

Marco Dal Prà (m_dalpra)

INVERTER E DISTORSIONE ARMONICA

26 February 2023

Che succede se sostituiamo i vecchi impianti di climatizzazione dotati di classici motori asincroni ad avviamento elettromeccanico con nuove macchine dotate di motori azionati tramite inverter? Lo vedremo con questo articolo dove vi riporto l'esito di alcune misure che ho fatto con un oscilloscopio palmare nell'impianto elettrico di un grande centro commerciale nel quale è stata messa mano agli impianti di riscaldamento e condizionamento installando apparecchiature con tecnologie di ultima generazione ma di notevole potenza.

Lo strumento utilizzato

Prima di addentrarci nelle misure eseguite, faccio una brevissima panoramica sullo strumento utilizzato: si tratta del Fluke 43B, un oscilloscopio palmare piuttosto datato, ma ancora apprezzabile per le misure che può fare.



Fluke-43B.jpg

Queste le sue caratteristiche principali:

- Oscilloscopio a doppia traccia per il settore impiantistico AC (230V-50Hz)
- Misure RMS
- Un ingresso voltmetrico 230V (diretto)
- Un ingresso "multifunzione" amperometrico, tramite pinza 500A, oppure voltmetrico
- Misura Potenza & Cosfi,
- Analisi armonica di tensione/corrente/potenza
- Schermata oscilloscopio
- 10 memorie tipo "cattura schermo"

Lo strumento è **monofase** ma lo svantaggio di vedere una fase alla volta è compensato dalla praticità d'uso e dalla velocità con il quale si può passare da un carico ad un altro spostando una sola pinza amperometrica.

In ogni caso le utenze in oggetto sono costituite da macchinari trifase che assorbono sostanzialmente in modo equilibrato tra le fasi, quindi vedendo anche solo una fase si hanno già tutte le indicazioni ricercate.

Il software per il trasferimento delle immagini è molto elementare e le immagini visualizzate nel display vengono salvate a bassa risoluzione.

Oggetto delle Misure

Gli impianti elettrici oggetto delle misure sono dedicati ad alimentare i servizi generali del Centro; sono alimentati da una Cabina MT/bt composta da due trasformatori in resina, rapporto 20000/400V, **da 630kVA cadauno**. I trasformatori, a seconda delle necessità, possono essere usati in parallelo.

Nei mesi precedenti alle misure, gli impianti di climatizzazione del centro erano stati sottoposti ad una profonda ristrutturazione. Il riscaldamento, precedentemente prodotto con caldaie alimentate a gas, è ora prodotto tramite pompe di calore polivalenti aria-acqua oppure tramite Rooftop (pompa di calore aria-aria).

Essendo le Pompe di Calore "reversibili", sono stati smantellati anche tutti i chiller che producevano l'acqua refrigerata e le relative Unità Trattamento Aria, in quanto le nuove macchine installate sono in grado di fare sia il servizio invernale che estivo.



Pompa di Calore Polivalente

Nota Importante

Nella nuova configurazione l'energia per il riscaldamento viene assorbita dalla rete elettrica anziché dal metano. Si potrebbe pensare che questo avrebbe potuto mettere in crisi la Cabina MT/BT ed in particolare i trasformatori, ma non è così perché sono dimensionati per la stagione estiva. La cabina infatti era stata concepita principalmente per alimentare le macchine di condizionamento, macchine che avevano potenze simili alle nuove necessità di potenza elettrica nella stagione invernale.

Tutto è partito da...

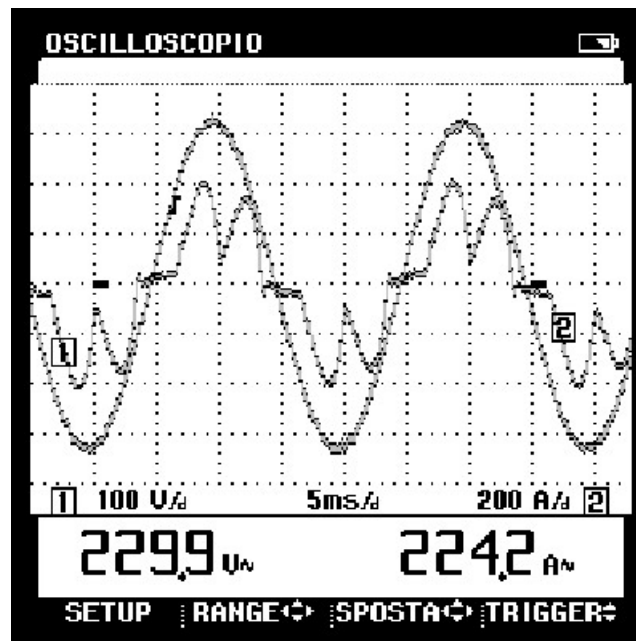
Tutto parte dalla segnalazione di un manutentore che mi aveva espresso delle perplessità sul rumore dei trasformatori, che a seguito della ristrutturazione dell'impianto di climatizzazione, sembrava essere diverso e più "fastidioso" rispetto al rumore che aveva sempre sentito (circa da 15 anni). Preciso che siamo nel mese di febbraio, con temperature esterne inferiori ai 10°C, pertanto con l'impianto in modalità "riscaldamento".

Dato che ero a conoscenza del cambio tecnologico avvenuto dal punto di vista elettrico, cioè si è passati da macchine con motori asincroni con il classico **avviamento diretto** a macchine con motori **azionati da inverter**, ho sospettato che l'origine del problema potesse essere dovuto alle "armoniche" di corrente che si hanno utilizzando inverter.

Ho quindi pensato bene di tirare fuori il mio vecchio oscilloscopio palmare, un Fluke 43B, per fare qualche verifica, sia per controllare la forma d'onda di corrente e tensione, sia per controllare la situazione del Cos(fi).

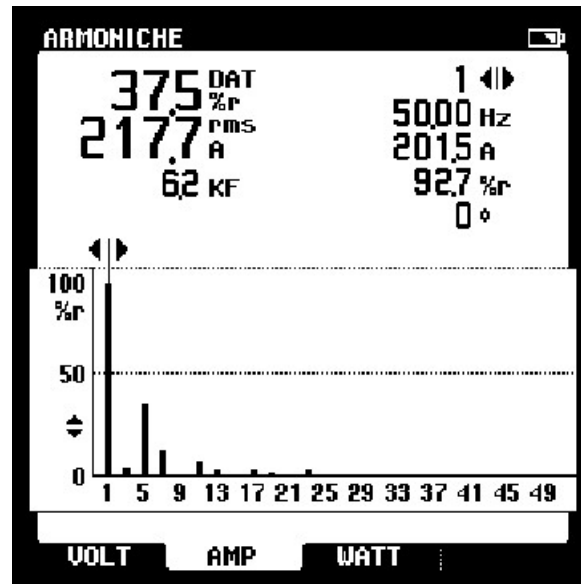
1 - MACCHINA POLIVALENTE

Le prime misure eseguite con lo strumento riguardano una Pompa di Calore "Polivalente" da circa 250 kW. Si tratta di una macchina per la produzione combinata di acqua calda ed acqua refrigerata che alimenta fan-coil ed Unità Trattamento aria a controsoffitto presenti negli ambienti interni. La macchina è dotata di inverter sui compressori che agiscono sul gas refrigerante. Per quanto riguarda i ventilatori di dissipazione posti sulla copertura della macchina, presumo si tratta di piccoli monofase on-off, di taglia influente per le nostre osservazioni.



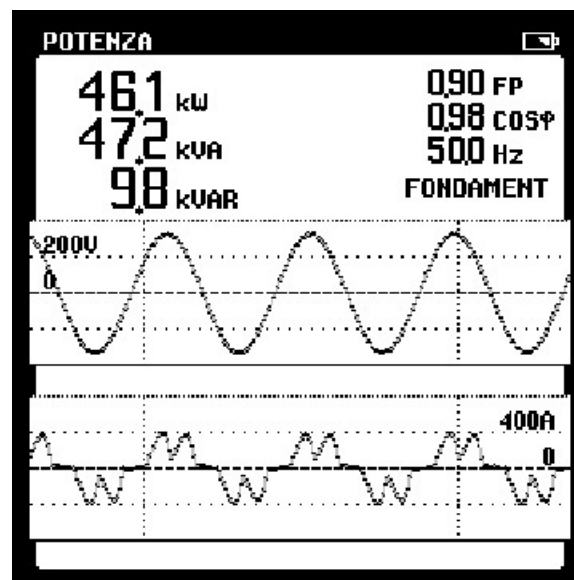
Polivalente_oscilloscopio.jpg

Nella videata sono visualizzate la traccia della tensione, con 229V ed una sinusoide sostanzialmente perfetta, e la traccia della corrente, di 224A che è notevolmente deformata. Sono quindi passato alla schemata di analisi armonica sulla corrente.



Polivalente_arm_corr.jpg

Qui si nota un THD o tasso di distorsione armonica **di circa il 37%**. Le componenti armoniche più presenti sono la 5a. e la 7a; sono infine passato ad una analisi della potenza assorbita (sulla fase L1):



Polivalente_potenza.jpg

Qui si nota meglio la differenza tra la forma d'onda della tensione e quella della corrente.

La macchina stava assorbendo **circa 140 kW complessivi** (46kW per fase), ma nonostante l'elevato tasso di distorsione armonica si può notare che il Cosφ è prossimo ad 1 (0,98), per cui non è necessario alcun rifasamento.

Da notare il **Fattore di Potenza pari a 0,90**, valore che si differenzia dal Cosφ a causa della

spiccata distorsione armonica.

Un piccolo inciso: la potenza assorbita da questa macchina durante le misurazioni variava molto frequentemente, quindi per evitare errori facevo un controllo incrociato con lo strumento sul quadro (foto qui sotto).



Analizzatore Multifunzione Macchina Polivalente

2 - ALTRE MACCHINE

Oltre alle grandi unità elencate sopra, l'impianto di climatizzazione in oggetto è dotato di altre apparecchiature dotate di inverter che introducono importanti distorsioni armoniche nella corrente.

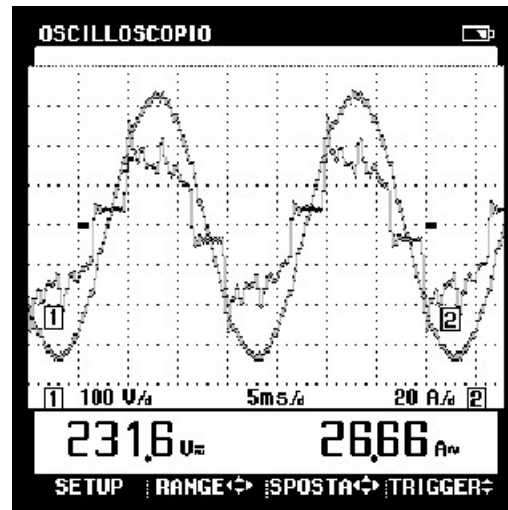
In particolare sono presenti:

- Macchine di trattamento aria "ROOFTOP"
- Pompe di circolazione

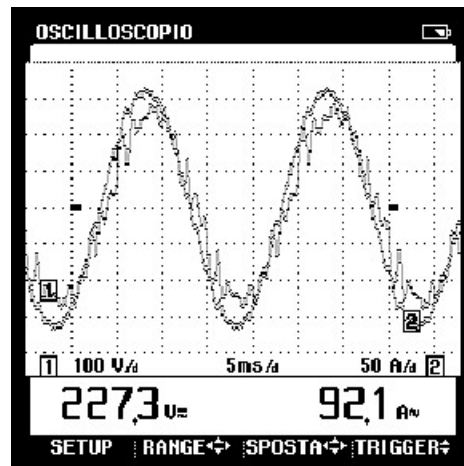
Vediamo qualche misura effettuata anche su queste apparecchiature.

ROOFTOP

Le **Rooftop** sono pompe di calore aria-aria poste in copertura, con connessioni canalizzate; queste macchine assorbono anche 70 kW, ciascuna e sono dotate di 4 compressori di tipo scroll (ad avviamento diretto) e di 6 ventilatori di tipo EC, a magneti permanenti, con l'elettronica integrata. Questi ultimi, che assorbono circa 1,5 kW ciascuno, sono la fonte dei problemi di distorsione armonica sulla corrente assorbita da queste macchine.



Rooftop Bassa Potenza (oscilloscopio)



Rooftop Full Power (oscilloscopio)

Come si vede dalle due schermate dell'oscilloscopio, con la macchina a bassa potenza, **cioè con i soli ventilatori accesi**, la forma d'onda della corrente ha una figura estremamente distorta, nella

corrente la sinusoide è praticamente irriconoscibile.

All'avviarsi della "pompa di calore" invece, diventa preponderante la corrente assorbita dai motori asincroni dei 4 compressori, quindi l'incidenza della distorsione armonica diminuisce: la sinusoide è visibile, anche se appare "frastagliata" dalla corrente assorbita dai motori EC).

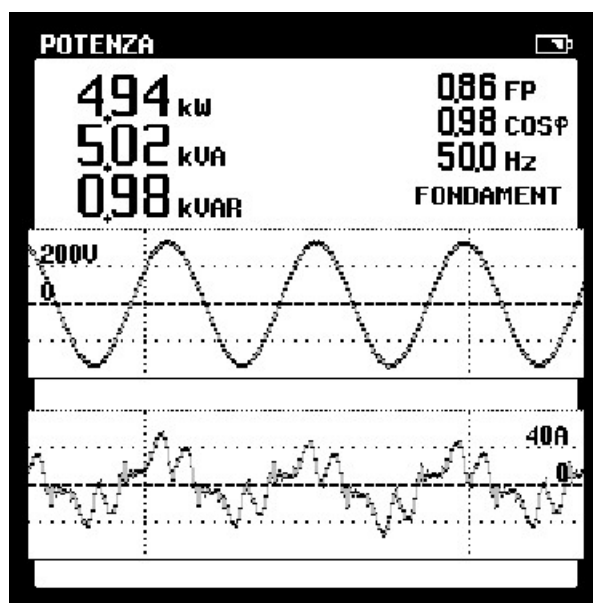
POMPE DI CIRCOLAZIONE

Premetto che generalmente nei centri commerciali, nel funzionamento invernale, l'impianto di climatizzazione deve mettere a disposizione degli utenti del centro **entrambi i fluidi**. Questo perché ci sono utenti che hanno la necessità di riscaldare, ma anche utenti che, per la loro posizione interna, hanno la necessità di condizionare.

L'acqua tecnica, calda e fredda, deve pertanto essere distribuita agli utenti del Centro attraverso un impianto a 4 tubi.

L'impianto in oggetto è quindi dotato di 4 gruppi gemellari di pompe di circolazione della WILO, due sul caldo e sul freddo, **con una potenza complessiva di circa 40kW**.

Tutti i gruppi, come previsto dalla Direttiva europea "ERP" sono dotati di inverter con retroazione sulla prevalenza del circuito idraulico, pertanto le pompe non sono mai utilizzate alla massima potenza, ma modulano a seconda delle necessità dei singoli circuiti.



Quadro pompe di circolazione

All'atto della misura l'assorbimento della centrale di pompaggio assorbiva complessivamente 15kW (circa 5 kW per fase), quindi meno del 40% della potenza nominale, a dimostrare l'azione di "modulazione" degli inverter.

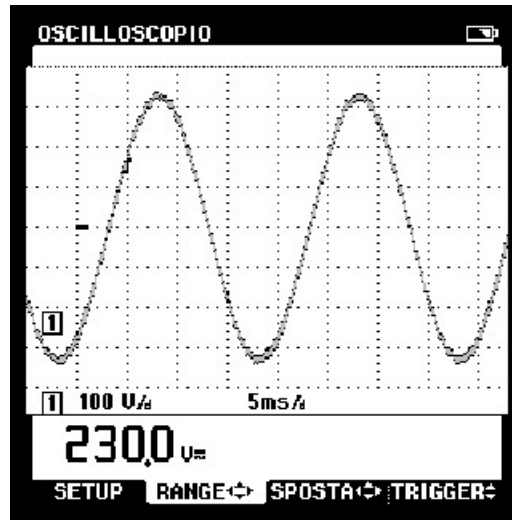
Anche in questo caso si può notare come la forma d'onda della corrente manifesti una elevata distorsione armonica, tanto che, nonostante il Cosφ sia 0,98, abbiamo un fattore di potenza di 0,86.

Conseguenze

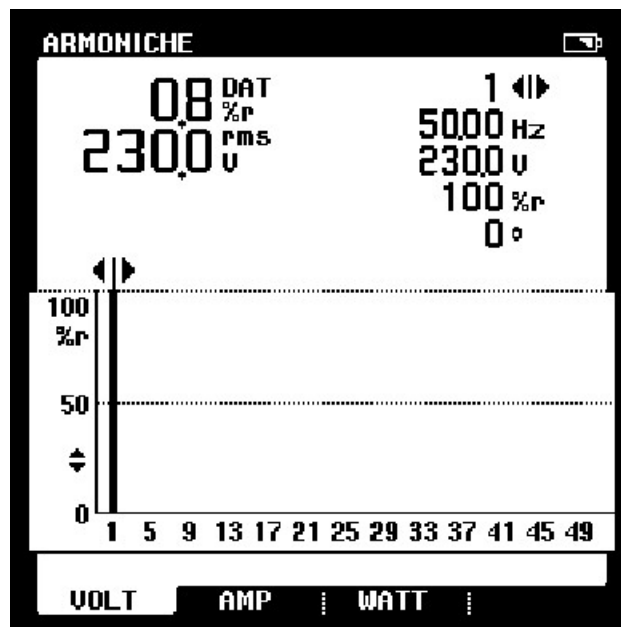
Come si può apprendere anche dalla letteratura tecnica, gli inverter per la regolazione di velocità dei motori, assorbono corrente in modo tutt'altro che sinusoidale.

La mia preoccupazione nel caso in oggetto è che questi assorbimenti distorti andassero a mettere in "sofferenza" il funzionamento dei trasformatori MT/BT.

Sono quindi andato a vedere cosa diceva lo strumento a proposito della tensione, e qui vi propongo i due screenshot:



Tensione - Oscilloscopio



Tensione - Analisi armonica

Da come si vede dalla visualizzazione dell'oscilloscopio (con mia grande sorpresa) la forma d'onda della tensione non appariva distorta. Questo si può notare anche nelle misure precedenti che ho effettuato a bordo di una Rooftop.

In effetti il tutto è confermato dall'Analisi Armonica, dove il tasso di distorsione (THD), sempre sul monofase, sembra trascurabile (è infatti inferiore allo 1%).

Conclusione

A quanto pare, nonostante la presenza di carichi distorcenti di potenza piuttosto elevata, i due trasformatori MT/BT della nostra cabina non hanno battuto ciglio fornendo una tensione perfettamente sinusoidale.

Probabilmente la potenza di trasformazione presente in cabina, **630+630 = 1260kva**, è talmente elevata che la presenza di 200-300kW "distorti" non impatta nel funzionamento dei trasformatori. E' comunque vero che queste utenze non fanno parte di un impianto industriale a ciclo continuo, dove generalmente si ha un assorbimento costante per quasi tutta la giornata.

Al contrario le macchine di climatizzazione hanno un comportamento molto altalenante, pertanto le misure che ho effettuato in modo "estemporaneo" **non sono del tutto affidabili**.

Infatti, il comportamento di questi impianti varia significativamente se le misure vengono eseguite alle 7:00 piuttosto che alle 13:00 o alle 18:00. Senza contare i cambiamenti stagionali delle situazioni di pieno inverno, ad esempio nei giorni della "merla" a fine Gennaio, oppure in piena estate, magari con 37°C esterni.

Il mio consiglio, in conclusione, è che per fugare ogni dubbio è necessario eseguire la misure del THD nella tensione **con uno strumento registratore**, meglio ancora se trifase.

Questo dovrebbe essere lasciato nell'impianto per almeno 24 ore, ma meglio ancora se per alcuni giorni, soprattutto per incorporare nella registrazione le variazioni nelle condizioni climatiche e meteorologiche, oppure nell'attività interna del complesso.

Estratto da "https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:M_dalpra:inverter-e-distorsione-armonica"