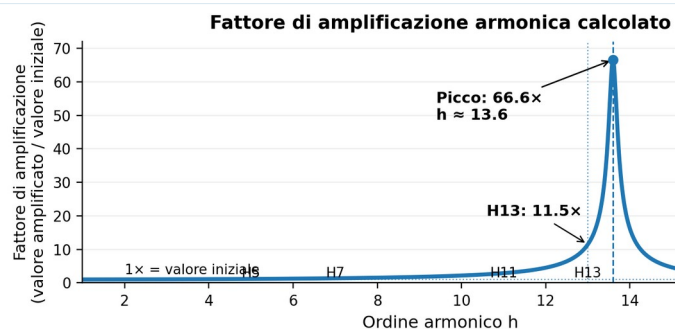
Valori medi rilevati nelle condizioni di misura.

Cosa emerge

- Il fabbisogno reattivo non è uniforme: da circa 136 a 235 kvar.
- Il fattore di potenza cambia: il valore medio più basso è 0,846.
- La distorsione è significativa: il THDI medio varia da circa 12% a 31%.
- Il rifasamento va verificato anche rispetto alle armoniche: la capacità installata modifica la risposta in frequenza della rete.

Rifasamento e rischio di risonanza armonica

Per il trasformatore da 2.500 kVA, con il rifasamento previsto, il modello equivalente porta a una risonanza parallelo nell'intorno di $h \approx 13.6$, molto vicina alla 13ª armonica. Il fattore di amplificazione, espresso come rapporto tra valore amplificato e valore iniziale, raggiunge teoricamente circa 66.6× in prossimità del picco e circa 11.5× alla 13ª armonica. Il rischio di amplificazione armonica è quindi concreto e rende necessario adottare il rifasamento filtrato.



RISCHIO INDIVIDUATO

Risonanza $\approx H13.6$

H13: amplificazione calcolata ≈ 11.5

Possibile amplificazione delle grandezze armoniche

Possibile sovrassollecitazione del banco

SCELTA PROGETTUALE

Rifasamento filtrato con frequenza propria spostata lontano dalle armoniche presenti.