



Massimo Gandini (MASSIMO-G)

TARATURA DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE GENERALE E DI INTERFACCIA SECONDO LE DISPOSIZIONI DEL DISTRIBUTORE

11 October 2011

Premessa

Il progettista e l'installatore che dovranno mettere in servizio una **cabina elettrica** di utente allacciata alla rete di **media tensione** devono impostare la protezione generale (ovvero del **DG**) e ,se presente, la protezione di interfaccia (ovvero del **DI**) secondo le richieste del distributore, illustrate in un'apposita lettera di cui riportiamo un esempio.

Il **distributore** a cui facciamo riferimento in questo caso è l'**Enel** , che è il più diffuso a livello nazionale, ed è quindi quello con cui è più usuale confrontarsi.

Comunque la situazione italiana è piuttosto variegata, con tanti distributori locali (municipalizzate o similari), che pur rappresentando in termini assoluti realtà piuttosto piccole (a parte eccezioni come Acea di Roma o A2A di Milano), hanno una loro certa importanza in determinati ambiti locali. Questi distributori minori trasmettono documenti di taratura delle protezioni che talvolta possono essere totalmente diversi da quelli di Enel, sia sotto il profilo formale che sostanziale

La lettera del distributore

Caratteristiche della connessione		
N° cliente:	POD:IT001E00223299	Potenza disponibile: 387 kW
N° presa:	Cod. GOAL: T0298618	Potenza immissibile: 75 kW
Ubicazione:		
Ambito di concentrazione secondo AEEG:		Media Concentrazione
Cab. Primaria alimentante in assetto standard:		CESSALTO
Linea MT alimentante in assetto standard:		TAGLIETTO
Cabina secondaria di consegna		DG402031448
Tensione nominale:		20 kV $\pm$ 10%
Frequenza nominale:		50 Hz $\pm$ 1% (95% dell'anno) +4% -6% (100% dell'anno)
Corrente di cortocircuito trifase: (ai fini del dimensionamento delle apparecchiature)		12,5 kA (rif. CEI 0-16, par. 5.2.1.3)
Esercizio del neutro:		Neutro a terra con impedenza
Corrente di guasto monofase a terra:		50 A (rif. CEI 0-16, par. 8.5.5.1)
Tempo di eliminazione del guasto a terra:		>> 10 s (rif. CEI 0-16, par. 8.5.5.1)
Corrente di doppio guasto monofase a terra: (ai fini del dimensionamento termico dei conduttori di terra)		10,8 kA (rif. CEI 0-16, par. 5.2.1.8)
Tempo di eliminazione del doppio guasto a terra:		340 ms (rif. CEI 0-16, par. 5.2.1.8)
Presenza di impianto di terra globale:		No (rif. CEI 0-16, par. 8.5.5.1)

Dati dell'impianto

La comunicazione del distributore

(**NB:** il pdf completo del documento usato come esempio per questo articolo è scaricabile nel paragrafo download)

presenta una prima parte in cui sono riportati i dati del cliente e le potenze contrattuali: impegnata e ,se autoproduttore, immissibile.

Inoltre sono elencate tutte le

caratteristiche elettriche della connessione

- la tensione nominale (tipicamente 15 oppure 20 kV);
- la corrente di cortocircuito, solitamente di 12.5 kA (per alcune municipalizzate è 16), che serve per determinare le caratteristiche delle apparecchiature da impiegare;
- una serie di dati utili al progettista per calcolare l'impianto di terra della cabina, che non c'entrano nulla con i parametri da impostare sulle protezioni dell'utente (purtroppo spesso mi accorgo che qualcuno è indotto in errore).

Successivamente compaiono i

dati di taratura

a cui facciamo riferimento. Ci saranno

- due tabelle per la protezione generale;
- una tabella per la protezione di interfaccia (se presente).

Per la protezione generale le tabelle sono due in quanto vi è una tabella estesa che comprende la protezione *direzionale di terra* (**67N**) e una ridotta in cui questa protezione non compare.

La necessità o meno di questa protezione viene definita nella **norma CEI 0-16** ed è in relazione al contributo alla corrente di guasto a terra da parte dell'impianto dell'utente in funzione della lunghezza dei cavi mt. Se lo sviluppo dei cavi è tale da superare ad esempio i **400 metri a 20 kV**, allora il progettista avrà considerato di installare un sistema di protezione con 67N; altrimenti, se non si è in questa situazione, è sufficiente una protezione con il semplice **51N**. Nel primo caso si farà riferimento alla tabella estesa e nel secondo caso alla tabella ridotta.

La tabella della protezione di interfaccia è valida a prescindere dal fatto che la protezione di interfaccia sia posizionata sulla bassa tensione oppure sulla media; ovviamente invece la tabella della protezione generale può riferirsi solo alla media tensione.

Protezione generale

TARATURA DELLA PROTEZIONE GENERALE - tabella 1			
Descrizione protezioni	Soglie di intervento	Tempo di eliminazione del guasto ⁽¹⁾	Note
I> (51.S1) alfa	0,02 (2)		
I> (51.S1) heta	0,14 (2)		
I> (51.S1) K	0,12 (2)		
I> (51.S1)	≤ 118 A (2) (3)	Tempo dipendente NIT	richiuse escluse
I>> (51.S2)	≤ 250 A (3)	0,500 s	richiuse escluse
I>>> (50.S3)	≤ 600 A (3)	0,120 s	richiuse escluse
I _g > (51N.S1)	≤ 2 A (3)	0,170 s	richiuse escluse
In alternativa all'attivazione della soglia I> (51.S1) come indicato in tabella, può essere impostata la soglia I>> (51.S2) al valore ≤ 215 A anziché ≤ 250 A.			

tabella 1 - protezione generale

TARATURA DELLA PROTEZIONE GENERALE - tabella 2				
Descrizione Protezione ⁽¹⁾	Soglie di intervento		Tempo di eliminazione del guasto ⁽²⁾	Note
I> (51.S1) alfa	0,02	(2)		
I> (51.S1) beta	0,14	(2)		
I> (51.S1) K	0,12	(2)		
I> (51.S1)	≤ 118 A	(2) (3)	Tempo dip. NIT	richiusure escluse
I>> (51.S2)	≤ 250 A	(3)	0,500 s	richiusure escluse
I>>> (50.S3)	≤ 600 A	(3)	0,120 s	richiusure escluse
I ₀ >> (51N.S2)	250 A	(3)	0,170 s	richiusure escluse
	V_0 ⁽⁴⁾	I_0 ⁽⁵⁾	ϕ ⁽⁵⁾	
67N.S1 (NI)	≤ 231 V	≤ 2 A	(60-120)*	0,170 s richiusure escluse
67N.S2 (NC)	≤ 577 V	≤ 2 A	(60-250)*	0,450 s richiusure escluse
In alternativa all'attivazione della soglia I> (51.S1) come indicato in tabella, può essere impostata la soglia I>> (51.S2) al valore ≤ 215 A anziché ≤ 250 A.				

tabella 2 - protezione generale

La tabella della protezione generale, quando è estesa si compone di

- tre soglie di massima corrente (**51.S1/S2/S3**);
- due soglie di guasto a terra direzionale (**67N.S1/S2**);
- una soglia di guasto a terra adirezionale (**51N.S2**).

Nel caso di *tabella ridotta*, ovvero senza direzionale, le tre soglie di guasto a terra si riducono a una sola (**51N.S1**) oppure, molto raramente, a due.

Le simbologie riportate possono cambiare oltre che da distributore a distributore anche da dipartimento a dipartimento in seno allo stesso distributore. In teoria la norma **CEI 0-16** avrebbe dovuto introdurre una standardizzazione nella nomenclatura che per ora non è stata raggiunta, forse sarà raggiunta in futuro.

Tarature di massima corrente

La *prima soglia* di massima corrente è facoltativa. E' piuttosto raro che venga richiesta, ma talvolta accade.

Ha la particolarità di essere una soglia a *tempo dipendente* mentre tutte le altre sono a tempo indipendente.

Le curve della soglia a tempo dipendente, che si ritrovano in queste lettere enel, fanno riferimento alle norme **BS.142.1966** e **IEC 60255-3**.

La relazione tempo e corrente viene espressa da una formula matematica generale. La pendenza delle varie curve è determinata dalle costanti *alfa* e *beta* che sono degli esponenti in questa formula.

Le curve normalizzate sono quattro, ovvero a

- tempo normalmente inverso,
- tempo molto inverso,

- tempo estremamente inverso ,
- tempo lungo inverso.

Ogni costruttore di protezione chiama queste curve in modo più o meno simile, ma mai perfettamente uguale, quindi può accadere di fare confusione. Comunque gli esponenti *alfa* e *beta* e definiscono in modo univoco queste curve.

Nelle lettere **ENEL** compaiono le curve a *tempo normalmente inverso* e a *tempo molto inverso*.

Nel nostro **esempio** *alfa* = 0,02 e *beta* = 0,14.

Queste due costanti definiscono la curva a *tempo normalmente inverso*.

(per il *tempo molto inverso*: *alfa* = 1 e *beta* = 13,5).

K è il *moltiplicatore temporale* il cui valore va impostato sul relè insieme al valore di corrente.

Ricapitolando, nel nostro caso dovremo selezionare sulla

prima soglia

di massima corrente del nostro relè, la *curva a tempo normalmente inverso* (per alcuni relè si chiamerà **NIT/SIT/NI** per altri **IEC tipo A** oppure in altri modi ancora; α e β ci consentiranno di individuarla a prescindere dalla terminologia utilizzata dal costruttore) quindi *imposteremo* il valore di corrente a 118 A e il moltiplicatore temporale a $K = 0,12$.

Come scrivevo in precedenza, questa soglia viene richiesta piuttosto raramente, e anche quando viene fatto c'è la possibilità di escluderla tarando a un valore più basso la **51.S2**; in questo caso a 215 A invece che 250 A.

La scelta su quale strada seguire spetta al progettista. In genere se la protezione è la generale di un impianto con a valle altre protezioni, è meglio impostare la prima soglia a tempo dipendente; se invece la protezione alimenta direttamente un piccolo trafo, la prima soglia può essere tranquillamente esclusa. Comunque occorre valutare caso per caso. Le soglie successive saranno tutte a tempo indipendente.

Ora passiamo alla

seconda soglia

di massima corrente (**51.S2**).

Nel caso in cui abbiamo attivato la prima soglia, imposteremo **250 A** come da lettera enel.

Se invece abbiamo lasciato la prima soglia in off, imposteremo **215 A**.

Il ritardo dovrà tenere conto del tempo di apertura dell'interruttore. Convenzionalmente tale tempo si considera uguale a 70 ms. Nei moderni interruttori abbiamo verificato, durante le prove di sgancio per adeguamenti CEI 0-16, che tale tempo è sicuramente inferiore, però teniamo sempre in considerazione il tempo di 70

ms per avere un margine di sicurezza. Quindi il valore da impostare sarà 250 A 430 ms (**500 ms** richiesti - **70 ms** tempo apertura interruttore) per avere un **tempo di eliminazione** del guasto di **0,5 secondi**.

La

terza soglia

di massima corrente sarà tarata a 600 A con un ritardo di 50 ms per avere un *tempo di eliminazione del guasto* di 120 ms come richiesto.

Ora passiamo alla

taratura dei guasti a terra

Se ci troviamo nel caso della tabella ridotta, con la sola presenza della soglia 51.S1, la questione è piuttosto semplice.

E' sufficiente tarare una soglia di guasto a terra a 2 A con un ritardo di 100 ms, in ragione delle considerazioni fatte prima a proposito dei 70 ms quale tempo di apertura dell'interruttore.

Il valore di **2 A** si imposterà sul relè in funzione del tipo di toroide che effettua la somma vettoriale delle tre correnti di fase. Se il toroide è un generico 100/1, conforme al relativo allegato della CEI 0-16, il valore da impostare è **0.02**; se invece il toroide fa parte di un sistema integrato con il suo relè, è assai probabile che il valore da impostare sia direttamente 2 ampere.

Questi parametri di settaggio variano da costruttore a costruttore. Raramente può capitare che nella tabella ridotta le soglie di 51N siano due: una che riporta il valore di doppio guasto a terra con tempo di 0.17 secondi e una prima soglia sempre a 2 A con ritardo di 0.45 secondi. Se ci troviamo in questa situazione imposteremo le due soglie sulla protezione, comunque tarando 2 A e 0.17 secondi, le comprendiamo entrambe.

Se ci troviamo nella condizione di dovere impostare la **protezione direzionale**, la situazione diventa più laboriosa.

Infatti abbiamo due soglie di guasto a terra: una tipica del sistema a neutro isolato e una tipica del sistema a neutro compensato. Le due soglie sono entrambe presenti in quanto, anche se normalmente il funzionamento è a neutro compensato, ci potrebbero essere dei momenti in cui la rete funziona a neutro isolato per manutenzione delle bobine che mettono a terra il neutro. I valori da impostare saranno quelli della *corrente di guasto a terra*, della *tensione omopolare* e dei rispettivi angoli.

La *corrente di guasto a terra* viene rilevata dal toroide come nel caso precedente, mentre la tensione omopolare viene rilevata da tre TV posti a triangolo aperto. I TV sono collegati ognuno tra una fase e la terra al primario mentre i tre secondari sono posti in serie tra loro. Questa è quella che viene detta inserzione a triangolo aperto.

In assenza di guasto la sommatoria delle tre tensioni di fase è zero; in caso di guasto verso terra la tensione della fase guasta tende a ridursi verso il riferimento della terra mentre, di conseguenza, le tensioni delle altre due fasi si alzano; la sommatoria in questo caso non è più zero, sarà di 100 V quando una fase annulla completamente il suo potenziale verso terra. Per ottenere questo i secondari dei TV avranno rapporto tensione di fase/100:3 V.

La rilevazione può essere fatta anche con nuovi dispositivi (isolatori particolari, combisensor ect.) che sostituiscono i trasformatori elettromagnetici, ma sono ancora relativamente poco diffusi.

In questo caso Enel fornisce i valori di V_O come valori primari (gli altri distributori forniscono sempre i valori secondari), i valori corrispondenti al secondario, che sono quelli utili per tarare la protezione. Dell'esempio saranno **2 V (67N.S1)** e **5 V (67N.2)** e si possono ricavare da queste proporzioni

- $100:2 = 20000 / 1,73:231$
- $100:5 = 20000 / 1,73:577$

Per quanto riguarda gli angoli, enel definisce il settore di intervento mediante il primo angolo e il secondo angolo considerati positivi in ritardo rispetto alla tensione residua.

La maggior parte dei costruttori seleziona il settore di intervento facendolo definire dalla bisettrice del settore stesso rispetto alla tensione residua (considerato positivo e in ritardo) e dalla semiampiezza del settore.

Per la *soglia 67N.S1* avremo bisettrice 90 gradi e semiampiezza 30 gradi (60°-120°), mentre per la *67N.S2* avremo bisettrice 155 gradi e semiampiezza 95 gradi (60°-250°).

Talvolta le due soglie vengono chiamate in relazione allo sfasamento tipico tra I_O e V_O in modo diverso, ovvero soglia varmetrica quella a neutro isolato, e wattmetrica quella a neutro compensato.

Ricapitolando avremo:

- 67.S1 2V 2A (60°-120°) ritardo di 0.1 secondi
- 67.S2 5V 2A (60°-250°) ritardo di 0.38 secondi

In questo caso avremo anche una terza soglia di guasto a terra che interviene nel caso di doppio guasto a terra (corrente resistiva che non può essere rilevata dai settori angolari delle due soglie direzionali). In questo caso la protezione sarà tarata a 250ampere con ritardo di 0.1 secondi e sarà adirezionale.

Ovviamente quanto esposto si riferisce alla taratura secondo i dettami della lettera del distributore senza entrare in merito ad altre esigenze impiantistiche.

Nel caso di un singolo trasformatore di potenza non elevata è di palmare evidenza che i valori enel di massima corrente sono troppo alti e la taratura andrà

accuratamente studiata da chi di dovere tenendo conto di tutti i componenti dell'impianto.

Protezione di interfaccia

TARATURA DELLA PROTEZIONE DI INTERFACCIA - tabella 3 ⁽¹⁾		
Descrizione Protezioni	Valore di taratura	Tempo di disalimentazione del guasto ⁽²⁾
Massima tensione (59)	24 kV (1,2 V _n) ⁽³⁾	0,170 s
Minima tensione (27)	14 kV (0,7 V _n) ⁽³⁾	0,370 s
Massima frequenza (81>)	50,3 Hz	0,170 s ⁽⁴⁾
Minima frequenza (81<)	49,7 Hz	0,170 s ⁽⁴⁾
Massima tensione omopolare (59V ₀) ⁽⁵⁾	1732 V ⁽⁶⁾	25 s

tabella 3 - protezioni di interfaccia

La protezione di interfaccia, quando presente, va impostata secondo le indicazioni della lettera enel.

La protezione di interfaccia può essere posizionata in media tensione o in bassa tensione in funzione del tipo di impianto, ma ai fini della taratura non ha molta importanza.

Se posizionata in media tensione, la protezione sarà alimentata da una coppia di TV alimentati alla tensione concatenata, mentre, posizionata in bassa tensione, in genere è direttamente alimentata dalle tensioni concatenate.

L'impostazione di questo parametro sarà fatta nei dati di ingresso della protezione che dovrà sapere se leggere ai suoi ingressi una tensione diretta, oppure una tensione riferita ai 100 V del secondario dei TV.

Quindi a quel punto l'impostazione delle soglie risulta piuttosto semplice.

I valori di massima e minima tensione vengono immessi riferendosi alla tensione nominale, e il ritardo da impostare dovrà sempre tenere conto dei 70 ms di cui si parlava in precedenza.

Anche per i valori di frequenza si farà riferimento ai valori nominali, quindi 50.3 Hz e 49.7 Hz diventeranno $1,006f_n$ e $0,994f_n$ con $f_n = 50$ Hz frequenza nominale.

Il valore della **massima tensione omopolare** non è richiesta negli impianti fotovoltaici (l'autoproduzione che in questo momento è più diffusa), ma lo è invece negli impianti biogas o dove vengono comunque usati generatori sincroni.

I **1732 V** riferiti al primario vanno riferiti al secondario per potere ricavare il valore da inserire nel relè.

Trattandosi di una massima tensione omopolare valgono gli stessi discorsi fatti per la V_0 della protezione direzionale e quindi i 1732 V diventano 15 V secondari. Il tempo di ritardo impostato può essere di 24 secondi.

Questo segnale di tensione viene prelevato sempre in media tensione anche se l'interfaccia è posizionata in bassa.

Se ci troviamo in un tipo di impianto in cui questa soglia è richiesta in media,

dovranno essere presenti i tre TV a triangolo aperto.

Se il tipo di impianto lo richiede, può essere impostata la funzione di ricalzo (**BF** che sta per *breaker failure*).

Per impostarla è sufficiente portare un contatto ausiliario del dispositivo di interfaccia a un ingresso digitale della protezione in modo tale da acquisire il suo stato. Quando la protezione interviene, se il dispositivo di interfaccia non apre dopo un ritardo non eccedente il secondo, si attiva un altro contatto che fa aprire un ulteriore dispositivo (che potrebbe essere anche il DG). In genere il ricalzo viene comunque sempre previsto in quanto la sua predisposizione non è per nulla onerosa, al limite si lascia la relativa funzione sul relè in off

Le tarature impostate vanno in seguito riportate sull'**allegato K** dell'ENEL la cui compilazione è piuttosto intuitiva. E' sufficiente scrivere i valori richiesti e quelli effettivamente impostati sul relè nelle rispettive colonne.

Nel caso di presenza della soglia direzionale, i relativi angoli possono essere riportati sia nella convenzione enel oppure tramite bisettrice e semiampiezza come nella protezione.

Nell'allegato K vanno riportati i dati del DI e del DG e quelli delle relative protezioni di interfaccia e generale.

L'unica particolarità è fare attenzione al firmware della protezione: tale dato si ritrova nella documentazione oppure in un menù di informazioni generali che ogni relè include a prescindere dal costruttore

Download

Dal link che segue si può scaricare il file pdf della lettera ENEL usata per l'esempio dell'articolo.

- [Lettera Enel tarature](#)



Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Massimo-g:taratura-dei-dispositivi-di-protezione-generale-ed-interfaccia-secondo-le-disposizioni-del-distributore>"