

## PMVF51 - PMVF52



### SISTEMA DI PROTEZIONE DI INTERFACCIA (SPI)

### NOTE APPLICATIVE



#### INTRODUZIONE

Questo documento ha lo scopo di raccogliere alcune informazioni applicative che possono essere utili agli installatori e collaudatori di impianti ove sia stata utilizzata una protezione di interfaccia Lovato Electric mod. PMVF51 o PMVF52, conforme alla vigente normativa CEI 0-21.

#### DDI (DISPOSITIVO DI INTERFACCIA)

Il DDI o Dispositivo Di Interfaccia è solitamente un contattore, posizionato nel punto di consegna e azionato sia in apertura che in chiusura dal PMVF... (SPI).

- Nel PMVF... il DDI va collegato alla uscita OUT1, sui contatti normalmente aperti (morsetti 11 e 14, vedere schemi applicativi) in quanto la bobina del relè interno risulta eccitata quando le condizioni sono normali (rete nei limiti) e quindi il DDI deve essere chiuso.
- Sul DDI deve essere montato un contatto ausiliario normalmente aperto che collegato all'ingresso INP1 (ingresso di feedback) del PMVF..., informa del reale stato del DDI. Se lo stato dell'ingresso di feedback non segue lo stato dell'uscita di comando del DDI, vengono generati degli allarmi di mancata chiusura o mancata apertura.
- In caso di mancata apertura del DDI, dopo un tempo di 0,5s il PMVF... interviene aprendo il dispositivo di ricalzo collegato alla uscita OUT2. (vedere paragrafo successivo).
- E' consentito che in un impianto ci siano più di un DDI, tutti comandati dalla stessa uscita. In questo caso sono necessari altrettanti contatti ausiliari messi in parallelo, in modo che anche la mancata apertura di uno solo di essi possa generare l'apertura del ricalzo.

#### RINCALZO

Il Ricalzo è un dispositivo posto in serie al DDI che interviene a sezionare nel caso di avaria del DDI (ad esempio per incollaggio contatti).

- La norma prescrive che il ricalzo sia a riarmo manuale, quindi il SPI interviene solo per aprire il ricalzo quando necessario, ma non è in grado di richiuderlo autonomamente.
- Fisicamente il ricalzo può essere realizzato con un contattore in ritenuta, con un interruttore automatico o altro dispositivo di sezionamento.
- Il comando del ricalzo da parte del PMVF... viene fatto attraverso i contatti dell'uscita OUT2. Questo comando può essere effettuato in tre modi diversi, a seconda della tipologia di dispositivo utilizzato:
  - **Modo A:** rimane attivata fintanto che le il DDI ha funzionamento regolare, mentre viene disattivata quando si rileva un incollaggio del DDI. Alla messa in tensione, l'uscita viene attivata non appena il SPI ha accertato che il DDI non è in avaria causa incollaggio. Questa configurazione è adatta ad un ricalzo realizzato tramite contattore in ritenuta o ad un interruttore con bobina di apertura di minima tensione.
  - **Modo B:** l'uscita viene attivata quando viene rilevata l'anomalia del DDI e rimane attivata fintanto che questa anomalia perdura, cioè fino a che non viene aperto il contatto ausiliario di feedback del DDI. Adatto allo sgancio di un interruttore con bobina di apertura a lancio di corrente, in grado di sopportare un comando continuo.
  - **Modo C:** L'uscita viene attivata quando viene rilevata l'anomalia del DDI e rimane attivata per un tempo impulsivo (default 1s) . Adatto allo sgancio di un interruttore con bobina di apertura a lancio di corrente.

#### MISURA DI TENSIONE

Le misure di tensione e le soglie sono normalmente applicate alle tensioni concatenate in un sistema trifase con neutro a 400VAC e 50Hz nominali.

E' possibile ove si rendesse necessario programmare il PMVF... per lavorare in sistemi diversi o con controlli di tensione diversi:

- trifase con neutro, controllo sulle tensioni di fase;
- trifase senza neutro, controllo sulle tensioni concatenate;
- monofase, controllo sull'unica tensione di fase collegata.

#### ALIMENTAZIONE AUSILIARIA

La norma prescrive che sia il SPI che il DDI rimangano funzionanti anche in assenza della tensione di rete per un tempo di almeno 5s.

Questo comporta la necessità di avere una fonte di alimentazione non interrompibile, quindi un UPS nel caso di alimentazione ausiliaria in alternata oppure un sistema con batteria e caricabatteria nel caso di alimentazione DC.

- La protezione PMVF52 ha un range di alimentazione esteso a 24-240 VAC/DC
- La protezione PMVF51 invece è disponibile con alimentazione 100 - 240VAC / 110 - 250VDC.

#### COMANDO LOCALE

Il "comando locale" partecipa alla selezione delle soglie e dei tempi di intervento per la frequenza.

La combinazione del comando locale con il "segnale esterno" stabilisce le soglie ed i tempi di intervento per la frequenza (si veda il prossimo paragrafo).

- Il comando locale è statico, ovvero il suo stato logico "alto" o "basso" viene deciso nell'ambito del regolamento di esercizio stabilito tra il produttore di energia locale e il distributore. Tale valore rimane invariato nel corso dell'esercizio dell'impianto, salvo intervenire nuovamente sul regolamento.
- Sui PMVF... il comando locale è implementato in due modi:
  - tramite ingresso digitale INP2;
  - con l'impostazione di un parametro nel menu impostazioni (P04.18).
- Nel caso di utilizzo dell'ingresso digitale, occorre lasciare tale ingresso non collegato per ottenere lo stato logico "basso", mentre per stabilire uno stato logico "alto" bisogna cortocircuitare l'ingresso sul suo comune (collegamento di "COM" con INP2).
- Se invece si utilizza il parametro P04.18, accedere al menu impostazioni seguendo le indicazioni dei manuali di istruzione e impostare OFF per ottenere lo stato logico "basso", ON per ottenere lo stato logico "alto".
- Le selezioni tramite ingresso digitale e tramite parametro lavorano in logica OR, ovvero è sufficiente che almeno una delle due indichi lo stato logico "alto" per ottenere lo stato logico "alto", mentre devono essere entrambe basse per avere lo stato logico "basso".

## SEGNALE ESTERNO

Il "segnale esterno" seleziona insieme al comando locale le soglie e i tempi di intervento per il controllo della frequenza.

- In modalità definitiva, ovvero quando sarà disponibile completamente il protocollo di comunicazione IEC61850, il segnale esterno sarà uno stato logico inviato tramite il protocollo.
- In modalità transitoria, la norma consente che il segnale esterno sia dato al PMVF... tramite un ingresso digitale (INP2 per PMVF20, INP3 per PMVF50).
- Dati il comando locale e il segnale esterno, i valori attivi delle soglie e dei tempi di intervento sono riportati nella seguente tabella.

Segnale esterno	Comando locale	Soglia min (Hz)	Ritardo (s)	Soglia max (Hz)	Ritardo (s)
OFF	OFF	CONFIGURAZIONE NON AMMESSA Allarme A01			
ON	OFF	47.50 Hz	0.10s	51.50 Hz	0.10s
OFF	ON	47.50 Hz	4.00s	51.50 Hz	1.00s
ON	ON	49.80 Hz	0.10s	50.20 Hz	0.10s

## TELESCATTO

Il segnale di teleseccato permette l'apertura forzata del DDI nonostante i valori di tensione e frequenza siano nei limiti accettati.

- L'apertura del DDI tramite il segnale di teleseccato segue le stesse regole di gestione del rinalzo nel caso di avaria del DDI.
- L'apertura del DDI deve avvenire con un ritardo massimo di 50ms rispetto all'invio del comando.
- In modalità definitiva, ovvero quando sarà disponibile completamente il protocollo di comunicazione IEC61850, il segnale di teleseccato sarà uno stato logico inviato tramite il protocollo.
- In modalità transitoria, la norma consente che il segnale di teleseccato sia dato al PMVF... tramite un ingresso digitale (INP4).

## COMUNICAZIONE EN61850

Nell'ottica dello sviluppo della rete di distribuzione nella direzione di una rete intelligente, anche le protezioni di interfaccia devono essere dotate di porta di comunicazione.

- Lo standard scelto per questa attività è IEC61850.
- Tramite protocollo, le protezioni di interfaccia devono poter ricevere:
  - un segnale per selezionare soglie e tempi di intervento per la frequenza (segnale esterno);
  - il segnale di teleseccato.
- Allo stato attuale, il protocollo è definito per quanto riguarda le caratteristiche hardware (porta ethernet), ma non sono ancora noti i messaggi che identificano i due comandi sopra.
- La rete di distribuzione non è ancora pronta alla gestione dei segnali su IEC61850.
- Per i motivi precedenti, una nota nella norma (8.6.2, nota 51) permette la sostituzione del protocollo con ingressi digitali.
- I PMVF... sono predisposti per essere utilizzati tramite IEC61850:
  - introducendo un traduttore di comandi IEC61850 in contatti puliti, da collegare agli ingressi del PMVF...
  - aggiungendo ai PMVF... un apposito modulo di espansione con porta IEC61850.

## PROVE IN CAMPO CON CASSETTA PROVA RELÈ

### Setup di prova

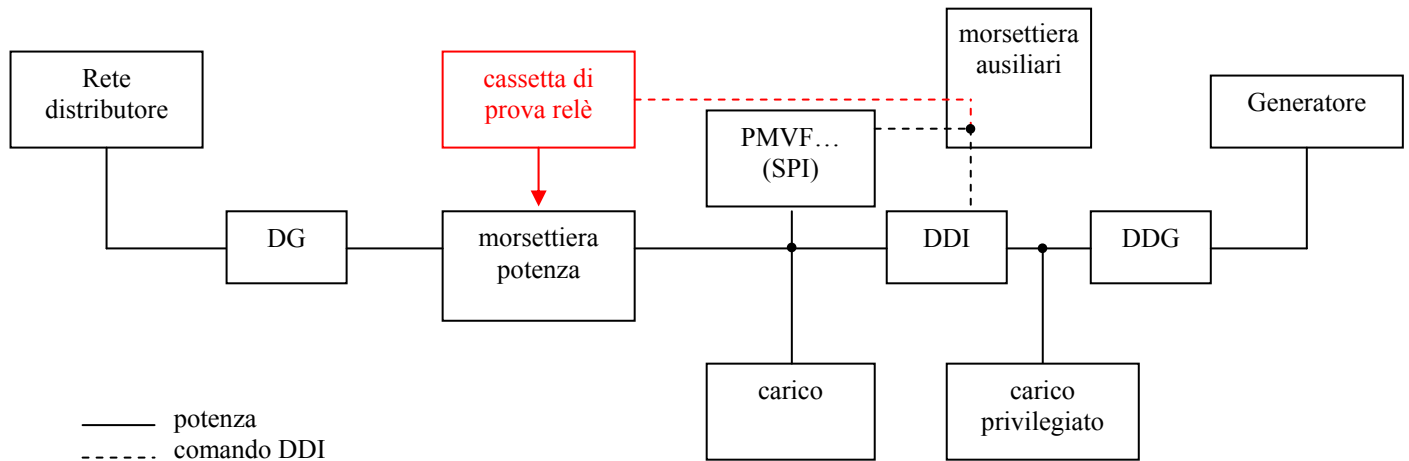
La norma CEI 0-21, nell'allegato A, prescrive che vengano effettuate sulla protezione di interfaccia delle prove in campo (paragrafo A.1) che verifichino soglie e tempi di intervento per i controlli di tensione e frequenza indicati nella norma stessa. Le prove devono essere eseguite con strumenti denominati "cassette di prova relè" con caratteristiche riportate sempre nella norma. Dato che l'obiettivo delle prove consiste nel verificare allo stesso tempo la protezione di interfaccia e la sua corretta installazione, l'impianto deve essere predisposto compiendo come minimo tre operazioni:

- sezionamento forzato dalla rete del distributore, aprendo il dispositivo generale (DG);
- sezionamento forzato del generatore, aprendo il dispositivo di generatore (DDG);
- collegamento del generatore di tensione della cassetta di prova relè alla morsettiera di consegna del distributore, a valle del DG.

E' evidente che se la morsettiera prevede già dei morsetti liberi in parallelo a quelli utilizzati durante il normale funzionamento, nessun cavo di potenza deve essere scollegato rendendo la prova ancora più efficiente ed efficace.

Anche per il relè della protezione di interfaccia atto a pilotare il dispositivo di interfaccia (DDI) è opportuno prevedere un passaggio in morsettiera in modo tale da collegare l'uscita del PMVF... alla cassetta di prova relè senza scollegarla dal DDI.

Segue uno schema a blocchi che rappresenta una situazione indicativa dell'impianto. La parte in rosso è provvisoria ed è presente solo durante le prove e con DG e DDG aperti. Le linee continue rappresentano le connessioni di potenza, quelle tratteggiate sono i segnali ausiliari di comando del DDI.



La norma CEI 0-21 prevede quattro soglie di tensione attive contemporaneamente e quattro soglie di frequenza attive due a due. Il distributore ed il produttore di energia locale concordano nel regolamento di esercizio se utilizzare soglie restrittive o permissive per le frequenze. Il PMVF... è già predisposto per gestire tutti i casi, senza la necessità di programmare alcun parametro. La selezione della frequenza avviene, come prescritto dalla norma, tramite lo stato degli ingressi digitali. Se eventualmente, ma solo in casi eccezionali, devono essere modificate le impostazioni delle soglie e dei tempi di intervento, è possibile agire all'interno del menu parametri secondo quanto indicato nel paragrafo A.3 della norma.

Le prove in campo sono limitate a quelle funzionali (indicate nel paragrafo A.4.3), essendo le prove di compatibilità e isolamento elettrico garantite dalle prove di tipo effettuate su un esemplare identico a quelli di produzione (paragrafo A.1).

In particolare, sono da eseguire le prove:

- A.4.3.1, punti A) e D), verifica soglie e tempi di intervento massima tensione o frequenza;
- A.4.3.2, punti A) e D), verifica soglie e tempi di intervento minima tensione o frequenza;
- A.4.3.3.2, segnale di telescatto;
- A.4.3.3.3, segnale di comunicazione.

In commercio ci sono diversi modelli di cassette di prova relè che si distinguono per alcune differenze negli algoritmi di test. Tuttavia, ogni modello si basa su alcuni principi che sono descritti di seguito.

## Prove

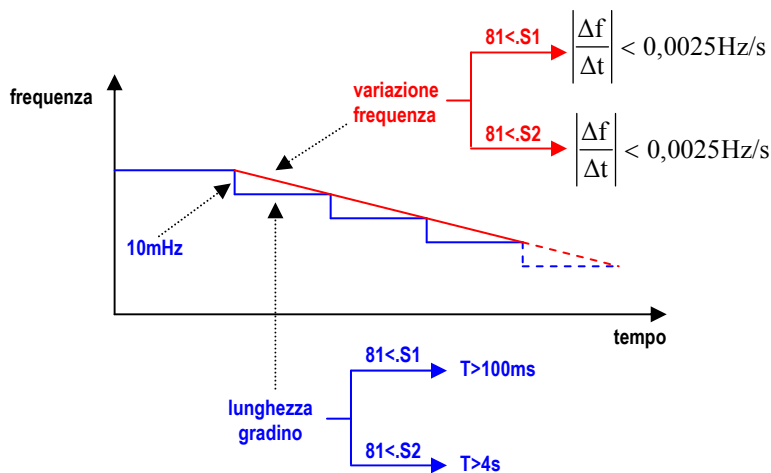
Ogni test funzionale di fatto è un test doppio in cui nella prima parte viene ricercata la soglia di intervento, mentre nella seconda è calcolato il tempo di intervento.

### Rilevamento della soglia di intervento di minima frequenza

( $81 < S1 = 49.5\text{Hz}$ , oppure  $81 < S2 = 47.5\text{Hz}$ )

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione nominale con frequenza di esercizio:
  - $f = 1,01 \times 49,8\text{Hz} = 50,298\text{Hz}$  nel caso di prova della  $81 < S1$ ;
  - $f = 1,01 \times 47,5\text{Hz} = 47,975\text{Hz}$  nel caso di prova della  $81 < S2$ .
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Diminuire la frequenza di 10mHz e mantenere il nuovo valore per almeno il tempo di intervento (0,1s oppure 4s a seconda di quanto impostato) e verificare che non ci sia scatto del comando DDI del PMVF... Continuare a diminuire di 10mHz alla volta fino allo scatto del comando DDI del PMVF... La cassetta di prova indica quale è stato il valore di intervento, ad esempio:
  - 49,795Hz nel caso di prova della  $81 < S1$ ;
  - 47,490Hz nel caso di prova della  $81 < S2$ .

La diminuzione della frequenza, come indicato nel grafico sotto, tipicamente può avvenire a gradini (in blu) o linearmente (in rosso).

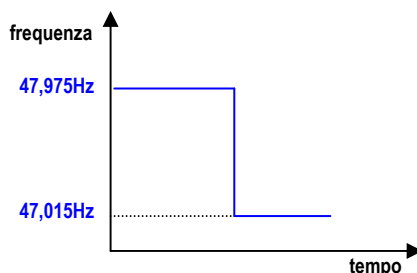
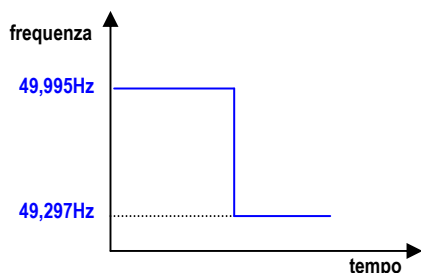


#### Rilevamento del tempo di intervento di minima frequenza

(81<.S1 = 49.5Hz tempo 0.1s, oppure 81<.S2 = 47.5Hz, tempo 4s)

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione nominale con frequenza di esercizio:
  - $f = 1,01 \times 49,8 \text{ Hz} = 50,298 \text{ Hz}$  nel caso di prova della 81<.S1;
  - $f = 1,01 \times 47,5 \text{ Hz} = 47,975 \text{ Hz}$  nel caso di prova della 81<.S2.
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Diminuire la frequenza a gradino fino al valore rilevato nella prova di soglia, diminuito dell'1%:
  - $f = 49,795 \text{ Hz} \times 0,99 = 49,297 \text{ Hz}$  nel caso di prova della 81<.S1;
  - $f = 47,490 \text{ Hz} \times 0,99 = 47,015 \text{ Hz}$  nel caso di prova della 81<.S2.

La cassetta di prova indica quale è stato il valore del tempo di intervento.



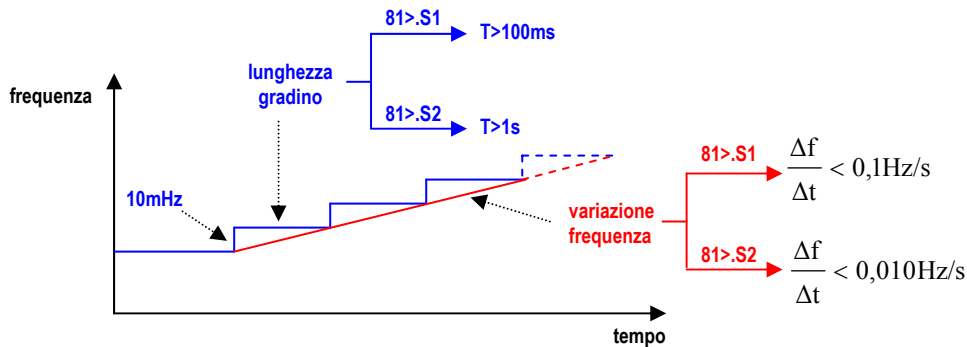
Il caso in cui vengano applicate le soglie permissive con tempi di 0,1s si ricava dagli esempi precedenti. Tempo e rapporto di ricaduta non devono essere verificati in campo.

#### Rilevamento della soglia di intervento di massima frequenza

(81>.S1 = 50.5Hz, oppure 81>.S2 = 51.5Hz)

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione nominale con frequenza di esercizio:
  - $f = 0,99 \times 50,2 \text{ Hz} = 49,698 \text{ Hz}$  nel caso di prova della 81>.S1;
  - $f = 0,99 \times 51,5 \text{ Hz} = 50,985 \text{ Hz}$  nel caso di prova della 81>.S2.
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Aumentare la frequenza di 10mHz e mantenere il nuovo valore per almeno il tempo di intervento (0,1s oppure 1s) e verificare che non ci sia scatto del comando DDI del PMVF.... Continuare ad aumentare di 10mHz alla volta fino allo scatto del comando DDI del PMVF... La cassetta di prova indica quale è stato il valore di intervento, ad esempio:
  - 50,205Hz nel caso di prova della 81>.S1;
  - 51,505Hz nel caso di prova della 81>.S2.

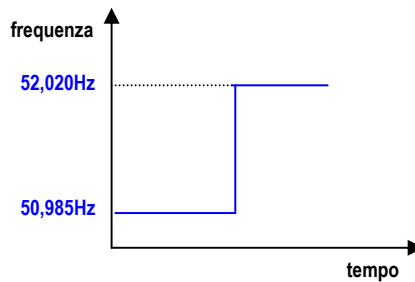
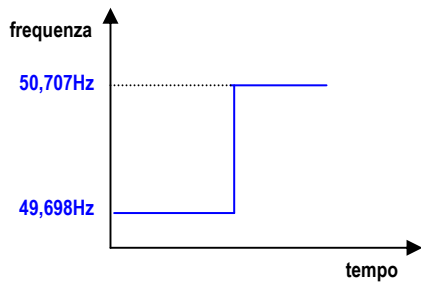
L'aumento della frequenza, come indicato nel grafico sotto, tipicamente può avvenire a gradini (in blu) o linearmente (in rosso).



**Rilevamento del tempo di intervento di massima frequenza**

(81>.S1 = 50.5Hz, oppure 81>.S2 = 51.5Hz)

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione nominale con frequenza di esercizio:
    - $f = 0,99 \times 50,2\text{Hz} = 49,698\text{Hz}$  nel caso di prova della 81>.S1;
    - $f = 0,99 \times 51,5\text{Hz} = 50,985\text{Hz}$  nel caso di prova della 81>.S2.
  - Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
  - Aumentare la frequenza a gradino fino al valore rilevato nella prova di soglia, aumentato dell'1%:
    - $f = 50,205\text{Hz} \times 1,01 = 50,707\text{Hz}$  nel caso di prova della 81>.S1;
    - $f = 51,505\text{Hz} \times 1,01 = 52,020\text{Hz}$  nel caso di prova della 81>.S2.
- La cassetta di prova indica quale è stato il valore del tempo di intervento.



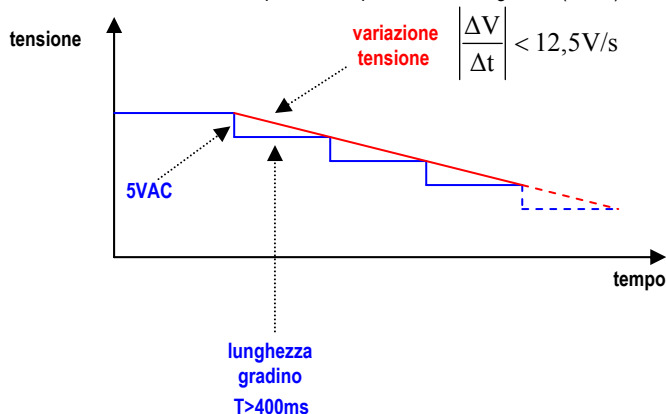
Il caso in cui vengono applicate le soglie permissive con tempi di 0,1s si ricava dagli esempi precedenti. Tempo e rapporto di ricaduta non devono essere verificati in campo.

**Rilevamento della soglia di intervento di minima tensione**

(27.S1 = 85% di Un, Un = 400VAC)

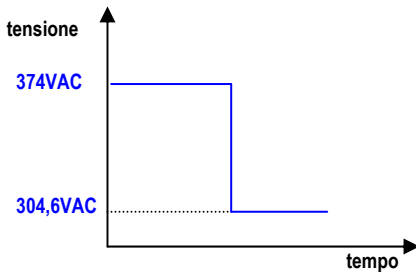
- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
  - $V = 1,1 \times 0,85 \times 400\text{VAC} = 374\text{VAC}$  (tensione di fase 216,2VAC).
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF chiuso.
- Diminuire la tensione di 5VAC concatenati e mantenere il nuovo valore per almeno il tempo di intervento (0,4s) e verificare che non ci sia scatto del comando DDI del PMVF... Continuare a diminuire di 5VAC alla volta fino allo scatto del comando DDI del PMVF... La cassetta di prova indica quale è stato il valore di intervento, ad esempio:
  - 338,4VAC (tensione di fase 195,6VAC).

La diminuzione della tensione tipicamente può avvenire a gradini (in blu) o linearmente (in rosso), come indicato nel grafico sotto.



**Rilevamento del tempo di intervento di minima tensione  
(27.S1 = 85% di Un, Un = 400VAC, tempo 0,4s)**

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
    - $V = 1,1 \times 0,85 \times 400VAC = 374VAC$  (tensione di fase 216,2VAC).
  - Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
  - Diminuire la tensione a gradino fino al valore rilevato nella prova di soglia, diminuito del 10%:
    - $V = 338,4VAC \times 0,9 = 304,6VAC$  (tensione di fase 176VAC).
- La cassetta di prova indica quale è stato il valore del tempo di intervento.



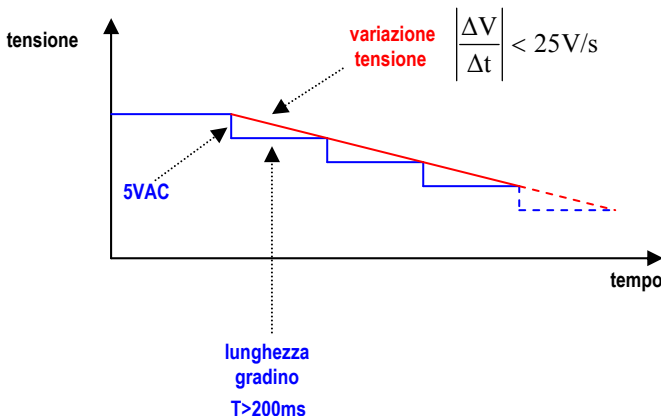
Tempo e rapporto di ricaduta non devono essere verificati in campo.

**Rilevamento della soglia di intervento di minima tensione  
(27.S2 = 40% di Un, Un = 400VAC)**

Seguendo i passi come descritto per il caso 27.S1, si incontra il problema che il valore di tensione alla partenza della prova (176VAC) è tale da far intervenire la soglia 27.S1, rendendo impossibile la verifica della soglia 27.S2. Per ovviare a questo inconveniente, nei PMVF... è stato implementato il comando C15 che permette di effettuare questo test predisponendo in maniera automatica la protezione di interfaccia in modo tale che la soglia 27.S1 sia 0,2% di Un, valore ammesso dalla norma. Tale comando svolge il proprio compito in sicurezza assicurando il ritorno alle condizioni normali con 27.S1 all'85% di Un dopo 5 minuti oppure allo spegnimento del PMVF... Dunque, per svolgere questo test è necessario aggiungere un passo preliminare.

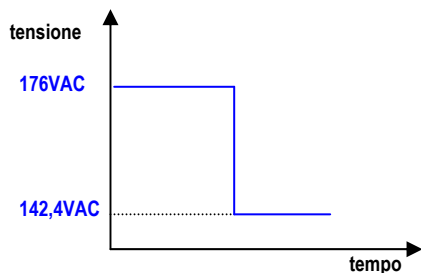
- Eseguire il comando C15 tramite il menu comandi del PMVF....
- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
  - $V = 1,1 \times 0,40 \times 400VAC = 176VAC$  (tensione di fase 101,7VAC).
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Diminuire la tensione di 5VAC concatenati e mantenere il nuovo valore per almeno il tempo di intervento (0,2s) e verificare che non ci sia scatto del comando DDI del PMVF... Continuare a diminuire di 5VAC alla volta fino allo scatto del comando DDI del PMVF... La cassetta di prova indica quale è stato il valore di intervento, ad esempio:
  - 158,2VAC (tensione di fase 91,5VAC).

La diminuzione della tensione tipicamente può avvenire a gradini (in blu) o linearmente (in rosso), come indicato nel grafico sotto.



**Rilevamento del tempo di intervento di minima tensione  
(27.S2 = 40% di Un, Un = 400VAC, tempo 0,2s)**

- Eseguire il comando C15 tramite il menu comandi del PMVF....
  - Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
    - $V = 1,1 \times 0,40 \times 400VAC = 176VAC$  (tensione di fase 101,7VAC).
  - Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
  - Diminuire la tensione a gradino fino al valore rilevato nella prova di soglia, diminuito del 10%:
    - $V = 158,2VAC \times 0,9 = 142,4VAC$  (tensione di fase 82,3VAC).
- La cassetta di prova indica quale è stato il valore del tempo di intervento.



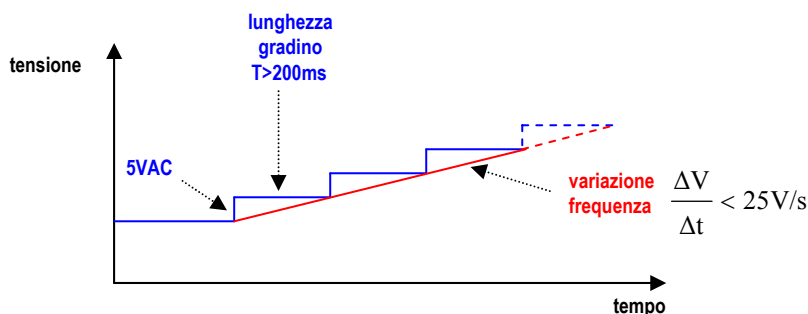
Tempo e rapporto di ricaduta non devono essere verificati in campo.

#### Rilevamento della soglia di intervento di massima tensione

(59.S2 = 115% di Un, Un = 400VAC)

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
  - $V = 0,9 \times 1,15 \times 400VAC = 414VAC$  (tensione di fase 239,3VAC).
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Aumentare la tensione di 5VAC e mantenere il nuovo valore per almeno il tempo di intervento (0,2s) e verificare che non ci sia scatto del comando DDI del PMVF... Continuare ad aumentare di 5VAC alla volta fino allo scatto del comando DDI del PMVF... La cassetta di prova indica quale è stato il valore di intervento, ad esempio:
  - 462,1VAC (tensione di fase 267,1VAC).

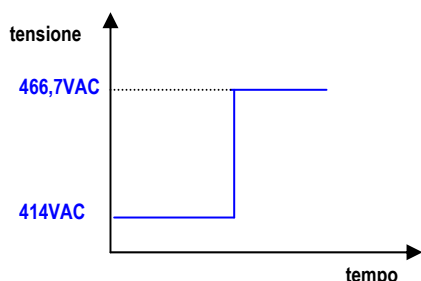
L'aumento della tensione tipicamente può avvenire a gradini o linearmente, come indicato nel grafico sotto.



#### Rilevamento del tempo di intervento di massima tensione

(59.S2 = 115% di Un, Un = 400VAC, tempo 0,2s)

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
    - $V = 0,9 \times 1,15 \times 400VAC = 414VAC$  (tensione di fase 239,3VAC).
  - Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
  - Aumentare la tensione a gradino fino al valore rilevato nella prova di soglia, aumentato del 1%:
    - $V = 462,1VAC \times 1,01 = 466,7VAC$  (tensione di fase 269,8VAC).
- La cassetta di prova indica quale è stato il valore del tempo di intervento.



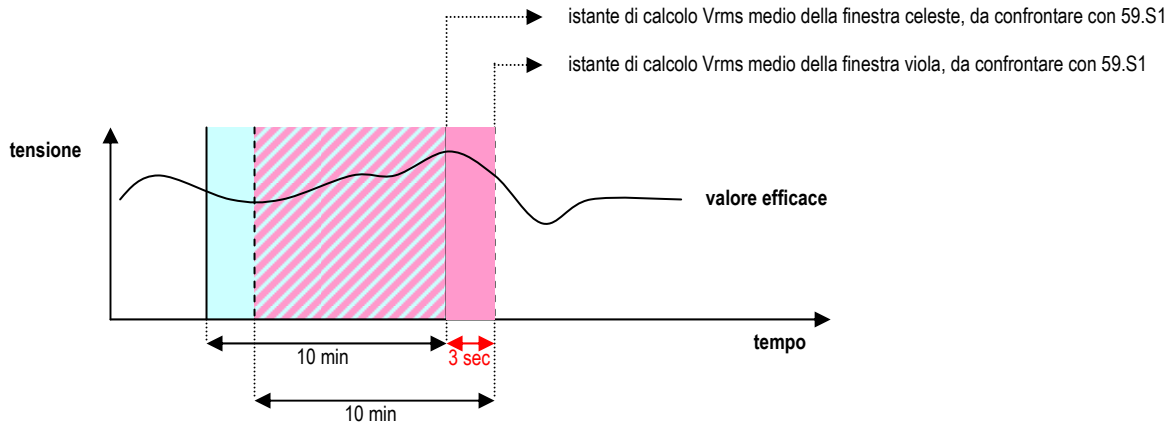
Tempo e rapporto di ricaduta non devono essere verificati in campo.

### Rilevamento della soglia di intervento di massima tensione

(59.S1 = 110% di Un in media mobile, Un = 400VAC)

Questa prova differisce dalla 59.S2 per come viene calcolata la soglia di intervento, ma non per i concetti alla base del metodo di prova.

La soglia 59.S1 è calcolata su una media mobile con finestra di 10 minuti e tempo di aggiornamento  $\leq 3s$ . In pratica, il valore da considerare massimo ogni 3 secondi è quello che risulta dal calcolo della media dei valori efficaci precedenti in 10 minuti.



- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
    - $V = 0,9 \times 1,10 \times 400VAC = 396VAC$  (tensione di fase 228,9VAC).
  - Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
  - Spegnerlo lo strumento PMVF... al fine di svuotare il buffer di 10 minuti della media mobile.
  - Seguendo pedissequamente la norma bisognerebbe aumentare la tensione di 5VAC concatenati e mantenere il nuovo valore per almeno il tempo di riempimento del buffer (10 minuti) e verificare se si verifica lo scatto del comando DDI del PMVF... Ciò comporterebbe ripetere la prova almeno 9 volte, impiegando quindi molto tempo per determinare la soglia. Dato che il valore medio è poco variabile nel tempo per sua natura, si può pensare di saltare i primi sette passi (401, 406, 411, 416, 421, 426, 431VAC) e portarsi direttamente al valore 436VAC, mantenere il valore per almeno il tempo di riempimento del buffer (10 minuti) e verificare che non ci sia scatto del comando DDI del PMVF... Da ultimo, impostare 441VAC e verificare l'intervento del PMVF... che avverrà in circa 8 minuti (in questa fase il tempo non conta, occorre solo verificare la soglia).
  - In caso di mancato intervento, ripetere la prova con impostato 446VAC.
- Supponiamo che il PMVF... abbia comandato il DDI con  $V = 441VAC$ .

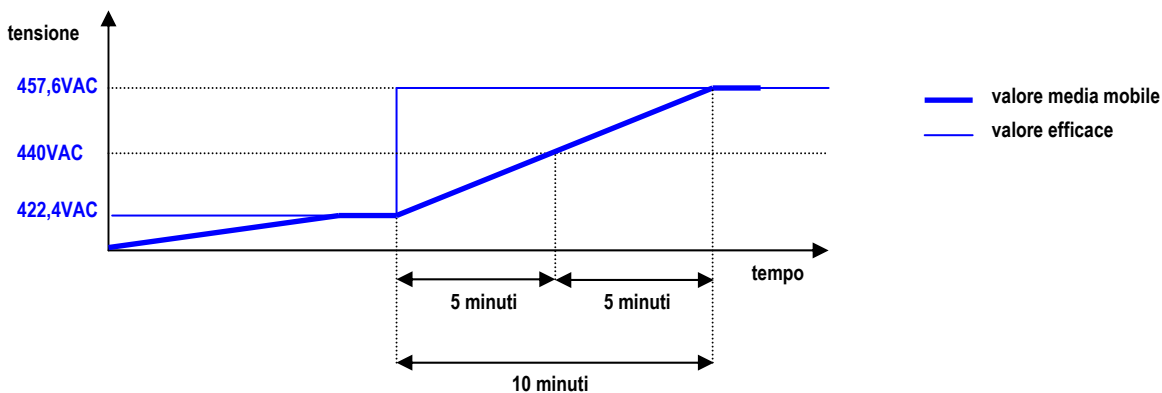
### Rilevamento del tempo di intervento di massima tensione

(59.S1 = 110% di Un in media mobile, Un = 400VAC, tempo  $\leq 3s$ )

La determinazione del tempo di intervento è abbastanza complicata poiché nel caso di media mobile occorre tener conto che lo scatto del relè dipende da come è stato riempito il buffer della media, ovvero dalla storia del valore efficace della tensione prima del gradino da imporre come sempre nel calcolo dei tempi. Una soluzione matematica al problema consiste nel considerare un gradino di tensione con inizio nella zona di tensione accettata e fine nella zona compresa tra l'intervento 59.S1 e 59.S2. Se il gradino ha valori simmetrici rispetto alla soglia 59.S1 e se si attende prima di iniettarlo un tempo sufficiente al riempimento del buffer della media con tensioni pari al valore di partenza, allora si deduce che il tempo di intervento tra l'iniezione del gradino e lo scatto del relè del PMVF... è di 5 minuti più un tempo variabile compreso tra 0 e 3 secondi. Se si riporta quanto detto in un grafico, considerando i valori di tensione:

- $440VAC \times 0,96 = 422,4VAC$  (soglia 59.S1 diminuita del 4%)
- $440VAC \times 1,04 = 457,6VAC$  (soglia 59.S1 aumentata del 4%)

il tempo di intervento è esattamente la metà di quanto necessario per riempire il buffer della media con il valore massimo, ovvero 5 minuti. Si comprende facilmente a livello grafico:



oppure si può spiegare a livello matematico.

Se il buffer è costituito da N campioni, ad ogni acquisizione di un nuovo campione è vero che alcuni dei campioni nel buffer hanno valore 422,4VAC (ad esempio i primi M1 campioni), mentre i rimanenti sono riempiti con il valore 457,6VAC (ad esempio M2 = N - M1 campioni). Se si vuole scoprire quando il valore medio è uguale alla soglia di intervento 59.S1 = 440VAC, basta applicare la semplice formula che eguaglia la media mobile appunto alla 59.S1:



$$\text{ValoreMedio} = 440\text{VAC} = \frac{M1 \times 422,4 + M2 \times 457,6}{M1 + M2} \text{VAC}$$

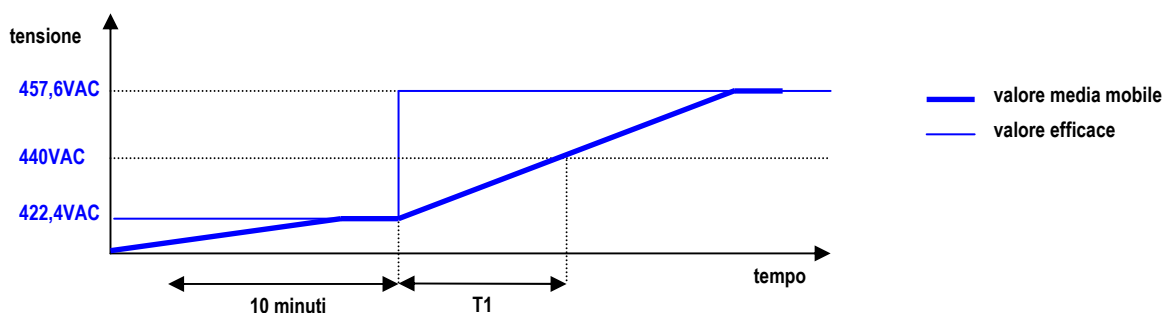
per ricavare che il valore medio vale 440VAC se  $M1 = M2 = N/2$ , ovvero quando il buffer è riempito per metà con i valori massimi della tensione, dunque 5 minuti dopo l'applicazione del gradino.

Una volta che il PMVF... ha visto il valore medio pari alla soglia di intervento, secondo la norma possono trascorrere da 0 a 3 secondi per l'intervento vero e proprio.

In questo calcolo teorico va considerato poi, nell'applicazione pratica, che tra la tensione generata dalle cassette di prova e la tensione misurata dai PMVF... può esserci una lieve differenza a causa delle tarature e delle connessioni elettriche. Tale differenza è da utilizzare per applicare una correzione al tempo rilevato dalla cassetta di prova relè poiché quest'ultimo è più breve del tempo teorico se la tensione misurata dal PMVF... è maggiore della teorica, più lungo nel caso opposto.

Dunque, facendo un esempio numerico, la procedura di prova dovrebbe seguire i seguenti passi.

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
  - $V = 422,4\text{VAC}$  (tensione di fase 244,2VAC).
- Attendere 10 minuti in questa condizione, per essere certi che nel buffer della media ci siano solo valori pari a 422,4VAC.
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Annotare il valore delle tre tensioni concatenate visualizzate dal PMVF..., ad esempio:
  - VL1L3 = 422,4VAC
  - VL2L3 = 423,3VAC
  - VL1L2 = 423,1VAC
- Aumentare a gradino la tensione fino al valore  $V = 457,6\text{VAC}$  (tensione di fase 264,6VAC).
- Annotare ancora una volta il valore delle tre tensioni concatenate visualizzate dal PMVF..., ad esempio:
  - VL1L3 = 458,1VAC
  - VL2L3 = 458,9VAC
  - VL1L2 = 458,1VAC.
- Il tempo di intervento  $T1$  è rilevato dalla cassetta di prova e teoricamente corrisponde a 5 minuti. L'intervento del PMVF... in questo caso deve avvenire entro  $T1 + \text{il ritardo all'intervento} \leq 3\text{s}$ , ovvero in un tempo compreso tra 5 minuti e 5 minuti e 3 secondi.



In realtà, non si devono considerare i valori teorici di tensione ma quelli letti dallo strumento, rilevando quanto diverso è stato l'incremento del valore di media mobile rispetto a quello teorico. Si parte da una tabella nella quale si identifica il tempo  $T2$  di raggiungimento reale della soglia individuando il minore dei tempi calcolati singolarmente sulle tre tensioni concatenate misurate dal PMVF...

	Valore iniziale	Valore finale	Gradiente di tensione	Tempo di raggiungimento della soglia
VL1L3	422,4V	458,1V	$m1 = (458,1 - 422,4)\text{V} / (10 \text{ minuti}) = 3,57\text{V}/\text{min}$	$T = (440 - 422,4)\text{V} / m1 = 4,93 \text{ minuti} = 4 \text{ minuti e } 56 \text{ secondi}$
VL2L3	423,3V	458,9V	$m2 = (458,9 - 423,3)\text{V} / (10 \text{ minuti}) = 3,56\text{V}/\text{min}$	$T = (440 - 423,3)\text{V} / m2 = 4,69 \text{ minuti} = 4 \text{ minuti e } 41 \text{ secondi}$
VL1L2	423,2V	458,1V	$m3 = (458,1 - 423,2)\text{V} / (10 \text{ minuti}) = 3,49\text{V}/\text{min}$	$T = (440 - 423,3)\text{V} / m3 = 4,79 \text{ minuti} = 4 \text{ minuti e } 47 \text{ secondi}$

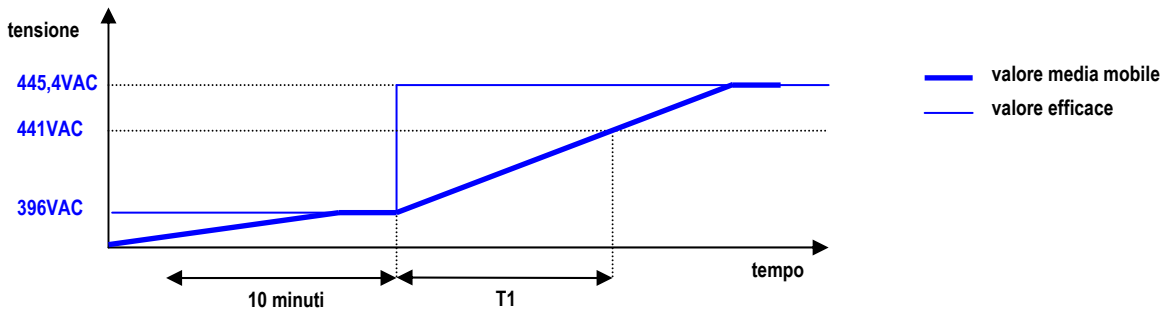
Il tempo  $T2$  è quello evidenziato in giallo. L'intervento del PMVF... in questo caso deve avvenire entro  $T2 + \text{il ritardo all'intervento} \leq 3\text{s}$ , ovvero in un tempo compreso tra 4 minuti e 41 secondi e 4 minuti e 44 secondi. Il tempo di intervento sono i secondi in più passati dopo i 4 minuti e 41 secondi necessari al raggiungimento del valore di soglia in media mobile.

Il calcolo si può ripetere utilizzando valori di partenza e di arrivo della tensione che non siano necessariamente simmetrici. Si può ripercorrere quanto sopra utilizzando ove possibile quanto viene indicato nella norma CEI 0-21.

- Impostare la cassetta di prova relè affinché venga generata una tensione di esercizio a 50Hz:
  - $V = 0,9 \times 1,10 \times 400\text{VAC} = 396\text{VAC}$  (tensione di fase 228,9VAC).
- Attendere 10 minuti in questa condizione, per essere certi che nel buffer della media ci siano solo valori pari a 396VAC.
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Annotare il valore delle tre tensioni concatenate visualizzate dal PMVF..., ad esempio:
  - VL1L3 = 396VAC
  - VL2L3 = 397VAC
  - VL1L2 = 395VAC
- Aumentare a gradino la tensione fino al valore  $V = 441\text{VAC} \times 1,01 = 445,4\text{VAC}$  (tensione di fase 257,5VAC). Si tratta della soglia rilevata aumentata dell'1%.

- Annotare ancora una volta il valore delle tre tensioni concatenate visualizzate dal PMVF..., ad esempio:
  - VL1L3 = 445VAC
  - VL2L3 = 447VAC
  - VL1L2 = 444VAC
- Il tempo di intervento T1 è rilevato dalla cassetta di prova e teoricamente può essere calcolato:
  - $m = (445,4-396)V / (10 \text{ minuti}) = 4,94V/\text{min}$
  - $T1 = (441-396)V / m = 9,1 \text{ minuto} = 9 \text{ minuti e } 6 \text{ secondi}$

L'intervento del PMVF... in questo caso deve avvenire entro T1 + il ritardo all'intervento  $\leq 3s$ , ovvero in un tempo compreso tra 9 minuti e 6 secondi e 9 minuti e 9 secondi.



In realtà, non si devono considerare i valori teorici di tensione ma quelli letti dallo strumento, rilevando quanto diverso è stato l'incremento del valore di media mobile rispetto a quello teorico. Si parte da una tabella nella quale si identifica il tempo T2 di raggiungimento reale della soglia individuando il minore dei tempi calcolati singolarmente sulle tre tensioni concatenate misurate dal PMVF...

	Valore iniziale	Valore finale	Gradiente di tensione	Tempo di raggiungimento della soglia
VL1L3	396V	445V	$m1 = (445-396)V / (10 \text{ minuti}) = 4,9V/\text{min}$	$T = (441-396)V / m1 = 9,18 \text{ minuti} = 9 \text{ minuti e } 11 \text{ secondi}$
VL2L3	397V	447V	$m2 = (458,9-423,3)V / (10 \text{ minuti}) = 5V/\text{min}$	$T = (441-397)V / m2 = 8,8 \text{ minuti} = 8 \text{ minuti e } 48 \text{ secondi}$
VL1L2	395V	444V	$m3 = (458,1-423,2)V / (10 \text{ minuti}) = 4,9V/\text{min}$	$T = (441-395)V / m3 = 9,39 \text{ minuti} = 9 \text{ minuti e } 23 \text{ secondi}$

Il tempo T2 è quello evidenziato in giallo. L'intervento del PMVF... in questo caso deve avvenire entro T2 + il ritardo all'intervento  $\leq 3s$ , ovvero in un tempo compreso tra 8 minuti e 48 secondi e 8 minuti e 51 secondi. Il tempo di intervento sono i secondi in più passati dopo gli 8 minuti e 48 secondi necessari al raggiungimento del valore di soglia in media mobile.

Da ultimo, occorre considerare che la soglia rilevata di 441VAC in realtà è sempre maggiore della vera soglia di intervento e 1V di differenza comporta un errore di 12 secondi sul rilevamento del tempo. Quindi è opportuno utilizzare nei calcoli in tabella il valore a cui il PMVF... identifica il superamento della soglia di tensione, ovvero 440VAC.

	Valore iniziale	Valore finale	Gradiente di tensione	Tempo di raggiungimento della soglia
VL1L3	396V	445V	$m1 = (445-396)V / (10 \text{ minuti}) = 4,9V/\text{min}$	$T = (440-396)V / m1 = 9,02 \text{ minuti} = 8 \text{ minuti e } 59 \text{ secondi}$
VL2L3	397V	447V	$m2 = (458,9-423,3)V / (10 \text{ minuti}) = 5V/\text{min}$	$T = (440-397)V / m2 = 8,64 \text{ minuti} = 8 \text{ minuti e } 36 \text{ secondi}$
VL1L2	395V	444V	$m3 = (458,1-423,2)V / (10 \text{ minuti}) = 4,9V/\text{min}$	$T = (440-395)V / m3 = 9,22 \text{ minuti} = 9 \text{ minuti e } 11 \text{ secondi}$

In definitiva, l'intervento del PMVF... in questo caso deve avvenire in un tempo compreso tra 8 minuti e 36 secondi e 8 minuti e 39 secondi. Il tempo di intervento sono i secondi in più passati dopo gli 8 minuti e 36 secondi necessari al raggiungimento del valore di soglia in media mobile.

#### Metodo semplificato per il rilevamento del tempo di intervento soglia 59.S1

Dagli esempi precedenti si evince che:

- la procedura di prova è abbastanza complessa;
- un apparentemente irrilevante errore nella lettura delle tensioni porta ad un errore significativo nel calcolo del tempo di intervento.

Per queste ragioni, si può seguire la seguente procedura semplificata:

- Impostare la cassetta di prova relè affinché non venga generata alcuna tensione di esercizio (0V). In questo modo, il valore di partenza con cui verrà riempito il buffer della media mobile è un valore noto con accuratezza assoluta. Questo è l'unico punto in cui si accetta una discordanza dalla norma che prevederebbe un punto di partenza con valore di tensione maggiore. Dal punto di vista pratico tuttavia non si introducono distorsioni nei risultati.
- Spegnere il PMVF... e riaccenderlo, attendere almeno 10 secondi prima di proseguire.
- Iniettare un gradino di tensione di ampiezza  $V = 440VAC \times 1,01 = 444,4VAC$  (tensione di fase 256,9VAC). Si tratta della soglia aumentata dell'1%.
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Annotare il massimo dei valori delle tre tensioni concatenate visualizzate dal PMVF..., ad esempio:
  - VL2L3 = 444,8VAC
- Il tempo di intervento è rilevato dalla cassetta di prova e deve essere confrontato con quanto atteso, ovvero:

$$T = \frac{440}{444,8} \times 600s = 593s$$

---

a cui va aggiunto il ritardo di intervento vero e proprio compreso tra 0 e 3 secondi.  
Con questo metodo, l'errore che si può compiere nel determinare il tempo di intervento è legato unicamente all'incertezza del rilevamento da parte dell'operatore della lettura del gradino di tensione sul PMVF... Numericamente tale errore nell'esempio corrisponde a  $\pm 0,135s$  a partire da un'incertezza di  $\pm 0,1V$  (circa 10 volte inferiore a quanto riscontrato con il metodo più rigoroso).

### ACCURATEZZA, PRECISIONE E DISPERSIONE

Le prove devono tenere in considerazione, oltre all'accuratezza, anche la precisione di intervento. Per questo motivo nel paragrafo A.4 della norma CEI 0-21 si prevede che ognuna delle prove sia ripetuta 3 volte con errori specificati.

Per ogni singola prova:

- tolleranza sulle soglie:
  - tensione:  $\pm 5\%$
  - frequenza:  $\pm 20\text{mHz}$
- tolleranza sui tempi:
  - $\pm 3\% \pm 20\text{ms}$

Variazione dell'errore tra le prove:

- tolleranza sulle soglie:
  - tensione:  $\pm 2\%$
  - frequenza:  $\pm 20\text{mHz}$
- tolleranza sui tempi:
  - $\pm 1\% \pm 20\text{ms}$ .

Ad esempio, sulla soglia di massima tensione 59.S2, si ottengono i seguenti valori:

- Valore nominale soglia di intervento:  $59.S2 = 115\%$  di  $400\text{VAC} = 460\text{VAC}$ .
- Tolleranza sulla soglia di intervento:  
 $460\text{VAC} \times 0,05 = 23\text{VAC} \rightarrow$  valori di intervento accettati:  $437 \dots 483\text{VAC}$ .

La maggiore delle differenze tra i tre valori rilevati deve essere inferiore al 2% di  $460\text{VAC}$  ( $9,2\text{VAC}$ ):

- $(438; 440; 460)\text{VAC}$  non è una terna di prove accettabile a causa di una variazione del 4,8%.
- $(438; 440; 441)\text{VAC}$  è una terna accettabile poiché la variazione è 0,7%.
- Valore nominale tempo di intervento: 0,4 secondi.
- Tolleranza sul tempo di intervento:  
 $0,4 \text{ secondi} \times 0,03 = 0,012 \text{ secondi} \pm 20\text{ms} \rightarrow$  tempi di intervento accettati:  $0,368 \dots 0,432\text{s}$

La maggiore delle differenze tra i tre valori rilevati deve essere inferiore al 1% ( $0,008\text{s}$ )  $\pm 20\text{ms}$  di 0,4s.

- $(0,412; 0,388; 0,392)\text{s}$  non è una terna di prove accettabile a causa di una variazione del 6%.
- $(0,412; 0,408; 0,409)\text{s}$  è una terna accettabile poiché la variazione è 1%.

### SEGNALE DI TELESCATTO

Per verificare l'intervento a causa del segnale di teleseccato del PMVF..., occorre procedere nel seguente modo:

- Impostare tensione e frequenza sulla cassetta di prova affinché vengano generati valori compresi negli intervalli accettati.
- Verificare che la cassetta di prova relè veda il comando DDI del PMVF... chiuso.
- Chiudere il contatto pulito di teleseccato della cassetta di prova relè affinché il comune degli ingressi del PMVF... sia cortocircuitato sull'ingresso INP4 e verificare che il tempo di intervento registrato sia  $\leq 50\text{ms}$ .

### SEGNALE DI COMUNICAZIONE

La selezione dell'intervallo di frequenza avviene sul PMVF... tramite:

- ingresso INP2;

Occorre poi procedere nel seguente modo:

- Impostare tensione nominale e frequenza sulla cassetta di prova pari a 51Hz.
- Lasciando aperto l'ingresso digitale verificare con i metodi sopraesposti che non ci sia intervento del PMVF...
- Cortocircuitando il comune degli ingressi sull'ingresso digitale verificare invece che ci sia l'intervento del PMVF... con le modalità descritte in precedenza.

### LSP

**(Limite Squilibrio di Potenza, par. A.10) (Non previsto per PMVF52)**

Le prove necessarie per verificare l'intervento per squilibrio di potenza tra le fasi sono due.

Prova numero 1

- Partendo da un condizione di equilibrio di potenza (squilibrio inferiore a 6kW), creare uno squilibrio di potenza tra i 6kW e i 10kW;
- Verificare l'intervento del PMVF... dopo 30 minuti.

Prova numero 2

- Partendo da un condizione di equilibrio di potenza (squilibrio inferiore a 6kW), creare uno squilibrio di potenza superiore a 10kW;
- Verificare l'intervento del PMVF... dopo 1 minuto.

Lo squilibrio di potenza è da verificare nel punto di consegna del distributore, quindi i trasformatori per la lettura della corrente devono essere installati alla consegna, rispettando fasi e verso delle correnti. Lo squilibrio può essere generato direttamente forzando in tale condizione i generatori monofase oppure

---

sfruttando carichi monofase non equilibrati.