

## Misura di potenza in standby e efficienza energetica

**Mentre non ci sono problemi nella misura di potenza maggiore di 20W con estrema precisione, le basse potenze presentano molti problemi. Alcuni sono descritti più avanti con le spiegazioni di come prevenirli.**

Le risorse di energia fossile diminuiscono e i prezzi salgono. Oggigiorno tutti dovrebbero aver capito che è una buona idea risparmiare energia. Un'area che ha un gran potenziale è il consumo delle apparecchiature in standby. La modalità di funzionamento standby è molto comoda per l'utilizzatore ma al di là di questo, non ha un beneficio reale. Anche pensando che il consumo sia solo di alcuni Watt per ciascuna apparecchiatura, il consumo a livello mondiale, di miliardi di queste apparecchiature porta ad un enorme spreco di potenza.

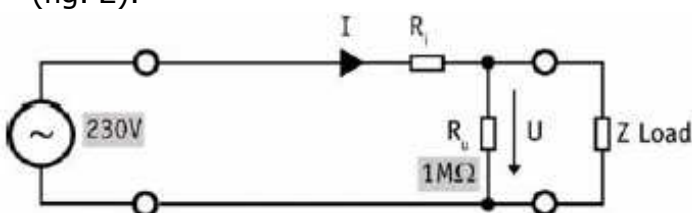
Da ormai parecchi anni sono stati fatti sforzi per ridurre i consumi di potenza non necessaria sia in modo di funzionamento normale che in modalità in standby.

Energy Star, Eup (Energy using Products linee guida 2005/32/EC in abbinamento con la norma 1275/1008) e altri standard come la EN 62301, definiscono i valori di questi tipo di consumo, i metodi di misura e le condizioni affinché questi limiti possano essere verificati.

### Scegliere il cablaggio corretto.

Quando si misura un consumo di potenza, ci sono due importanti teorie di misura.

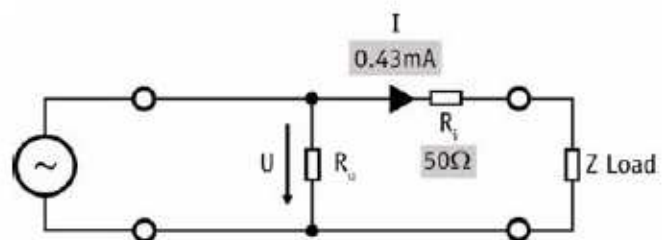
Il primo (fig. 1) misura la tensione corretta e la corrente sbagliata. L'altro misura la corrente corretta e la tensione sbagliata (fig. 2).



**Fig. 1: Misura corretta di tensione.**

Da usare quando la corrente in  $R_i$  è molto piccola comparata a quella in  $Z$ . Perdita di potenza in  $R_i$ : **53mW**

Per misure con alte correnti si usa un circuito come quello di fig. 1. La ragione è che il consumo di potenza dovuto dalla corrente sul canale di misura è  $I^2 \cdot R_i$ , così la potenza cresce molto velocemente con correnti più alte. Il consumo di potenza della tensione sul canale di misura è  $U^2/R_u$ , così con una tensione di rete di 230V è indipendente dal carico. Gli strumenti di misura di potenza classici, hanno una  $R_u$  di circa  $1M\Omega$ , così la perdita di potenza sul canale di tensione è di circa 0,053W. Sul canale di corrente, (con lo stesso tipo di alimentazione), la dissipazione può essere invece di alcuni Watt, (es. con  $R_i=10m\Omega$ , e un consumo di 10A si ha una perdita di potenza di 1W). Così il circuito come da fig. 1 darà un errore nella lettura di potenza di 0,053W mentre il circuito della fig. 2 farà sbagliare la misura di 1 Watt.



**Fig. 2 : Misura corretta di corrente.**

Preferita quando la tensione su  $R_i$  è molto minore rispetto alla tensione su  $Z$ . Perdita di potenza in  $R_i$  : **9,2 μW**.

Per una potenza di standby per esempio di 100mW i 0,053Watt di potenza consumata dal canale di tensione portano ad un errore maggiore del 50%! Nel caso di un carico ohmico che assorbe 100mW, la corrente dovrebbe essere solamente di 0,43mA così il consumo di potenza nel canale di corrente sarà solo di 9,2μW (con  $R_i=50\Omega$ ). In questa situazione è meglio utilizzare il circuito di fig. 2 perché riduce

l'errore di un fattore maggiore di 5000! Questo tipo di errore è sistematico, il che significa che si potrebbe teoricamente compensarlo calcolandolo in base al circuito di misura scelto. In pratica i valori di  $R_i$  e  $R_u$  non sono mai ben definiti. Inoltre è molto più sicuro e conveniente leggere un valore che non deve essere corretto. Nei precedenti esempi i 9,2 $\mu$ W del canale in corrente sono solo 92ppm comparati alla reale potenza di 100mW. Questo errore può normalmente non essere preso in considerazione comparato agli errori di misura dello strumento.

### **Fondo scala di misura**

Per misurare correnti così piccole come nell'esempio precedente, solitamente non è sufficiente utilizzare una delle scale di misura dello strumento. Uno strumento di misura con un fondo scala di 5mA, utilizzerebbe questo range solo per il 10% o meno, causando così un grande errore di misura. Un altro problema può essere la protezione dai sovraccarichi per scale così piccole. Per esempio, se il vostro frigorifero fa partire il suo compressore quando si è sulla scala dei 5mA, una corrente di 10A può scorrere per alcuni secondi. Tutto ciò potrebbe distruggere completamente il prezioso strumento di misura.

ZES ZIMMER® ha progettato degli shunt esterni speciali per risolvere questa problematica. Lo shunt serie SHxxx-P contiene diversi shunt che realizzano scale di corrente da 500mA fino a 150 $\mu$ A. Il vantaggio più importante è la protezione interna: resiste infatti a correnti fino a 20A che scorrono in maniera continuativa. In questo modo possibili danni causati allo strumento da sovraccarichi possono essere evitati.

### **Selezione del fondo scala**

Un altro argomento interessante è se usare la selezione del fondo scala in maniera automatica o manuale. Entrambi i

modi hanno vantaggi e svantaggi a seconda di cosa si deve misurare.

Per una migliore comprensione, il seguente paragrafo spiega i principi di funzionamento della selezione automatica del fondo scala.

Durante un ciclo di misura può succedere che il valore istantaneo di corrente possa superare il valore massimo dell'ADC (Convertitore Analogico Digitale). Lo strumento si accorge di questo problema e non completa la misura del ciclo. I valori misurati fino ad ora non sono validi perché il ciclo di misura non si è fermato alla fine di un periodo ma in un punto casuale. Per cui questi valori vengono scartati. Ora lo strumento passa al fondo scala superiore. Questo implica un cambiamento nel guadagno del canale che crea una oscillazione transitoria del segnale. I valori registrati all'interno di questo periodo di 50ms non sono corretti, per cui anche questi vengono scartati. Ora lo strumento deve sincronizzarsi con il segnale e iniziare un nuovo ciclo, alla fine del quale si avranno i primi nuovi valori validi. Se lo strumento deve cambiare alcuni fondo scala, questo algoritmo è ripetuto alcune volte consecutivamente.

In breve si può dire che cambiando un range si crea un buco nella misura durante il quale il segnale non viene registrato.

Ciò è una cosa critica se si deve misurare una corrente pulsante: prendiamo per esempio una bassa corrente con dei picchi di corrente della durata di 20ms che sono circa 1000 volte più alti della corrente di base e che si verificano ogni 2s. Durante la ricerca automatica del fondo scala, il picco di corrente sarà sempre ignorato perché all'inizio del picco il fondo scala cambia come descritto in precedenza. Così se si vuole misurare in maniera corretta la corrente d'ingresso, si deve selezionare un fondo scala manuale per poter vedere anche i picchi di corrente.

Sempre durante un ciclo di misura può invece accadere che il segnale diventi

troppo piccolo rispetto al range di misura. Supponiamo di avere un ciclo di misura di 500ms, dopo 40ms il segnale si riduce così che una scala più bassa sarebbe migliore. Ma alla fine del ciclo lo strumento riconosce che il valore di picco del segnale misurato era così alto che la scala scelta era effettivamente quella corretta. Per cui solo alla fine del ciclo successivo lo strumento si accorge che potrebbe posizionarsi su una scala più bassa. Da questo momento, si utilizza l'algoritmo sopra descritto.

Riassumendo si può dire che modificando il range su una scala più bassa si avrà una misura del segnale con una peggior precisione e una mancanza di misura per almeno 2 cicli.

Se la vostra apparecchiatura ha un ingresso costante in corrente non importa in che modo scegliete la scala. Nel peggiore dei casi potrebbe capitare che con la selezione della scala automatica un segnale ad impulso venga misurato in modo completamente sbagliato. Gli impulsi avvengono nell'intervallo durante il quale lo strumento cambia di range e il segnale tra un impulso e l'altro viene misurato con una scala troppo alta. Per questo motivo si raccomanda fermamente di utilizzare l'impostazione manuale quando possibile. In molti casi l'errore maggiore causato da un fondo scala troppo alto per alcune parti del segnale non è così grave come la perdita di alcune parti come ad esempio i picchi. Ricordate infatti che i valori rms sono misurati secondo la seguente formula :

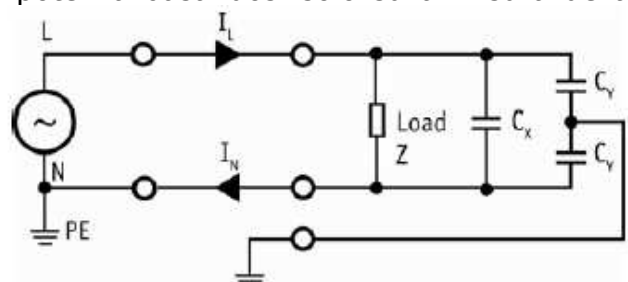
$$I_{TRMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t=0}^T i(t)^2 dt}$$

In questo modo una parte del segnale con ampiezza 100 volte maggiore influenzerà il risultato 10.000 volte!

## Dove misurare la corrente

Per applicazioni monofase si raccomanda di misurare la corrente sul cavo del neutro perché il canale di corrente dello strumento non è floating e quindi non ci sono problemi con la reiezione di modo comune. Specialmente con strumenti di basso costo, questo potrebbe essere un problema perché una reiezione di solo 60-80 dB può non essere sufficiente!

La fig. 3 mostra un comune circuito equivalente per la potenza di standby. Ci sono alcune capacità  $C_y$  e  $C_x$  vicine al carico per ragioni di EMC ed infatti non è un sistema a 2 fili ma a 3 fili a causa della terra. Se misurate  $I_N$  non riuscirete a leggere la corrente che passa attraverso la terra. L'unica possibilità di misurare correttamente tutte le componenti della corrente è di misurare  $I_L$  nella fase. Quindi la solita raccomandazione menzionata in precedenza non è utilizzabile in questo caso e dovrete usare uno strumento con una reazione di modo comune molto buona. Naturalmente non è sufficiente misurare solo la corrente e usare la tensione nominale per calcolare la potenza. Infatti, essendoci carichi reattivi e non lineari non è possibile valutare la potenza basandosi solo sulla misura della



**Fig. 3 Dove Misurare?**

Con un misuratore di potenza si deve misurare la corrente  $I_L$  perché il carico ha tre cavi di collegamento.

## Continuità della misura

Come riportato nella sezione "selezione del fondo scala" anche un breve lasso di tempo senza misura può portare ad un risultato non corretto e quindi non utilizzabile, in particolar modo quando la

corrente d'ingresso non è costante. Queste assenze di misura sono presenti in ogni strumento perché sono tecnicamente necessarie.

Ma ci sono anche altre ragioni che provocano mancanze di misure non necessarie: la maggior parte degli strumenti economici hanno un principio di misura come quello descritto qui di seguito in quanto usano processori semplici con una bassa potenza di calcolo. Questi strumenti aspettano l'inizio di un periodo del segnale, e misurano per diversi periodi in modo da salvare i valori campionati. Durante il periodo successivo di calcolo i valori non vengono memorizzati. Di conseguenza la misura è frammentata. Questo tipo di misura è simile al principio di funzionamento degli oscilloscopi digitali e qualche volta viene indicata come "valore medio senza lacune": le misure su un certo numero di periodi sono senza lacune, (e vengono utilizzate per il valore medio), ma ci sono "buchi" fra un valore medio ed un altro!

Un'altra ragione che potrebbe creare assenze di misura è la compensazione dell'errore dovuto all'aggiunta di una componente DC nel canale di misura. Infatti, ogni amplificatore operazionale produce un offset DC che sembra far parte del segnale misurato. Ovviamente questa componente in DC deve assolutamente essere compensata dallo strumento con uno dei seguenti metodi.

Durante un vuoto di misura creato artificialmente il canale viene disconnesso internamente dal circuito di misura, in questo modo l'offset in DC prodotto dallo stesso canale può essere determinato e compensato internamente fino a quando il processo verrà ripetuto.

L'altro è quello di compensare in maniera permanente questo offset tarando lo strumento.

Quest'ultimo metodo richiede componenti di elevata qualità con bassa deriva in modo da far sì che la regolazione

effettuata duri almeno per tutto il periodo della calibrazione. Questo metodo è dunque utilizzato solo da strumenti di fascia alta.

Di conseguenza strumenti che si basano su un progetto semplice devono inserire vuoti di misura per compensare gli effetti della loro componentistica economica.

I wattmetri della ZES ZIMMER® della serie LMG95, LMG450 e LMG500 non permettono che questi vuoti di misura si presentino

- Elaborati DSP dalle elevate velocità sono in grado di processare i campioni acquisiti in tempo reale
- Amplificatori operazionali precisi di fascia alta richiedono una calibrazione della componente DC solo una volta all'anno.



LMG95



LMG450



LMG500

### **Impostazioni speciali**

Questi metodi di compensazione non sono comunque in grado di eliminare completamente l'errore della componente DC introdotta dal canale. Questi errori di conseguenza si propagheranno anche nella misura della potenza attiva. Solitamente questo non è un grave problema, ma quando si misurano valori molto bassi, come per esempio potenze di standby, questi piccoli valori potrebbero aumentare l'errore percentuale della misura.

La soluzione allora è quella di usare lo strumento con l'accoppiamento AC. In questo modo questi errori vengono eliminati e l'accuratezza della misura viene migliorata in modo significativo.

### **Banda passante**

La miglior banda passante da utilizzare per le misure dipende dal dispositivo che si



vuole misurare e dalle finalità della misura.

Per questo motivo ci sono alcuni aspetti interessanti che dovrebbero essere tenuti in considerazione. La potenza attiva può essere prodotta solo dalle componenti della tensione e della corrente con la stessa frequenza. Supponendo dunque di avere una tensione di alimentazione ideale a 50Hz e supponendo di voler misurare solo la potenza attiva consumata dal dispositivo sotto test, una banda passante fra 45 e 55Hz sarebbe più che sufficiente. Ma in ambito reale le cose non stanno così e la tensione di alimentazione contiene delle armoniche. Queste armoniche sono in grado di generare potenza attiva insieme alle armoniche in corrente della stessa frequenza. In pratica dunque, una banda passante di 2kHz potrebbe essere sufficiente per misurare anche questo effetto.

Ma ci sono almeno altri due elementi da considerare. Alcuni dispositivi usano circuiti d'ingresso che commutano con frequenza fra 2kHz e 50kHz o oltre. Le loro correnti potrebbero causare delle cadute di tensione sulle componenti resistive e induttive, (più importanti), dei cavi. In questo modo si creano altre armoniche in tensione e corrente della stessa frequenza che andranno ad influenzare la potenza attiva del nostro dispositivo. Un altro elemento potrebbe essere l'alimentatore. Nel caso il dispositivo utilizzi alimentatori switching, potrebbero essere presenti dei ripple residui nella tensione. Il valore di 1V con una frequenza nel range di 40kHz non è insolito. Questa tensione è in grado di generare correnti apprezzabili in particolar modo attraverso i condensatori, ( $C_x$ ,  $C_y$ , vedi fig. 3), ma anche nell'alimentatore switching classico quando i diodi del raddrizzatore sono conduttivi. Anche in questo caso si viene a creare un ulteriore potenza attiva.

Quindi, se si vuole misurare la potenza attiva con l'intenzione di risparmiare energia, una banda passante di 2kHz dovrebbe essere sufficiente. Se invece si vogliono fare anche analisi per valutare il riscaldamento del dispositivo, trascurare i valori di potenza sopra i 2kHz, (che sono effettivamente consumati), può portare a conclusioni completamente sbagliate.

In conseguenza di ciò, disporre di uno strumento con un ampio range di filtri selezionabili è molto utile per verificare in maniera semplice quanta potenza attiva viene utilizzata dal dispositivo nei vari range di frequenza.

Un'altra possibilità è anche quella di usare l'analisi armonica del wattmetro che permette di calcolare la potenza attiva assorbita armonica per armonica.

### **Accuratezza**

La normativa EN 62301 nell'annesso B.5 riporta la seguente frase:

*"Generalmente, un analizzatore di potenza digitale con una accuratezza fondamentale sulla misura di potenza dello 0,5%, o migliore, è in grado tranquillamente di soddisfare i requisiti richiesti dalla normativa riguardo le specifiche dello strumento e l'incertezza della misura"*

Questa sembra essere una buona notizia, perché con un'accuratezza dello 0,5% sulla misura di potenza si possono trovare molti strumenti a basso costo.

Ma questo è solo un annesso. I requisiti realmente richiesti sono specificati nel capitolo 4.5:

*"Misure di potenza di 0,5W o maggiori, dovranno essere eseguite con un'incertezza minore o uguale al 2% con un livello di confidenza del 95%. Misure di potenza minori di 0,5W dovranno essere eseguite con un'incertezza minore o uguale a 0,01W con un livello di confidenza del 95%"*

Questo non è in contraddizione, ma semplicemente è un'altra dichiarazione!

## Nota Applicativa 102

Rev 1.3

Ora passiamo ad utilizzare quello che probabilmente è il wattmetro monofase più preciso del mercato: lo LMG95 della ZES ZIMMER® e calcoliamo l'errore: l'accuratezza dichiarata per la misura di potenza attiva a 50Hz é:

$\pm(0,015\%$  delle lettura + 0,01% del range)

Se a questo aggiungiamo l'errore dello shunt SHxxx-P alla fine avremo la seguente incertezza totale sulla misura:

$\Delta P = \pm(0,165\%$  della lettura + 0,01% del range)

che è circa 1/3 delle raccomandazioni della normativa.

### **Esempio 1a**

Un carico di 10W con fattore di potenza 1,0, (quindi un carico puramente resistivo). La corrente è 43,48mA, per cui si utilizza un range di 50mA nominale con un valore di picco di 156,3mA

$\Delta P = \pm 0,023W$

L'errore relativo di questa misura è dello 0,23% che è più basso del 2% richiesto dalla normativa

### **Esempio 1b**

Un carico di 10W con fattore di potenza 0,3, fattore di cresta 3 che è tipico per gli alimentatori switching in questo range di potenza. La corrente è 144,9mA con un picco di circa 435mA. In questo caso dobbiamo utilizzare un range di 250mA nominale con un valore di picco di 781,5mA

$\Delta P = \pm 0,048W$

L'errore relativo di questa misura è dello 0,48% ed anche in questo caso siamo più bassi rispetto al 2% richiesto dalla normativa

Questi 2 esempi sembrano non creare problemi, per lo meno non per uno strumento così preciso come lo LMG95.

Anche per uno strumento con specifiche peggiori, accuratezza dello 0,5% sulla misura della potenza attiva, questi due esempi non creano problemi.

Questi casi però, sono basati su una potenza attiva relativamente alta. Andiamo adesso a vedere cosa succede invece al confine degli 0,5W

### **Esempio 2**

Un carico di 0,5W con fattore di potenza 0,1, fattore di cresta 6 che è tipico per gli alimentatori switching in questo range di potenza. La corrente è 21,74mA con un picco di circa 130,43mA. In questo caso dobbiamo utilizzare un range di 50mA nominale con un valore di picco di 156,3mA

$\Delta P = \pm 7,077 \text{ mW}$

L'errore relativo di questa misura è del 1,42% che è più basso rispetto al 2% richiesto dalla normativa e l'errore assoluto è sotto i 10mW

Possiamo notare come la tolleranza permessa del 2% con 10mW di errore assoluto è utilizzata per il 70%. Di conseguenza è ovvio che uno strumento con specifiche peggiori rispetto a quelle riportate nell'annesso B.5 non "soddisferà tranquillamente" le richieste della normativa!

Bisogna infatti tenere in considerazione il fatto che la EN 62301 non pone dei limiti all'incertezza dello strumento, ma li pone all'incertezza del completo sistema di misura.

### **Nessun strumento rispetta gli standard**

Nell'esempio precedente sono stati utilizzati valori che sono usuali al giorno

6/9

d'oggi: un fattore di potenza 0,1 con un fattore di cresta 6. Per esempio i moderni "PC 0W" hanno fattore di cresta 14. Ne consegue che se un dispositivo dovesse avere un fattore di potenza di 0,01 con un fattore di cresta di 100 non può essere misurato con nessun strumento esistente, mantenendo l'incertezza della misura al di sotto del 2% come prescritto dalla normativa.

Quindi non è attendibile che un costruttore di strumenti pubblicizzi i suoi strumenti come conformi ai requisiti, o che sia stato certificato come conforme alle EN 62301. Un'affermazione del genere è falsa alla luce di quanto appena esposto.

Proviamo a fare degli esempi:

Il costruttore Y riesce a conseguire, in condizioni quasi ideali, (range usati al 100%, fattore di cresta <3, ...), un uso del 70% dell'incertezza permessa, ma solo per lo strumento senza considerare tutto il setup della misura. Uno strumento simile difficilmente potrà essere utilizzato in pratica. Queste condizioni non esistono in ambito reale. Di conseguenza non è corretto pubblicizzarlo come strumento certificato per la misura di potenza di standby.

Anche il costruttore V è in grado di soddisfare i requisiti della EN 62301, in accordo con i suoi test eseguiti in condizioni quasi ideali, (fattore di potenza 1, shunt esterno ideale, ...). L'85% dell'incertezza permessa è usata solo dallo strumento, e anche qui non vengono considerati i componenti esterni che invece sono essenziali. Come nell'esempio precedente, anche questo strumento difficilmente potrà essere utilizzato in pratica. Nonostante ciò il costruttore garantisce che il suo strumento è conforme ai requisiti della EN 62301 se alcuni aspetti tecnici ed il manuale vengono rispettati.

Questi certificati e garanzie illusorie, validi solo in condizioni ideali, avranno validità solo fino alla prima volta che si proverà a

calcolare l'incertezza della misura considerando l'ambiente reale dove il dispositivo viene provato. Di conseguenza, se il modo di lavorare di tutti i giorni mostra che questi strumenti non sono in grado di mantenere i loro certificati e le loro garanzie, il costo di tutto questo sarà pagato dai clienti e non dal costruttore.

Il modo corretto di porre la questione è: il costruttore Z non è in grado di misurare tutti i dispositivi!

In questo modo non ci nascondiamo dietro garanzie o certificati illusori. Certificati e garanzie serie devono riportare in modo chiaro i limiti dello strumento, in quanto, come dimostrato in precedenza, questi attestati non possono valere in tutte le condizioni. Tutto questo porta alla conclusione che un utilizzatore non deve fidarsi solo alla certificazione dello strumento, ma deve anche considerare i suoi limiti. Per questo motivo utilizzeremo i due esempi precedenti per verificare se le nostre incertezze sono comparabili.

Per l'esempio "Y", (230V, 20mA, CF<3, 0,46W) utilizzeremo un range di 24mA con un valore di picco di 78,12mA. Il nostro strumento raggiunge un'incertezza dello 0,84% cioè usa solo il 42% dei requisiti dello standard. Questo risultato dice che il nostro strumento è circa 2 volte migliore dello strumento del costruttore "Y" e di quanto richiesto dalla norma.

Per quanto riguarda l'esempio "V", (230V, 4,3mA, CF<3, 1W) utilizzeremo un range con valore nominale di 5mA e un valore di picco di 15,63mA. L'incertezza di questa misura, nel peggiore dei casi, è dello 0,23%, cioè il 12% del 2% di incertezza ammesso, (circa 7 volte meglio dello strumento del costruttore "V" e di quanto richiesto dalla norma).

Facciamo dunque notare come non siano necessari i certificati per raggiungere i requisiti richiesti dalle norme!

## **Come costruire un sistema di test**

Il provocatorio messaggio del capitolo precedente: nessun strumento rispetta gli standard purtroppo è vero. Ciò nondimeno esistono alcuni metodi per poter eseguire dei test in modo scrupoloso:

- Usare uno strumento con l'incertezza più bassa possibile. Uno strumento con incertezza dello 0,025% può essere utilizzato per i dispositivi più critici anziché uno con incertezza dello 0,2%
- Calcolate l'incertezza dello strumento per ciascun valore misurato. Questo è l'unico modo per capire i limiti dello strumento e quindi valutare la validità dei risultati dei test.

Se applicate, queste due regole vi daranno la possibilità di avere sempre dei risultati attendibili e affidabili. Tutto ciò è fondamentale nel caso in cui i risultati dei test debbano essere messi in discussione dalle autorità competenti che puniranno le violazioni dei limiti.

## **Altri fattori di influenza**

Le direttive EC così come la EN 62301 richiedono un'incertezza del 2% con un livello di confidenza del 95%. Questo non riguarda solo l'incertezza dello strumento, ma tiene in considerazione tutti i fattori che possono influenzare la misura. Questo requisito è estremamente importante per ottenere una buona riproducibilità della misura!

Ricordate che tutti i risultati dei test devono essere riproducibili dagli enti competenti per poter prevenire possibili incidenti. Tenete poi in considerazione, per i dispositivi prodotti in elevate quantità, le incertezze aggiuntive dovute alle produzioni di serie.

Oltre ai soliti fattori quali temperatura, vento, umidità, ecc... anche i seguenti elementi dovrebbero essere tenuti in considerazione:

Le armoniche di tensione e corrente, di cui abbiamo parlato nel capitolo **"Banda**

**passante"** influenzano significativamente la misura. Una semplice misura della tensione di alimentazione mostra come, solo le armoniche di 3°, 5° e 7° ordine producono il 2% della potenza attiva utilizzata dal dispositivo sotto test. Il THD era del 3%, (le EN 62301 permettono solo il 2%), ma anche con THD molto più bassi errori simili sono possibili. Quest'errore è legato al valore di ogni armonica di tensione ed al valore della corrispondente armonica di corrente, per cui il 2% può essere superato. In altre parole la sola rete elettrica può generare un'incertezza del 2% sul risultato finale. Questo valore non tiene conto dell'incertezza dello strumento. Per questo motivo è consigliabile utilizzare una sorgente AC con un THD molto basso per ridurre al minimo questo errore. Alla luce di queste considerazioni, usando uno strumento in grado di misurare la potenza attiva di ogni armonica è possibile determinare la potenza consumata dalle varie armoniche. In questo modo si avrà una conoscenza certa anziché una semplice stima.

Anche l'ampiezza della tensione può influenzare la misura di potenza ed è legato al principio di funzionamento del dispositivo. La potenza assorbita, con una variazione della tensione di +1% rispetto al valore nominale, può essere molto più elevata rispetto a quella consumata con una variazione di -1%. Anche in questo caso l'incertezza del 2% permesso è stato raggiunto

## **Conclusioni**

Come è stato evidenziato, questo tipo di misure non sono banali né per l'operatore né per l'equipaggiamento richiesto.

Diversi errori si possono riscontrare durante le misure di standby o di efficienza energetica. Alcuni possono essere evitati usando particolari accorgimenti, altri addirittura potrebbero non essere considerati per mancanza di conoscenze di base.



Per risolverne altri è necessario invece una conoscenza più dettagliata dei principi di funzionamento del dispositivo. Questa nota applicativa dovrebbe aver fornito tutte le informazioni necessarie.

Con scelte accurate e con strumenti adeguati questo tipo di misure possono essere eseguite in maniera affidabile.

Per questi test, qui di seguito riportiamo l'equipaggiamento minimo necessario. Ulteriori opzioni e accessori possono essere necessari per poter soddisfare le richieste normative in un'applicazione reale.

### **Strumenti di misura**

- LMG95 con SHxxx-P o
- LMG95 con ingressi in corrente modificati o
- LMG500 con SHxxx-P

### ***In breve***

- **Per la misura della potenza di standby utilizzate il circuito con i correnti accessori per la misura di corrente come in fig. 2**
- **Usate uno shunt esterno per una migliore scalabilità e per una migliore protezione**
- **Usate il range manuale tutte le volte che sia possibile**
- **Misurare la corrente di fase e non quella del neutro**
- **Non utilizzate strumenti con una accuratezza di base della potenza attiva dello 0,5%! Non sono in grado di soddisfare i requisiti della normativa!**