

3i s.n.c. di Arosio L. & C.
Via Mozart, 3
20052 Monza (MI) – Italia



Telefono: 039-2300687
Email: info@3isnc.191.it
Fax: 039-2313684

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE ELETTRONICHE

**Manuale utente dello strumento di misura
grandezze elettriche
PQVIf**

Sommario

1	Generalità	4
1.1	Breve descrizione dei componenti interni	6
1.2	Software di controllo e monitoraggio remoto	7
1.3	Valori delle grandezze elettriche nominali e campi di misura	8
1.4	Nota sugli errori di misura della potenza elettrica.....	9
1.5	Dettagli di fornitura	10
2	Misure eseguite dallo strumento	11
3	Misura delle tensioni e correnti.....	12
3.1	Circuito phase locked loop – PLL	12
3.1.1	Come si sceglie il comparatore di fase	13
3.2	Disaccoppiamento con trasformatori a flusso nullo	14
4	Sistema delle tensioni	16
5	Calcolo delle grandezze	18
5.1	Tensioni e Correnti (U & I).....	21
5.2	Potenza attiva e reattiva (P & Q)	21
5.3	Fattori di potenza (Phi & CosPhi)	21
6	Media e tempi di aggiornamento	22
6.1	Media.....	22
6.2	Tempi di aggiornamento.....	23
7	Interfaccia Operatore (su PC via USB).....	24
7.1	Installazione del software su un PC con Windows	24
7.2	Collegamento con lo strumento	24
7.3	Raggruppamento dei visori.....	25
7.4	Valori complessivi (gruppo equivalente).....	27
8	Tipo di inserzione	28
8.1	Verifica globale	28
8.2	Trifase con neutro.....	31

8.3	Trifase con tre tensioni e tre correnti (3U e 3I)	32
8.4	Inserzione trifase per sistema equilibrato	33
8.5	Inserzione Aron	34
8.1	Inserzione monofase	35
8.2	Inserzione come frequenzimetro	36
9	Predisposizione parametri di misura	38
9.1	Standard di tensione (100 V concatenati oppure 400 V concatenati).....	38
9.2	Standard di frequenza (50 Hz oppure 60 Hz)	38
9.3	Predisposizione frequenzimetro	39
9.4	Sorgente di frequenza per la rete	39
9.5	Modalità di acquisizione	39
9.6	Rapporti di trasformazione dei TV e dei TA.....	41
9.7	Standard di corrente	41
9.8	Ripristino costanti di taratura originali.....	43
9.9	Memorizzazione della configurazione	44
9.10	Valori alle boccole (funzione Tester)	45
9.11	Risoluzione dei visori.....	45
10	Uscite analogiche	46
10.1	Associazione di una grandezza all'uscita	46
10.2	Contrapposizione del punto di lavoro	50
10.3	Adattamento del fattore di scala	51
10.4	Menu per calibrazione uscite.....	51
11	Identificazione dello strumento.....	52
12	Consigli su come impostare una sessione di lavoro	53

1 Generalità

Lo strumento PQVI_f è un convertitore di misura rapida e precisa delle grandezze elettriche: tensione, corrente, potenza attiva, potenza reattiva e frequenza delle reti elettriche trifasi con e senza neutro, oltre alla velocità del gruppo misurata da “ruota fonica”¹. Rapida, perché l’aggiornamento delle misure avviene ogni 15÷45 ms, precisa perché l’accuratezza delle misure di tensione e corrente è migliore dello 0,1 %, mentre per le misure di potenza l’incertezza è inferiore allo 0,2 %. Le misure di frequenza sono precise al mHz. Lo strumento dispone di 8 uscite analogiche di tensione nel campo ±10 V. Ogni uscita analogica può fornire una grandezza elettrica scelta tra quelle misurate e elaborate.

Gli algoritmi utilizzati forniscono sempre le misure di vero valore efficace sia per le tensioni sia per le correnti. La conversione è continua nel tempo, con campionamenti di misura che scorrono nel periodo di acquisizione, ma sono mantenuti in memoria in modo tale da consentire sempre l’elaborazione dei dati memorizzati nell’intervallo di tempo² precedente l’ultimo aggiornamento; così la dinamica di conversione può fornire dati anche ad intervalli di tempo inferiori al periodo delle tensioni e correnti misurate (sovra-campionamento): è questo il caso di misure in Aron su sistemi trifasi a 3 fili, oppure di misure su sistemi trifasi equilibrati o, ovviamente, su reti monofasi.

Nella figura seguente si vede la parte frontale dello strumento.³



Si nota la denominazione *3-phase multifunction meter with 8 analog outputs* e, in questa “versione da banco”, si vedono i piedini ripiegabili.

Esso è stato ideato per sostituire lo strumento PQVI, progettato negli anni 1970 ÷ 1980 da ENEL-CRA e prodotto in vari esemplari in quegli anni. Le caratteristiche dello strumento attuale sono più estese rispetto al predecessore, così come la semplicità d’impostazione dei parametri e di selezione delle grandezze da misurare è decisamente più versatile, perché attuata via software. Le peculiarità del PQVI_f sono:

¹ indipendente quindi dal fatto che l’alternatore sia eccitato e generi tensioni

² nel paragrafo “Calcolo delle grandezze” viene spiegata in dettaglio la durata dei campionamenti

³ in versione con “collegamenti su un solo pannello”, detta anche “versione da banco”. È possibile fornire lo strumento predisposto costruttivamente in modo diverso, su specifica richiesta, per esempio con i collegamenti di alimentazione da rete, di controllo remoto e con i LED di segnalazione riportati sul pannello posteriore rispetto a quello mostrato in figura

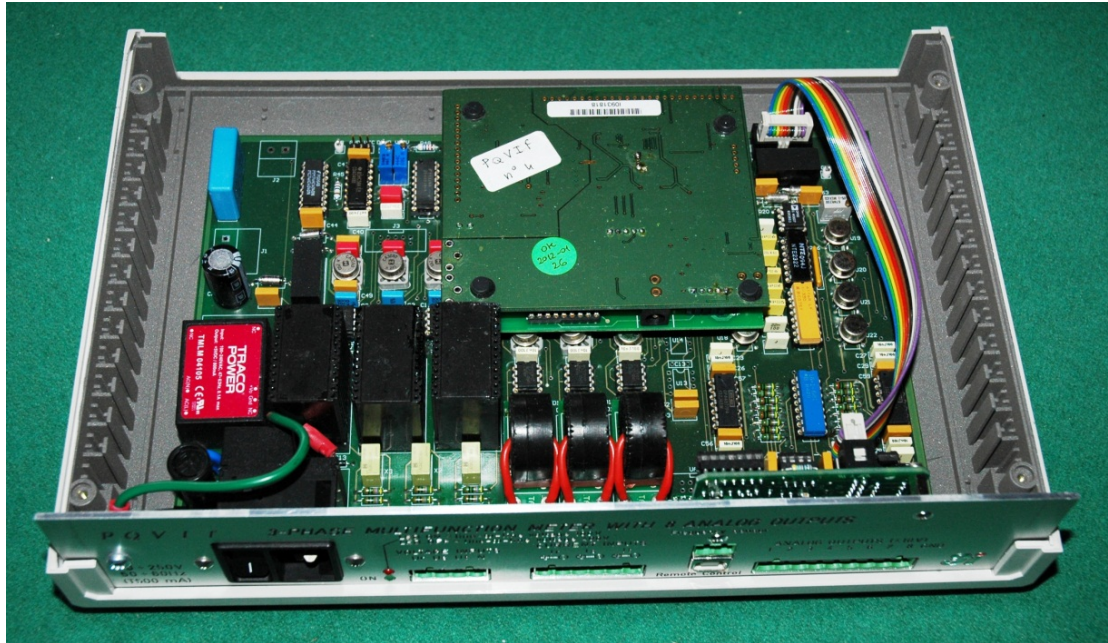
- a) Gli ingressi di tensione sono realizzati con morsettiera estraibile Phoenix Contact a 4 vie, per conduttori con sezione massima di 2,5 mm quadri, con connessioni per le fasi (R, S, T) e per il neutro (N). Normalmente agli ingressi di tensione devono essere collegate le uscite dei TV di misura ($100/\sqrt{3}$ V tra fase e neutro oppure 100 V concatenati), ma possono anche essere collegate le tensioni di un sistema trifase a bassa tensione da 230 V di fase (400 V concatenati). Il margine di sovraccarico misurabile rispetto al riferimento nominale è pari al 20%
- b) Gli ingressi di corrente fanno capo a una morsettiera estraibile Phoenix Contact a 6 vie e ad essa devono essere collegate in modo passante (ingresso – uscita) le correnti delle tre fasi R S T, ma non l'eventuale corrente del neutro, perché essa viene calcolata in base alla prima legge di Kirchhoff ai nodi. I morsetti accettano conduttori con sezione massima di 2,5 mm quadri.
I valori di corrente nominale che si possono far transitare attraverso lo strumento dipendono dai trasformatori di corrente montati nel suo interno (in modo removibile) e sono:
200 mA nominali per le misure fatte con pinze amperometriche di precisione tipo CCTAMP (della 3i) senza la necessità di sezionare e ricollegare i conduttori secondari dei TA di misura, oppure
1 A nominale per le versioni dei TA di centrale elettrica di nuovo tipo, o infine, **5 A nominali** per l'inserzione classica dei conduttori secondari dei TA di centrale elettrica. Il margine di sovraccarico misurabile rispetto al riferimento nominale è pari al 20%
Come si nota dalla fotografia, ingressi e uscite della corrente di fase sono adiacenti tra loro: l'ingresso è caratterizzato dal simbolo *coda di freccia* e l'uscita dal simbolo *punta di freccia*.
- c) Un ingresso galvanicamente isolato, dedicato alla misura della velocità di rotazione dell'alternatore (o del motore elettrico), è disponibile attraverso una morsettiera estraibile Phoenix Contact a due vie. L'ingresso è adatto a misurare segnali provenienti da *ruota fonica*, con frequenza nominale qualsiasi nel campo $5 \div 5000$ Hz e campo utile di escursione del segnale a onda quadra da 10 a 28 V picco-picco.
- d) Otto uscite analogiche con fondo scala di ± 10 V sono disponibili per il collegamento a eventuali registratori analogici o digitali. Su ogni uscita possono essere indirizzati i valori di tensione, corrente, potenza attiva, reattiva, frequenza di rete, velocità di rotazione del gruppo, o una qualsiasi delle grandezze misurate o elaborate dallo strumento.
- e) L'alimentazione dello strumento avviene tramite una presa IEC posta sul pannello, con tensione universale $95 \div 250$ V e frequenza di $50 \div 60$ Hz. L'alimentazione è protetta internamente da un fusibile ritardato da 500 mA
- f) Lo strumento è comandato da computer remoto tramite interfaccia USB. Un apposito software operante sotto Windows è fornito insieme allo strumento per consentire all'operatore di impostare i parametri di misura, il tipo di inserzione, le grandezze che si vogliono indirizzare sulle 8 uscite analogiche, con relative scale ed eventuali medie di filtraggio. Dopo la predisposizione di tutta la sessione di misura lo strumento può essere disconnesso dal PC di controllo, per operazioni continue con tempi di risposta dell'ordine dei 20 ms
- g) Le dimensioni e la massa dello strumento sono le seguenti:
larghezza 290 mm; profondità 200 mm; altezza (piedini compresi) 75 mm;
massa 1,4 kg.

1.1 Breve descrizione dei componenti interni

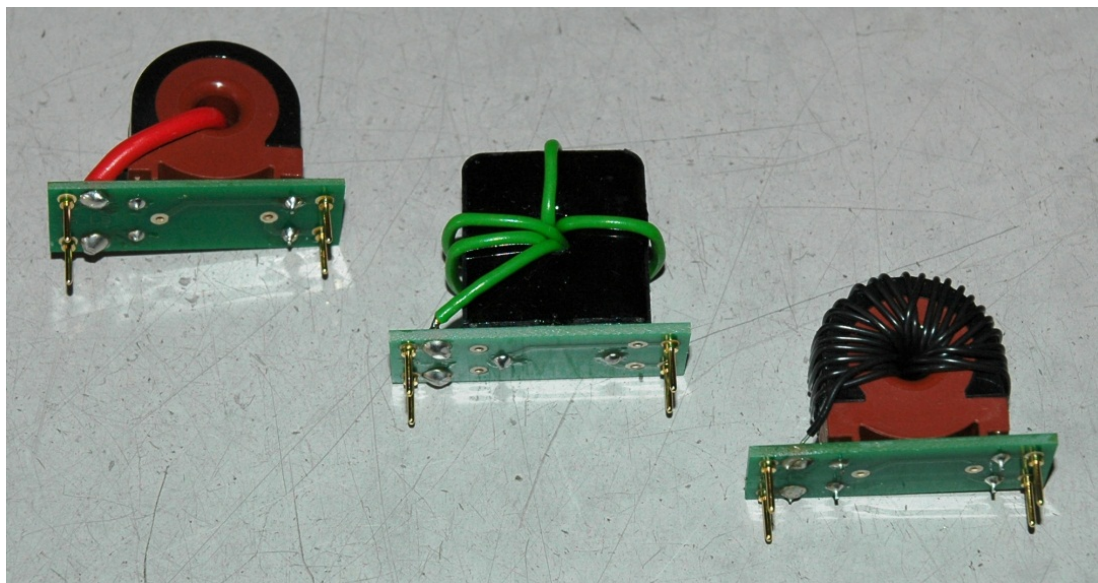
Lo strumento utilizza circuiti d'interfaccia basati sulla compensazione del flusso dei trasformatori di misura (*misura con trasformatori a flusso nullo*), un microcontrollore Analog Devices con *circuiti ausiliari di aggancio di fase*, di *sample & hold*, e di *condizionamento segnale* per l'adattamento delle misure ai requisiti d'ingresso e uscita.

I circuiti di misura della tensione, della corrente e della ruota fonica sono galvanicamente isolati dal resto dei circuiti dello strumento.

La taratura dello strumento è effettuabile periodicamente senza agire su nessun trimmer, perché i parametri di calibrazione sono memorizzati nel firmware dello strumento stesso. Nella foto la vista interna dello strumento.

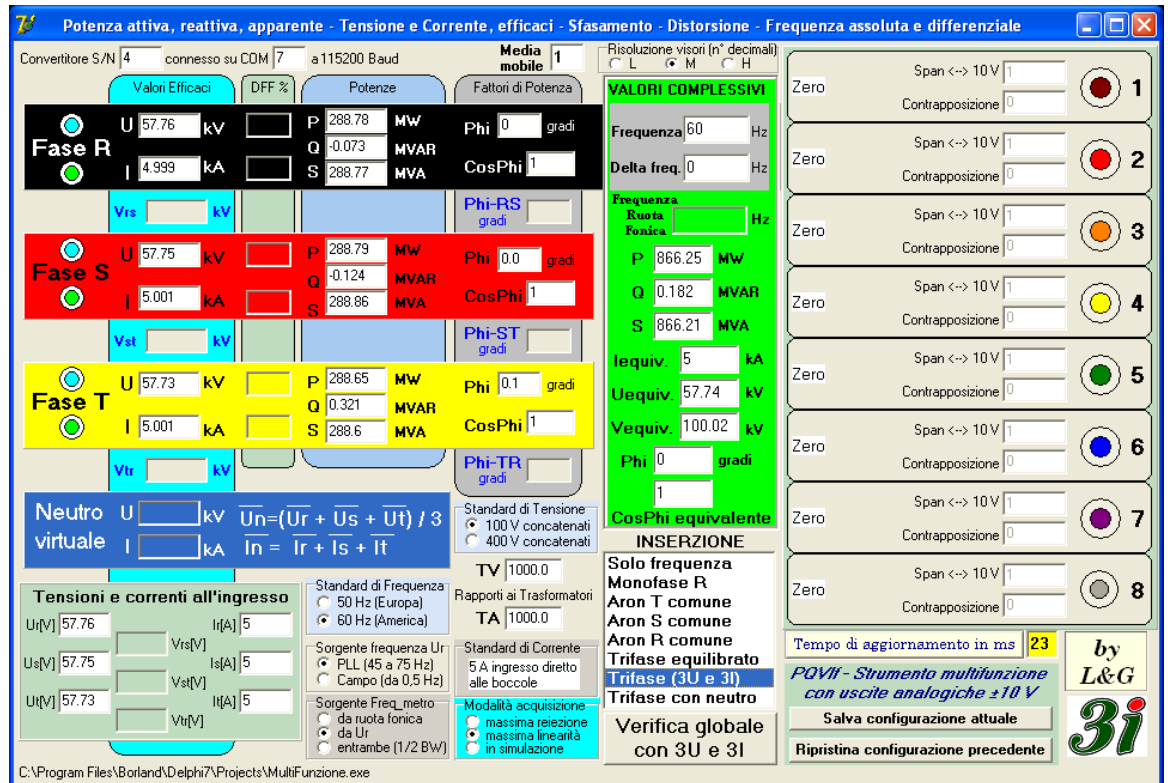


I trasformatori di corrente interni allo strumento si possono sostituire; nella fotografia seguente sono riportati i TA interni per le misure di corrente; rispettivamente, da sinistra a destra, per 5 A nominali, 1 A nominale, 200 mA nominali.



1.2 Software di controllo e monitoraggio remoto

L'interfaccia con l'operatore è gestita da un applicativo⁴ funzionante sotto Windows fornito con lo strumento e operante attraverso la porta USB del PQVI. Una schermata del software d'interfaccia è riportata di seguito. Per i dettagli d'utilizzo ci si deve riferire alle spiegazioni fornite più avanti nel manuale.



Si noti sulla figura in basso a destra il pulsante **Salva configurazione attuale**. Esso serve per memorizzare nella *flash eeprom* dello strumento tutti i parametri di misura e nel PC un apposito file *multifunzione.ini* che tiene conto della porta di comunicazione.

In seguito, cliccando di nuovo sul link del programma *multifunzione.exe*, si ottiene immediatamente l'interfaccia attiva senza passare dal menu di scelta della porta USB (seriale virtuale).

Dopo la memorizzazione si può chiudere il programma d'interfaccia, oppure si può *minimizzare l'applicazione*, anche senza staccare il cavo USB, liberando così il computer dall'interfacciamento con lo strumento, mentre quest'ultimo continua a misurare in accordo con i parametri predisposti prima di staccare l'interfaccia. Si tenga presente che quanto descritto avviene, anche se non si memorizza la configurazione, ma in questo caso, a seguito dell'interruzione dell'alimentazione del PQVI, lo strumento non userebbe i parametri salvati, ma quelli di default.

⁴ file eseguibile dal nome *multifunzione.exe*

1.3 Valori delle grandezze elettriche nominali e campi di misura

Lo strumento misura le grandezze elettriche dei sistemi monofasi e trifasi, a frequenza industriale, secondo lo standard europeo (50 Hz) e quello americano (60 Hz); le grandezze misurabili sono:

- Tensione efficace
- Corrente efficace
- Potenza attiva
- Potenza reattiva
- Fase e fattore di potenza
- Frequenza
- Frequenza da ruota fonica (velocità di rotazione del gruppo)

Lo strumento supporta le seguenti inserzioni:

- Monofase
- Aron con fase T comune
- Aron con fase R comune
- Aron con fase S comune
- Trifase equilibrato
- Trifase generico (con 3 tensioni e 3 correnti)
- Trifase con neutro

Le misure sul neutro in realtà non sono acquisite, ma dedotte dallo squilibrio delle altre fasi (neutro virtuale).

La fase R (in tensione) costituisce anche il riferimento di sincronizzazione per tutte le altre grandezze da misurare, e deve quindi necessariamente essere presente, con un'ampiezza non inferiore al 5% del fondo scala, consentendo alle altre due tensioni e tre correnti di scendere a valori nulli.

I valori nominali e il campo di misura delle grandezze elettriche sono:

- 1) tensione:
100 V nominali concatenati (oppure $100/\sqrt{3}$ V di fase) su scala low,
400 V nominali concatenati (oppure 231 V di fase) su scala high,
campo ammissibile dal 5 al 120% per la fase R, da 0 al 120% per le fasi S e T;
precisione di misura: 0,1%
- 2) corrente nominale:
200 mA da pinze di corrente CCTAMP, oppure
1 A dalle uscite dei TA di misura di tipo moderno, o infine
5 A dalle uscite dei TA di misura classici;
campo ammissibile da 0 al 120%
precisione di misura: 0,1%;
- 3) potenza attiva, reattiva, apparente:
sono grandezze elaborate dallo strumento, con
precisione pari a: $0,15 \div 0,2$ %
- 4) frequenza:
campo di misura da 45 Hz a 75 Hz oppure da 0,5 a 100 Hz
precisione di misura: 1 mHz
- 5) frequenza da ruota fonica per la velocità di rotazione del gruppo:
campo di misura da 5 a 5000 Hz con tensione segnale di $10 \div 28$ V
precisione di misura: 0,1 Hz
- 6) fase e fattore di potenza:
precisione di misura della fase 0,1°
precisione del fattore di potenza: esclusivamente dipendente dall'errore di fase

1.4 Nota sugli errori di misura della potenza elettrica.

La potenza attiva e quella reattiva, oltre al fattore di potenza, sono grandezze derivate dalle principali mediante calcolo. Ad esse si applicano quindi le formule degli errori derivati. Per esempio, l'errore presunto di potenza attiva in funzione degli errori della misura di tensione, corrente e fase si deduce in base alle considerazioni seguenti:

Per un sistema trifase simmetrico ed equilibrato, la potenza attiva è data da:

$$P = 3 U I \cos \varphi$$

Il significato dei simboli è:

U = tensione di fase

I = corrente di fase

φ = angolo di sfasamento tra corrente e tensione

Differenziando si ha:

$$dP = 3I \cos \varphi dU + 3U \cos \varphi dI + 3UI (-) \operatorname{sen} \varphi d\varphi$$

$$dP/P = dU/U + dI/I - \operatorname{tg} \varphi d\varphi$$

Esprimendo l'errore d'angolo in radianti, gli altri errori in p.u. e considerando la somma dei valori assoluti, per l'errore di potenza attiva abbiamo la formula seguente:

$$\epsilon_p = \epsilon_u + \epsilon_i + \epsilon_\varphi \operatorname{tg} \varphi$$

Se il fattore di potenza è unitario, l'errore di potenza è pari allo 0,2%, altrimenti dipende dall'angolo di fase, in base alla formula di ϵ_p .

Analogamente, l'errore presunto di potenza reattiva in funzione degli errori di misura di tensione corrente e fase è dato da ϵ_q e si nota che tende a un errore enorme se ϵ_φ è diverso da zero intorno al fattore di potenza unitario.

Per un sistema trifase simmetrico ed equilibrato, la potenza reattiva è data da:

$$Q = 3 U I \operatorname{sen} \varphi$$

Il significato dei simboli è:

U = tensione di fase

I = corrente di fase

φ = angolo di sfasamento tra corrente e tensione

Differenziando si ha:

$$dQ = 3I \operatorname{sen} \varphi dU + 3U \operatorname{sen} \varphi dI + 3UI \cos \varphi d\varphi$$

$$dQ/Q = dU/U + dI/I + (1/\operatorname{tg} \varphi) d\varphi$$

Esprimendo l'errore d'angolo in radianti, gli altri errori in p.u. e considerando la somma dei valori assoluti, per l'errore di potenza reattiva abbiamo la formula seguente:

$$\epsilon_q = \epsilon_u + \epsilon_i + (1/\operatorname{tg} \varphi) \epsilon_\varphi$$

Nello strumento PQVI l'algoritmo di misura delle potenze si basa su calcoli di *fattori in fase e fattori in quadratura*, esteso a tutti i campioni del periodo (vedi il paragrafo "Calcolo delle grandezze"), questo significa che vengono misurati con accuratezza i valori di P e di Q, mentre il valore dell'angolo di sfasamento viene dedotto con il calcolo, ne risulta che **i valori di potenza attiva e di potenza reattiva non sono mai affetti dall'errore d'angolo ϵ_φ** . Quanto ora detto non è vero per altri strumenti, specialmente quelli che risalgono al valore della potenza reattiva da misure dell'angolo φ oppure dalla formula [$Q = \sqrt{(S^2 - P^2)}$]; in questo caso, infatti, se i valori numerici di S e di P sono quasi uguali (per $\varphi = 0^\circ, 180^\circ$), l'errore relativo della differenza di due numeri quasi uguali tende a valori molto alti e la misura risulta inaffidabile.

1.5 Dettagli di fornitura

Lo strumento è custodito in una valigia di trasporto PELI 1500 compresa nella fornitura (vedi la fotografia seguente)



Lo strumento è fornito con la dotazione completa dei TA intercambiabili di misura:

- 3 TA da 5 A interni allo strumento PQVI_f
- Kit di 3 TA da 1 A associati allo strumento
- Kit di 3 TA da 200 mA per misure tramite pinze CCTAMP

I trasformatori di corrente da 200 mA comportano l'utilizzo delle pinze amperometriche con associata apparecchiatura di precisione denominata CCTAMP, che non sono comprese nella fornitura e vanno ordinate separatamente⁵.

Un kit CCTAMP serve per la misura di una corrente di fase; nel caso in cui interessassero solo misure in Aron, occorrerebbe acquistare due kit CCTAMP; per le misure sui sistemi trifasi a 4 fili occorrono invece 3 kit CCTAMP. Nell'immagine seguente si vede un kit *pinza amperometrica e amplificatore a transconduttanza CCTAMP*.



⁵ Il vantaggio operativo nell'uso delle pinze amperometriche di precisione è costituito dalla sicurezza nella predisposizione dei circuiti di misura, perché non si devono derivare i conduttori secondari dei TA di centrale dai quadri d'interfacciamento, ma basta chiudere la pinza amperometrica attorno al conduttore all'interno del quadro.

2 Misure eseguite dallo strumento

Lo strumento PQVI_f esegue le seguenti misure:

- Tensione efficace
- Corrente efficace
- Potenza attiva
- Potenza reattiva
- Fase e fattore di potenza
- Frequenza
- Frequenza da ruota fonica (velocità di rotazione del gruppo)

Le misure di corrente del conduttore neutro in realtà non sono acquisite, ma dedotte dallo squilibrio delle altre fasi (neutro virtuale), perché vale la prima legge di Kirchhoff.

La fase R (in tensione) costituisce il riferimento di sincronizzazione per tutte le altre grandezze da misurare, e deve quindi necessariamente essere presente, con un'ampiezza non inferiore al 5% del fondo scala, consentendo alle altre due tensioni e tre correnti di poter scendere anche a valori nulli.

Le prestazioni del sistema sono caratterizzate da elevata dinamica e precisione, secondo quanto riassunto nella tabella seguente:

grandezza	risoluzione	precisione	dinamica ⁶
tensione	0.08%	0.1%	1 periodo
corrente	0.08%	0.1%	1 periodo
potenze	0.08%	0.15%	1 periodo
fase	0.05%	0.1°	1 periodo
frequenza di rete	1/8 mHz	1 mHz	1 periodo
velocità di rotazione del gruppo	10 mHz	0.1 Hz	1/20 periodo

Le misure di frequenza sono in realtà eseguite come misure di **periodo** e ne viene visualizzato il reciproco, cioè la **frequenza**.

Per misurare la frequenza di rete si utilizza la periodicità della tensione di fase R, attraverso i circuiti interni di stabilizzazione a *phase-locked-loop* e usando due *counter-timer* della CPU.

Per la misura della velocità di rotazione del gruppo ci si affida al segnale proveniente dal captatore d'impulsi a ruota dentata (*ruota fonica*) che normalmente è installato su tutti i gruppi per servire il regolatore di velocità degli stessi. L'ingresso del segnale è gestito, con opportuni artifici firmware, dagli stessi *counter timer* della CPU dedicati alla misura di frequenza.

Il segnale della *ruota fonica* viene portato alla CPU attraverso un circuito di isolamento facente capo ad una morsettiera estraibile Phoenix Contact a due vie. La frequenza nominale può essere un valore qualsiasi nel campo 5 ÷ 5000 Hz, mentre il valore di tensione dell'onda quadra (del segnale) deve essere compreso tra un minimo di 10 V e un massimo di 28 V picco picco.

⁶ La dinamica indicata è riferita a una media delle misure pari a uno (media = 1) ed è quella massima ottenibile per riprodurre integralmente la variazione all'ingresso in configurazione monofase. In configurazione trifase, la velocità di acquisizione dello strumento può risultare parzialmente penalizzata dal tempo di elaborazione delle diverse misure, che vengono gestite in time sharing dalla CPU (Analog Devices ADuC841); ciò significa che il tempo complessivo di elaborazione di tutte le grandezze può arrivare fino ad un massimo di 2 periodi. Se poi si vogliono introdurre n medie, il 100% di variazione verrà riprodotto dopo n periodi, a seguito di una scalinata, con gradini di ampiezza 1/n.

3 Misura delle tensioni e correnti

I segnali provenienti dai TV e TA d'impianto, sono campionati con una densità di 128 o 64 campioni per periodo, secondo il numero di canali da acquisire, e quindi memorizzati in una struttura dati, organizzata come un tamburo circolare⁷.

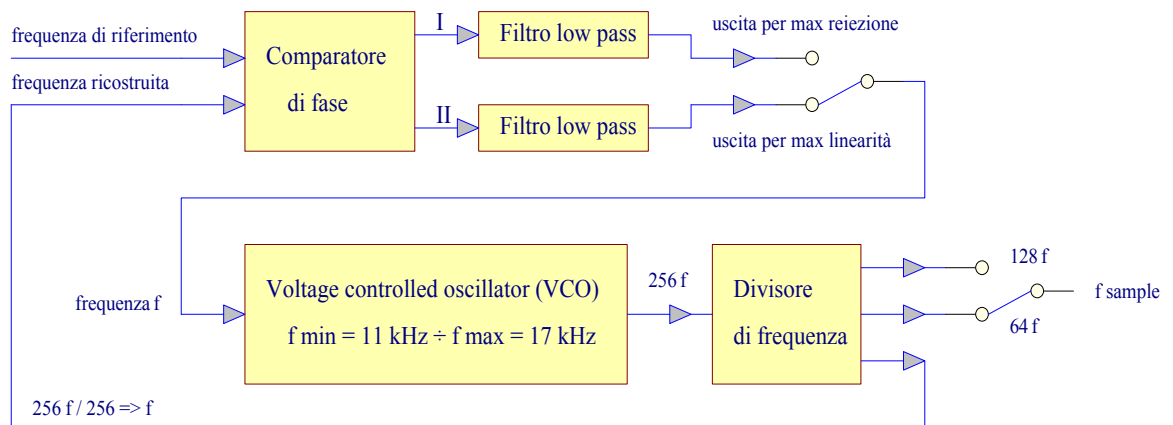
Anche nella condizione di minore densità di campionamento, è assicurata l'estensione di banda fino alla 20^a armonica, con un minimo di tre campioni per periodo.

I suddetti campioni sono convertiti in formato numerico, dal convertitore A/D della CPU ADuC841, con risoluzione di 2048 punti sul valore di cresta, pari a sua volta al 120% del valore nominale, rispetto al quale si realizza una risoluzione dello 0,08%.

Per ottenere una risposta migliore dello 0,1%, esente da ondulazioni, in caso di campionamento asincrono, si richiederebbe una insostenibile densità di campionamento superiore a 1000 campioni per periodo, ben oltre i nostri 64 o 128. È necessario quindi che il campionamento sia sincrono col periodo da misurare (scorrimento nullo tra un periodo e l'altro) ed è per questo motivo che il circuito del PQVif è dotato di una regolazione ad aggancio di fase **phase locked loop**.

3.1 Circuito phase locked loop – PLL

Il modo più semplice per ottenere un treno d'impulsi rigorosamente multiplo del periodo da campionare, consiste nell'impiego di un oscillatore agganciato in fase, ad anello chiuso, al segnale di tensione della fase R, riferimento di frequenza nel *phase locked loop*. Lo schema a blocchi mostra il principio di funzionamento del PLL usato nel PQVif.



Quando l'anello è in equilibrio, l'uscita del comparatore di fase è costante, e quindi lo scarto di frequenza, che ne è la derivata, è rigorosamente nullo. Per sostenere questa condizione il VCO (Voltage Controlled Oscillator) deve generare un segnale a onda quadra avente una frequenza multipla intera della frequenza di riferimento f . La costante di moltiplicazione (256 nel nostro caso) è identica al coefficiente di divisione del *divisore* in retroazione.

Sulle prese intermedie della catena di *ripple counter*, che costituiscono il *divisore*, si trovano disponibili frequenze multiple della frequenza di riferimento, in progressione binaria. Considerate le limitazioni hardware, per le misure in monofase viene utilizzata la presa 128 f , mentre per le acquisizioni trifasi è necessario scalare alla presa 64 f (il tutto in modo automatico in base alla scelta del tipo di inserzione).

⁷ si veda il paragrafo 7 Calcolo delle grandezze

3.1.1 Come si sceglie il comparatore di fase

Il circuito integrato CD4046, utilizzato nella funzione PLL, mette a disposizione due tipi di comparatori di fase:

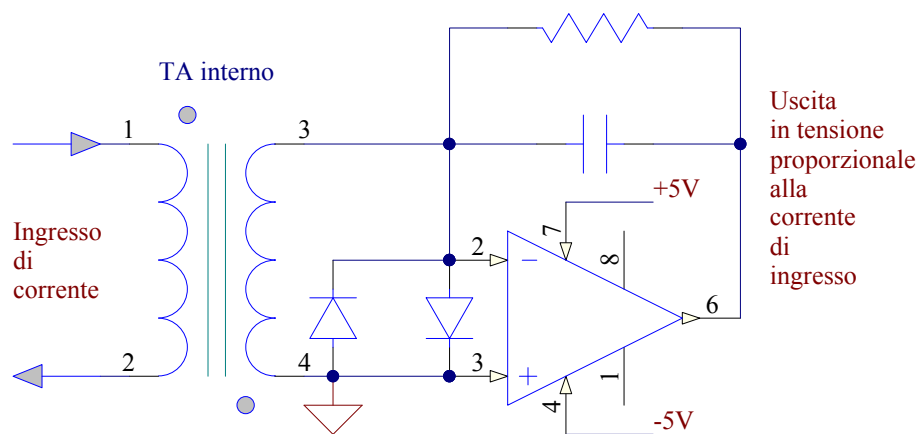
- 1) circuito XOR (uscita I), che genera un'onda quadra a *duty-cycle* variabile, in funzione dello scarto di fase, che offre un'elevata insensibilità ai disturbi (posizione ***massima reiezione***), ma lascia un ripple pesante sulla tensione di VCO, che comporta una sensibile disuniformità di distribuzione dei campioni (da usare solo in caso d'emergenza, accettando incertezze di misura fino al 3%).
- 2) circuito con memoria sulle transizioni (uscita II), che soffre di sensibilità ai disturbi, ma offre una tensione rigorosamente continua, che rende il campionamento assolutamente uniforme e insensibile alla fase tra i segnali (posizione ***massima linearità***, da privilegiare, in ambienti normali, per ottenere misure allo 0.1%).

3.2 Disaccoppiamento con trasformatori a flusso nullo

Tutti i circuiti di misura della terna di tensioni e correnti, presentano un completo isolamento galvanico, fino a 2500 V efficaci, che comporta l'utilizzo di trasformatori, allo scopo di realizzare anche l'adattamento scala ai parametri nominali dei TV e TA d'impianto (tensioni fino a 400 V e correnti fino a 5 A).

L'utilizzo di trasformatori in normale configurazione di tensione, nell'acquisizione di misure ad elevata precisione, presenterebbe notevoli problemi di linearità e stabilità, superabili a fatica anche con l'aumento oneroso delle dimensioni del ferro, del rame e del costo, legato alla qualità dei materiali.

Molto più efficace ricorrere ad una implementazione a *flusso nullo*, come schematizzato in figura, dove la massa virtuale dell'amplificatore operazionale impone tensione nulla all'avvolgimento secondario e quindi, di riflesso, al primario, con conseguente flusso nullo nel ferro, ottenuto dalla contrapposizione delle amperspire, date da un rapporto di correnti inversamente proporzionale al rapporto spire.



Con un rapporto 1/2000 si hanno 2,5 mA nel feedback dell'amplificatore operazionale, contro 5 A all'ingresso.

Analogamente, per ottenere un ingresso in tensione, basta imporre la corrente mediante resistenza primaria, che essendo richiusa attraverso un avvolgimento a tensione nulla, si comporta come se fosse richiusa direttamente sulla boccia di ritorno. Si veda al proposito la figura della pagina seguente.

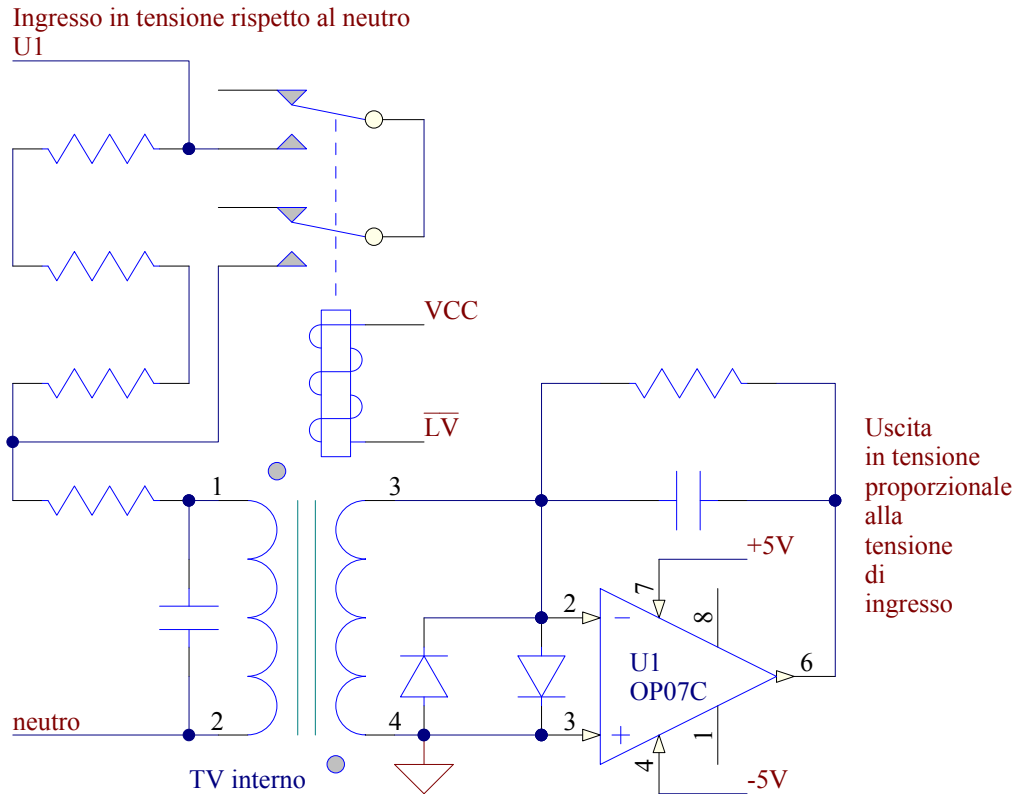
Con un rapporto spire 2500/2500 e resistore in serie al primario da 100 k Ω per una tensione nominale di 100/ $\sqrt{3}$ V si hanno ancora 577 μ A nel feedback dell'amplificatore operazionale, con soli 577 μ A alle boccie, realizzando un ingresso a relativamente alta impedenza. Se la tensione nominale scelta per le misure del PQVI_f è di 400 V concatenati (circa 231 V di fase), la resistenza in serie al primario del trasformatore a flusso nullo di misura delle tensioni viene portata a 400 k Ω grazie ad una inserzione ausiliaria a relè comandata dalla CPU mediante il segnale LV (low voltage).

Questi rapporti ideali sono inevitabilmente declassati dagli elementi parassiti dei componenti reali, quali:

- guadagno finito dell'amplificatore operazionale, che determina uno scollamento della massa virtuale, ma soprattutto
- resistenze spurie degli avvolgimenti del trasformatore di tensione da 2500 spire primarie e 2500 spire secondarie, con 280 Ω equivalenti, che comportano una f.e.m. interna al trasformatore, non visibile all'esterno, con conseguente flusso non nullo (577 μ A su 280 Ω equivalenti richiedono una tensione di 162 mV)

In ogni caso, con la configurazione dell'ingresso in tensione riportata in figura, il flusso rimane abbattuto al valore minimo possibile espandendo, tra l'altro verso il basso, la

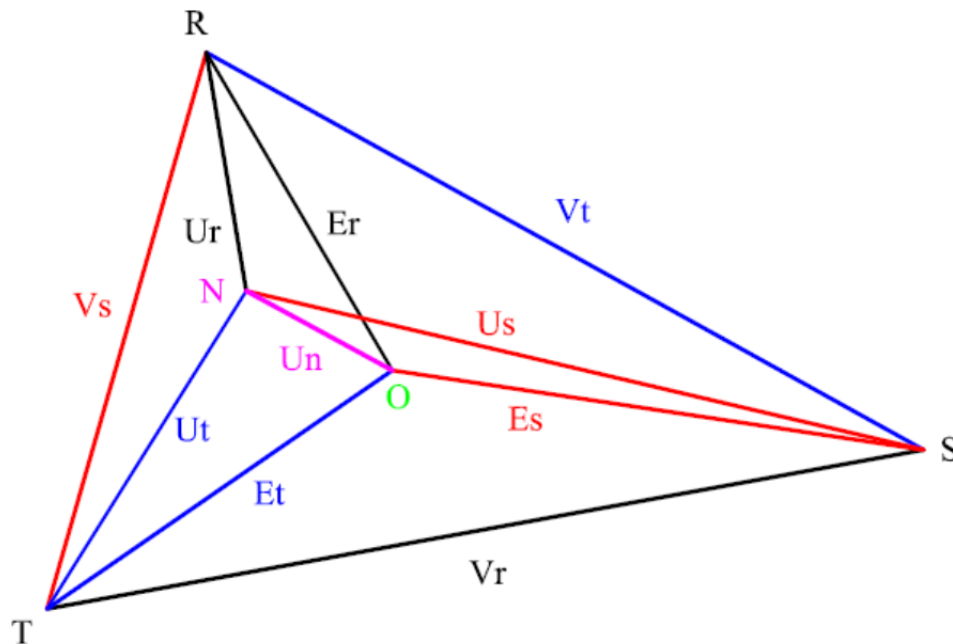
frequenza minima di taglio dell'accoppiamento che, con componenti ideali tenderebbe a 0 Hz (accoppiamento in continua). Questo è un pregio dello strumento che può essere usato anche per misure di avviamento (da gruppo fermo fino alle condizioni nominali di parallelo in rete) di gruppi di pompaggio, quando si utilizzi un *albero elettrico* come per esempio per le centrali di Suviana – Brasimone.



Le considerazioni svolte ci fanno capire che gli ingressi di tensione dello strumento PQVI_f sono costituiti in sostanza da resistori quasi puri, perché l'impedenza del trasformatore "TV interno" è trascurabile rispetto alle resistenze poste in serie al primario. Si ottengono vantaggi considerevoli in tutte le condizioni di prova, specialmente al variare della frequenza del sistema di grandezze elettriche (tensioni e correnti) d'impianto.

4 Sistema delle tensioni

Come ben noto dall'Elettrotecnica, in una qualunque sezione di un sistema trifase, in cui siano individuati i tre conduttori R, S, T, le tre tensioni concatenate costituiscono un sistema puro, cioè senza componenti omopolari, unico e determinato, mentre i sistemi di tensione di fase possono essere infiniti, a seconda di come viene scelto il potenziale del centro stella nel piano dei potenziali. Per chiarire i concetti, riferiamoci alla seguente figura:



Si vedono i vettori U_r , U_s , U_t , che sono i reali potenziali di fase di un ipotetico sistema trifase non simmetrico rispetto al conduttore neutro N (se e quando esiste), i vettori V_r , V_s , V_t , (opposti ai vertici omonimi del triangolo), che sono le tensioni concatenate (differenze dei potenziali dei conduttori R, S, T), infine gli unici potenziali di fase puri (senza componente omopolare) E_r , E_s , E_t , rispetto al centro stella O , definito dal baricentro del triangolo R, S, T.

È noto che il centro stella baricentrico O si ottiene derivando tre carichi aventi la medesima impedenza Z dai tre conduttori di fase e collegando insieme gli estremi opposti in un unico punto, il cui potenziale è individuato dal punto O della figura.

Nello strumento PQVIf esiste realmente il centro stella baricentrico O , perché le tensioni sono misurate tramite segnali di corrente derivati dagli ingressi R, S, T verso il punto di “neutro interno O ” (vedi paragrafo “Disaccoppiamento con trasformatori a flusso nullo”). Il “neutro interno O ” è cablato sul morsetto d’ingresso N.

Quando nella realtà dell’impianto fosse disponibile il neutro N e lo si collegasse al morsetto omonimo del PQVIf, il punto O del piano dei potenziali si sposterebbe dal baricentro fino a coincidere con il punto N di figura e tutte le misure elettriche sarebbero fatte rispetto alla terna U_r , U_s , U_t . Viceversa, se non collegassimo il neutro al morsetto N dello strumento, allora tutte le misure interne sarebbero fatte con la terna E_r , E_s , E_t .

Le misure delle singole fasi sarebbero diverse nei due casi, ma le misure complessive del sistema trifase sarebbero uguali. Per vedere sperimentalmente le due situazioni, inseriamo di seguito due schermate ottenute con neutro collegato e scollegato in un sistema di tensioni non simmetrico, dove le tensioni di fase U_r e U_t sono 57,7 kV mentre U_s è pari alla metà, 28,8 kV. Nel nostro esempio U_r , U_s , U_t , sono sfasate di 120° l’una dall’altra.

Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale

Convertitore S/N: 5 connesso su CDM: 5 a 115200 Baud Media mobile: 1 Risoluzione visori (n° decimali): C L M H

Valori Efficaci DFF % Potenze Fattori di Potenza

Fase R U: 57.616 kV -0.09 P: 288.029 MW Phi: 0.19 gradi
 I: 5.0002 kA 0.00 Q: 0.1113 MVAR CosPhi: 1
 Vrs: 76.374 kV Phi-RS: 119.7 gradi

Fase S U: 28.842 kV -0.18 P: 143.893 MW Phi: 0.07 gradi
 I: 5.0003 kA -0.06 Q: 0.5192 MVAR CosPhi: 1
 Vst: 76.382 kV Phi-ST: 119.6 gradi

Fase T U: 57.78 kV -0.05 P: 288.651 MW Phi: 0.00 gradi
 I: 5.0006 kA -0.02 Q: 1.0521 MVAR CosPhi: 1
 Vtr: 100.087 kV Phi-TR: 120.0 gradi

Neutro virtuale U: 9.62 kV $U_n = (\overline{U_r} + \overline{U_s} + \overline{U_t}) / 3$
 I: 0.0171 kA $I_n = I_r + I_s + I_t$

Tensioni e correnti all'ingresso

Ur[V]: 57.616 I(A): 5 Standard di Frequenza: 50 Hz (Europa) / 60 Hz (America)
 Us[V]: 28.842 Is[A]: 5 Sorgente frequenza Ur: PLL (45 a 75 Hz) / Campo (da 0.5 Hz)
 Ut[V]: 57.78 It[A]: 5.001 Standard di Corrente: 5 A ingresso diretto alle bocche / Modaltà acquisizione: massima reiezione / massima linearità / in simulazione

VALORI COMPLESSIVI

Frequenza: 59.998 Hz P: 722.14 MW Iequiv: 4.814 kA
 Delta freq: 9.9975 Hz Q: 0.9326 MVAR Uequiv: 49.991 kV
 S: 722.29 MVA Vequiv: 86.588 kV
 Phi: 0.1 gradi
 CosPhi equivalente

INSERIZIONE

Solo frequenza Monofase R
 Aron T comune
 Aron S comune
 Aron R comune
 Trifase equilibrato
 Trifase (3U e 3I)
 Trifase con neutro

Tempo di aggiornamento in ms: 53

by L&G
 PQVI - Strumento multifunzione con uscite analogiche ±10 V
 Salva configurazione attuale
 Ripristina configurazione precedente

3i

Neutro collegato, con tensione della fase S ridotta alla metà delle tensioni di fase R e T.

Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale

Convertitore S/N: 5 connesso su CDM: 5 a 115200 Baud Media mobile: 1 Risoluzione visori (n° decimali): C L M H

Valori Efficaci DFF % Potenze Fattori di Potenza

Fase R U: 53.555 kV -0.01 P: 264.39 MW Phi: -8.9 gradi
 I: 4.9994 kA 0.00 Q: 41.2884 MVAR CosPhi: 0.9881
 Vrs: 76.337 kV Phi-RS: 110.9 gradi

Fase S U: 38.508 kV -0.05 P: 192.698 MW Phi: 0.17 gradi
 I: 5.0003 kA 0.02 Q: 0.3415 MVAR CosPhi: 1
 Vst: 76.355 kV Phi-ST: 111.0 gradi

Fase T U: 53.533 kV -0.01 P: 264.386 MW Phi: 9.08 gradi
 I: 5.0005 kA -0.03 Q: 41.8662 MVAR CosPhi: 0.9877
 Vtr: 100.027 kV Phi-TR: 137.9 gradi

Neutro virtuale U: 0.08 kV $U_n = (\overline{U_r} + \overline{U_s} + \overline{U_t}) / 3$
 I: 0.016 kA $I_n = I_r + I_s + I_t$

Tensioni e correnti all'ingresso

Ur[V]: 53.555 I(A): 4.999 Standard di Frequenza: 50 Hz (Europa) / 60 Hz (America)
 Us[V]: 38.508 Is[A]: 5 Sorgente frequenza Ur: PLL (45 a 75 Hz) / Campo (da 0.5 Hz)
 Ut[V]: 53.533 It[A]: 5.001 Standard di Corrente: 5 A ingresso diretto alle bocche / Modaltà acquisizione: massima reiezione / massima linearità / in simulazione

VALORI COMPLESSIVI

Frequenza: 60 Hz P: 721.67 MW Iequiv: 4.9025 kA
 Delta freq: 9.9996 Hz Q: 0.8987 MVAR Uequiv: 49.07 kV
 S: 721.71 MVA Vequiv: 84.996 kV
 Phi: 0.08 gradi
 CosPhi equivalente

INSERIZIONE

Solo frequenza Monofase R
 Aron T comune
 Aron S comune
 Aron R comune
 Trifase equilibrato
 Trifase (3U e 3I)
 Trifase con neutro

Tempo di aggiornamento in ms: 52

by L&G
 PQVI - Strumento multifunzione con uscite analogiche ±10 V
 Salva configurazione attuale
 Ripristina configurazione precedente

3i

Neutro non collegato, nelle medesime condizioni precedenti.

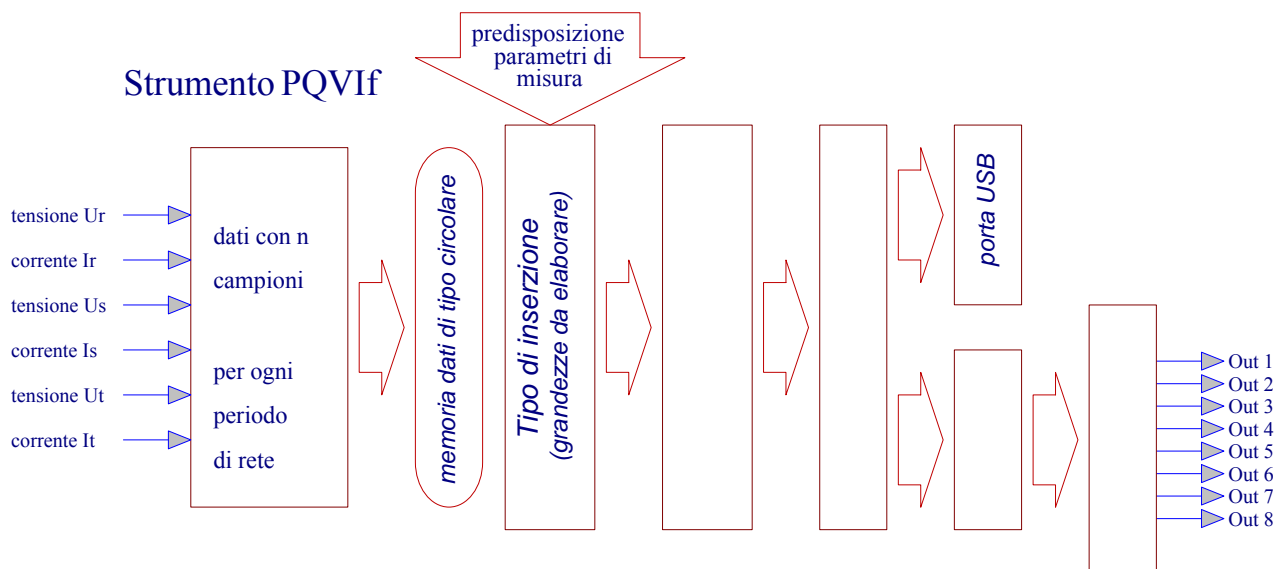
Nei due casi è evidente che: se il neutro è collegato si ottiene il valore reale della tensione U_n di neutro, rispetto al centro stella baricentrico, mentre $U_n = 0$ con il neutro non collegato; i valori di fase delle tensioni e delle potenze, sono diversi nei due casi, mentre i valori complessivi sono uguali.

Il valore di U_n , misurato con neutro collegato (9,62 V in figura), è quello ottenibile da un voltmetro⁸ inserito tra il neutro d'impianto e l'ingresso N dello strumento.

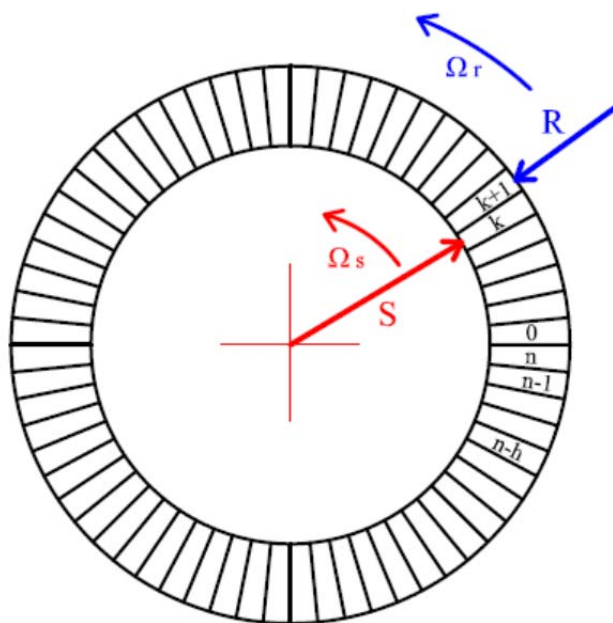
⁸ ad alta impedenza rispetto ai 33 kΩ del bipolo equivalente interno tra il morsetto N e il punto virtuale O.

5 Calcolo delle grandezze

Il processo di acquisizione e produzione dati dello strumento, considerato come un blocco funzionale, può essere schematizzato come in figura.



I dati acquisiti dallo strumento ad ogni campionamento dei sei ingressi (tre tensioni e tre correnti) si possono immaginare memorizzati in una memoria dati a forma di corona circolare suddivisa in n settori, come nella figura sotto riportata, dove il vettore S è proporzionale, nella sua rotazione con velocità angolare Ω_s , al reciproco del **periodo T delle grandezze elettriche misurate**, mentre il vettore R , che in figura intende rappresentare il processo di lettura, elaborazione e aggiornamento delle uscite, ruota con velocità angolare Ω_r inversamente proporzionale al **periodo τ dell'aggiornamento misure**.



Risulta quindi, che il buffer *circolare* della memoria dati contiene sempre le misure delle grandezze elettriche relative *all'ultimo periodo* di rete e poiché il buffer è gestito in modo

che ogni nuovo campione sovrascrive il campione più vecchio, la *memoria dati* contiene sempre un periodo delle grandezze elettriche di ingresso in qualsiasi momento la si interroghi in lettura.

Per rendersi conto della modalità di scrittura e lettura dati nel (e dal) buffer abbiamo rappresentato la memoria con un certo numero⁹ di settori di corona circolare immobili nel piano. Il vettore S di scrittura dati, ruota con velocità angolare Ω_S intorno all'origine e il vettore R di lettura dati (da read) ruota con velocità angolare Ω_R intorno all'origine.

Nell'istante fotografato il vettore S scrive nella cella di memoria di indice k, mentre il vettore R è pronto a leggere dalla cella di memoria di indice k+1.

Si capisce che la velocità di scrittura del vettore S e quella del vettore R possono essere diverse o uguali tra loro.

La cadenza di scrittura dati nel buffer (vettore S) è vincolata dai circuiti *phase locked loop* (PLL) al periodo **T** del segnale della tensione di fase U_r e produce un numero di campioni rigorosamente multiplo della frequenza d'ingresso, nel campo 45 ÷ 75 Hz.

La cadenza di lettura dati dal buffer (vettore R), che è legata al ciclo di elaborazione, non è vincolata alla cadenza di scrittura, ma al periodo τ di aggiornamento misure e questo fatto comporta tre possibili casi:

- a) $\Omega_R > \Omega_S$ ($\tau < T$)
- b) $\Omega_R = \Omega_S$ ($\tau = T$)
- c) $\Omega_R < \Omega_S$ ($\tau > T$)

Nel caso (a) il vettore R è più veloce di S, così quando S avrà compiuto un periodo, R avrà percorso più di un periodo: abbiamo il tempo di aggiornamento τ inferiore a quello di acquisizione **T**, e si usa dire che siamo in **sovra-campionamento**, cioè prendiamo in considerazione i dati di un intero periodo in un tempo inferiore. Ciò non comporta alcuna perdita d'informazione, perché i calcoli riguardanti le grandezze del periodo vengono usati (per esempio mandati alle uscite analogiche) con una frequenza superiore a quella delle grandezze periodiche misurate. Il firmware dello strumento deve solo fare in modo che quando i due vettori S e R si trovano a puntare lo stesso settore di memoria¹⁰ ci sia un *semaforo* che inibisca la lettura prima che sia completata la scrittura dati o viceversa.

Nel caso (b) (improbabile), abbiamo che il vettore R ha la stessa velocità del vettore S, e siamo quindi nella condizione di **campionamento-sincrono**, cioè prendiamo in considerazione i dati di un intero periodo in un tempo pari allo stesso periodo ($\tau = T$). Questa condizione può essere definita dal firmware in modo perfetto vincolando la cadenza di lettura a quella di scrittura, ma è anche inutile, perché se la CPU riesce, conviene lasciarla libera di sovra-campionare e se non riesce ricadiamo nel caso seguente.

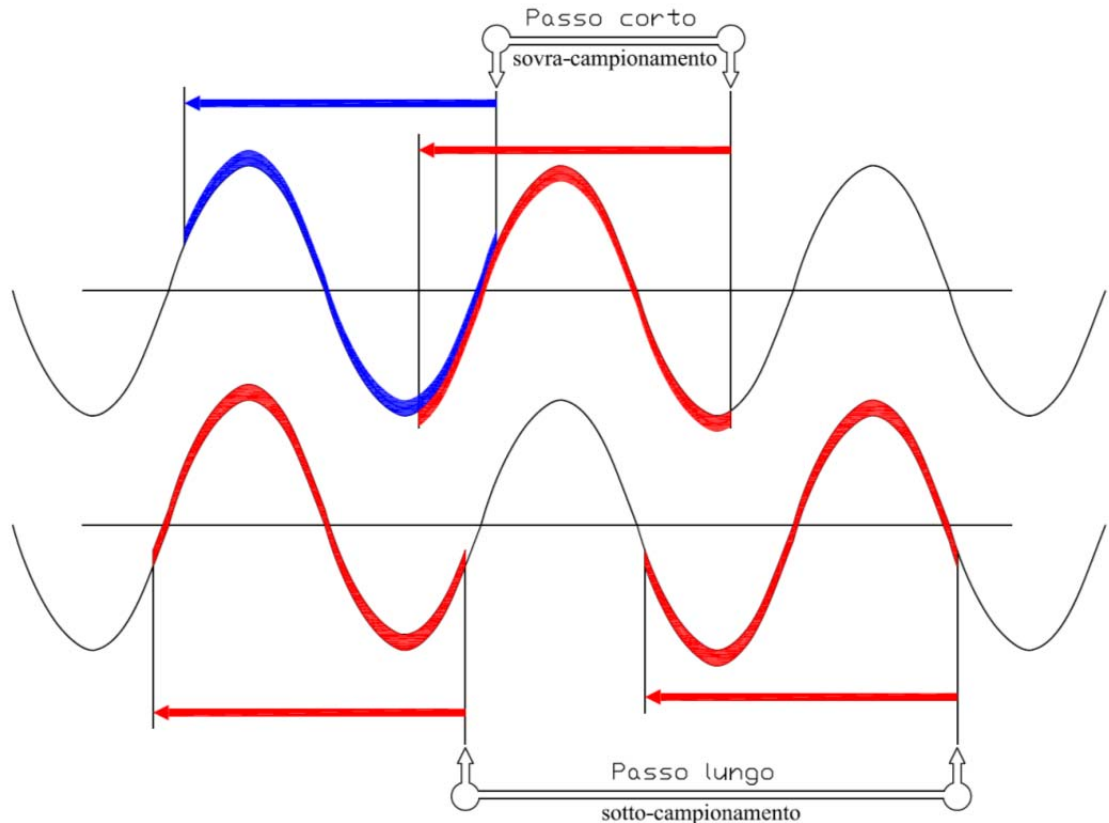
Nel caso (c) il vettore R è meno veloce di S, così quando S avrà compiuto un periodo, R avrà percorso meno di un periodo. Alcune posizioni di memoria che non erano state ancora lette da R sono sovrascritte. Abbiamo tempi di aggiornamento superiori a quelli di misura ($\tau > T$), cioè siamo nella condizione di **sotto-campionamento** e prendiamo in considerazione i dati di una parte del settore di memoria, per esempio da 0 a (n-h) e altri dati della rimanente parte di memoria, da (n-h+1) a n, che in realtà appartengono a un periodo immediatamente successivo delle grandezze misurate. Ciò comporta una perdita

⁹ abbiamo $n = 0 \div 127$ per il caso monofase (128 campioni) e $n = 0 \div 63$ per misure trifasi (64 campioni)

¹⁰ è facile capire che avvengono sovrapposizioni di vettori come nelle lancette di un orologio quando si fanno ruotare per mettere a punto l'ora esatta

di dettaglio nelle misure dei valori efficaci ma, la perdita d'informazione è minima, trascurabile, ininfluente sui risultati finali.

Le considerazioni svolte vanno legate alla casistica del tipo d'inserzione scelta, che determina i tempi di aggiornamento τ (reciproci della velocità di lettura) che vanno da un minimo di 3÷4 ms a un massimo di 23 ms, fino a 30 ms quando si considera un sistema trifase con neutro. In base al tempo di aggiornamento τ (valutato rispetto a T) si capisce quando ci si trova nelle condizioni di sovra-campionamento, oppure di sotto-campionamento. Nella figura seguente, il tempo di aggiornamento τ è messo in evidenza con il termine **Passo corto** ($\tau < T$; $\Omega_r > \Omega_s$) e **Passo lungo** ($\tau > T$; $\Omega_r < \Omega_s$).



Come detto sopra, il firmware dello strumento tiene in considerazione e risolve i casi di possibile interferenza tra produzione (scrittura) e consumo (lettura) dei dati, qualora l'acquisizione di un nuovo campione capiti a cavallo della lettura dei due byte che rappresentano il dato (di tipo intero); il firmware evita di gestire dati non stabili del settore di memoria per evitare la generazione di *spyke* spuri.

La schematizzazione del settore circolare mostra le velocità angolari (virtuali) Ω_s e Ω_r . Vale la pena di puntualizzare che Ω_s è veramente sincrona, mentre Ω_r può variare secondo l'impegno di lavoro della CPU, ma il concetto mostrato è valido perché non ha nessuna importanza che la cadenza di acquisizione dati possa essere immaginata regolare-costante, basta che il firmware eviti di generare misure spurie.

5.1 Tensioni e Correnti (U & I)

Tensioni e Correnti costituiscono le acquisizioni primarie del dispositivo, e impegnano sei canali (3 tensioni e 3 correnti) del convertitore AD, interno all'ADuC841.

Detto convertitore distribuisce 4096 livelli tra il picco-picco massimo, di ciascun segnale d'ingresso che, considerato un extra campo del 120%, si traduce in una risoluzione sul valore efficace, a partire dal valore di picco su 2048 livelli, data da :

$2048 / 1.2 / 1.41 = 1207$ punti sul valore efficace nominale, con una risoluzione di $1/1207 = 0.8 \%$.

Di ciascuna tensione e ciascuna corrente viene elaborato il vero valore efficace (True

RMS) in base alla formula : $\sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{i=n-1} v_i^2\right)}$ che implica, nel caso di acquisizione monofase

con un buffer di 128 campioni, un onere computazionale pari a: 128 prodotti (per l'elevamento al quadrato) più 128 somme, più una divisione, più un'estrazione di radice; per un totale di 3 ms (che si ridurrebbero a circa 1,3ms senza le continue interruzioni di processo, operate dalle task prioritarie).

Nel buffer di acquisizione sono immagazzinati, per ciascuna delle tre fasi, i valori campionati della corrente e della tensione stellata.

Per avere la tensione concatenata si calcola la differenza vettoriale, valutando la differenza istantanea su coppie di campioni allineati; quindi alla formula precedente

vanno aggiunte 128 differenze : $\sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{i=n-1} (r_i - s_i)^2\right)}$

5.2 Potenza attiva e reattiva (P & Q)

Per calcolare la potenza, su una data fase, va ovviamente moltiplicata la tensione (stellata) per la rispettiva corrente, incrociando campioni allineati per la potenza attiva, mentre per la reattiva bisogna associare campioni sfasati di 90° , secondo la formula:

$\frac{1}{n} \sum_{j=0}^{j=n-1} (v_j * i_{(j+phi) \bmod n})$ dove phi identifica un numero di campioni pari a $1/4$ di periodo e

$\bmod n$ è necessario per non sbordare dal limite del buffer, ricircolando in *wrap around* sul suo inizio.

Nella configurazione Aron, il tutto è complicato dal dover considerare le tensioni concatenate.

5.3 Fattori di potenza (Phi & CosPhi)

Una volta calcolate le potenze attiva e reattiva, con elevata precisione ($\varepsilon < 1.5\%$) risulta

semplice ricavare l'angolo con una risoluzione $< 0,1^\circ$, $\left(phi = \arctan \frac{Q}{P} \right)$, anche

nell'intorno dello zero (condizione critica per quei rilevatori che si basano sulla deduzione inversa) data l'elevata sensibilità della reattiva su piccole variazioni d'angolo; infatti $1/10$ di grado, presenta un seno di 0.0017 (1.7 %).

6 Media e tempi di aggiornamento

6.1 Media

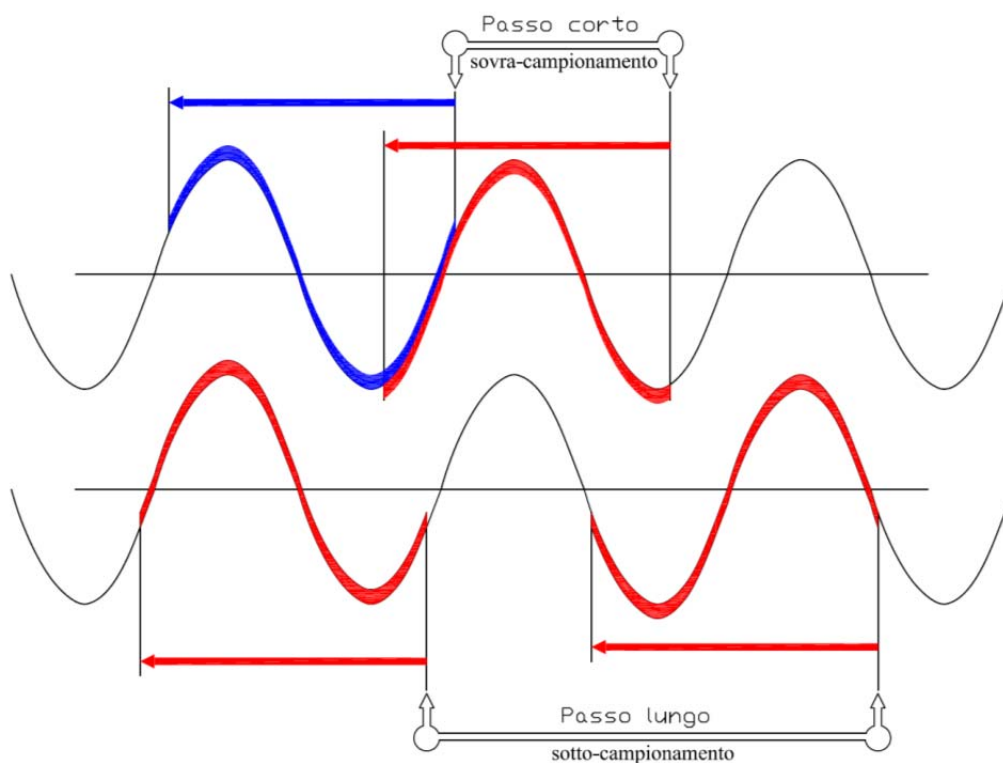
Sull'interfaccia operatore esiste una casella di testo, dove può essere scritto il valore voluto della media che, secondo il numero di campioni indicato, viene applicata a tutte le grandezze elaborate e può essere variata in qualsiasi momento, senza alcun vincolo di sincronismo da 1 a 255.



Se s'introducono n medie, il 100% di variazione verrà riprodotto dopo n periodi, a seguito di una scalinata, con gradini di ampiezza $1/n$.

Dal momento che viene impostato un dato numero, le nuove elaborazioni vengono mediate assegnando al loro valore precedente il peso $(n-1)$, realizzando quindi una media mobile che scorre sulle ultime n elaborazioni.

La media è fatta sui cicli di elaborazione (di periodo τ) e non sui periodi T delle grandezze elaborate, ma la risposta è equivalente.



Bisogna comunque tener presente che, **in presenza di pendolazioni delle grandezze misurate**, nel caso di tempi di aggiornamento superiori al periodo delle grandezze elettriche misurate si ha un *sotto-campionamento* che può generare *aliasing*, anche in assenza di media (media = 1).

Prima di applicare valori di media pesanti, è opportuno verificare in tempo reale (media = 1 o comunque valori molto bassi) la presenza di eventuali pendolazioni, di cui tener conto nell'interpretazione del risultato finale.

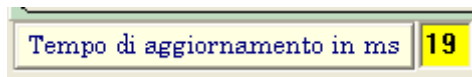
La frequenza di *aliasing* è data dallo scorrimento tra pendolazione della misura e ciclo di elaborazione e, in presenza di piccole variazioni di uno o entrambi si può passare da battimenti veloci (ben visibili) a battimenti lenti, subdolamente simili a errori quasi permanenti.

6.2 Tempi di aggiornamento

Nel paragrafo relativo alle inserzioni dello strumento si vede che i tempi di aggiornamento dati forniti dal PQVI variano dai 30 ms dell'inserzione trifase con neutro ai 23 ms dell'inserzione trifase con 3U e 3I, per scendere ai 19 ms delle inserzioni Aron e addirittura 14 ms del trifase equilibrato o del monofase.

La verifica globale, che ha un periodo di calcolo di 50 ms circa, deve essere usata solo per la messa a punto delle connessioni sull'impianto oppure per le operazioni di taratura dello strumento (se si ha a disposizione un calibratore trifase di precisione).

La presenza di continue interruzioni del lavoro CPU da parte di processi prioritari rende in pratica impossibile prevedere a tavolino, nella fase di progettazione dello strumento, l'effetto risultante, sul tempo di elaborazione misure, della presenza o assenza delle singole grandezze elettriche, che possono, o no, essere considerate nella misura e nel calcolo in base all'inserzione dello strumento. È stato quindi previsto un indicatore del tempo di aggiornamento¹¹, che viene mostrato in una finestrella apposita dell'interfaccia software.



La gestione della comunicazione appesantisce il ciclo di conversione di circa 2 ms, che possono essere recuperati disattivando l'interfaccia software e lasciando che lo strumento agisca da solo, senza comunicazione con il computer, per fornire sulle uscite analogiche un aggiornamento il più rapido possibile, quando serve:

ad interfaccia disattivata, con file eseguibile multifunzione.exe chiuso, il tempo di aggiornamento si riduce ulteriormente di 2 ms circa

Quando i tempi di aggiornamento sono inferiori al periodo delle tensioni e correnti misurate, ci si trova nella condizione di **sovra-campionamento**, con aliasing nullo. Con tempi così ridotti, sembra annullarsi il beneficio sulla misura delle grandezze elettriche, perché i valori efficaci delle grandezze elettriche hanno senso nell'ambito del periodo delle stesse¹², ma così non è, perché lo strumento garantisce la possibilità d'uso per le registrazioni dei valori efficaci, sempre e in modo preciso.

Anche la frequenza di rete ha senso solo se viene completato il periodo, mentre la velocità di rotazione del gruppo è avvantaggiata dai bassi tempi di acquisizione, anche se occorre considerare che la sua dinamica è fisicamente limitata dal momento d'inerzia del gruppo rotante o dal momento d'inerzia equivalente della rete, che non consentono variazioni brusche di rotazione del gruppo.

La velocità di rotazione del gruppo serve durante le prove di avviamento fino alla messa in parallelo del gruppo in rete, perché essa può essere misurata a partire dallo spunto del gruppo, prima che l'alternatore sia eccitato. Se poi il gruppo è in parallelo su rete non isolata, la misura della velocità di rotazione dello stesso potrebbe essere utile nelle registrazioni dei transitori di pendolamento dell'angolo δ caratteristico della potenza erogata o assorbita da una macchina sincrona; ed ecco spiegato il vantaggio di un tempo d'acquisizione piccolo, con sovra-campionamento.

¹¹ legato all'immagine del vettore R (lettura) nella semplificazione visiva del paragrafo "Calcolo delle grandezze".

¹² lo strumento non è un registratore di transitori dedicato ai valori istantanei, come quelli che andrebbero utilizzati per avere conferme sperimentali dello studio teorico dei corto circuiti, ma un misuratore di grandezze elettriche in regime stazionario o quasi stazionario; però, lo strumento possiede caratteristiche ottime per essere usato nella registrazione di *transitori dei valori efficaci* delle grandezze elettriche.

7 Interfaccia Operatore (su PC via USB)

Per poter interagire con il PQVIif è necessario installare il software di interfaccia su un computer (personal computer) che deve essere collegato allo strumento tramite cavetto USB.

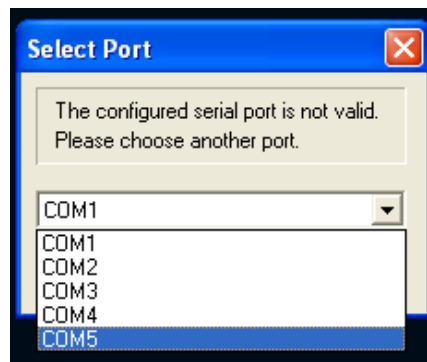
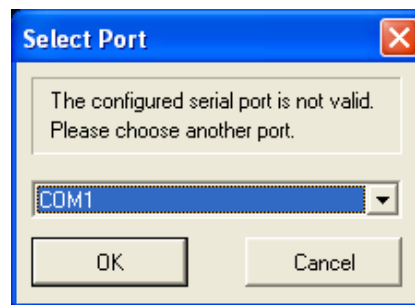
7.1 Installazione del software su un PC con Windows

Per usare lo strumento occorre:

- 1) Copiare in una cartella del computer il file eseguibile **multifunzione.exe** che può essere rinominato secondo i desideri e le necessità dell'operatore e copiato anche in più cartelle, con *link* al *desktop* e con nomi diversi, per avere a disposizione nelle varie cartelle i file *multifunzione.ini* che contengono i parametri delle sessioni di misura eventualmente salvate dall'operatore per missioni sull'impianto Alfa, Beta, Gamma, ecc..
- 2) Installare nel computer il driver per porta USB che consente al computer di collegarsi, comandare e ricevere dati dallo strumento. Il driver ora consigliato è costituito da un file eseguibile che attivato porta a termine l'installazione con semplicità; esso è contenuto nel file: **CDM20814_setup.exe**

7.2 Collegamento con lo strumento

Cliccando sull'eseguibile multifunzione (o su un suo link da desktop) appare la finestra di scelta della porta di comunicazione USB; scorrere le posizioni e scegliere quella giusta¹³.



A questo punto, dopo aver scelto la porta giusta, appare la finestra dell'applicazione, come nella figura riportata di seguito, che riguarda lo strumento numero 5 (il serial number nell'angolo in alto a sinistra) collegato alla porta COM 5 (seconda finestrella in alto a sinistra)

¹³ Per conoscere il numero della porta seriale associata al dispositivo USB dello strumento basta avvalersi delle proprietà del computer, secondo la catena: computer – properties – hardware - device manager – ports (com lpt) e trovare il numero della porta *USB serial port* che nell'esempio è COM5

Si notano visori attivi e non attivi. Il loro stato dipende dall'inserzione scelta: Monofase R, Trifase (3U e 3I), Trifase con neutro ecc..

7.3 Raggruppamento dei visori.

Supponendo di scegliere l'inserzione Verifica globale con 3U e 3I, i visori delle grandezze misurate e calcolate delle tre fasi sono i seguenti:

Fase	U [kV]	I [kA]	P [MW]	Q [MVAR]	S [MVA]	Phi [gradi]	CosPhi
Fase R	57.76	5	288.75	-0.062	288.78	0.0	1
Fase S	57.75	5.002	288.83	-0.115	288.85	0.0	1
Fase T	57.71	5	288.64	0.346	288.6	0.1	1
Neutro virtuale	0.49	0.012					

Di ogni fase sono campionate la corrente e la tensione stellata, con una densità di 64 campioni per periodo nelle inserzioni trifasi e di 128 con l'inserzione monofase.

Dai record di campioni memorizzati in una struttura a tamburo rotante, vengono elaborate le grandezze indicate in figura, raggruppate per tipologie secondo le strisce verticali, e per fase secondo le strisce orizzontali.

Il gruppo **Neutro virtuale** non trae origine da acquisizioni dirette dal campo, ma deriva i dati dalla valutazione vettoriale dell'asimmetria e dello squilibrio delle fasi R, S, T.

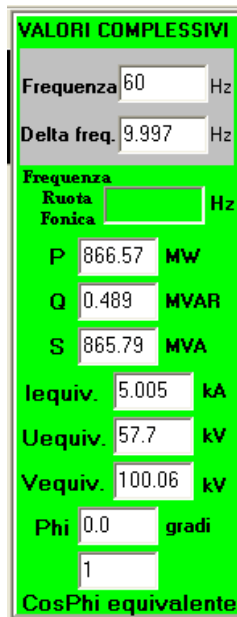
Le tipologie delle grandezze rappresentate sono:

- **Valori Efficaci:** rappresentano i veri valori efficaci, calcolati come radice della media quadratica dei valori istantanei.
- **DFF%:** distorsione del fattore di forma, inteso come scostamento percentuale del rapporto tra valore efficace e valore medio, dal coefficiente tipico della forma d'onda sinusoidale ($\pi/2\pi\sqrt{2} \approx 1,110721$). La misura del DFF% consente di valutare l'attendibilità di rilievi effettuati con misuratori, analogici o digitali che, al posto del vero valore efficace, si limitano a moltiplicare il valor medio per il coefficiente tipico. Questo tipo di distorsione del fattore di forma non va confuso col più classico THD (*Total Harmonic Distorsion*) che identifica la distorsione della forma, rispetto alla sinusoidale, in funzione del contenuto di armoniche. Nel nostro caso, forme diverse possono dare lo stesso rapporto tra valore medio e valore efficace, ma rimane consistente la qualificazione dei diversi tipi di misuratori.
- **Potenze:** per le potenze attive P, media dei prodotti tra campioni in fase delle tensioni e delle correnti campionate in un periodo; per le potenze reattive Q, media dei campioni in quadratura delle tensioni e delle correnti campionate in un periodo; per le potenze apparenti S, prodotto dei valori efficaci delle tensioni di fase e delle correnti di fase del periodo.
- **Fattori di Potenza:** lo sfasamento φ (phi), è ottenuto come arcotangente del rapporto Q/P, e mantiene quindi un'elevata precisione anche nell'intorno dei valori limite in quadratura ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$), dove vanno in crisi i rilevatori, che partono dalla misura d'angolo, per dedurre le potenze, attiva e reattiva.

7.4 Valori complessivi (gruppo equivalente)

La misura polifase, che mostra tutti i dettagli delle singole fasi (tensioni, correnti, sfasamenti e potenze attive e reattive) viene anche riassunta in un unico blocco, che sintetizza il **gruppo trifase simmetrico ed equilibrato equivalente**, in grado di generare la stessa potenza attiva e reattiva, con corrente e sfasamento che ne derivano, correlati ad un unico valore della tensione di fase (uguale per ciascuna fase) e pari alla media quadratica delle singole tensioni e ad un'unica corrente di fase (uguale per le tre fasi) pari alla media quadratica delle singole correnti di fase. La tensione concatenata del sistema simmetrico è pari a $\sqrt{3}$ volte la tensione di fase.

Sull'interfaccia dello strumento i valori complessivi sono quelli presentati nella zona centrale verde delle finestre di misura, come nella seguente schermata:



Il pannellino mostra una visione unitaria dell'impianto sotto indagine; le indicazioni complessive corrispondono a quelle visualizzate in sala quadri, dove l'impianto viene sintetizzato in un'ottica fiscale, in termini di produzione di energia elettrica. Il più delle volte queste indicazioni rappresentano le uniche informazioni interessanti, relegando in secondo ordine le informazioni di dettaglio, relative alle singole fasi.

I simboli delle grandezze complessive della figura hanno il seguente significato:

- Frequenza: valore ricavato dalla tensione della fase R.
- Deltafreq: scarto di frequenza rispetto al valore nominale (50 o 60 Hz)
- Frequenza Ruota Fonica: è la frequenza del captatore di velocità del gruppo, ottenuta da un apposito ingresso ausiliario isolato, per segnali tipicamente in onda quadra unidirezionale, ampiezza 10÷28 V picco picco, frequenza 5÷5000 Hz.
- P: potenza attiva complessiva
- Q: potenza reattiva complessiva
- S: potenza apparente complessiva
- I: corrente equivalente di fase
- U: tensione stellata media
- V: tensione concatenata media
- Phi (φ): sfasamento equivalente tra corrente e tensione
- CosPhi ($\cos \varphi$): fattore di potenza equivalente

8 Tipo di inserzione

Lo strumento supporta le seguenti inserzioni:

- Solo frequenza (frequenzimetro)
- Monofase
- Aron con fase T comune
- Aron con fase R comune
- Aron con fase S comune
- Trifase equilibrato
- Trifase generico (con 3 tensioni e 3 correnti)
- Trifase con neutro
- Verifica globale

8.1 Verifica globale

L'inserzione in oggetto è quella utilizzata nel collaudo e nella taratura dello strumento, usando un generatore-calibratore trifase tipo 74T della 3i s.n.c. di Arosio L. & C.

In questo caso sono misurate e calcolate tutte le grandezze elettriche fornibili dallo strumento. La presenza del neutro permette di deformare la terna di tensioni in modo da poter verificare le grandezze anche quando non si ha la simmetria costruttiva dei gruppi di generazione elettrica. Le misure di corrente sul neutro sono dedotte dalle altre usando il principio di conservazione della carica elettrica, cioè la prima legge di Kirchhoff.

Con la verifica globale la schermata d'interfaccia dello strumento da PC¹⁴ mostra i dettagli di tutte le misure, a scapito della velocità di risposta, che da 20 ms passa a 50 ms circa.

The screenshot shows the PQVIif software interface with the following data:

Phase	U [kV]	I [kA]	P [MW]	Q [MVAR]	S [MVA]	Phi [gradi]
Fase R	57.76	4.998	288.64	0.194	288.67	0.1
Fase S	57.78	4.998	288.68	0.038	288.8	0.0
Fase T	57.73	4.999	288.62	0.183	288.65	0.1
Neutro virtuale	1	0.023	-	-	-	-

Other parameters shown include: $V_{rs} = 100.01$ kV, $V_{st} = 99.95$ kV, $V_{tr} = 100.11$ kV, $\Phi_{RS} = 119.9$ gradi, $\Phi_{ST} = 119.8$ gradi, $\Phi_{TR} = 120.1$ gradi. The 'INSERZIONE' is set to 'Verifica globale con 3U e 3I'. The 'VALORI COMPLESSIVI' section shows: $P = 865.89$ MW, $Q = 0.446$ MVAR, $S = 866.05$ MVA, $I_{equiv} = 4.997$ kA, $U_{equiv} = 57.76$ kV, $V_{equiv} = 100.04$ kV, $\Phi = 0.0$ gradi.

Si nota che tutte le finestrelle di misura sono attive, comprese le misure della deformazione-fattore-di-forma DFF%, gli angoli di sfasamento delle tensioni concatenate Phi-RS, Phi-ST, Phi-TR, che con gli altri tipi d'inserzione non vengono mostrati.

¹⁴ applicativo per Windows *multifunzione.exe*

Una delle opportunità fornite dall'inserzione **Verifica globale** in fase di messa a punto dei circuiti di misura è di poter controllare le **sequenze corrette dei collegamenti di tensione e di corrente**. Solo con questa inserzione, da scegliere durante le verifiche iniziali della sessione di lavoro, è possibile diagnosticare la sequenza giusta delle fasi R, S, T.

Sulla parte sinistra del pannello d'interfaccia sopra e sotto le scritte Fase R, Fase S, Fase T, sono mostrate 6 luci circolari (tipo Led) che diventano lampeggianti quando la sequenza è errata. Nella figura sotto riportata nessun LED lampeggia e non esiste segnalazione di errore.



Nella connessione dello strumento all'impianto, si possono commettere due tipi d'errore :

- 1) cablaggio delle voltmetriche che non rispetta la normale sequenza ciclica delle fasi (scambio delle fasi S e T rispetto alla R, assunta come riferimento).
- 2) aggancio della pinza amperometrica ad una fase difforme dalla tensione correlata, oppure connessione in senso inverso sulla fase coerente.

Non è possibile una verifica assoluta di coerenza tra la boccia denominata R e la fase R dell'impianto, e non è neanche indispensabile, in quanto i riferimenti assoluti restano comunque arbitrari.

Nella figura seguente, è mostrata la segnalazione di errore (fondo verde e scritta **Errore sequenza**) e lampeggiano i LED delle fasi R e S (colti nel momento in cui sono spenti), perché, per esempio, i collegamenti di R e S sono invertiti.



Il lampeggio delle boccole-led cessa non appena le condizioni di lavoro rientrano nella normalità.

In fase di messa a punto dei circuiti di misura può essere utile la visione vettoriale delle tensioni e delle correnti misurate. Con l'inserzione **Verifica globale** e solo con questa, si ha l'accesso alla schermata **Vettorscopio**, (check box sul pannello Tensioni e correnti all'ingresso) descritta come *esempio* dalle due immagini seguenti, con sfasamento di 30° in ritardo (carico induttivo). I vettori sottili rappresentano le tensioni di fase (nell'esempio si ha il 100% del valore nominale), mentre i grossi corrispondono alle correnti (20% del valore nominale). La scala delle ampiezze è di tipo polare logaritmico.

Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale

Convertitore S/N 5 connesso su COM 5 a 115200 Baud Media 1 Risoluzione visori (n° decimali) L M H

Valori Efficaci DFF % Potenze Fattori di Potenza

Fase R
 U 57.74 kV -0.1 P 50.15 MW Phi 30 gradi
 Q 28.909 MVAR
 S 57.88 MVA CosPhi 0.866
 Vrs 100.03 kV Phi-RS 120 gradi

Fase S
 U 57.78 kV -0.1 P 50.07 MW Phi 29.9 gradi
 Q 28.849 MVAR
 S 57.86 MVA CosPhi 0.867
 Vst 99.96 kV Phi-ST 119.9 gradi

Fase T
 U 57.75 kV 0 P 50.1 MW Phi 30 gradi
 Q 28.905 MVAR
 S 57.82 MVA CosPhi 0.866
 Vtr 100.09 kV Phi-TR 120.1 gradi

Neutro virtuale
 U 0.83 kV $U_n = (\overline{U_r} + \overline{U_s} + \overline{U_t}) / 3$
 I 0.007 kA $I_n = I_r + I_s + I_t$

Tensioni e correnti all'ingresso
 Vettorscopio
 Ur[V] 57.74 I[A] 1
 Us[V] 57.78 Is[A] 1
 Ut[V] 57.75 It[A] 1

Standard di Frequenza
 50 Hz (Europa)
 60 Hz (America)

Sorgente frequenza Ur
 PLL (45 a 75 Hz)
 Campo (da 0.5 Hz)

Sorgente Freq. metro
 da ruota fonica
 entrambe (1/2 BW)

Standard di Tensione
 100 V concatenati
 400 V concatenati

TV 1000.0 Rapporti ai Trasformatori
 TA 1000.0

Standard di Corrente
 5 A ingresso diretto alle bocche

Modalità acquisizione
 massima selezione
 massima linearità
 in simulazione

VALORI COMPLESSIVI
 Frequenza 60 Hz
 Delta freq. 10 Hz
 Frequenza Ruota Fonica Hz
 P 150.31 MW
 Q 86.661 MVAR
 S 173.49 MVA
 Iequiv. 1.001 kA
 Uequiv. 57.75 kV
 Vequiv. 100.05 kV
 Phi 29.9 gradi
 CosPhi equivalente 0.866

INSERIZIONE
 Solo frequenza Monofase R
 Aron T comune
 Aron S comune
 Aron R comune
 Trifase equilibrato
 Trifase (3U e 3I)
 Trifase con neutro

Verifica globale con 3U e 3I

Span <-> 10 V 0 v 1
 Contrapposizione 0

Span <-> 10 V 0 v 2
 Contrapposizione 0

Span <-> 10 V 0 v 3
 Contrapposizione 0

Span <-> 10 V 0 v 4
 Contrapposizione 0

Span <-> 10 V 0 v 5
 Contrapposizione 0

Span <-> 10 V 0 v 6
 Contrapposizione 0

Span <-> 10 V 0 v 7
 Contrapposizione 0

Span <-> 10 V 0 v 8
 Contrapposizione 0

Tempo di aggiornamento in ms 53

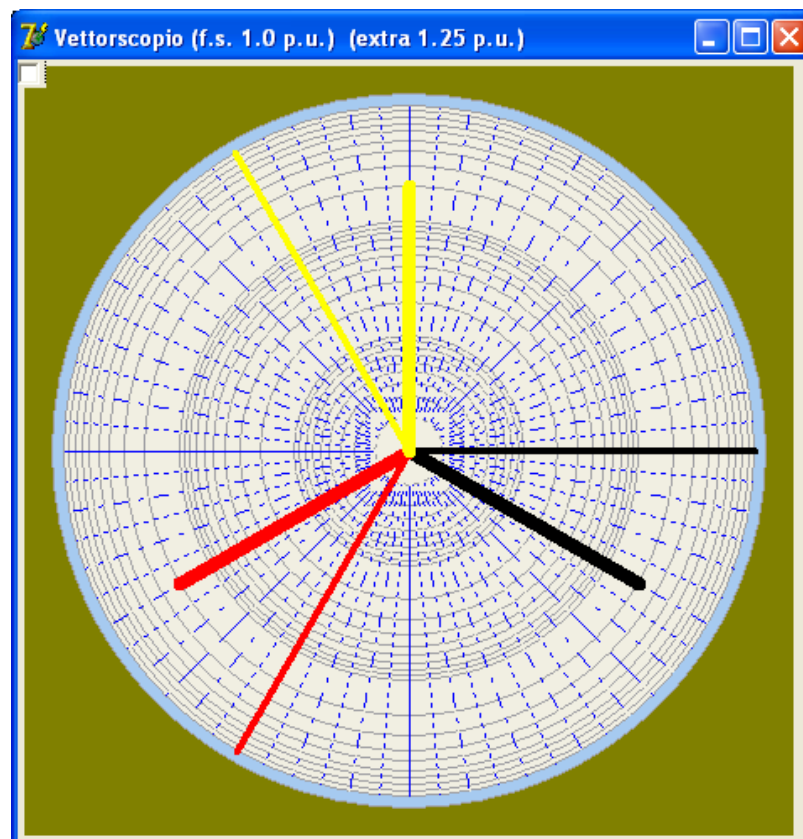
by L&G

PQVI - Strumento multifunzione con uscite analogiche ±10 V

Salva configurazione attuale

Ripristina configurazione precedente

C:\Program Files\Borland\Delphi7\Projects\MultiFunzione.exe



8.2 Trifase con neutro

Può essere usata sugli impianti se si vogliono misurare tutte le grandezze della terna di tensioni e di quella di corrente, a parte la misura della corrente di neutro deducibile dalla misura delle altre tre correnti di fase.

L'interfaccia dello strumento mostra sul PC il seguente aspetto:

The screenshot displays the PQVI software interface for a three-phase system with a neutral. The main window title is "Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale".

Valori Efficaci (Effective Values):

- Fase R:** U = 57.76 kV, I = 4.999 kA
- Fase S:** U = 57.76 kV, I = 5.001 kA
- Fase T:** U = 57.72 kV, I = 5 kA

Potenze (Powers):

- Fase R:** P = 288.75 MW, Q = +0.051 MVAR, S = 288.77 MVA
- Fase S:** P = 288.83 MW, Q = 0.107 MVAR, S = 288.8 MVA
- Fase T:** P = 288.6 MW, Q = 0.349 MVAR, S = 288.61 MVA

Fattori di Potenza (Power Factors):

- Fase R:** Phi = 0 gradi, CosPhi = 1
- Fase S:** Phi = 0.0 gradi, CosPhi = 1
- Fase T:** Phi = 0.1 gradi, CosPhi = 1

Tensioni e correnti all'ingresso (Input voltages and currents):

- Ur[V] = 57.76, Us[V] = 57.76, Ut[V] = 57.72
- Ir[A] = 5, Is[A] = 5, It[A] = 5
- Vrs[V], Vst[V], Vtr[V] (concatenated)

Neutro virtuale (Virtual Neutral):

- U = 0.5 kV, I = 0.012 kA
- Formulas: $U_n = (U_r + U_s + U_t) / 3$, $I_n = I_r + I_s + I_t$

VALORI COMPLESSIVI (Complex Values):

- Frequenza = 60 Hz, Delta freq = 0.001 Hz
- P = 866.15 MW, Q = 0.133 MVAR, S = 866.15 MVA
- Iequiv = 5 kA, Uequiv = 57.75 kV, Vequiv = 100.02 kV
- Phi = 0 gradi, CosPhi equivalente = 1

INSERIZIONE (Insertion):

- Solo frequenza Monofase R, Aron T comune, Aron S comune, Aron R comune
- Trifase equilibrato, Trifase (3U e 3I), Trifase con neutro
- Verifica globale con 3U e 3I

Standardi (Standards):

- Standard di Frequenza: 50 Hz (Europa), 60 Hz (America)
- Standard di Tensione: 100 V concatenati, 400 V concatenati
- Standard di Corrente: 5 A ingresso diretto alle bocche

Modality acquisition (Modalità acquisizione):

- da ruota forica (selected), da Ur, entrambe (1/2 BW)
- massima reiezione, massima linearità, in simulazione

Other controls:

- Tempo di aggiornamento in ms: 30
- by L&G
- Salva configurazione attuale, Ripristina configurazione precedente

The status bar at the bottom shows the file path: C:\Program Files\Borland\Delphi7\Projects\MultiFunzione.exe.

Si notano alcune finestrelle di misura non attive: la deformazione-fattore-di-forma DFF%, gli angoli di sfasamento delle tensioni concatenate Phi-RS, Phi-ST, Phi-TR, e le tensioni concatenate singole.

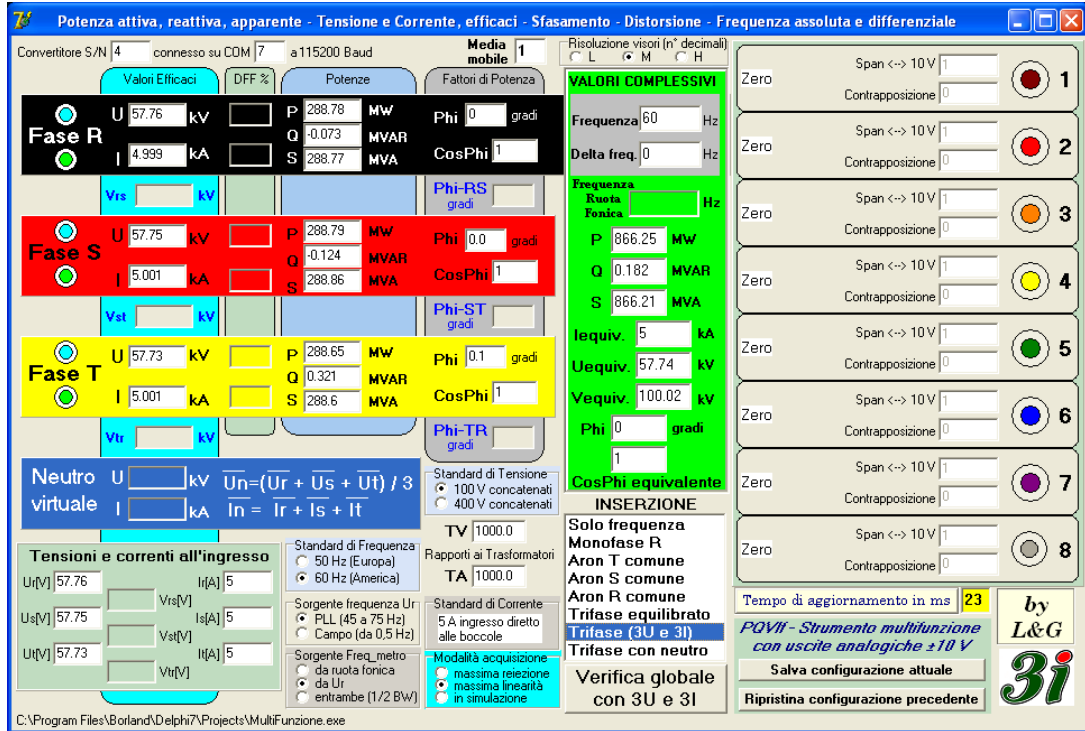
Si nota pure che i valori di tensione (tra centro stella reale e centro stella virtuale) e corrente del neutro sono disponibili (dedotti da calcolo in base alle grandezze misurate) e utilizzabili anche come uscite analogiche per eventuali registrazioni.

In questo caso la velocità di aggiornamento dati è di 30 ms circa.

8.3 Trifase con tre tensioni e tre correnti (3U e 3I)

Può essere usata sugli impianti se si vogliono misurare tutte le grandezze della terna di tensioni e di quella di corrente, a parte la misura della corrente di neutro.

L'interfaccia dello strumento ha il seguente aspetto:



Si notano alcune finestrelle di misura non attive: la deformazione-fattore-di-forma DFF%, gli angoli di sfasamento delle tensioni concatenate Phi-RS, Phi-ST, Phi-TR, e le tensioni concatenate singole. In compenso la velocità di aggiornamento dati è di 23 ms circa.

8.4 Inserzione trifase per sistema equilibrato

Può essere usata sugli impianti se si è certi dell'equilibrio della terna di correnti. In questo caso basta utilizzare la sola corrente della fase R per caratterizzare l'intero sistema trifase.

L'interfaccia dello strumento ha il seguente aspetto:

Si nota che le finestrelle di misura attive riguardano solo le tre tensioni di fase e la corrente della fase R ma tutte le misure (o i valori delle grandezze) mostrate sulla schermata, anche quelle complessive, sono disponibili. Esse possono quindi essere utilizzate come uscite analogiche per le registrazioni.

La velocità di aggiornamento dati è di 14 ms circa.

8.5 Inserzione Aron

È l'inserzione più usata sugli impianti trifasi per le misure di potenza elettrica e può essere attuata in tre modi in base al conduttore comune per le misure con due wattmetri: R comune, S comune, T comune.

Nei tre casi l'interfaccia dello strumento si presenta come segue:

Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale

Convertitore S/N 4 connesso su COM 7 a 115200 Baud Media mobile 1 Risoluzione visori (n° decimali) C L M H

Valori Efficaci DFF % Potenze Fattori di Potenza

Fase R U 5.053 kV P MW Phi gradi
 I 5.053 kA Q MVAR CosPhi
 S MVA

Fase S U kV P MW Phi gradi
 I kA Q MVAR CosPhi
 S MVA

Fase T U kV P MW Phi gradi
 I kA Q MVAR CosPhi
 S MVA

Neutro virtuale U kV $U_n = (U_r + U_s + U_t) / 3$
 I kA $I_n = I_r + I_s + I_t$

Tensioni e correnti all'ingresso Standard di Frequenza: 50 Hz (Europa), 60 Hz (America)
 Standard di Corrente: 5 A ingresso diretto alle boccole, Modalità acquisizione: massima precisione, massima linearità, in simulazione

VALORI COMPLESSIVI
 Frequenza 60 Hz
 Delta freq. 0.000 Hz
 P 879.1 MW
 Q -0.088 MVAR
 S 879.07 MVA
 Iequiv. 5.053 kA
 Uequiv. 0 kV
 Vequiv. 100.44 kV
 Phi 0.0 gradi
 CosPhi equivalente

INSERZIONE
 Solo frequenza Monofase R
 Aron T comune
 Aron S comune
 Aron R comune
 Trifase equilibrato
 Trifase (3U e 3I)
 Trifase con neutro
 Verifica globale con 3U e 3I

Tempo di aggiornamento in ms 19
 PQVif - Strumento multifunzione con uscite analogiche ±10 V
 Salva configurazione attuale
 Ripristina configurazione precedente

Si noti come le grandezze misurate siano coerenti con il tipo d'inserzione scelta, dal punto di vista delle tensioni concatenate e delle due correnti di fase utilizzate.

La cadenza di aggiornamento dati è di 19 ms circa.

8.1 Inserzione monofase

Se si fanno misure su un impianto monofase, l'interfaccia ha il seguente aspetto:

Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale

Convertitore S/N 4 connesso su COM 7 a 115200 Baud Media mobile 1 Risoluzione visori (n° decimali) C L M H

Valori Efficaci DFF % Potenze Fattori di Potenza

Fase R U 57.77 kV P 288.75 MW Phi 0 gradi
 I 4.999 kA Q -0.029 MVAR CosPhi 1
 S 288.75 MVA

Tensioni e correnti all'ingresso Standard di Frequenza: 50 Hz (Europa), 60 Hz (America)
 Standard di Corrente: 5 A ingresso diretto alle boccole, Modalità acquisizione: massima precisione, massima linearità, in simulazione

VALORI COMPLESSIVI
 Frequenza 60 Hz
 Delta freq. 0.002 Hz
 P 288.71 MW
 Q -0.027 MVAR
 S 288.77 MVA
 Iequiv. 4.999 kA
 Uequiv. 57.76 kV
 Vequiv. kV
 Phi 0 gradi
 CosPhi equivalente

INSERZIONE
 Solo frequenza Monofase R
 Aron T comune
 Aron S comune
 Aron R comune
 Trifase equilibrato
 Trifase (3U e 3I)
 Trifase con neutro
 Verifica globale con 3U e 3I

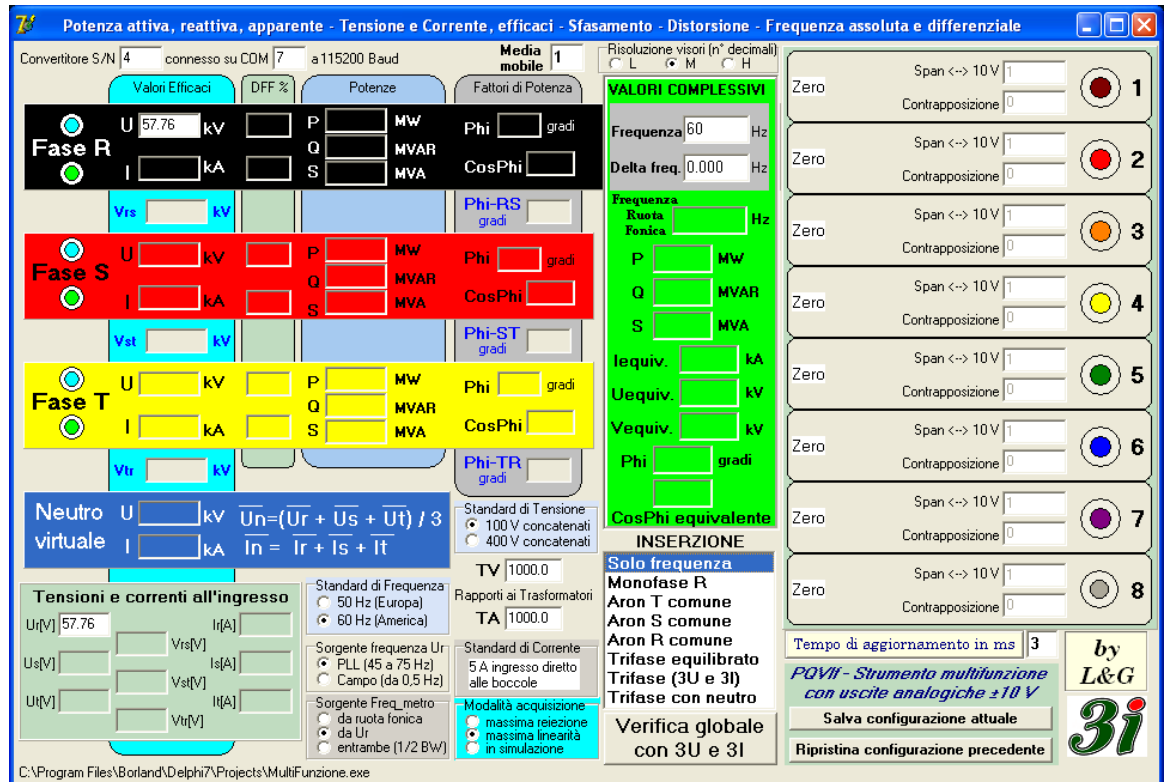
Tempo di aggiornamento in ms 14
 PQVif - Strumento multifunzione con uscite analogiche ±10 V
 Salva configurazione attuale
 Ripristina configurazione precedente

Anche in questo caso risultano disponibili i valori complessivi, e l'aggiornamento misure avviene con la cadenza di 14 ms circa.

8.2 Inserzione come frequenzimetro

Anche se sembra che una simile inserzione sprechi le potenzialità dello strumento, è possibile scegliere di far funzionare il PQVI solo come frequenzimetro di rete, oppure come trasduttore della velocità di rotazione del gruppo attraverso la misura di frequenza da ruota fonica.

Nel caso in cui si voglia misurare la sola frequenza di rete avremo la seguente schermata:



dove si nota che la misura della frequenza di rete si basa sulla tensione della fase R.

La misura della sola frequenza viene aggiornata ogni 3÷4 ms

Nel caso in cui si vogliono misurare la frequenza di rete e la velocità di rotazione del gruppo, avremo la seguente schermata:

The screenshot shows the PQVI software interface with the following key elements:

- Header:** Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale
- Conversione S/N:** 4, connesso su COM 7, a 115200 Baud, Media mobile 1
- Valori Efficaci:** U 57.8 kV, I [] kA, Vrs [] kV, Vst [] kV, Vtr [] kV
- Potenze:** P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA
- Fattori di Potenza:** Phi [] gradi, CosPhi []
- Fase R (Black):** U [] kV, I [] kA, P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA, Phi [] gradi, CosPhi []
- Fase S (Red):** U [] kV, I [] kA, P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA, Phi [] gradi, CosPhi []
- Fase T (Yellow):** U [] kV, I [] kA, P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA, Phi [] gradi, CosPhi []
- Neutro virtuale:** U [] kV, I [] kA, $U_n = (\overline{U_r} + \overline{U_s} + \overline{U_t}) / 3$, $I_n = I_r + I_s + I_t$
- Tensioni e correnti all'ingresso:** Ur[V] 57.8, Is[A], Ust[V], Vst[V], I[A], Vtr[V]
- Standard di Frequenza:** 50 Hz (Europa), 60 Hz (America)
- Standard di Corrente:** 5 A ingresso diretto alle boccole
- Modalità acquisizione:** massima reiezione, massima linearità, in simulazione
- VALORI COMPLESSIVI:** Frequenza 60 Hz, Delta freq. 10.002 Hz, Frequenza Ruota Fonica 1781.3 Hz, P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA, Iequiv. [] kA, Uequiv. [] kV, Vequiv. [] kV, Phi [] gradi, CosPhi equivalente
- INSERIZIONE:** Solo frequenza, Monofase R, Aron T comune, Aron S comune, Aron R comune, Trifase equilibrato, Trifase (3U e 3I), Trifase con neutro, Verifica globale con 3U e 3I
- Tempo di aggiornamento in ms:** 3
- Buttons:** Salva configurazione attuale, Ripristina configurazione precedente
- Logo:** by L&G 3i

L'aggiornamento delle misure avviene ogni 3÷4 ms.

Nel caso in cui si voglia misurare la sola velocità di rotazione del gruppo avremo infine:

The screenshot shows the PQVI software interface with the following key elements:

- Header:** Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale
- Conversione S/N:** 4, connesso su COM 7, a 115200 Baud, Media mobile 1
- Valori Efficaci:** U 57.76 kV, I [] kA, Vrs [] kV, Vst [] kV, Vtr [] kV
- Potenze:** P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA
- Fattori di Potenza:** Phi [] gradi, CosPhi []
- Fase R (Black):** U [] kV, I [] kA, P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA, Phi [] gradi, CosPhi []
- Fase S (Red):** U [] kV, I [] kA, P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA, Phi [] gradi, CosPhi []
- Fase T (Yellow):** U [] kV, I [] kA, P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA, Phi [] gradi, CosPhi []
- Neutro virtuale:** U [] kV, I [] kA, $U_n = (\overline{U_r} + \overline{U_s} + \overline{U_t}) / 3$, $I_n = I_r + I_s + I_t$
- Tensioni e correnti all'ingresso:** Ur[V] 57.76, Is[A], Ust[V], Vst[V], I[A], Vtr[V]
- Standard di Frequenza:** 50 Hz (Europa), 60 Hz (America)
- Standard di Corrente:** 5 A ingresso diretto alle boccole
- Modalità acquisizione:** massima reiezione, massima linearità, in simulazione
- VALORI COMPLESSIVI:** Frequenza [] Hz, Delta freq. [] Hz, Frequenza Ruota Fonica 1798.3 Hz, P [] MW, Q [] MVAR, S [] MVA, Iequiv. [] kA, Uequiv. [] kV, Vequiv. [] kV, Phi [] gradi, CosPhi equivalente
- INSERIZIONE:** Solo frequenza, Monofase R, Aron T comune, Aron S comune, Aron R comune, Trifase equilibrato, Trifase (3U e 3I), Trifase con neutro, Verifica globale con 3U e 3I
- Tempo di aggiornamento in ms:** 4
- Buttons:** Salva configurazione attuale, Ripristina configurazione precedente
- Logo:** by L&G 3i

L'aggiornamento delle misure avviene ogni 3÷4 ms.

9 Predisposizione parametri di misura

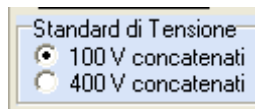
Dopo accesso lo strumento PQVIf e attivato il programma d'interfaccia, si ottiene per esempio la schermata seguente. Descriviamo le influenze della scelta eseguita su alcuni *radio button*¹⁵.

The screenshot displays the PQVIf software interface with the following sections:

- Header:** Potenza attiva, reattiva, apparente - Tensione e Corrente, efficaci - Sfasamento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale.
- Conversione S/N:** 4, connesso su CDM 7, a 115200 Baud.
- Media mobile:** 1.
- Valori Efficaci:**
 - Fase U: U=57.76 kV, I=5 kA, DFF=-0.1, P=288.75 MW, Q=-0.062 MVAR, S=288.78 MVA, Phi=0.0 gradi.
 - Fase S: U=57.75 kV, I=5.002 kA, DFF=0.0, P=288.83 MW, Q=-0.115 MVAR, S=288.85 MVA, Phi=0.0 gradi.
 - Fase T: U=57.71 kV, I=5 kA, DFF=0.0, P=288.64 MW, Q=0.346 MVAR, S=288.6 MVA, Phi=0.1 gradi.
- Neutro virtuale:** U=0.49 kV, I=0.012 kA, $U_n = (U_r + U_s + U_t) / 3$, $I_n = I_r + I_s + I_t$.
- Tensioni e correnti all'ingresso:**
 - Ur[V]: 57.76, Is[A]: 5, Vrs[V]: 100.07, Vst[V]: 99.98, Vtr[V]: 99.98.
 - Us[V]: 57.75, Is[A]: 5, Vrs[V]: 99.98, Vst[V]: 99.98, Vtr[V]: 99.98.
 - Ut[V]: 57.71, Is[A]: 5, Vrs[V]: 99.98, Vst[V]: 99.98, Vtr[V]: 99.98.
- Standard di Frequenza:**
 - 50 Hz (Europa)
 - 60 Hz (America)
- Standard di Tensione:**
 - 100 V concatenati
 - 400 V concatenati
- Standard di Corrente:**
 - 5 A ingresso diretto alle boccole
 - Modaltà acquisizione:
 - massima reiezione
 - massima linearità
 - in simulazione
- VALORI COMPLESSIVI:**
 - Frequenza: 60 Hz
 - Delta freq.: 0.002 Hz
 - Frequenza Ruota Fonica: [] Hz
 - P: 866.35 MW, Q: 0.175 MVAR, S: 866.23 MVA
 - Iequiv.: 5 kA, Uequiv.: 57.75 kV, Vequiv.: 100.01 kV
 - Phi: 0.0 gradi, CosPhi equivalente: 1
- INSERIZIONE:**
 - Solo frequenza Monofase R
 - Aron T comune
 - Aron S comune
 - Aron R comune
 - Trifase equilibrato
 - Trifase (3U e 3I)
 - Trifase con neutro
- Verifica globale con 3U e 3I:** []
- Tempo di aggiornamento in ms:** 52
- by L&G 3i**
- PQVIf - Strumento multifunzione con uscite analogiche ±10 V**
- Salva configurazione attuale**
- Ripristina configurazione precedente**

9.1 Standard di tensione (100 V concatenati oppure 400 V concatenati)

La selezione dello standard di tensione (100 V oppure 400 V) comporta la commutazione dei resistori d'ingresso dei tre trasformatori voltmetrici, dal valore di 100 kΩ a quello di 400 kΩ, per adattare il fondo scala di tensione alla corrente nominale del trasformatore, onde evitare di perdere risoluzione sui bit del convertitore AD.

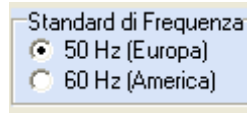


Il valore 100 V è legato alla tensione nominale concatenata dei TV di misura degli impianti, mentre 400 V è il valore della tensione concatenata della rete di distribuzione a bassa tensione.

9.2 Standard di frequenza (50 Hz oppure 60 Hz)

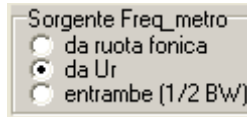
Serve per avere un riferimento di frequenza nominale per le misure di frequenza e le variazioni delle stesse in valore relativo. Tali misure possono infatti essere adottate come uscite di uno o più canali analogici.

¹⁵ pulsanti "virtuali" di selezione parametri posti sul pannello di interfaccia (cerchio vuoto oppure con pallino nero nel suo interno)



9.3 Predisposizione frequenzimetro

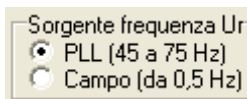
L'informazione sulla frequenza può essere prelevata da due fonti distinte, entrambe con isolamento galvanico:



- da ruota fonica: presuppone un segnale in onda quadra 10÷28V picco picco, con campo di frequenza da 5 Hz a 5 KHz, applicato alla specifica morsetteria;
- da Ur: presuppone un segnale di ampiezza superiore al 5% dello standard di tensione, applicato alle boccole di tensione della fase R, e campo di frequenza che dipende dal successivo selettore.
- entrambe (1/2BW) : entrambe le sorgenti vengono elaborate in contemporanea, ma dato che le risorse hardware vanno condivise, le misure avvengono su periodi alterni, dimezzando la velocità di risposta dei tachimetri.

9.4 Sorgente di frequenza per la rete

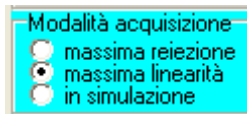
L'informazione sulla frequenza di rete può essere prelevata da due punti del circuito di condizionamento segnale¹⁶



- PLL (45 a 75 Hz) :segnale rigenerato e quindi più tranquillo, ma limitato in frequenza tra 45 e 75 Hz; oppure
- Campo (da 0,5 Hz) : direttamente dal trasformatore voltmetrico della fase R, con banda da 0,5 a oltre 100 Hz, ma senza alcun apprezzabile filtraggio del segnale

9.5 Modalità di acquisizione

Lo strumento può misurare in due modi diversi, inoltre può funzionare in simulazione¹⁷, cioè essere “eccitato” senza nessun collegamento reale alle grandezze d’impianto per valutare concretamente la correttezza dei collegamenti della catena di misura fino alle uscite analogiche prima di impegnare tutto il set di misura nelle prove reali.



Le prime due scelte dei *radio button* sono:

- **massima reiezione**: offre la possibilità di sopravvivere in ambienti particolarmente disturbati, rinunciando alla precisione di misura. Viene utilizzata questa scelta (schema del paragrafo 6.1) per ottenere un’elevatissima insensibilità ai disturbi (*spikes*) eventualmente presenti sulla tensione della fase R, disturbi che possono avere ampiezza confrontabile con lo standard di tensione. Il prezzo da pagare è un’elevata mancanza di uniformità

¹⁶ vedere lo schema elettrico inserito nel paragrafo “Circuito phase locked loop – (PLL)”

¹⁷ attualmente la modalità di simulazione deve essere considerata in *beta test*; nelle versioni future del firmware e del software verranno eliminati eventuali bachi o incongruenze non rilevate in fase di progettazione e collaudo dei primi strumenti

nella distribuzione dei campioni nel periodo, che porta a privilegiare i punti di maggiore addensamento, con conseguente possibile errore di misura di alcuni %

- **massima linearità:** è la condizione di default e, dato che utilizza il comparatore II del PLL, si ottiene un'elevatissima uniformità di distribuzione dei campioni nel periodo che consente una precisione di misura del %. Esperienze sul campo, hanno dimostrato che questa condizione è normalmente praticabile e pertanto la posizione alternativa rimane un'emergenza cui ricorrere solo in caso di misure caotiche.
- **in simulazione:** se occorre valutare la correttezza dei collegamenti e delle predisposizioni dei parametri in una fase preliminare della missione sul campo, si usa la capacità dello strumento PQVIif di simulare i segnali ai suoi ingressi di tensione e corrente, pur senza essere fisicamente attivi con la misura delle reali grandezze elettriche di impianto. Quando si seleziona questa modalità, alla sinistra del pannello di interfaccia operatore appare il seguente menu ausiliario, dove le diverse forme d'onda (in basso sul pannello) consentono di verificare la misura DFF% (distorsione del fattore di forma).

Contemporaneamente, sul pannello principale appaiono le misure e vengono generate le uscite analogiche coerentemente con i valori in per unità che si possono scrivere nelle finestrelle del simulatore: *provare per credere*.

9.6 Rapporti di trasformazione dei TV e dei TA

Consentono di ottenere misure coerenti con le grandezze effettivamente misurate sull'impianto.

TV	1000.0
Rapporti ai Trasformatori	
TA	1000.0

Inserendo nelle due caselle i valori numerici di scalatura dei TV e dei TA, (diversi dai valori di default: 1000 e 1000), le misure delle grandezze elettriche corrisponderanno a quelle riportate nella *sala quadri*, a meno degli errori di misura degli strumenti, ma le misure del PQVIIf saranno decisamente più precise.

9.7 Standard di corrente

Nella figura d'inizio paragrafo "Predisposizione parametri di misura" è mostrata la scritta **5 A ingresso diretto alle boccole**, che ricorda il fatto che nello strumento sono installati TA di misura da 5 A.

Nel caso in cui l'operatore volesse invece montare i TA di misura da usarsi con la pinza amperometrica dello strumento ausiliario CCTAMP, cioè i TA da 200 mA, dovrebbe comunicare anche al firmware dello strumento l'avvenuta modifica. Per inviare la comunicazione del nuovo parametro al PQVIIf, l'operatore deve fare un doppio click sulla scritta "**by L & G**" alla destra del pannello di interfaccia.



Appare una casella di testo come in figura:

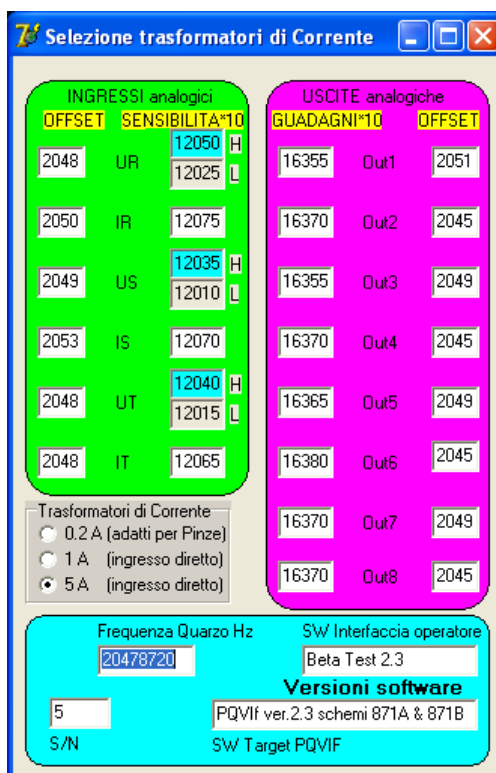
Tempo di aggiornamento in ms	21	
<i>PQVIIf - Strumento multifunzione con uscite analogiche $\pm 10 V$</i>		Digitare Service Password
Salva configurazione attuale		conferma
Ripristina configurazione precedente		annulla

Nella casella di testo l'operatore deve scrivere TASET

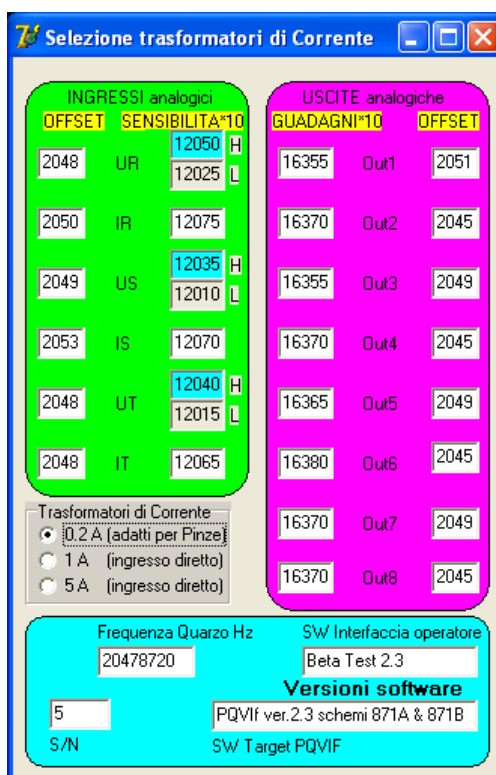
Tempo di aggiornamento in ms	22	TASET
<i>PQVIIf - Strumento multifunzione con uscite analogiche $\pm 10 V$</i>		Digitare Service Password
Salva configurazione attuale		conferma
Ripristina configurazione precedente		annulla

Poi l'operatore deve cliccare sul tasto conferma.

Appare una schermata ausiliaria:

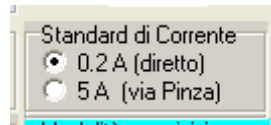


L'operatore deve cambiare la selezione del Trasformatore di corrente da 5 A (ingresso diretto) a 0.2 A (adatti per pinze) come nella seguente figura:



A questo punto l'operatore deve chiudere il menu ausiliario.

La schermata d'interfaccia dello strumento mostra ora la seguente configurazione nella zona Standard di corrente.



Se lo strumento PQVIf è servito da un kit CCTAMP (due kit per le misure in Aron e tre kit per il trifase con tre tensioni e tre correnti), conviene che l'operatore selezioni il radio button 5 A (via Pinza) come in figura

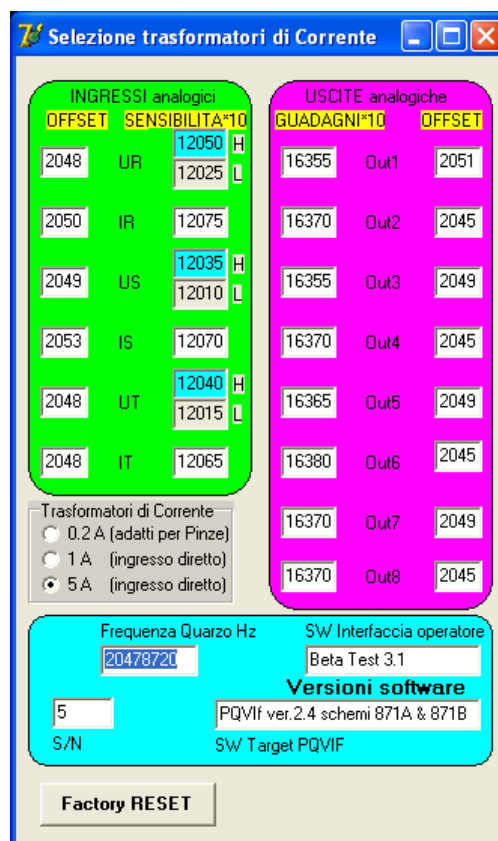


e che salvi la configurazione attuale.

9.8 Ripristino costanti di taratura originali

Può capitare di dover ripristinare la configurazione di fabbrica o di taratura originale, perché, per esempio, si deve rimediare a un errore nel salvataggio parametri nella memoria flash della CPU. Il ripristino è possibile farlo con la procedura seguente.

Dopo aver cliccato due volte su "by L&G", aver scritto TASET (vedi l'inizio del paragrafo 9.7) e cliccato sul tasto **conferma** appare la schermata seguente:



Per resettare lo strumento facendogli riacquisire i coefficienti di taratura di fabbrica, basta un click sul pulsante **Factory RESET** che si vede in fondo alla finestra di scelta coerente dei trasformatori di corrente inseriti internamente allo strumento. A questo proposito, osserviamo che le due figure di pag. 42 non riportano il tasto **Factory RESET** perché esso è stato aggiunto nell'ultima revisione del software, il 28 febbraio 2013.

9.9 Memorizzazione della configurazione

Tutti i parametri di configurazione e calibrazione dello strumento PQVI, vengono conservati nella flash Eprom della sua CPU, e ricaricati all'accensione, in modo da consentire all'operatore di ritrovarsi nell'ultima condizione salvata.

Per trasferire i dati tra FlashEprom e Ram di lavoro, sono disponibili due pulsanti:



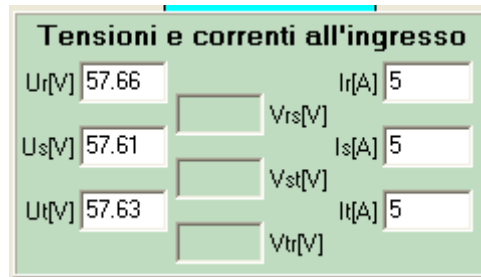
che copia tutti i parametri nella memoria flash della CPU.

Per ripristinare la configurazione precedente, senza aver salvato eventuali modifiche operate nella sessione attuale, si riparte dalla configurazione dell'ultimo salvataggio. Questo torna utile per abortire eventuali sperimentazioni in corso. Si usa il pulsante inferiore Ripristina configurazione precedente.



9.10 Valori alle boccole (funzione Tester)

Nella fase iniziale di preparazione dei circuiti di misura, può tornare utile visualizzare direttamente il valore assoluto delle tensioni e correnti alle boccole dello strumento, non normalizzati ai valori d'impianto. Ciò si realizza mostrando le grandezze misurate nella zona di color verde chiaro, in basso a sinistra del pannello d'interfaccia.



I visori normali dell'interfaccia mostrano valori dipendenti dai rapporti di trasformazione dei TV e dei TA d'impianto, e dopo la scalatura essi indicano il valore delle effettive grandezze elettriche d'impianto, mentre gli indicatori della funzione tester forniscono sempre i valori alle boccole dello strumento PQVIIf.

Specialmente nel caso delle correnti, che possono essere addotte allo strumento o direttamente, oppure tramite pinze amperometriche di precisione con condizionatore di segnale (tipo CCTAMP), la *funzione Tester*, insieme al pannello di selezione dello *standard di corrente*, può essere utile per confermare la correttezza della configurazione di misura; bisogna, infatti, essere certi di cosa si intenda per ingresso allo strumento. Normalmente s'intende come corrente di ingresso allo strumento la corrente che percorre il conduttore abbracciato alla pinza amperometrica, e non la corrente alle boccole.

Ricordarsi anche che per lavorare con le pinze devono essere installati nel PQVIIf i trasformatori da 0,2 A, il cui relativo selettore <Standard di Corrente> consente di scegliere su quale punto d'ingresso riferire la scalatura delle misure amperometriche.

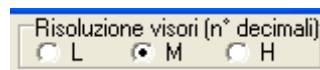
La schermata mostrata in figura è quella che si ottiene selezionando l'inserzione trifase (3U e 3I); inserzioni differenti comporteranno l'adeguamento automatico del pannello Tester per la sola visualizzazione delle grandezze consistenti.

9.11 Risoluzione dei visori

Quando si visualizzano i valori in modo numerico, si presentano due aspetti conflittuali:

- Una rappresentazione con molte cifre offre grande risoluzione, ma appesantisce l'immediatezza della leggibilità.
- Una rappresentazione arrotondata a poche cifre significative, offre immediatezza di interpretazione a spese di una scarsa risoluzione.

La rappresentazione in *floating point* non aiuta, perché obbliga ad una elaborazione mentale affaticante.



Per cercare di ovviare al problema, il selettore *Risoluzione visori* offre tre livelli di risoluzione, Bassa (*Low*), Media (*Medium*) e Alta (*High*), che variano la quantità di decimali in modo diversificato per le varie grandezze, in funzione della tipicità dei valori rappresentati.

Mentre per le tensioni del pannellino Tester, risoluzione bassa significa un decimale, per Delta frequenza se ne hanno due.

Bisogna infine ricordare che, nella presentazione dei decimali i *trailing zero* (a destra), non vengono presentati, come pure i *leading zero* (a sinistra).

10 Uscite analogiche

10.1 Associazione di una grandezza all'uscita

Il modo operativo per associare una grandezza¹⁸ misurata o calcolata, è descritto di seguito. Supponiamo di aver scelto l'inserzione Aron con T comune, come per esempio nella figura seguente:

Per tale inserzione posso imporre su una delle otto uscite analogiche le seguenti misure:

- Corrente della fase R
- Corrente della fase S
- Tensione concatenata ST
- Tensione concatenata TR
- Frequenza di rete
- Delta di frequenza di rete rispetto allo standard di frequenza

Sempre con questa inserzione posso imporre su una delle otto uscite analogiche i seguenti segnali elaborati dallo strumento e indicati nella finestra verde dei valori complessivi:

- Potenza attiva
- Potenza reattiva
- Potenza apparente
- Corrente equivalente di fase
- Tensione equivalente di fase
- Tensione equivalente concatenata
- Angolo di fase ($\phi = \varphi$)
- $\cos \phi$ equivalente

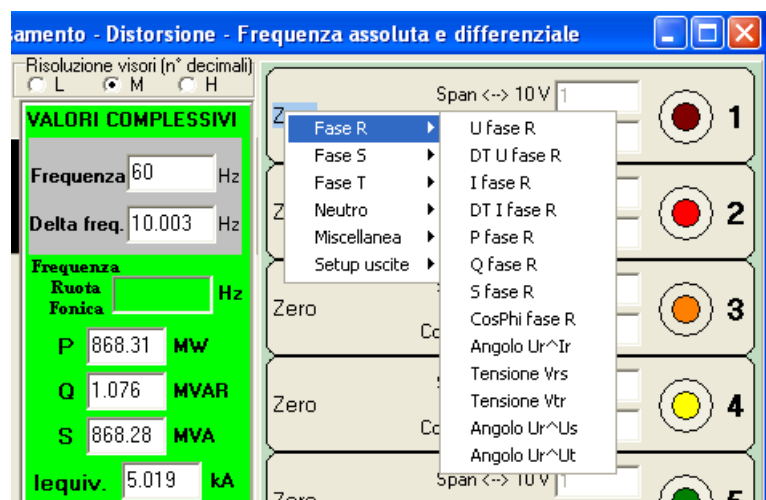
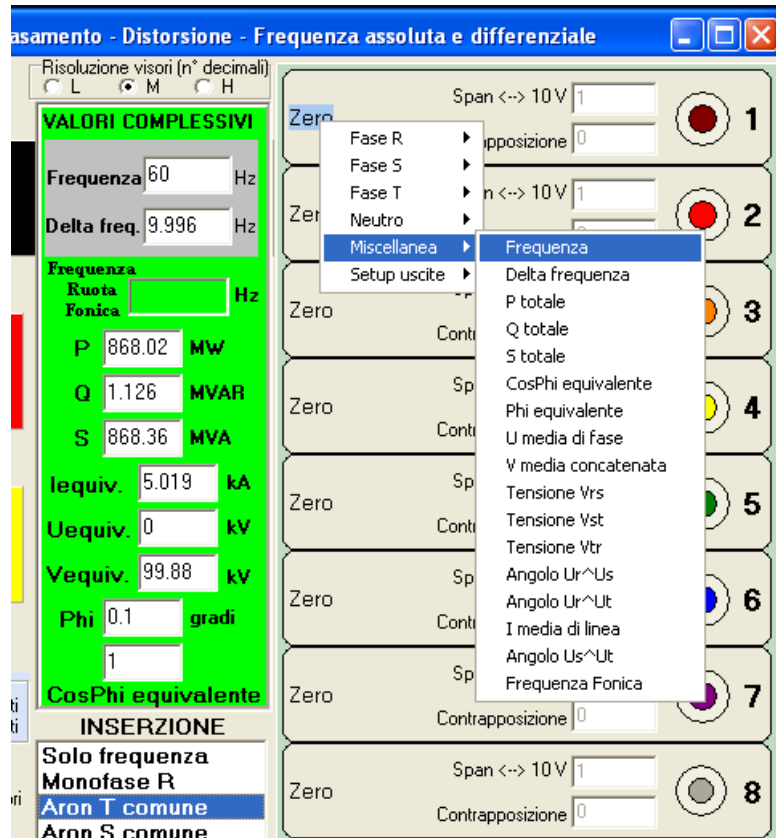
Ovviamente posso impostare il filtro *media mobile* su valori superiori a 1.

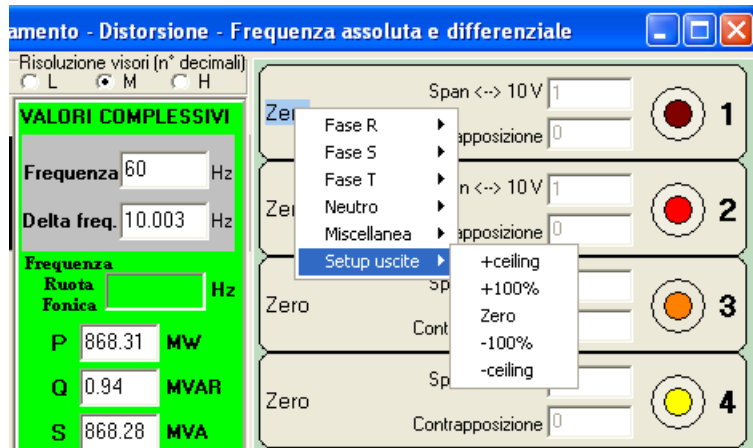
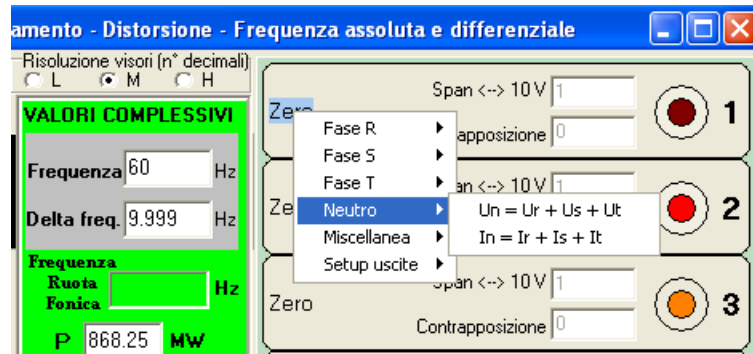
¹⁸ L'operatore deve selezionare la grandezza da associare all'uscita analogica solo tra quelle disponibili come misura o come calcolo nei visori dell'interfaccia che si riferiscono all'inserzione operativa in quel momento.

Esempio

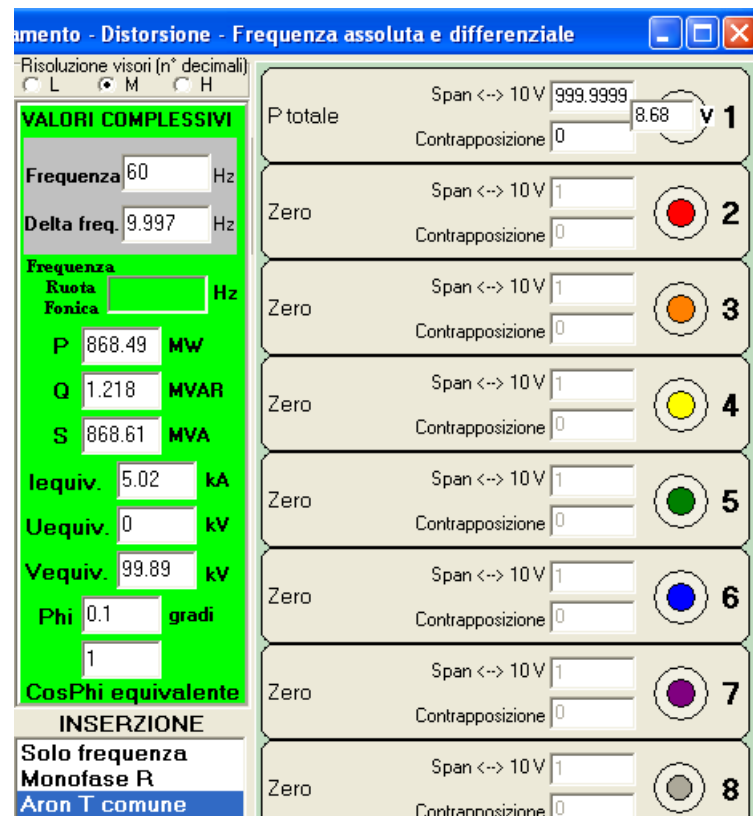
Valido per tutti i canali, che si possono predisporre in modo indipendente tra loro. Per definire l'uscita del canale analogico numero 1 devo:

- cliccare con il tasto sinistro del mouse sulla scritta **Zero** posta in corrispondenza al canale 1 nel grosso pannello di destra dal color beige
- dopo aver ottenuto un cambiamento di colore del fondo scritta, che diventa azzurro, con il puntatore del mouse sulla stessa devo cliccare il tasto destro
- appare un menu di scelta della grandezza da impostare come uscita analogica.
- seguire la freccia dei menu per scegliere la grandezza elettrica da mandare sull'uscita analogica





Cliccando sull'immagine della boccia marrone dell'uscita analogica numero 1, appare un visore da Tester che, dopo aver predisposto al valore 1000 MW lo span \leftrightarrow 10 V visualizza il valore della tensione di uscita (8,68 V) corrispondente a 868,49 MW



Lo stesso tipo di verifica può essere estesa ad altri canali, come nell'esempio seguente, dove i canali di uscita 1, 2, 3, 4 sono stati predisposti per le rispettive grandezze date dai valori complessivi: U media di fase, I media di linea, P totale, V media concatenata. Si nota la perfetta corrispondenza delle scale con i valori mostrati sui display delle grandezze equivalenti.

The screenshot displays the 'Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale' window. It is divided into several sections:

- VALORI COMPLESSIVI (Green background):**
 - Frequenza: 60 Hz
 - Delta freq.: 0.001 Hz
 - Frequenza Ruota Fonica: [] Hz
 - P: 866.17 MW
 - Q: 0.056 MVAR
 - S: 866.25 MVA
 - Iequiv.: 5 kA
 - Uequiv.: 57.74 kV
 - Vequiv.: 100.01 kV
 - Phi: 0 gradi
 - CosPhi equivalente: 1
- INSERIZIONE (White background):**
 - Solo frequenza
 - Monofase R
 - Aron T comune
 - Aron S comune
 - Aron R comune
 - Trifase equilibrato
 - Trifase (3U e 3I)
 - Trifase con neutro
 - Verifica globale con 3U e 3I
- Channel Outputs (Right side):**
 - U media di fase: Span 100V, Value 5.77, Channel 1
 - I media di linea: Span 10V, Value 5, Channel 2
 - P totale: Span 999.999V, Value 8.66, Channel 3
 - V media concatenata: Span 100V, Value 10, Channel 4
 - Zero: Span 1V, Value 0, Channel 5
 - Zero: Span 1V, Value 0, Channel 6
 - Zero: Span 1V, Value 0, Channel 7
 - Zero: Span 1V, Value 0, Channel 8
- Footer (Bottom right):**
 - Tempo di aggiornamento in ms: 52
 - by L&G
 - 3i logo
 - PQVI - Strumento multifunzione con uscite analogiche ±10V
 - Salva configurazione attuale
 - Ripristina configurazione precedente

10.2 Contrapposizione del punto di lavoro

È possibile *amplificare* l'uscita analogica per vedere non i valori della grandezza in esame, ma le variazioni rispetto a un riferimento, detto punto di contrapposizione.

Per attuare la modalità *differenziale* ora citata, occorre per esempio:

- scegliere la grandezza da inviare all'uscita analogica 1, come descritto nel punto precedente, nel nostro esempio V media concatenata
- cliccare nella finestrella dello *Span* $\leftarrow \rightarrow$ 10 V e scrivere il valore di tensione che si vuol fare corrispondere al fondo scala di 10 V, nell'esempio 10 (kV sottinteso)
- cliccare nella finestrella *Contrapposizione* e scrivere il valore di tensione di riferimento per le variazioni intorno allo stesso, per il caso in esame 100 (kV)

The screenshot shows the 'strumento - Distorsione - Frequenza assoluta e differenziale' window. On the left, a green panel displays 'VALORI COMPLESSIVI' with various electrical parameters: Frequenza (60.01 Hz), Delta freq. (10.006 Hz), Frequenza Ruota Fonica, P (900.17 MW), Q (1.385 MVAR), S (900.3 MVA), Iequiv. (4.999 kA), Uequiv. (60 kV), Vequiv. (103.94 kV), Phi (0.1 gradi), and CosPhi equivalente (1). Below this is the 'INSERIZIONE' section with options for 'Solo frequenza', 'Monofase R', 'Aron T comune', 'Aron S comune', 'Aron R comune', 'Trifase equilibrato', and 'Trifase (3U e 3I)'. The main area on the right contains eight channels (1-8) for analog output. Channel 1 is selected for 'V media concatenata' with a 'Span <-> 10 V' of 10 and a 'Contrapposizione' of 100, showing a reading of 3.94 V. Channels 2-8 are set to 'Zero' with a 'Span <-> 10 V' of 1 and 'Contrapposizione' of 0. At the bottom, the update time is 24 ms and the logo 'by L&G' is visible.

Si nota che, dopo aver predisposto la contrapposizione, l'uscita analogica si porta a 3,94 V perché la tensione media concatenata ha il valore di 103,94 kV rispetto ai 100 kV di riferimento. Il visore indica il valore attuale dell'uscita analogica.

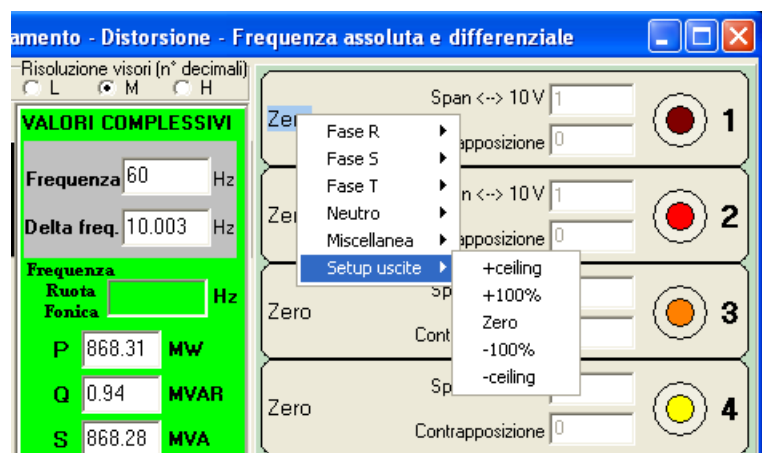
Se (senza figura) invece volessimo registrare pendolazioni di ± 15 kV, intorno ad un punto di lavoro di 100 kV, imposteremmo Span al valore 15, lasciando contrapposizione al valore 100. In queste condizioni una tensione media concatenata di 115 kV darebbe +10 V in uscita, mentre -10 V di uscita si avrebbero con una tensione concatenata di 85 kV.

10.3 Adattamento del fattore di scala

In automatico il software pone nella finestra dello *Span* $\leftarrow \rightarrow$ 10 V un valore diverso da zero. L'operatore deve scrivere il valore di fondo scala voluto in modo tale che l'uscita analogica non vada in saturazione (circa $\pm 12,5$ V). Nell'esempio della potenza attiva (figura di due pagine indietro) è stato scritto il valore 1000 MW quando la potenza misurata era 866 MW, da cui una uscita non satura di 8,66 V.

10.4 Menu per calibrazione uscite

Come si può notare sulla figura seguente, scegliendo la posizione *Setup uscite* si ottiene un sotto-menu, dove sono riportate alcune possibili forzature dell'uscita analogica, che possono essere utili nella taratura di un eventuale registratore collegato alla stessa (emissione di *marker* utili). La marcatura delle saturazioni (\pm ceiling), è utile per distinguere i valori limite della zona lineare per interpretare con prudenza valori prossimi a tali limiti di saturazione.



Riportiamo di seguito i valori di tensione d'uscita conseguenti alla scelta operata, sempre che le uscite non siano sovraccaricate, perché non esiste una retroazione di misura del valore vero di tensione d'uscita; i valori sono validi quando la resistenza equivalente di carico d'uscita è ≥ 5 k Ω .

- +ceiling saturazione positiva
- +100% +10 V
- Zero 0 V
- -100% -10 V
- -ceiling saturazione negativa

11 Identificazione dello strumento

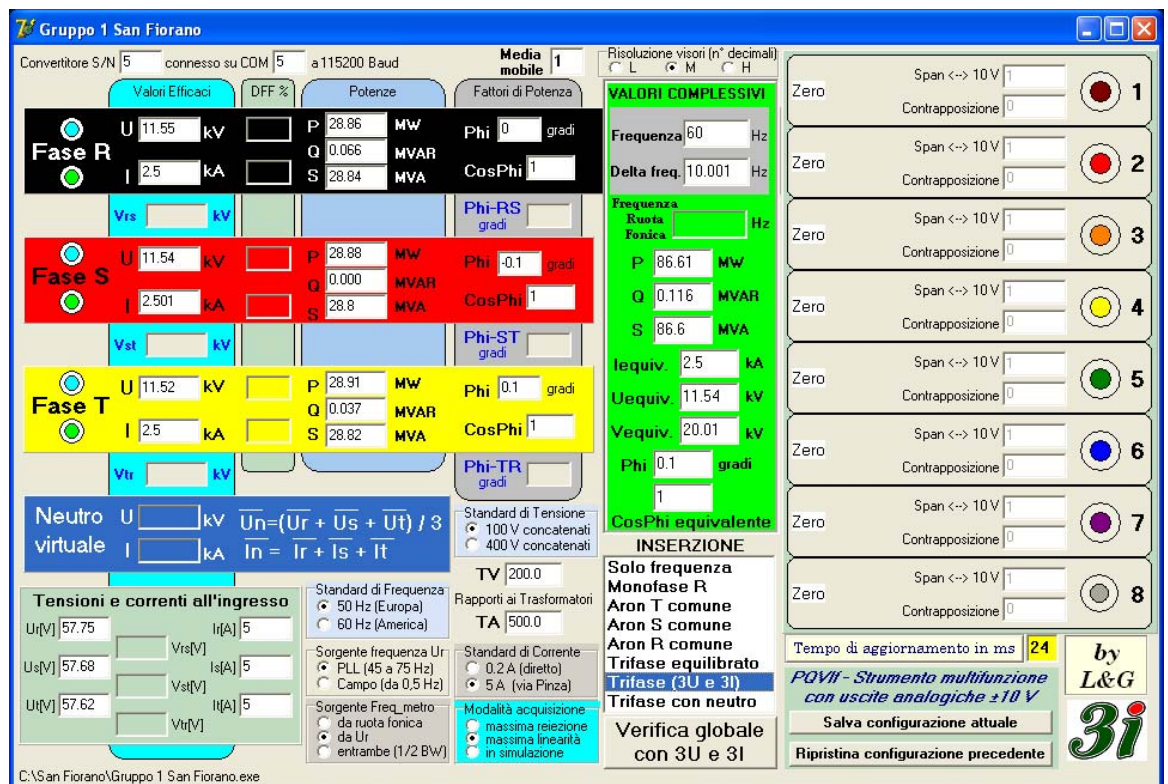
Il sistema costituito dallo strumento PQVI e dalla sua interfaccia software permette all'operatore di razionalizzare i suoi compiti di misura sugli impianti. Vediamo come.

Se l'operatore nel suo computer crea la cartella dell'impianto sul quale deve eseguire una campagna di misura, per esempio:

C:\San Fiorano

e copia nella cartella il programma multifunzione.exe, rinominandolo

Gruppo 1 San Fiorano.exe, e attiva l'applicazione, l'interfaccia si mostrerà così:



Si nota che nella parte in basso della schermata è riportata la scritta che indica tutto il *path* della cartella dove è attiva l'applicazione (C:\San Fiorano\Gruppo 1 San Fiorano), nella barra superiore dell'interfaccia è riportato il nome dell'applicazione in esecuzione (Gruppo 1 San Fiorano), nella prima riga sotto la barra blu superiore sono riportati i dati della comunicazione seriale che avviene via USB:

(Convertitore S/N 5 connesso su Com 5 a 115200 baud)

Le informazioni ora evidenziate possono essere utili per identificare, per esempio tramite schermate catturate con la combinazione da tastiera *Alt + Stamp*, l'impianto su cui si stanno conducendo le misure, altri dati relativi alla cartella del computer, allo strumento usato e alla comunicazione USB.

Maggiori suggerimenti operativi sono forniti nel paragrafo di fine manuale:

Consigli su come impostare una sessione di lavoro

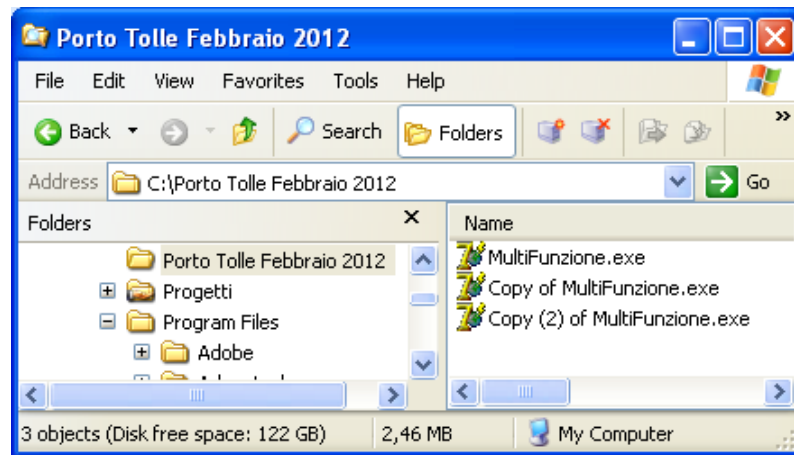
12 Consigli su come impostare una sessione di lavoro

Un set completo di misura prevede normalmente i seguenti componenti:

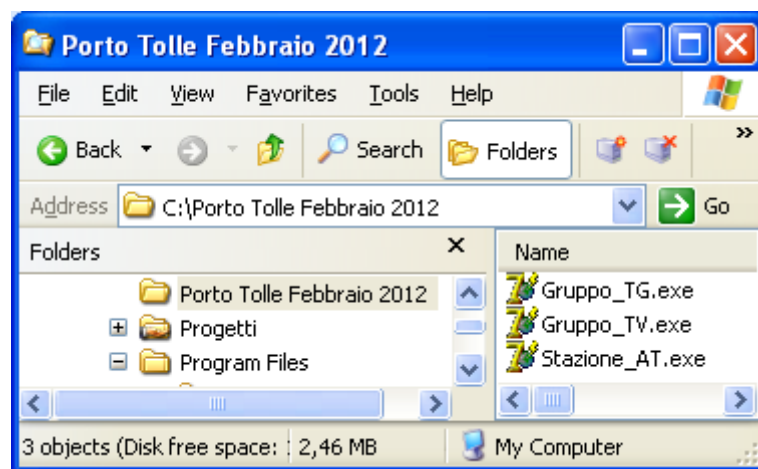
- Un PC portatile, sui cui far girare le interfacce operatore, dotato di tante connessioni USB (tipicamente da 1 a 3) disponibili direttamente su NoteBook, o multiplate da un Router (si suppone in dotazione), con cui connettere gli strumenti PQVIF da collegare ai TV e TA delle varie aree d'impianto, o direttamente, oppure tramite pinze amperometriche con amplificatori a transconduttanza CCTAMP.
- Tanti kit CCTAMP quante sono le correnti non interrompibili.
- Un registratore di segnali analogici, con portata ± 10 V.

Sul PC deve essere presente il file *Multifunzione.exe*, che contiene l'interfaccia operatore (sviluppata con Delphi).

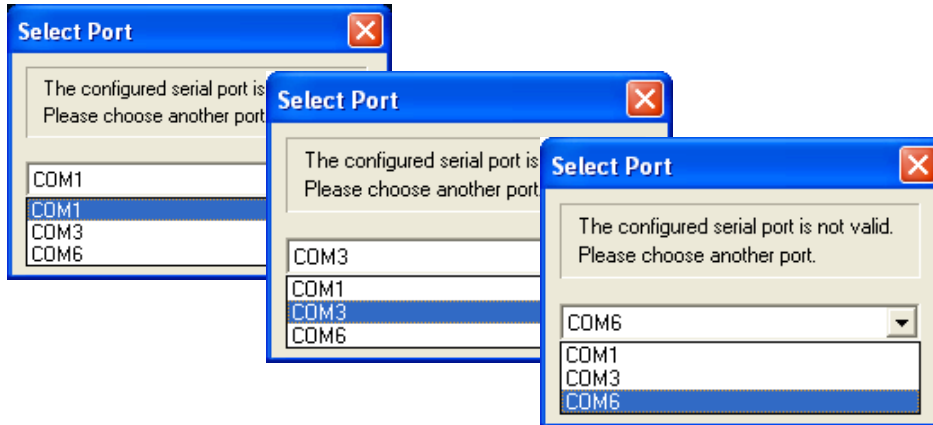
Come spiegato nel paragrafo precedente *Identificazione dello strumento*, per aprire una nuova sessione di prove, si crea innanzitutto una cartella, con un nome espressivo dedicato, e si includono n copie del file, per esempio (come spiegato nel caso precedente):



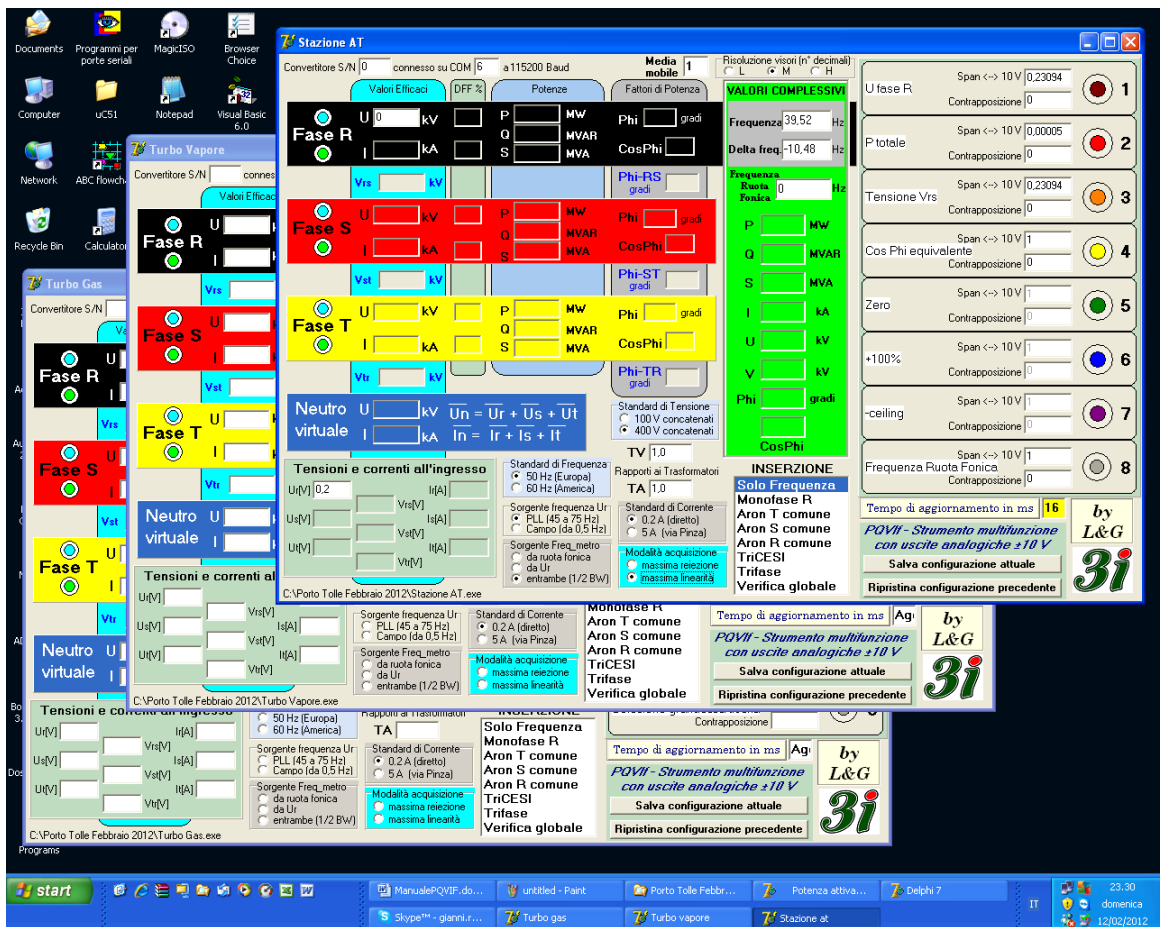
Si rinominano i file, con nomi che richiamino le aree d'impianto connesse ai PQVIF che si intendono associare, per esempio:



Si aprono in successione i file personalizzati, assegnando a ciascuno la corrispondente porta di comunicazione:



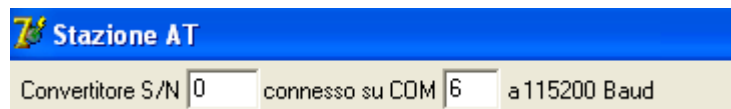
A questo punto, sullo schermo, saranno visibili tre pannelli personalizzati, come in figura:



Dove in basso a sinistra viene riprodotto il nome del file eseguibile che lo ha attivato

C:\Porto Tolle Febbraio 2012\Stazione AT.exe

(con tutto il *path* completo), mentre in alto, sulla cornice della finestra, viene riportato il solo nome del file, senza estensione né percorso delle cartelle), facilitando così il richiamo all'area d'impianto che dovrebbe monitorare.



Sempre in alto a sinistra, ma all'interno del pannello, compaiono le indicazioni del numero di serie del PQVIf associato, e il numero di porta su cui comunica.

Se un dispositivo non comunica, si mette a lampeggiare la scritta di segnalazione

Convertitore S/N connesso su COM **MANCATA COMUNICAZIONE**

Rimane responsabilità esclusiva dell'operatore, verificare la congruenza delle informazioni, che collegano un dato numero di serie del convertitore con l'identificativo dell'area di impianto associata.

Se la coerenza non va bene, basta *chiudere* i pannelli e *riaprirli* sulla porta corretta.

Dopo aver verificato la consistenza delle informazioni è opportuno salvare le configurazioni, cliccando sul pulsante **Salva configurazione attuale**, di ciascun pannello.

Per ogni file di tipo **exe**, il salvataggio crea un corrispondente file di tipo **ini**, che alla successiva accensione evita di dover riassociare la porta di comunicazione.



Attenzione che, se successivamente si cambia lo strumento PQVIf, per il collegamento allo stesso impianto, è necessario cancellare il file **ini** per poter riassegnare la porta. Ogni strumento, infatti, genera nel PC una porta COM associabile solo a se stesso, in corrispondenza biunivoca.

All'inizio delle operazioni di messa a punto, una volta stabilito un collegamento consistente con il PQVIf, se ci si è cablati su una terna trifase, è opportuno selezionare l'inserzione tipo **Verifica globale**, e scegliere successivamente la modalità di misurazione effettiva, perché in questo modo si verifica la congruenza dei collegamenti delle tensioni e delle correnti di fase. Si vede cioè se la sequenza delle connessioni è giusta. In caso di sequenza errata, il pannello relativo all'inserzione **Verifica globale**, indica con il lampeggio LED l'errore e così si può porre rimedio.

In **Verifica globale** si attivano anche le misure di DFF%, che su impianti di potenza (centrali e stazioni AT) non dovrebbero superare pochi %. Indicazioni maggiori possono segnalare saturazioni dei canali di misura dei segnali.

Questa abbondanza di informazioni, ha come contropartita un allungamento sensibile del tempo di ciclo, che si porta vicino a 52 ms, per cui può risultare sconsigliata utilizzarla come modalità standard di acquisizione.

Una volta espletate le verifiche all'installazione, è conveniente passare a una modalità di inserzione più consona alle effettive necessità, trifase (3U e 3I), Aron, ecc.. riducendo così il tempo di ciclo a 30 o 19 ms.

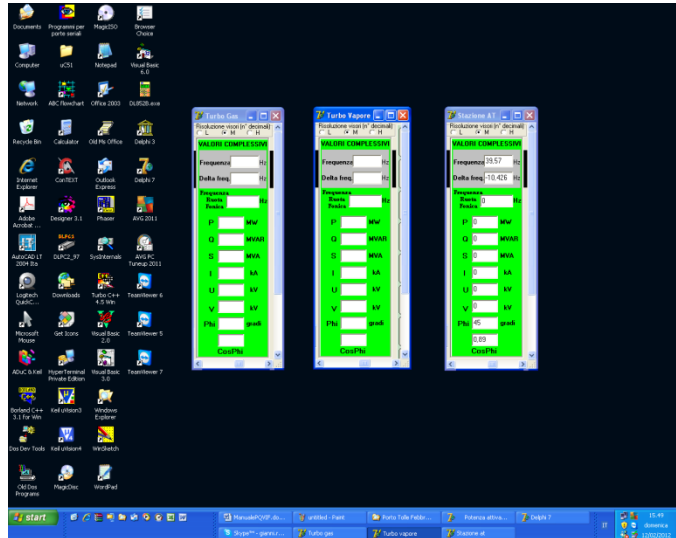
Aprendo più pannelli, contemporaneamente sullo stesso schermo, si hanno inevitabili sovrapposizioni, e un'abbondanza di informazioni, non sempre indispensabili, che possono disturbare il monitoraggio di quelle essenziali.

Quando opportuno, è possibile ridurre le dimensioni dei pannelli, tenendo in evidenza i soli visori utili, come indicato in figura:

Attraverso le barre di scorrimento, è possibile focalizzare ciascuna finestra sull'area dati che interessa.

La presenza del titolo espressivo, sulla cornice della finestra, consente una sicura attribuzione dei dati visualizzati, all'area d'impianto monitorata.

Una volta predisposto il sistema di acquisizione, con la gestione dei nomi suggerita, risulta comodo mantenere l'associazione dei pannelli con le aree di impianto, anche con l'immagine iconizzata nella banner line, e poterla riaprire a colpo sicuro, solo quando serve



visualizzare i dati; tenendo presente che con il pannello iconizzato viene sospesa la comunicazione seriale, dal momento che diventa inutile trasferire dati che nessuno vede, e quindi il ciclo risulta accelerato di altri 2 ms circa.

A questo punto potete partire con le registrazioni delle uscite analogiche.

*****Have a good job*****