



Zeno Martini (admin)

QUANDO FINISCE UN SISTEMA TT?

13 March 2008

Premessa

Nel [forum è arrivato un quesito](#) la cui discussione ha portato alla formulazione della domanda del titolo. L'articolo si propone appunto di rispondere a quella domanda tracciando una breve storia del sistema TT.

Il sistema TT

Se consultiamo un testo di impianti e sicurezza(ed anche Electroportal che fa riferimento a questi testi) troviamo la definizione:

"Il sistema elettrico TT ha il neutro messo direttamente a terra e le masse collegate ad un impianto di terra indipendente".

Si passa quindi ai requisiti per la sicurezza contro i contatti indiretti. Oltre alla tensione del sistema verso terra U_0 (230 V) ed alla tensione di sicurezza U_L (50V negli ambienti normali, 25 V in ambienti speciali) compaiono i valori della resistenza di messa a terra del neutro R_N e la resistenza di messa a terra delle masse. R_E [1]. Si dimostra che la tensione di contatto a vuoto è la parte della tensione U_0 che cade sulla resistenza di terra R_E per effetto della corrente di guasto a terra. Il circuito di guasto è composto, nelle ipotesi di estrema semplificazione, da R_N ed R_E in serie alla sorgente di alimentazione U_0 . La tensione di contatto non deve superare U_L . La condizione di sicurezza si ricava nel seguente modo

$$\begin{aligned}
 I_E &= \frac{U_0}{R_E + R_N} \\
 U_{C_0} &= R_E \cdot I_E \\
 U_{C_0} &\leq U_L \Rightarrow \\
 \frac{U_0}{R_E + R_N} \cdot R_E &\leq U_L \\
 \frac{R_E}{R_T + R_N} &\leq \frac{U_L}{U_0} \\
 \frac{R_T + R_N}{R_E} &\geq \frac{U_0}{U_L} \\
 \frac{R_N}{R_E} &\geq \frac{U_0}{U_L} - 1 \\
 R_N &\geq R_E \cdot \left(\frac{U_0}{U_L} - 1 \right) \\
 \text{per } U_0 = 230 \text{ V ed } U_L = 50 \text{ V si ha} \\
 R_N &\geq 3,6 \cdot R_E \\
 \text{per } U_0 = 230 \text{ V ed } U_L = 25 \text{ V si ha} \\
 R_N &\geq 8,2 \cdot R_E
 \end{aligned}$$

Il progettista dell'impianto utente per dimensionare correttamente R_E deve dunque conoscere R_N . Invece non la conosce ma può solo ipotizzarla. Generalmente è comunque molto bassa (ohm o frazioni di ohm): troppo per poterla effettivamente realizzare.

I FAMIGERATI 20 OHM

Nel DPR 547 del 1955 consci di questa difficoltà praticamente insormontabile, si stabilì un valore limite massimo per la R_E di 20 ohm, che non aveva però alcuna giustificazione teorica. Corrisponde più o meno ad un ragionamento di questo tipo: più bassa è la R_E tanto maggiore è la probabilità che la relazione di sicurezza sia verificata. Un picchetto in un discreto terreno ha una R_E di 40 ohm. La metà è ancora più bassa, possiamo accontentarci; tecnicamente, bisogna ammetterlo, non è irrepreensibile. Venti ohm erano (e sono) sì una resistenza di terra abbastanza bassa, ma non dava alcuna garanzia di sicurezza. Poteva solo tranquillizzare il progettista dal punto di vista giuridico. Non altrettanto poteva esserlo l'utente. Bastava una R_N inferiore a 72 ohm, e la condizione di sicurezza veniva meno. Quindi praticamente sempre. La protezione contro i contatti indiretti era dunque solo fortuita.

LA MESSA A TERRA DEL NEUTRO

Dal punto di vista tecnico c'è da chiedersi perché l'ente distributore realizza in genere una R_N così bassa. O più in generale: perché collega il neutro a terra. Se non lo fosse la R_N sarebbe addirittura infinita!

Andiamo con ordine. Se il neutro non fosse collegato a terra il sistema sarebbe a neutro isolato. E' un sistema adatto per le sezioni di impianto in cui è indispensabile la continuità del servizio. Il primo guasto a terra non procura guai seri in quanto la tensione sulle masse è facilmente limitabile al di sotto della tensione di sicurezza perché la R_E è sicuramente inferiore alla R_N , che è infinita; anche se, in realtà, la R_E va confrontata ora con la reattanza capacitiva di esercizio delle linee che, durante il guasto, risulta ad essa in serie. Ma è ancora possibile realizzare una R_E decisamente inferiore (10 volte ad esempio): l'ordine di grandezza della reattanza capacitiva è sui 500 ohm per un impianto di potenza installata di 1 MW. Ma il sistema IT non è adatto alla distribuzione normale per due sostanziali motivi: le sovratensioni conseguenti al guasto a terra ed il pericolo rappresentato dal secondo guasto a terra, reso più probabile dalle sovratensioni dovute al primo. Quindi il distributore collega a terra il neutro. La resistenza R_N deve essere bassa in modo da limitare la tensione, sul neutro e sulle masse, dovuta ad una corrente di guasto in media tensione. Spesso il neutro è collegato allo stesso impianto di messa a terra delle masse. Le correnti di guasto in media assumono infatti valori di decine di A ($I_E = 50$ A a 20 kV con il neutro compensato direttiva DK 5600 del 2004; ed anche $I_E = 200$ A ed oltre dove il neutro è ancora isolato). Il neutro assume allora rispetto a terra, in caso di guasto in MT, la tensione $U_N = R_N \cdot I_E$, tensione che, nell'impianto utente si aggiunge alla tensione U_0 verso terra sollecitando, in modo che può essere evidentemente eccessivo, l'isolamento delle apparecchiature.

LA TECNICA ED IL POTERE

Ma se le cose tecnicamente per il neutro devono e dovevano essere così, c'è da chiedersi come mai il DPR 547, il cui obiettivo era stabilire norme per conseguire la sicurezza, abbia sostanzialmente accettato una situazione che sicura non lo sarebbe mai stata, avallandola con una limitazione della R_E arbitraria ed inutile, non solo, ma addirittura pericolosa perché dava l'illusione di una sicurezza che non c'era. Probabilmente c'erano altre esigenze da rispettare, purtroppo, diverse dalla sicurezza della collettività. Erano le esigenze delle aziende distributrici che non desideravano assumersi l'onere economico di garantire la sicurezza della collettività con il sistema TN e che premevano per trasferire agli utenti il costo della sicurezza. Con la scusa di un buon impianto di terra, identificato arbitrariamente nei 20 ohm, e

protezioni di massima corrente opportunamente tarate, cosa del resto praticamente impossibile anche per impianti di modesta potenza, si sono delegate per anni responsabilità, fornendo tra l'altro un servizio storicamente inferiore a quello degli altri paesi in cui veniva adottato il sistema TN. Ciò che storicamente è triste è che la prescrizione del DPR derivava da una norma del CEI, la 11-8 del 1950 fasc. 64, in cui si affermava che negli impianti di utilizzazione con tensione inferiore ai 1000 V è sufficiente che la resistenza di terra non sia superiore a venti ohm.

ARRIVA IL DIFFERENZIALE

Per fortuna a sistemare capra e cavoli è giunta la messa a punto dell'interruttore differenziale ad alta sensibilità. Successivamente però. Il differenziale toglie tensione all'impianto non appena la corrente di guasto supera il valore che fa assumere alle masse una tensione uguale o superiore ad U_L . Ci si deve allora preoccupare non tanto che il valore di R_E sia basso, quanto del fatto che l'interruttore abbia una corrente di intervento pari od inferiore ad U_L / R_E ; o, ciò che è lo stesso, realizzare un impianto di terra in cui sia

$$R_E \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

dove $I_{\Delta n}$ è la corrente di intervento del differenziale. E' ciò che si identifica con coordinamento delle protezioni con l'impianto di terra. Quando

$$I_E \geq I_{\Delta n}$$

il differenziale apre il circuito. Ma I_E dipende da R_N oltre che da U_0 ed R_E , per cui il differenziale con corrente $I_{\Delta n}$ interverrà se

$$R_N \leq \frac{U_0}{I_{\Delta n}} - R_E$$

Se R_N è superiore il differenziale non interviene, ma la tensione sulle masse è inferiore a quella pericolosa se la R_E è dimensionata come detto. La protezione contro i contatti indiretti appare dunque assicurata indipendentemente dal valore di R_N . Da questo punto di vista sembra inutile preoccuparsi della effettiva R_N , tanto più che, come già detto, generalmente è molto bassa. Può però essere alta in certe situazioni, ad esempio nel caso di utenze servite da cabine da palo, in particolare quando localizzate in terreni di elevata resistività, sassosi o rocciosi. Se al primo guasto a terra il differenziale non interviene per un elevato valore di R_N il sistema TT diventa in pratica un IT, senza averne però i requisiti di sicurezza.

LA NUOVA NORMA CEI 64-8 DEL 2007

La nuova norma CEI 64-8 (sesta edizione, gennaio 2007) all'art. 413.1.4.1 precisa che la messa a terra del neutro deve essere tale *"da permettere l'interruzione dell'alimentazione al primo guasto franco su una massa collegata al dispersore di resistenza di terra R_E "*. Il che significa che la corrente I_E deve essere maggiore di I_{dn} . Purtroppo però non specifica il valore di I_{dn} da considerare.

Quando saprò il perché di questa nuova reticenza lo scriverò, aggiungendo una nota all'articolo. Per il momento faccio riferimento alla fonte autorevole, citata nei riferimenti, che mi ha guidato nella stesura.

"Se ragionevolmente si ipotizza un interruttore differenziale con $I_{dn} = 1$ A (il sistema TT alimenta piccoli impianti), la resistenza di terra dell'utente non deve superare 50 ohm e la corrente di guasto franco a terra vale: $I = 220 / (R_E + R_N) = 220 / (50 + R_N)$. Affinché la corrente di guasto superi 1 A ed intervenga l'interruttore differenziale deve essere $R_N \leq 170$ ohm[2]. D'ora in poi il distributore non potrà più nascondersi dietro il silenzio delle norme CEI".

Se un utente perciò dovesse trovare un valore di resistenza del neutro maggiore può farlo presente all'ente distributore ed esigere che la resistenza di messa a terra del neutro rientri in quei limiti perché in caso contrario il sistema non è più TT ma IT e dovrebbe provvedere al controllo dell'isolamento ed eliminare il primo guasto in tempo utile presso gli utenti. Gli sarà ovviamente molto più facile ridurre l'eccessiva R_N e lo farà.

Riferimenti bibliografici

- Le radici - di Vito Carrescia TNE 10/89
- La messa a terra del neutro - di Vito Carrescia TNE 11/90
- Da una norma all'altra - di Vito Carrescia TNE 4/2007
- Fondamenti di sicurezza elettrica di Vito Carrescia ed. Hoepli

[1] R_E : indica la vera e propria resistenza di messa a terra del dispersore, esclusa cioè la resistenza del conduttore di terra e di protezione, generalmente molto più basse. E sta per EARTH, terra

[2] Una piccola variante. Quando sarà definitivamente $U_0 = 230$ V e non $U_0 = 220$ V, ovviamente $R_N \leq 180$ ohm