

# 6

## metodi semplici per ridurre i costi con un analizzatore di rete Fluke 434

È possibile eseguire centinaia di misurazioni di Power Quality sugli impianti e le apparecchiature elettriche. Queste istruzioni analizzano quattro misurazioni di manutenzione predittiva (PdM) e due di consumo energetico le quali possono aiutarvi a scoprire i costi nascosti, proteggere le apparecchiature dai danni, ridurre i tempi di inattività imprevisti e migliorare le prestazioni del sistema.

### Misurazione PdM n.1: squilibri di tensione

**Di cosa si tratta?** In un sistema trifase equilibrato, le tensioni di fase devono essere uguali o pressoché uguali. Lo squilibrio è la misura della discrepanza delle tensioni di fase.

**Che effetti hanno?** Gli squilibri di tensione possono essere all'origine di scarse prestazioni o guasti prematuri nei carichi trifase quali:

- perdita di coppia e stress meccanici
- sovracorrenti nei motori
- sovraccarico del neutro

**Quanto costa un incidente?** I costi sono dovuti alla sostituzione del motore (manodopera + apparecchiature) e al disservizio dovuto all'inattività dell'impianto.

#### Calcolo di esempio

Mettiamo che il costo annuale per la sostituzione di un motore da 50 CV sia di € 3495, manodopera inclusa.

Supponiamo 4 ore di tempi di inattività con un mancato guadagno di € 4195 all'ora.

*Costo totale: € 3495 + (4 x € 4195) = € 20.275 all'anno*

**Cosa controllare** Ingressi dei motori, VFD, UPS<sup>1</sup>.

**È tutto a posto?** Lo standard EN50160 per la Power Quality richiede che lo squilibrio di tensione, come rapporto tra i componenti della sequenza positiva e negativa, sia inferiori al 2% al punto di allacciamento. Le specifiche NEMA richiedono un valore inferiore al 5% sui motori. Per le altre apparecchiature, consultare i manuali dell'utente.

#### Come si effettuano le misurazioni con gli analizzatori di rete Fluke della Serie 430?

1. Collegare i puntali di tensione dell'analizzatore.
2. Configurare l'analizzatore per il sistema di alimentazione appropriato: triangolo o stella (delta/wye).
3. Selezionare "Unbalance" (Squilibrio) dal menu principale.

<sup>1</sup>VFD: Variable Frequency Drive (Azionamento a frequenza variabile);  
UPS: Uninterruptible Power Supply (Gruppo di continuità)

Unbalance				
	Vneg.	Vzero	Vneg.	Vzero
Unbal.(%)	1.6	0.9	2.7	1.9
	A	B	C	N
Vfund	276	275	275	0.4
Hz	60.16			
∠V(°)	-360	-121	-240	-95
∠A-V(°)	-8	-15	-1	0
	A	B	C	N
Afund	89	93	94	0
09/16/04 04:44:38 277V 60Hz 3Ø WYE EN50160				

Vneg è il rapporto tra la componente di tensione di sequenza positiva e negativa; Vzero è il rapporto tra la componente zero e la tensione di sequenza positiva. Si tratta in entrambi i casi di indicazioni dello squilibrio di tensione.

## Misurazione PdM n.2: distorsione totale delle armoniche

**Di cosa si tratta?** La distorsione totale delle armoniche (THD) è il contributo totale di tutte le armoniche. La distorsione armonica, in un impianto elettrico, è una conseguenza naturale dell'effetto dei carichi elettronici quali computer, macchine d'ufficio, stabilizzatori elettronici per gli impianti d'illuminazione.

**Che effetti hanno?** La distorsione armonica può essere causa di:

- Corrente elevata sul neutro.
- Surriscaldamento di motori e trasformatori, che ne riduce la durata.
- Aumento della sensibilità a buchi di tensione, che possono causare reset indesiderati.
- Ridotta efficienza dei trasformatori – o necessità di doverli sovradimensionare per renderli compatibili con il contributo armonico richiesto.
- Disturbo acustico.

**Quanto costa un incidente?** I costi sono associati alla minore durata dei motori e dei trasformatori. Se l'apparecchiatura fa parte degli impianti di produzione, si potrebbe verificare anche un mancato guadagno.

### Esempio

Supponiamo che il costo di sostituzione di un trasformatore da 100 KVA sia di € 4895 all'anno, manodopera inclusa.

Supponiamo 8 ore di tempi di inattività all'anno con una perdita delle entrate di € 4195 all'ora.

*Costo totale: € 4895 + (€ 8\*4195) = € 38.455 all'anno*

**Cosa controllare** Motori, trasformatori e conduttori di neutro che servono carichi con elettronica.

**Cosa è a posto?** Il THD di tensione deve essere esaminato se superiore al 5 % su qualsiasi fase. La distorsione di corrente (THD) è del tutto normale poiché le armoniche sono generate dai carichi con elettronica. Il monitoraggio dei livelli di corrente e della temperatura sui trasformatori permette di verificare che non siano eccessivamente sollecitati. La corrente nel neutro non deve superare la capacità del rispettivo conduttore.

### Come si effettuano le misurazioni con un analizzatore di rete della serie Fluke 430?

1. Collegare gli ingressi di tensione e le pinze all'impianto.
2. Configurare l'analizzatore in base al sistema di alimentazione presente: triangolo o stella (delta/wye).
3. Selezionare "Harmonics" (Armoniche) dal menu principale.

HARMONICS TABLE				
0:04:00				
Volt	A	B	C	N
THD% <sub>r</sub>	2.5	7.1	3.1	94.8
H3% <sub>r</sub>	0.5	1.1	1.1	30.7
H5% <sub>r</sub>	0.8	0.2	1.4	38.7
H7% <sub>r</sub>	1.9	0.6	1.5	39.7
Amp	A	B	C	N
H3% <sub>r</sub>	7.7	11.4	2.0	20.1
H5% <sub>r</sub>	5.2	1.9	4.5	40.7
H7% <sub>r</sub>	2.8	2.5	3.5	21.0
01/02/03 23:58:06 120V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
U&A	BACK	TREND	HOLD RUN	

Il THD di tensione deve essere esaminato se superiore al 5% su qualsiasi fase.

## Misurazione PdM n.3: sovracorrente di fase

**Di cosa si tratta?** Al deteriorarsi dell'isolamento iniziano le perdite. I carichi, col tempo, assorbono correnti via via maggiori e possono insorgere correnti di dispersione verso terra. Le anomalie presenti nell'impianto possono inoltre causare elevate correnti nell'impianto di terra. Il miglior modo per controllare l'isolamento è ispezionare periodicamente le apparecchiature con un tester di isolamento. Ma l'ispezione può essere eseguita anche quando l'apparecchiatura è in servizio monitorando tutte le correnti (fase, neutro e terra) per accertarsi che nessuna di queste aumenti significativamente nel tempo.

### Che effetti hanno?

- Correnti di fase eccessive possono danneggiare ulteriormente l'isolamento e surriscaldare il carico, provocandone una minore durata.
- Le sovracorrenti causano l'innescò dei dispositivi di protezione, con conseguenti tempi di inattività imprevisti.
- Un'eccessiva corrente nell'impianto di terra può generare tensioni pericolose sulle masse metalliche, armadietti e condotti.

**Quanto costa un incidente?** I costi derivano dal deterioramento prematuro dell'isolamento dei motori che genera correnti di dispersione e il contestuale intervento indesiderato dei dispositivi di protezione a corrente differenziale.

### Esempio

Supponiamo che il guasto del motore di una pompa costi € 4895 all'anno per la sostituzione e richieda un'interruzione di 10 ore del processo continuo per un costo di € 1.747.765 annuo. Per l'intervento occorrono due persone che impiegano 6 ore per pulire e riavviare il processo, al costo di € 50 l'ora ognuna.

Mancato guadagno = 10 ore\* (€ 1.747.765 / (365 giorni/anno \* 24 ore/ giorno)) = € 1995

Sostituzione del motore = € 4895

Pulizia e riavvio = € 420

Costo totale € 7310 all'anno

**Cosa controllare?** Tutti i carichi critici e i trasformatori.

**Cosa è a posto?** Il valore di targa del carico non deve essere mai superato. Se si riesce a tracciare la corrente di fase assorbita dal carico mensilmente o annualmente, si potranno identificare meglio le eventuali variazioni di corrente.

### Come si effettuano le misurazioni con un analizzatore di rete della serie Fluke 430?

1. Collegare gli ingressi di tensione e le pinze all'impianto.
2. Configurare l'analizzatore in base al sistema di alimentazione presente: triangolo o stella (delta/wye).
3. Selezionare "Volt/Amp/Hertz" dal menu principale.
4. Premere "Save Screen" (Salva schermata) per registrare le misurazioni in modo da confrontarle con misure successive.
5. Monitorare costantemente la corrente di fase per verificare eventuali variazioni.

Volt/Amps/Hertz				
	A	B	C	N
U <sub>rms</sub>	116.7	112.9	112.6	1.5
U <sub>pk</sub>	167	163	158	4
CF	1.4	1.4	1.4	2.4
Hz	60.16			
	A	B	C	N
A <sub>rms</sub>	288	277	285	1
A <sub>pk</sub>	420	410	430	0
CF	1.5	1.5	1.5	1.9
09/16/04 04:35:06 120V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
TREND				HOLD RUN

Eseguire una ricerca guasti più approfondita se le misure rms amp aumentano notevolmente, o mostrano un trend in aumento, tra gli intervalli di manutenzione.

## Misurazione PdM n.4: buchi di tensione

**Di cosa si tratta?** I buchi di tensione sono momentanee riduzioni del valore efficace della tensione aventi durata compresa tra circa 1 ciclo di 2 minuti. È possibile aggiungere carichi senza informare il gestore dell'impianto; tali carichi possono far calare la tensione del sistema, soprattutto se assorbono correnti di spunto elevate. Inoltre, con l'invecchiare degli impianti elettrici, l'impedenza del sistema potrebbe aumentare, rendendo il sistema più vulnerabile ai buchi di tensione.

**Cosa provocano?** I buchi di tensione possono provocare:

- Riavvii non previsti delle apparecchiature elettroniche che comprendono microprocessori.
- Buchi che si manifestano su una o due fasi causano una sovracorrente di compensazione sulla fase o sulle fasi non interessate dal calo di tensione. Questo può provocare l'attivazione del dispositivo di protezione da sovracorrenti.

### Quanto costa un picco non programmato?

Il frequente riavvio dei dispositivi elettronici che operano con microprocessori, il blocco degli azionamenti, la minore durata degli UPS determinano costi esplicitabili in perdite economiche e di efficienza.

### Esempio

Supponiamo che un buco di tensione provochi l'arresto dell'azionamento di un nastro trasportatore almeno una volta all'anno. 10 lavoratori dovranno lavorare per 4 ore per effettuare le spedizioni a € 21/ora, straordinario incluso.

$$\text{Manodopera} = 10 \text{ persone} * 4 \text{ ore} * \text{€ } 21/\text{ora} = \text{€ } 840 \text{ annui}$$

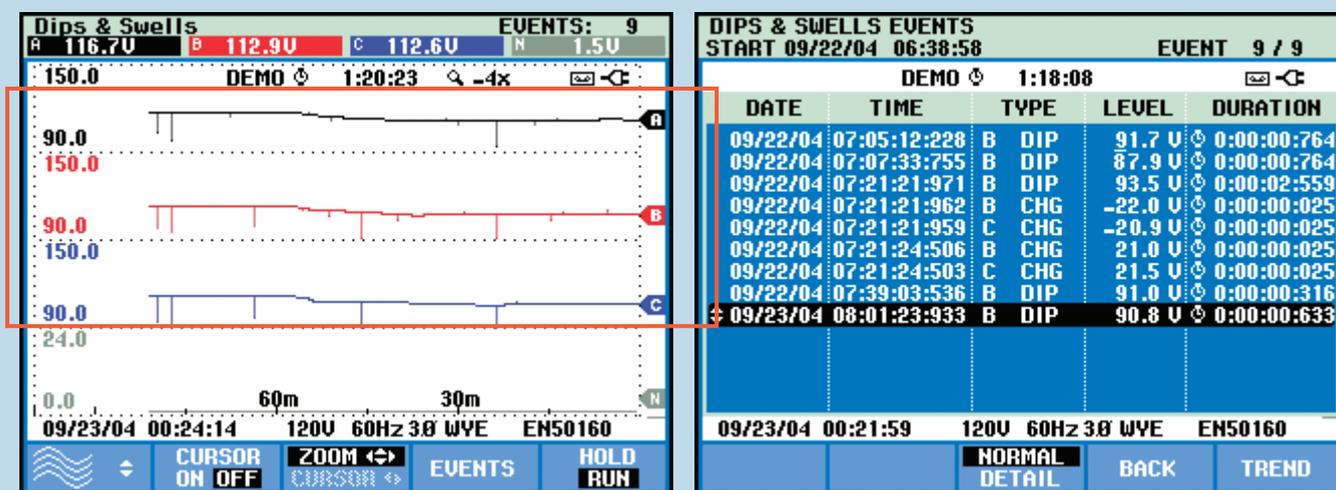
**Cosa controllare?** Motori, VFD, UPS, quadri o PDU\* per computer o dispositivi di controllo industriale.

**Cosa è a posto?** La maggior parte dei carichi funzionerà al 90% della tensione nominale. La curva ITIC suggerisce che i carichi di apparecchiature monofase a microprocessore devono essere in grado di tollerare buchi fino all'80% del valore nominale della tensione per 10 secondi e il 70% del valore nominale per 0,5 secondi.

### Come si effettuano le misurazioni con un analizzatore di rete della serie Fluke 430?

1. Collegare gli ingressi di tensione e le pinze all'impianto.
2. Configurare l'analizzatore in base al sistema di alimentazione presente: triangolo o stella (delta/wye).
3. Selezionare "Dips and Swells" (Buchi e sovratensioni) dal menu principale.
4. Monitorare l'alimentazione nel tempo.
5. Le variazioni di tensione possono essere visualizzate in formato grafico o tabellare e numerico.

\*PDU: Unità di distribuzione elettrica



Frequenti e sensibili buchi di tensione possono causare problemi, soprattutto con dispositivi di controllo industriali e computer.

## Assorbimento

Gli utilizzatori di corrente commerciali e industriali pagano il consumo di corrente in base a più variabili, quali l'energia (kWh), i picchi di assorbimento (kW) e il fattore di potenza. Gli analizzatori di rete possono servire nella gestione dei costi determinando i carichi che hanno un effetto significativo sui picchi di assorbimento e sul fattore di potenza.

### Misura di potenza n.1: picchi di assorbimento

**Di cosa si tratta?** I gestori della rete elettrica controllano la potenza assorbita dalla rete più volte nell'arco di un'ora per il calcolo della domanda media. I picchi di potenza rappresentano il consumo più elevato nell'arco di un periodo.

**Che effetti hanno?** I gestori della rete elettriche applicano delle tariffe in base ai picchi di assorbimento, in quanto devono poter disporre di un'infrastruttura adeguata ad erogare corrente anche in presenza di un picco di domanda. I clienti commerciali e industriali possono gestire l'elevato costo dei picchi di assorbimento programmando i cicli di carico per evitare sovrapposizione di assorbimenti che potrebbero generare un picco troppo elevato.

### Quanto costa un picco non programmato?

Questo dipende dalle tariffe previste dal gestore. Potrebbe essere maggiore nei mesi estivi e in alcuni momenti del giorno.

### Esempio

Supponiamo che la vostra fornitura richieda sia di 600 kW, ma sono stati installati tre refrigeratori e la richiesta ha raggiunto i 750 kW alle ore 16 di un mercoledì di luglio.

Il prezzo applicato dal gestore è di € 70 per kW.  
 $(750 \text{ kW} - 600 \text{ kW}) * € 70 = €10.500$  di costi aggiuntivi per il mese di luglio

### Cosa controllare?

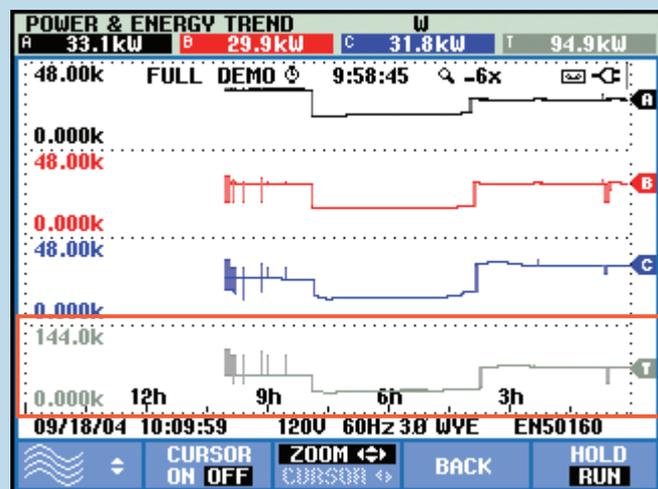
- Identificate l'intervallo di misurazione applicato dal gestore; in genere si tratta di 15 minuti.
- Misurate il consumo nel tempo in corrispondenza del punto di allacciamento.
- Cercate dei carichi significativi che operano simultaneamente e utilizzate la misura del consumo per verificare le misure dei singoli carichi.

### Quanto è a posto?

Non vi sono limiti di sicurezza rispetto a quelli indicati dal fornitore sui quali lo stesso può rivalersi.

### Come si effettuano le misurazioni con un analizzatore di rete della Serie Fluke 430?

1. Collegare gli ingressi di tensione e le pinze all'impianto.
2. Configurare l'analizzatore in base al sistema di alimentazione presente: triangolo o stella (delta/wye).
3. Impostare l'intervallo di misura in modo tale che corrisponda a quello specificato dal gestore. Premere Setup (Configurazione), Function Pref (F3). Selezionare "Power & Energy" (Potenza ed energia) dal menu Select Function (Seleziona funzione). Scorrere con la freccia verso il basso sullo schermo fino ad evidenziare "Demand int".
4. Selezionare "Power & Energy" (Potenza ed energia) dal menu principale e monitorare la potenza per il tempo necessario.
5. Utilizzare la visualizzazione del trend per vedere i picchi di assorbimento. Il cursore vi aiuterà a visualizzare la misura dell'assorbimento in qualunque momento nel corso della registrazione.



Se l'intervallo di misura è impostato correttamente, l'analizzatore della Serie Fluke 430 segnerà una misura dell'assorbimento medio per ciascun intervallo di consumo. Il picco di assorbimento sarà rappresentato dal massimo valore tra queste misure.

## Misura di potenza n.2: fattore di potenza o consumo di potenza reattiva

**Di cosa si tratta?** Il fattore di potenza mette a confronto la potenza attiva (Watt) e la potenza apparente (Volt-Amp) del carico. Un carico puramente resistivo presenta un fattore di potenza pari a 1,0.

### Che effetti ha?

La potenza disponibile per eseguire il lavoro è chiamata potenza attiva (kW). I carichi induttivi come motori, trasformatori e sistemi di illuminazione ad elevata intensità introducono la potenza reattiva (kvar) in un sistema di alimentazione. La capacità del sistema viene stabilita dalla potenza apparente (kVA) che deve essere sufficiente a soddisfare sia la potenza attiva (kW) che quella reattiva (kvar). Dal momento che la potenza reattiva è una componente dell'energia assorbita dall'impianto, ma non esegue alcun lavoro, i gestori e i progettisti degli impianti cercano di contenere i kvar assorbiti. Un'elevata potenza reattiva si traduce in un fattore di potenza ridotto.

- I gestori possono applicare penali in caso di fattore di potenza basso e, quindi, di var elevati.
- Le restrizioni alla capacità del sistema causano buchi di tensione e surriscaldamento.
- I var induttivi possono essere corretti tramite l'applicazione di condensatori o rifasatori attivi.

### Cosa controllare?

- Verificate se il vostro piano tariffario, applicato dal gestore, prevede penali riferite a limiti in termini di potenza reattiva o di fattore di potenza.
- Scoprite il metodo di misurazione del fattore di potenza o dei var utilizzato dal gestore. Ad esempio, si considerano intervalli medi o di picco?
- Identificate i carichi che generano potenza reattiva e sviluppate una strategia per la correzione del fattore di potenza.

### Quanto è a posto?

Per evitare di pagare tariffe più elevate, il fattore di potenza dovrebbe attestarsi tra 1 e 0,97. I condensatori possono essere applicati sui singoli carichi, alla confluenza di più carichi e al punto di allacciamento per migliorare il fattore di potenza totale.

**Nota:** possibili variazioni. Alcuni gestori applicano una tariffa ad ogni punto percentuale compreso tra 0,85 e 0,97. Alcuni invece richiedono un corrispettivo in base alla quantità di var assorbiti. Altri invece non applicano alcun sovrapprezzo.

### Quanto costa uno scostamento?

#### Esempio

Supponiamo che il gestore aggiunga l'1% di costo per ogni decremento di 0,01 al di sotto del valore limite del fattore di potenza pari a 0,97.

Se il fattore di potenza si aggira intorno allo 0,86 al mese il prezzo richiesto è di € 4895.

$$(0,97-0,86) * 100\% = 11\%$$

$$(11\% \times € 4895) \times 12 \text{ mesi} = € 6460 \text{ di spesa annuale evitabile}$$

### Come si effettuano le misurazioni con un analizzatore di rete della Serie Fluke 430?

Iniziate dal punto di allacciamento, da cui il gestore ricava i dati, e quindi verificate i singoli carichi.

1. Collegare gli ingressi di tensione e le pinze all'impianto.
2. Configurare l'analizzatore in base al sistema di alimentazione presente: triangolo o stella (delta/wye).
3. Impostare l'intervallo di misura in modo tale che corrisponda a quello specificato dal gestore. Premere Setup (Configurazione), Function Pref (F3). Selezionare "Power & Energy" (Potenza ed energia) dal menu Select Function (Seleziona funzione). Scorrere con la freccia verso il basso sullo schermo fino ad evidenziare "Demand int" (Intervallo richiesta).
4. Selezionare "Power & Energy" (Potenza ed energia) dal menu principale e monitorare la potenza.

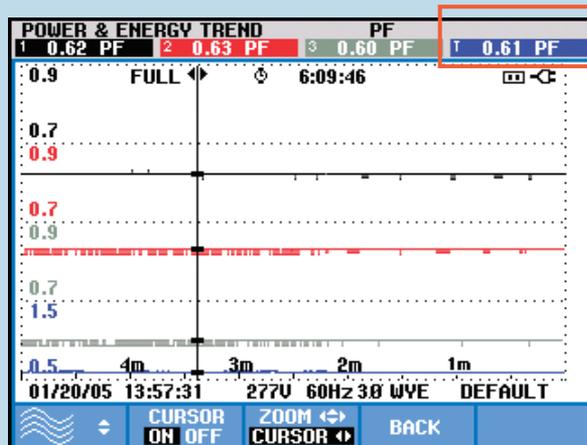
**Misurazione del fattore di potenza minimo per un intervallo di richiesta:** premere F4 Trend, quindi premere F1 per alternare i parametri fino alla visualizzazione del fattore di potenza.

**Misurazione del fattore di potenza medio:** calcolare il rapporto tra kWh/kVAh per ottenere il fattore di potenza medio nel periodo di registrazione. Negli esempi riportati:  $2,267/2,309 = 0,9818$ .

### Misurazione dei kvarh:

Power & Energy				
	FULL DEMO 0:06:35			
	A	B	C	Total
kW	33.1	29.9	32.0	94.9
kVA	33.6	31.2	32.1	96.7
kVAR	5.7	9.2	3.5	18.3
PF	0.99	0.96	0.99	0.98
Cosφ	0.99	0.97	1.00	
kWh	2.267	2.027	1.536	5.831
kVAh	2.309	2.169	1.549	6.000
kVARh	0.380	0.646	0.168	1.194
START 09/16/04 02:56:13 0:05:46				
PULSE CNT ON OFF		CLOSE ENERGY		RESET ENERGY

In questa schermata è possibile visualizzare se il gestore può addebitare una penale sul fattore di potenza o dei kvarh totali.



I cursori possono servire a visualizzare il valore minimo del fattore di potenza in una sessione di registrazione.