

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA
Dipartimento di Ingegneria
Contrada Di Dio I, 98166 – Villaggio S. Agata Messina

Appunti Corso di Sistemi Elettrici

Capitolo 13 La separazione elettrica

Anno Accademico 2015-2016

prof. ing. Bruno Azzerboni

Fonti:

Manuali, guide e cataloghi
ABB, bTicino, Gewiss, Merlin Gerin
Schneider, Siemens, TuttoNormel

Web:

www.elektro.it,
www.voltimum.it
www.electroyou.it

Sommario

La separazione elettrica	3
1 Sistema isolato da terra	3
2 Sistema non isolato da terra	4
3 Evoluzione normativa	7
4 Dove occorre il trasformatore di isolamento	8
4.1 Luoghi conduttori ristretti	8
4.2 Unità mobili o trasportabili	8
4.3 Caravan e camper	8
4.4 Locali da bagno o doccia	8
5 Richiami al trasformatore d'isolamento	9
5.1 Locali medici	9
5.2 Darsene	9

La separazione elettrica

1 Sistema isolato da terra

Un sistema elettrico **completamente isolato** da terra non è pericoloso. Se una persona, infatti, venisse in contatto con un solo polo, il circuito non si può chiudere sull'altro polo proprio perché isolato da terra. Con circuito aperto la corrente non fluisce ed è dunque nullo l'effetto sulla persona (Fig. 1).



Fig. 1 - In un sistema isolato da terra il circuito non si chiude verso terra e la persona non subisce alcuna conseguenza.

Se invece ci fosse un guasto a terra dell'altro polo, allora la persona sarebbe in pericolo (Fig. 2).

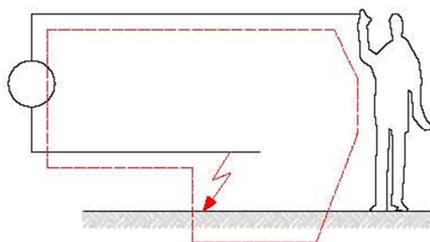


Fig. 2 - Con un guasto a terra, il circuito si chiude e la persona è in pericolo.

Nella realtà, il circuito si richiude sempre attraverso la capacità del conduttore verso terra, Fig. 3; quindi il sistema elettrico isolato è sicuro nei limiti in cui la corrente capacitiva non è pericolosa.

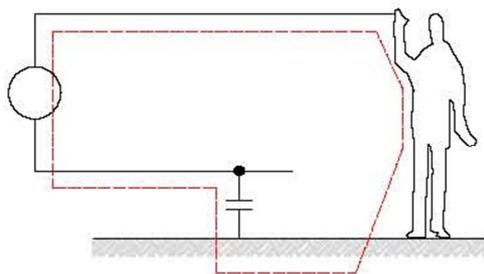


Fig. 3 - Anche in assenza di un guasto a terra, il circuito si richiude attraverso la capacità verso terra del sistema.

La corrente capacitiva, $i_c = C \frac{dv_c}{dt}$, aumenta all'aumentare sia della tensione, sia della capacità; la capacità, a sua volta, aumenta proporzionalmente all'estensione del sistema. La norma ritiene accettabile un'estensione del circuito che soddisfi la condizione:

$$L \leq \frac{100.000}{U}$$

Dove L indica l'estensione del circuito espressa in metri e U è la tensione nominale del sistema espressa in Volt.

E' chiaro che la sicurezza aumenta al diminuire dell'estensione del sistema, infatti, si riduce il valore della corrente capacitiva ed anche la probabilità di un primo guasto a terra.

Il sistema isolato è considerato sicuro nei confronti dei contatti indiretti, ma non di quelli diretti e, quindi, le parti attive devono essere isolate o inaccessibili al dito di prova.

La diversa protezione che si ha in caso di contatto diretto e di contatto indiretto è evidenziata nella Fig. 4.

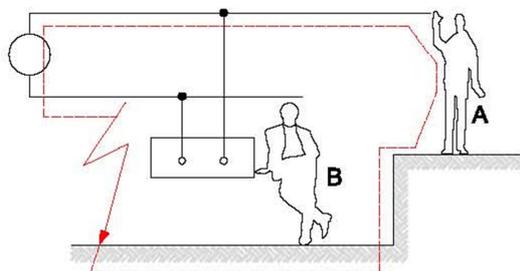


Fig. 4 – In caso di un primo guasto a terra, un contatto diretto è pericoloso (persona A), mentre il contatto con una massa non è pericoloso (persona B).

Al verificarsi di un primo guasto a terra, la persona A, soggetta a contatto diretto, è subito in pericolo, mentre la persona B che tocca la massa è ancora protetta dall'isolamento principale. Se dovesse cedere l'isolamento principale verso la massa, la persona B si ritroverebbe nella medesima situazione di A; ma, in effetti, sono diverse le probabilità che si stabiliscano le condizioni di pericolo: per la persona B occorrono due guasti, per la persona A basta invece un solo guasto.

Data la piccola estensione del sistema, la probabilità di un primo guasto a terra è piccola e la norma non richiede un dispositivo di controllo dell'isolamento, come invece impone nei sistemi IT i quali non hanno limiti di estensione.

2 Sistema non isolato da terra

In un impianto elettrico ordinario, alimentato da sistema TT, TN o IT, ci si può ricondurre alla condizione di sistema isolato da terra (Fig. 1) grazie all'utilizzo di un trasformatore d'isolamento, Fig. 5.

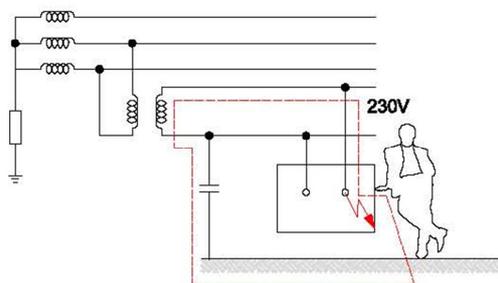


Fig. 5 – Il trasformatore d'isolamento consente di costruire un sistema elettrico isolato da terra e dalla rete.

Il trasformatore d'isolamento non serve per ridurre la tensione, ma solo per isolare galvanicamente il circuito secondario dal primario; esso ha tra gli avvolgimenti un isolamento doppio o rinforzato, oppure uno schermo collegato a terra, al fine di evitare che un guasto tra gli avvolgimenti chiuda il circuito verso terra e determini quindi un pericolo per la persona (Fig. 6). Un isolamento doppio o rinforzato, oppure uno schermo collegato a terra, prende il nome di "separazione di protezione" per rammentare che si tratta di una separazione affidabile, realizzata solamente per la protezione delle persone.

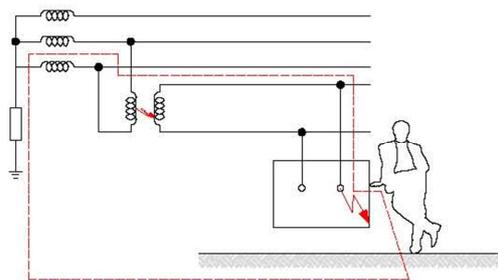


Fig. 6 – Se accadesse un guasto tra gli avvolgimenti del trasformatore, viene meno la protezione per la persona.

Per la stessa ragione è richiesto un isolamento doppio o rinforzato, oppure uno schermo collegato a terra, tra i circuiti alimentati dal trasformatore d'isolamento e gli altri circuiti, Fig. 7.

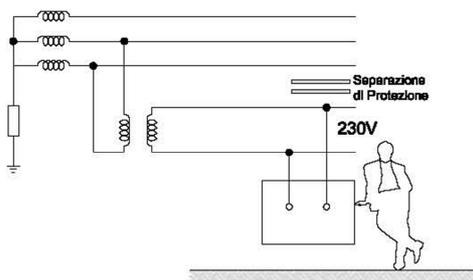


Fig. 7 – Tra i circuiti a monte ed a valle del trasformatore è necessaria una separazione di protezione.

Se il trasformatore d'isolamento alimenta più apparecchi, rimane ancora una situazione di pericolo. Un guasto a terra su un apparecchio può permanere per un tempo indefinito perché non si autorivela mediante una disfunzione; un secondo guasto a terra sull'altro polo, in un altro apparecchio, determina una situazione di pericolo per la persona che toccasse contemporaneamente i due apparecchi, Fig. 8.

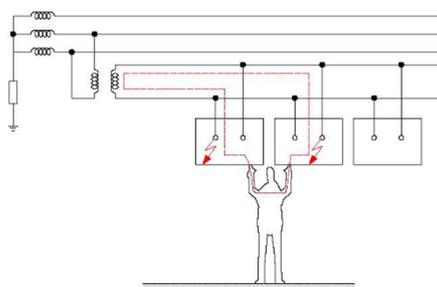


Fig. 8 – Un doppio guasto a terra costituisce un pericolo per la persona in contatto contemporaneo con i due apparecchi.

Il problema si risolve collegando tra loro gli apparecchi con un conduttore di protezione, Fig. 9.

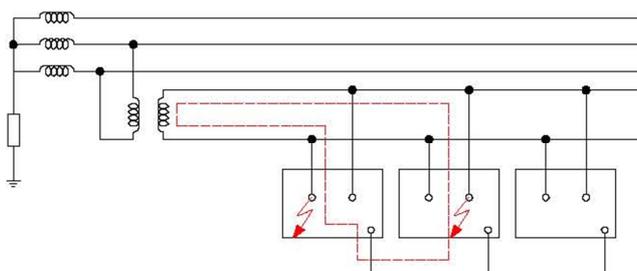


Fig. 9 – Il collegamento equipotenziale tra le masse ristabilisce le condizioni di sicurezza, trasformando un doppio guasto a terra in un cortocircuito.

In questo modo un doppio guasto a terra è ricondotto ad un cortocircuito, che determina l'intervento della protezioni magnetiche (non indicate nelle figure per chiarezza).

Da notare che gli apparecchi sono alimentati alla medesima tensione del primario e sono di classe I, hanno cioè solo l'isolamento principale ed il morsetto di terra. Nessuno impedisce di usare una utenza di classe II; che non può essere collegata al conduttore di protezione mancando il morsetto di terra, ma l'isolamento doppio o rinforzato, insieme all'isolamento principale delle altre utenze, rende trascurabile la probabilità che si stabilisca una condizione di pericolo per le persone dovendosi verificare contemporaneamente tre guasti.

Un sistema elettrico che abbia i requisiti suindicati costituisce una misura di protezione contro i contatti indiretti, che la norma chiama "protezione per separazione elettrica".

In altre parole, la massa di un apparecchio alimentato da trasformatore d'isolamento, i cui circuiti abbiano una separazione di protezione dagli eventuali altri circuiti e la cui estensione soddisfi la condizione $L \leq \frac{100.000}{U}$, non richiede la messa a terra.

La messa a terra delle utenze protette per separazione elettrica sarebbe controproducente per la sicurezza. Tale messa a terra è, infatti, utile in caso di guasto a terra tra gli avvolgimenti del trasformatore, ma introduce anche il pericolo di portare sulle masse eventuali tensioni pericolose che fossero presenti sull'impianto di terra, comune anche a masse di altri sistemi elettrici.

La probabilità che avvenga un guasto tra gli avvolgimenti del trasformatore d'isolamento è quella tipica dell'isolamento doppio o rinforzato. Nella separazione elettrica vale quindi lo stesso criterio applicato per gli apparecchi di classe II: la messa a terra è vietata.

Naturalmente è proibito collegare le masse "intenzionalmente a terra", perché diminuirebbe la sicurezza, ma non è richiesto di isolarle da terra, né di collegarle a una terra funzionale sulla quale non si possano verificare tensioni pericolose, ad esempio per l'assenza di altre masse.

E' bene specificare che quanto appena detto per il sistema alimentato da un trasformatore d'isolamento vale anche per sistemi elettrici alimentati da un piccolo gruppo elettrogeno. In questo caso, infatti, non c'è il pericolo costituito dalla rete di alimentazione e non è necessario il trasformatore d'isolamento se, come in genere accade, il sistema elettrico non ha alcun punto a terra. In altre parole, si ritorna al sistema originario, isolato da terra, Fig. 1.

La protezione per separazione elettrica di Fig. 9 con il trasformatore d'isolamento equivale a quella di Fig. 11 con un gruppo elettrogeno, con il vantaggio che in assenza della rete di alimentazione non c'è neanche il pericolo di un guasto verso la rete stessa, Fig. 6 e Fig. 7.

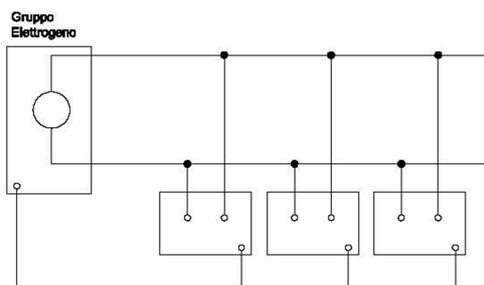


Fig. 10 – La separazione elettrica può essere applicata a valle di un gruppo elettrogeno (senza trasformatore d'isolamento).

La dizione separazione elettrica si addice bene al trasformatore d'isolamento, perché separa il sistema elettrico dalla rete e dalla terra; si applica anche al gruppo elettrogeno, anche se in tal caso la separazione è solo dalla terra.

3 Evoluzione normativa

Già nel 2007 la norma ammise la *separazione elettrica con un trasformatore ordinario*, cioè non fu più richiesto un trasformatore d'isolamento. Il motivo è semplice, nella protezione contro i contatti indiretti sono sempre richieste due barriere di protezione; l'isolamento principale e l'isolamento supplementare (isolamento doppio o rinforzato), oppure l'isolamento principale e la messa a terra. Nelle utenze di classe I le due barriere sono costituite dall'isolamento principale e dalla protezione per interruzione automatica dell'alimentazione (messa a terra). Gli apparecchi di classe II sono dotati d'isolamento principale e d'isolamento supplementare.

Nella separazione elettrica con un trasformatore d'isolamento, le barriere di sicurezza nei confronti di una parte attiva del primario sono invece tre, cioè una persona è in pericolo se cedono tre isolamenti (due isolamenti tra gli avvolgimenti del trasformatore e l'isolamento principale dell'apparecchio), anche se non contemporaneamente, Fig. 11a. E' dunque accettabile un trasformatore ordinario che presenta solo un isolamento principale tra gli avvolgimenti, Fig. 11b.

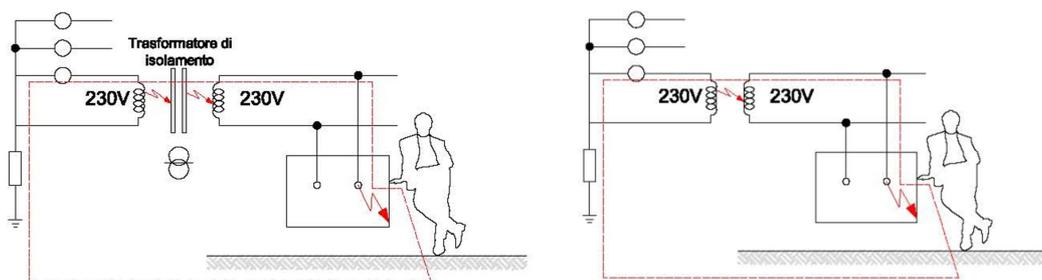


Fig. 11 – Nella separazione elettrica la persona è in pericolo:

- a) dopo tre guasti, alla presenza di un trasformatore d'isolamento;
- b) dopo due guasti con un trasformatore ordinario

La mente corre ora al trasformatore di sicurezza, cioè un trasformatore con l'isolamento doppio o rinforzato tra gli avvolgimenti e tensione secondaria fino a 50V. per alimentare un circuito SELV occorre un trasformatore di sicurezza, non basta un trasformatore ordinario. Perché questa differenza?

Se cede l'isolamento tra gli avvolgimenti di un trasformatore di sicurezza, cede anche l'isolamento dell'apparecchio a bassissima tensione, ad esempio 24V, il quale non può tenere la tensione primaria, ad esempio 230V. Di conseguenza i due guasti, uno tra gli avvolgimenti del trasformatore ed il secondo sull'apparecchio, sono conseguenti e non indipendenti, Fig. 12.

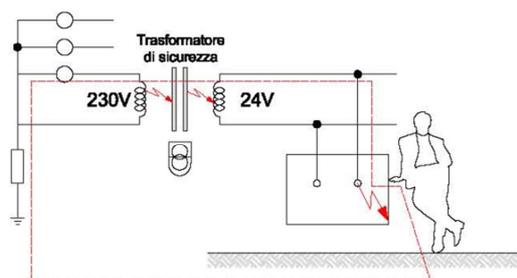


Fig. 12 – In un circuito SELV il cedimento dell'isolamento doppio o rinforzato tra gli avvolgimenti del trasformatore di sicurezza determina anche il cedimento dell'isolamento dell'apparecchio a 24V.

Nella separazione elettrica, invece, gli apparecchi sul secondario sono a bassa tensione, ad esempio 230V, e dunque i due guasti in questione sono indipendenti.

Detto tutto ciò, bisogna rammentare che la norma richiede ancora un trasformatore di isolamento nella protezione per separazione elettrica, nei casi particolari di maggior rischio.

4 Dove occorre il trasformatore di isolamento

4.1 Luoghi conduttori ristretti

Nei luoghi conduttori ristretti la separazione elettrica con trasformatore di isolamento è richiesta per alimentare gli utensili portatili e gli apparecchi mobili o trasportabili, con la condizione che il trasformatore di isolamento alimenti un solo apparecchio e sia posto all'esterno del luogo conduttore ristretto. Un trasformatore di isolamento con più secondari può alimentare un apparecchio per ogni avvolgimento secondario. In alternativa, l'apparecchio può essere alimentato SELV, ma non sempre sono disponibili apparecchi a bassissima tensione.

La separazione elettrica con trasformatore di isolamento che alimenti un solo apparecchio è anche ammessa per alimentare apparecchi fissi situati nei luoghi conduttori ristretti, in alternativa a:

- apparecchi di classe II protetti da interruttore differenziale da 30mA,
- alimentazione SELV,
- protezione per interruzione automatica dell'alimentazione con collegamento equipotenziale supplementare (incluso il pavimento conduttore). Per includere un pavimento conduttore nel collegamento equipotenziale, occorre una rete metallica, la quale è disponibile e/o applicabile solo in casi particolari.

4.2 Unità mobili o trasportabili

La protezione per separazione elettrica con trasformatore di isolamento è prevista per alimentare dalla rete unità mobili o trasportabili, Fig. 13. Il trasformatore d'isolamento deve essere di classe II in maniera tale che la sicurezza dell'unità mobile o trasportabile prescindere dalla messa a terra della rete locale dalla quale riceve energia. Il collegamento equipotenziale tra i vari apparecchi alimentati dall'unico trasformatore d'isolamento è realizzato mediante il conduttore che collega tra di loro i poli delle prese (senza collegamento a terra).

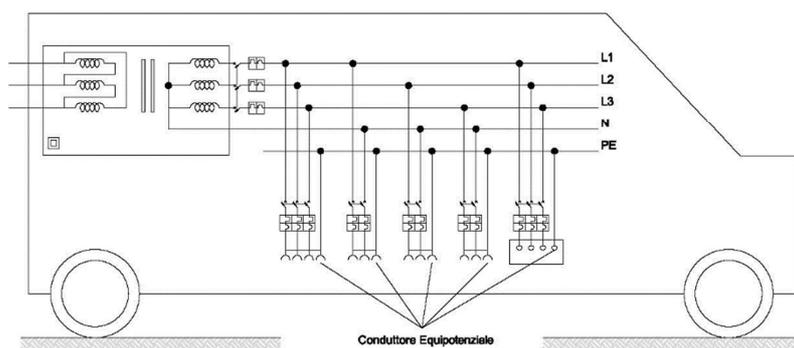


Fig. 13 – Unità mobile alimentata dalla rete tramite un trasformatore di isolamento (di classe II) e protetta per separazione elettrica.

4.3 Caravan e camper

Nei caravan e camper le prese possono essere alimentate tramite un proprio trasformatore d'isolamento.

In questa maniera, la protezione dai contatti indiretti prescinde dall'efficienza del sistema di protezione della rete da cui il caravan o camper è, di volta in volta, alimentato.

4.4 Locali da bagno o doccia

Come è noto, nelle zone 1 e 2 dei locali da bagno o doccia non sono ammesse le prese a spina, a meno che non siano alimentate SELV a tensione fino a 12 V c.a. o 30 V c.c.

Nella zona 2 è anche ammessa una presa per rasoi elettrici che è alimentata da un trasformatore d'isolamento di classe II incorporato, in conformità con le norme.

In questo caso, tra la persona e la rete, ci sono addirittura quattro isolamenti: due sul rasoio e due tra gli avvolgimenti del trasformatore.

5 *Richiami al trasformatore d'isolamento*

5.1 *Locali medici*

Nei locali medici di gruppo 2 è richiesto un trasformatore d'isolamento ad uso medicale, ma si tratta di un sistema IT-M e non di separazione elettrica, è richiesta la messa a terra e un dispositivo di controllo dell'isolamento al fine di migliorare la continuità di servizio e la sicurezza del paziente soggetto a microshock.

5.2 *Darsene*

Tra gli esempi di alimentazione delle imbarcazioni dalla banchina, nella norma, è previsto un trasformatore sulla colonnina o a bordo dell'imbarcazione al fine di ridurre i fenomeni di corrosione dello scafo. Non si tratta, in questo caso, di una protezione per separazione elettrica, essendo un polo del secondario del trasformatore collegato allo scafo e i circuiti protetti da interruttore differenziale.