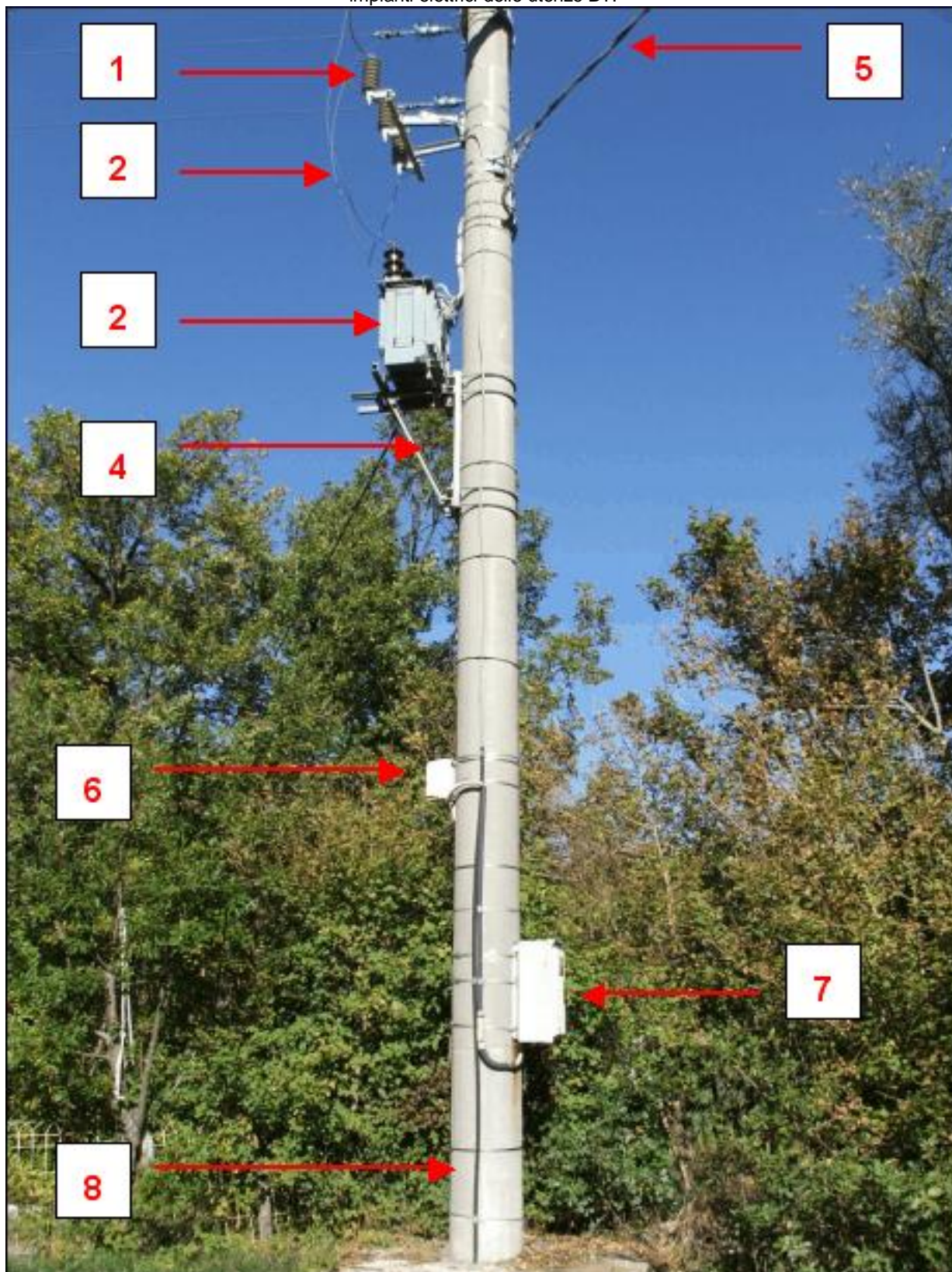


Analisi di guasto a terra in rete Enel di bassa tensione (1/3)

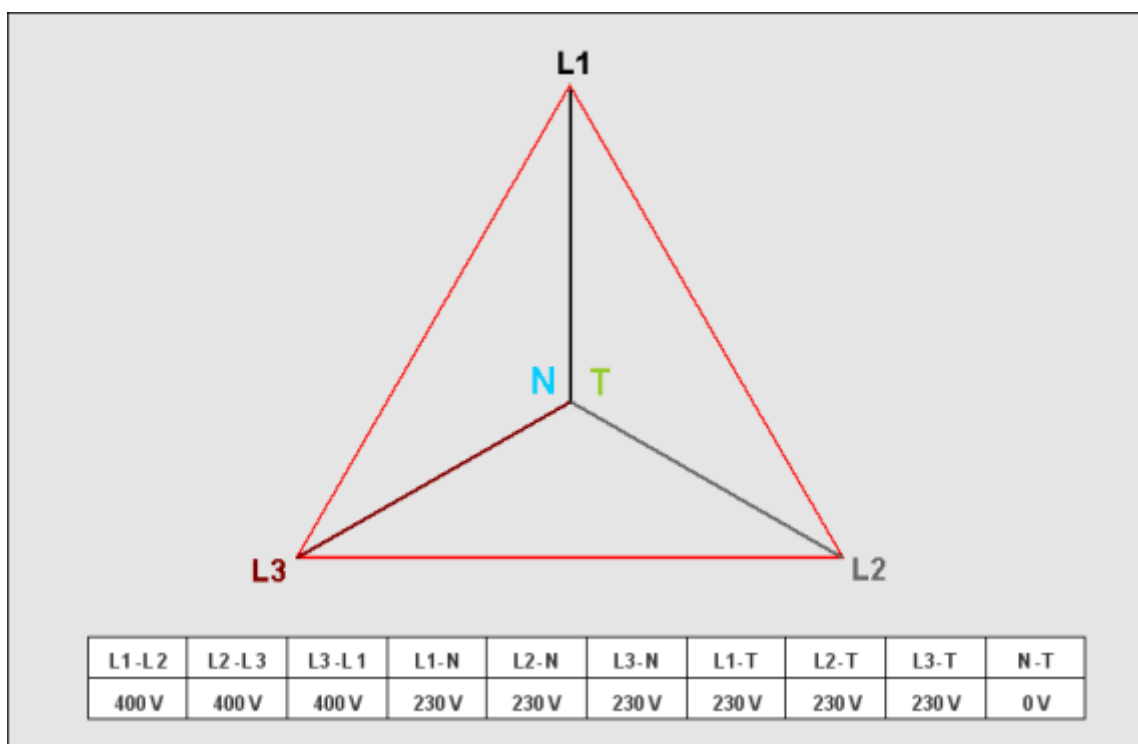
Nella zona elettricamente alimentata dalla sezione trasformatrice indicata nella figura 1, si rilevano, nel periodo 2006-2007, interventi ripetuti, continuativi e sospetti di interruttori automatici differenziali posti a protezione degli impianti elettrici delle utenze BT.



1. SPD spinterometrici a gas per linea MT
2. Linea MT
3. Trasformatore MT/BT n° 76859
4. Linea BT 1
5. Linea BT 2
6. Quadro BT illuminazione pubblica
7. Quadro BT di distribuzione
8. Conduttore di terra per la connessione al dispersore delle masse MT, BT, e SPD

Fig. 1 - Sezione trasformatrice MT/BT Enel

A causa del permanere dei disservizi suindicati, si effettua un sopralluogo, in corrispondenza delle abitazioni di utenti alimentati dal medesimo trasformatore MT/BT, rilevando evidenti anomalie che trovano riscontro nei rilievi di seguito descritti.



Tensione alternata sinusoidale
 Frequenza nominale 50 Hz
 Distribuzione per gli utenti sistema TT
 Distribuzione trifase + neutro terra
 Neutro a terra
 Tensione di fase (verso terra) 230 V (Valore efficace)
 Tensione concatenata (verso le altre fasi) 400 V (Valore efficace)

Fig. 2 - Parametri del sistema elettrico BT in assenza di guasto

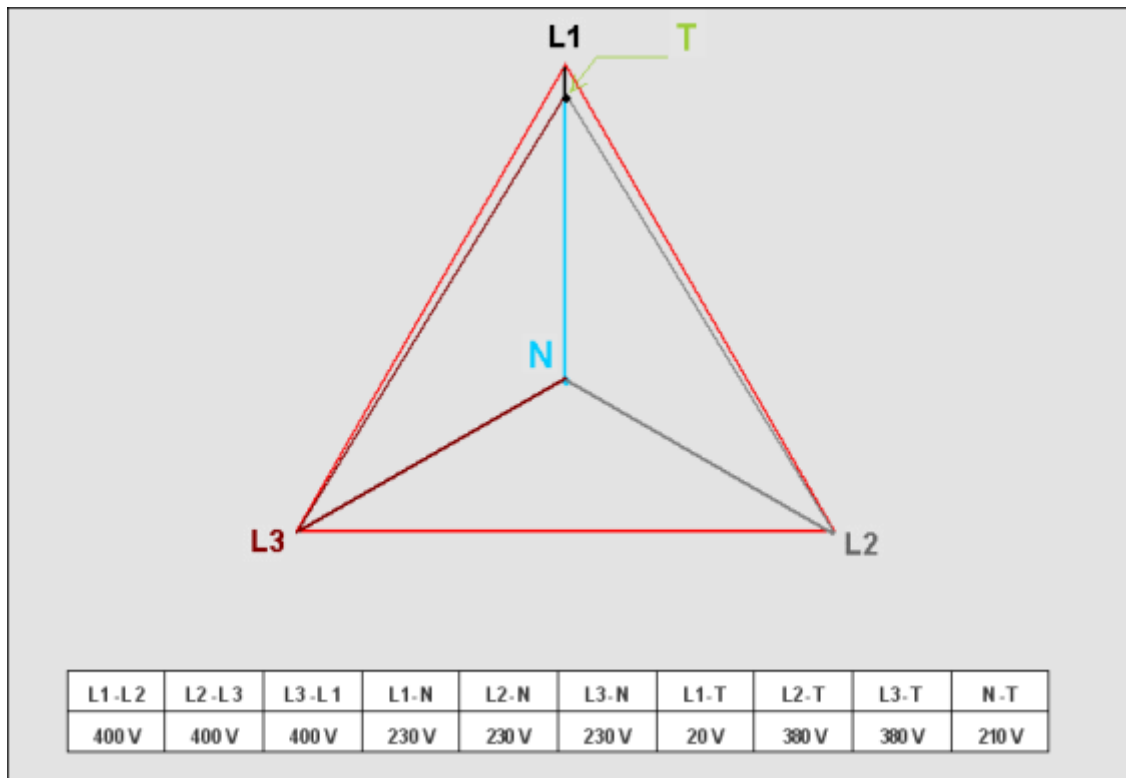


Fig. 3 - Sistema elettrico delle tensioni ipotizzando il guasto a terra in corrispondenza della fase L1

Analisi di guasto a terra in rete Enel di bassa tensione (2/3)

Analisi del guasto

Per l'individuazione e l'analisi del guasto si utilizzano un rilevatore di tensione senza contatto e un amperometro digitale a pinza (pinza amperometrica per la misura e ricerca di correnti disperse). Un sopralluogo in corrispondenza dell'abitazione di un primo utente che lamenta alcuni disservizi, permette di rilevare, immediatamente a valle del gruppo di misura monofase BT, in corrispondenza dei morsetti di alimentazione rispettivamente i seguenti valori di tensione:

- **V I-n = 230 V** , tensione misurata tra il conduttore di fase e il conduttore di neutro [V];
- **V I-t = 380 V** , tensione misurata tra il conduttore di fase e la terra di riferimento a potenziale zero;
- **V n-t = 210 V** , tensione misurata tra il conduttore neutro e la terra di riferimento a potenziale zero;

La macroscopica anomalia trova inoltre riscontro nel seguente rilievo. In corrispondenza del palo di sostegno della linea aerea BT (posto all'interno della proprietà di un utente) che alimenta l'utente sopra indicato si osserva la messa a terra

del neutro tramite dispersore in corda di rame nudo (sez. 35 mm²). Nel suddetto dispersore si misura, con pinza amperometrica, la circolazione di corrente alternata di valore efficace pari a 0,8 A (fig. 4) e la presenza di tensione $V_{n-t} = 210$. Successivamente, si effettua un ulteriore sopralluogo in corrispondenza dell'abitazione sottostante (altra utenza alimentata dal medesimo trasformatore MT/BT) e si rileva:

- $V_{l-n} = 230 \text{ V}$, tensione misurata tra il conduttore di fase e il conduttore di neutro [V]
- $V_{l-t} = 20 \text{ V}$, tensione misurata tra il conduttore di fase e la terra di riferimento a potenziale zero
- $V_{n-t} = 210 \text{ V}$, tensione misurata tra il conduttore neutro e la terra di riferimento a potenziale zero

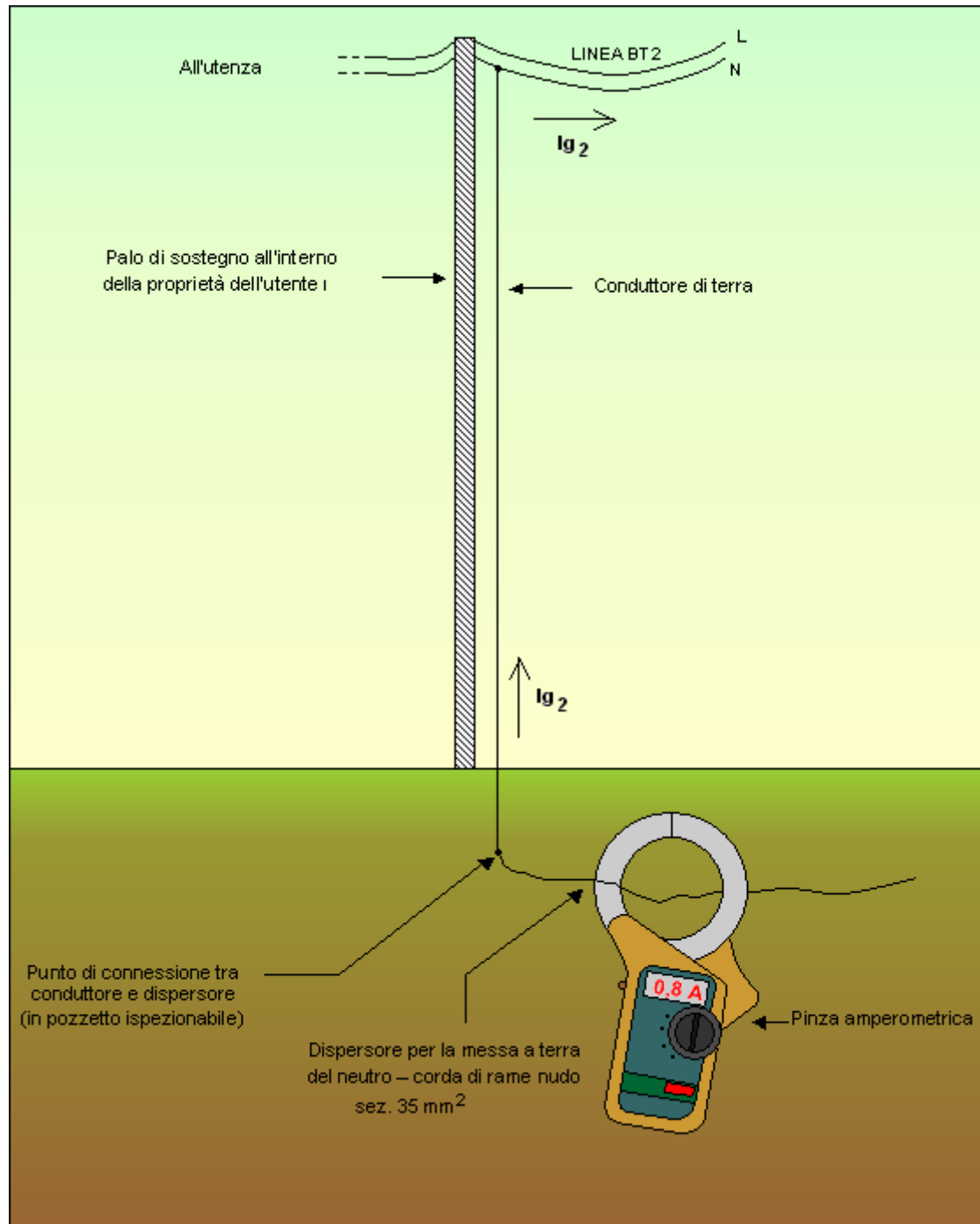
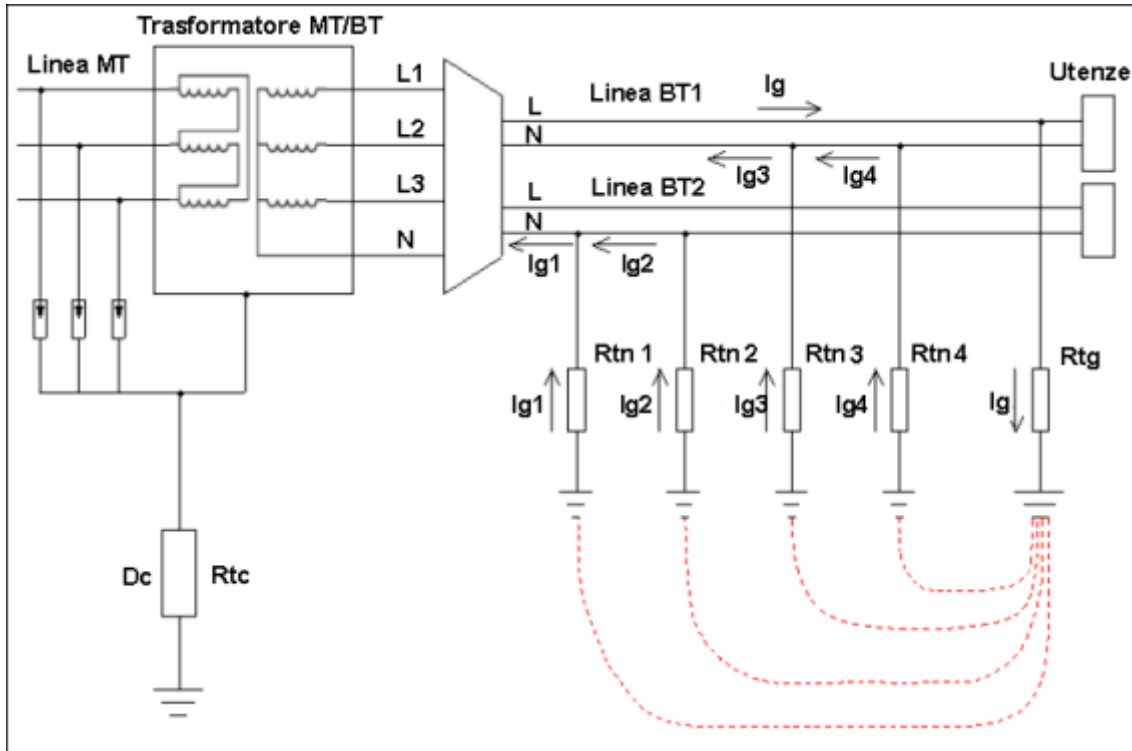


Fig. 4 – Misura della corrente circolante nel dispersore a corda di messa a terra del neutro presso il palo di sostegno posto all'interno della proprietà dell'utente

A questo punto appare evidente il guasto a terra di una fase del sistema elettrico (L1, L2 o L3), che determina la messa in tensione del neutro (210 V), la riduzione della tensione verso terra della fase affetta da guasto (20 V) e l'aumento della tensione verso terra delle altre due fasi sane (380 V). Il suddetto dispersore per la messa a terra del neutro, in corrispondenza del quale si rileva tensione (210 V) e circolazione di corrente di 0,8 A, funge da dispersore di raccolta (insieme ad altri) della corrente di guasto che si richiude poi agli avvolgimenti secondari del trasformatore MT/BT (fig. 5). E' plausibile ritenere che, in ragione dei rilievi voltmetrici effettuati, la prima utenza monofase BT sia alimentata da una fase del sistema elettrico sana, cioè non affetta da guasto poiché $V_{l-t} = 380$ V, mentre l' utenza sottostante monofase BT sia invece alimentata dalla fase affetta da guasto a terra poiché $V_{l-t} = 20$ V.



Dc = dispersore di terra della cabina o sezione trasformatrice MT/BT

L1 = conduttore di fase 1

L2 = conduttore di fase 2

L3 = conduttore di fase 3

MT = media tensione ($V_n - 1 \div 30$ kV)

N = conduttore di neutro

Rtc = resistenza di terra del dispersore di cabina o sezione trasformatrice MT/BT [O]

Rtg = resistenza di terra del guasto [O]

Rtn = resistenza di terra del neutro [O]

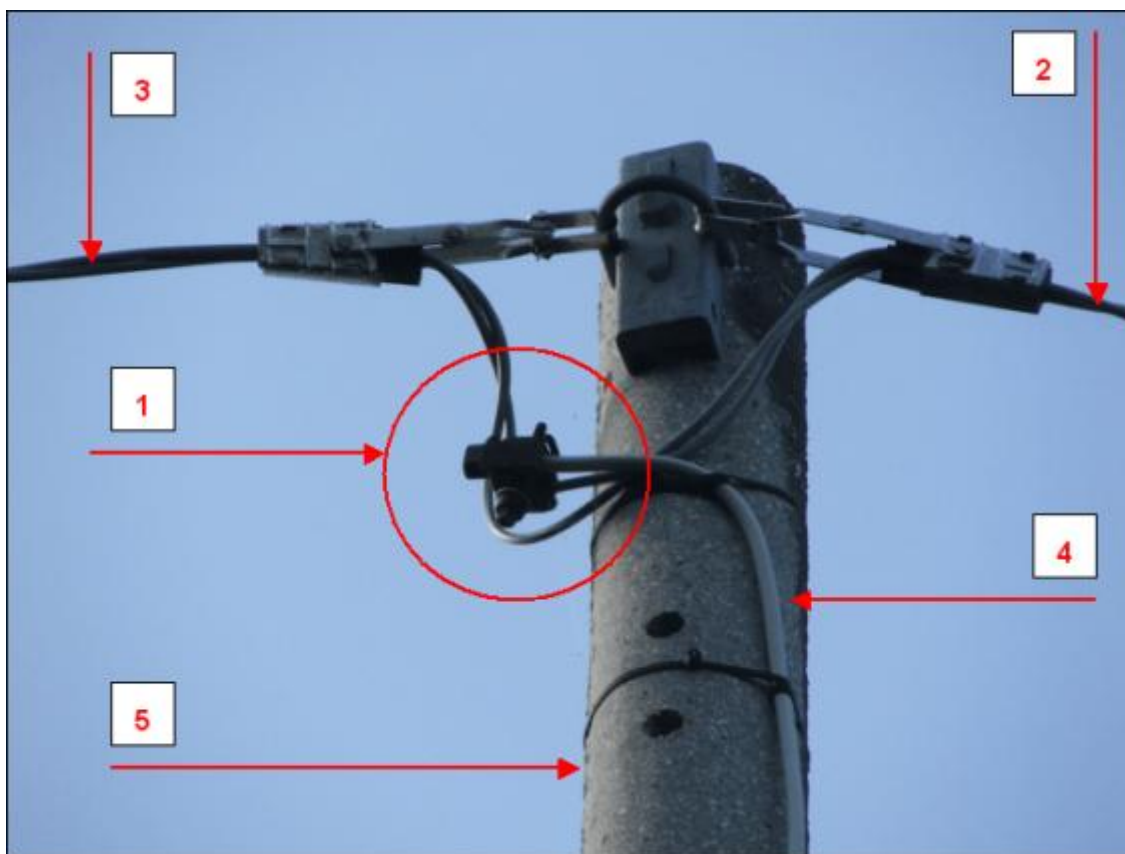
Fig. 5 - Corrente di guasto a terra ($I_g = I_{g1} + I_{g2} + I_{g3} + I_{g4}$)

Avendo ipotizzato un guasto a terra si rende necessario stabilire se, la causa sia ascrivibile agli utenti oppure all'ente distributore di energia elettrica. Si effettua quindi il sezionamento di tutti gli impianti elettrici degli utenti BT connessi con la sezione trasformatrice oggetto del guasto, tramite l'apertura manuale di tutti gli interruttori limitatori di potenza in corrispondenza di ogni singolo gruppo di misura (poiché un guasto a terra che permane per un tempo indefinito potrebbe essere provocato dall'impianto utente sprovvisto di idoneo dispositivo differenziale). Nonostante l'intervento di cui sopra (sezionamento di tutti gli utenti), il guasto permane integralmente e pertanto le cause del guasto non sono riconducibili agli utenti bensì al sistema elettrico di distribuzione di competenza della società elettrofornitrice.

Analisi di guasto a terra in rete Enel di bassa tensione (3/3)

Individuazione del guasto

Effettuato un sopralluogo preliminare lungo tutta la linea BT, individuati i cinque dispersori per la messa a terra del neutro, - 3 lungo linea BT1 e 2 lungo la linea BT2 (fig . 5), utilizzando il rilevatore di tensione senza contatto, si avvicina il medesimo strumento a ciascun conduttore di terra che collega il dispersore e si rileva in corrispondenza di quattro dispersori la presenza di tensione sul conduttore di neutro (dispersori di raccolta) mentre, in uno soltanto non si rileva la presenza di tensione (dispersore di immissione). Quest'ultimo è il dispersore di immissione della corrente di guasto a terra con potenziale di 20 V, poiché, in corrispondenza di esso è presente e si rileva la connessione a terra del conduttore di fase anziché del conduttore di neutro. Il collegamento del punto di guasto (connessione a terra di una fase) è stato compiuto da personale dell'ente distributore, come si osserva (figura), con morsetto a perforazione azionato tramite attrezzo di manovra nell'erronea convinzione di connettere a terra il conduttore di neutro (guasto franco per resistenza propria). Si può a questo punto formulare una diagnosi di guasto franco monofase a terra per accoppiamento resistivo, a resistenza propria (R_{pg}) trascurabile e non a resistenza verso terra (R_{tg}) nulla.



1. Individuazione del guasto: punto di connessione a terra di una fase
2. Linea monofase BT che alimenta il guasto

3. Linea monofase BT che alimenta un'utenza attualmente dismessa
4. Conduttore di terra del dispersore di immissione (che collega a terra la fase)
5. Palo di sostegno oggetto del guasto

Fig. 4 - Punto di accidentale connessione a terra della fase in corrispondenza del palo di sostegno.

Osservazioni tecniche e conclusione

Non è possibile affermare e/o stabilire con certezza il tempo di permanenza del guasto. E' plausibile ritenere che, il periodo di produzione del guasto risalga presumibilmente alla contestuale installazione della linea. La derivazione della linea monofase BT affetta da guasto a terra, alimenta una sola utenza attualmente dismessa e priva di energia elettrica da parecchi anni (così riferisce il proprietario). Pertanto, anche in considerazione temporale, circa le anomalie riferite dagli utenti BT, il guasto a terra potrebbe insistere anche da tempo remoto (diversi anni).

Il guasto a terra quindi perdura per un tempo indefinito, creando situazioni pericolose, anomalie e conseguenze al sistema elettrico sotto riportate:

- Messa in tensione del conduttore di neutro in corrispondenza di tutta la linea elettrica BT alimentata dal medesimo trasformatore MT/BT a valle del quale è presente il guasto.
- Sovratensione verso terra permanente a frequenza di rete (50 Hz) in corrispondenza delle due fasi sane (non affette da guasto).

Conseguenze riscontrabili per gli utenti BT (mono o trifase) connessi alla sezione trasformatrice MT/BT alimentante il guasto:

- Aumento della corrente di dispersione verso terra degli impianti elettrici utilizzatori (causa sovratensione) con maggiori probabilità di intervento degli interruttori differenziali.
- Aumento della sollecitazione dielettrica per l'isolamento dei componenti elettrici con maggiori probabilità di guasto e/o riduzione della vita utile degli stessi.
- Guasto ad eventuali SPD varistometrici installati negli impianti utente poiché, la sovratensione permanente instauratasi a seguito del guasto a terra, risulta di norma nettamente superiore alla U_c (tensione verso terra massima continuativa sopportabile dall'SPD).
- Aumento della corrente di guasto a terra presso gli utenti con valori maggiori di V_t (tensione totale di terra).
- Aumento del rischio di elettrocuzione per gli utenti in caso di contatto diretto, dovuto alla maggiore tensione di esercizio.
- Impianto elettrico e dispositivi di protezione utente non progettati per la maggiore tensione permanente applicata, con maggiori probabilità di funzionamento mancato e/o irregolare.
- Sostanziale inversione di polarità dell'alimentazione elettrica, particolarmente evidenziata non solo negli apparecchi di comando unipolari (ad es. interruttori circuito luce che necessitano dell'interruzione del conduttore di fase), ma soprattutto da apparecchiature elettroniche suscettibili a tale inconveniente (ad es. caldaie di riscaldamento) con conseguente messa fuori servizio (blocco).
- Tensioni di passo, nelle immediate vicinanze dei dispersori di raccolta della corrente di guasto a terra, a volte inammissibili per l'uomo ed in particolar modo per bovini ed equini (in ragione della maggiore distanza tra arti anteriori ed inferiori), specie se la resistività superficiale del terreno circostante i_D è di valore ridotto.

Dall'analisi generale del guasto emerge infine l'importanza per gli utenti BT di utilizzare una distribuzione elettrica con sistema TT (impianto di terra delle masse utente separato dall'impianto di terra del neutro del distributore) e mai TN (impianto di terra unico per le masse dell'utente e la messa a terra del neutro), peraltro vietato dalle norme CEI. Infatti

ciò, avrebbe provocato nel caso di specie, la messa in tensione di tutte le masse metalliche dell'impianto elettrico utente collegate all'impianto di terra, portandole alla tensione acquisita dal neutro per effetto del guasto (210 V) determinando, come ben si può immaginare, conseguenze disastrose.