

ARTICOLO TECNICO

Interruttori differenziali e correnti di dispersione.

Uno dei parametri di cui tenere conto per la corretta scelta degli interruttori differenziali è la corrente di dispersione permanente verso terra dei circuiti da essi alimentati.

In assenza di guasti o di bassi livelli di isolamento, tali correnti di dispersione sono imputabili alla presenza di filtri e di altre impedenze tra i conduttori attivi della linea e la terra.

Il termine “stazionario” o “permanente” non deve essere interpretato letteralmente. Non si deve pensare a fenomeni costanti nel tempo in quanto vi sono le dispersioni, come quelle che si manifestano durante il transitorio di avviamento delle macchine o durante un cambiamento del regime di funzionamento, la cui durata può raggiungere anche qualche secondo. Benché si tratti di fenomeni variabili nel tempo, la loro scala temporale relativamente lunga li assimila ai fenomeni stazionari e non ai transitori rapidi tipici dei fenomeni impulsivi, quali le manovre sulla rete o i fenomeni atmosferici (la durata dei quali è dell'ordine delle decine di microsecondi).

Filtri elettrici

Una causa molto diffusa che origina delle correnti di dispersione stazionarie è rappresentata dai filtri EMI-RFI presenti sugli stadi di alimentazione di molti apparecchi utilizzatori. Tali filtri si trovano su personal computer, decoder, elettrodomestici elettronici a velocità variabile (lavatrici, condizionatori, eccetera), alimentatori per lampade (reattori), dimmer per la regolazione della luminosità, ma anche sulle macchine industriali in genere.

Questi filtri elettrici hanno configurazioni circuitali che comprendono condensatori posti tra i conduttori attivi e il cavo di protezione PE (figura 1).

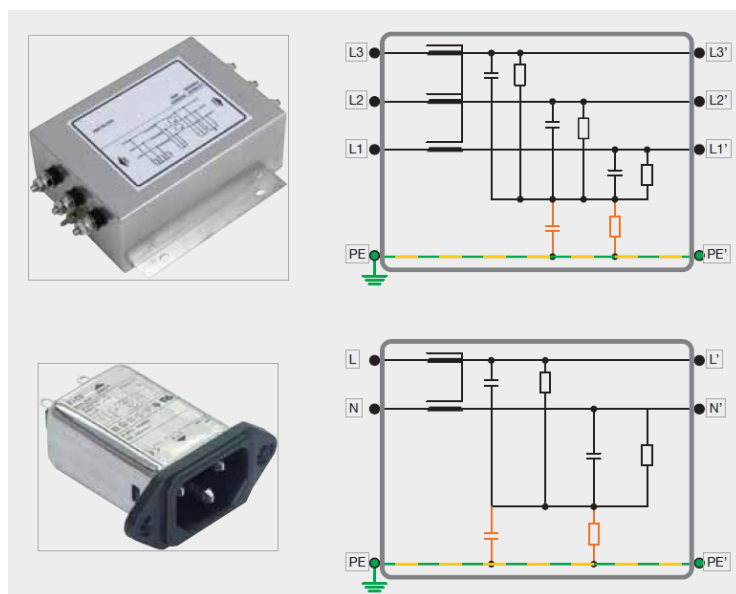


Figura 1 - La presenza dei filtri provoca la comparsa di dispersioni a frequenze superiori a quella di rete (armoniche ed alte frequenze, a seconda del tipo di filtro). Tali dispersioni sono normalmente generate dai circuiti elettronici di potenza posti sugli apparecchi filtrati (alimentatori switching, inverter, eccetera).

Si tratta in sostanza di filtri passa basso che hanno lo scopo di limitare i disturbi ad alta frequenza che l'apparecchio inietta sulla linea elettrica di alimentazione, drenandoli verso la terra dell'impianto. Alla dispersione capacitiva si può aggiungere inoltre una componente resistiva legata ai resistori e ai varistori di protezione dalle sovratensioni.

I valori di dispersione, riportati nella documentazione tecnica che accompagna le singole apparecchiature (figura 2), dipendono dalle caratteristiche dei singoli filtri, oltre che dalla loro corrente nominale.

Per gli elettrodomestici casalinghi, i valori tipici di queste correnti di dispersione sono dell'ordine di $0,5 \div 1,5$ mA per apparecchio.

.100.M	105	100	9	1000	1,1	42
Corrente di fuga totale a 230 V fase verso terra a 50 Hz / 40°C Total leakage current at 230 V phase to ground 50 Hz / 40°C				Nominale/ <i>Nominal</i> <10mA Condizione peggiore/ <i>Worst condition</i> <80mA		
DIMENSIONI MECCANICHE (mm) / <i>Mechanical dimensions (mm)</i>						

Figura 2 - I valori di dispersione sono riportati nella documentazione tecnica che accompagna le singole apparecchiature.

Capacità dei conduttori

Un'altra causa che origina correnti di dispersione permanenti è l'impianto elettrico stesso, cioè i conduttori che lo costituiscono. Infatti, i conduttori attivi, in particolare i conduttori di fase che hanno una tensione di 230 V rispetto a terra, corrono paralleli a quelli di protezione PE, formando un lungo condensatore che drena verso terra una piccola corrente capacitiva (figura 3).

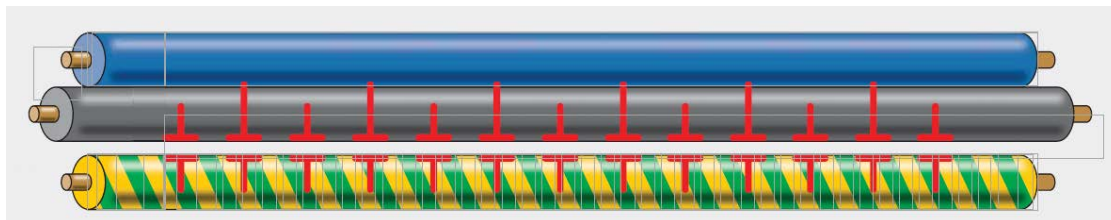


Figura 3 - I conduttori che corrono paralleli vanno a formare un condensatore distribuito.

Per i cavi unipolari posti in un tubo isolante questa capacità è approssimativamente di 150 pF per metro di conduttura, il che corrisponde a una corrente di circa 10 μ A/m. Valori maggiori, sino a 500 pF/m, si hanno nel caso di cavi schermati o con conduttori posti in tubi di protezione metallici.

Ipotizzando qualche centinaio di metri per l'intero impianto, si ha una dispersione capacitiva totale di qualche milliampere.

Si tratta ovviamente di una piccola dispersione di fondo presente in ogni impianto, anche perfettamente funzionante e senza alcun carico alimentato. Tuttavia in caso di impianti particolarmente estesi, il contributo alla corrente di dispersione totale può essere significativo.

Una situazione particolare si ha nel caso di apparecchiature dotate di motori alimentati tramite azionamenti a frequenza variabile (inverter - figura 4). In uscita all'inverter è presente una tensione ricca di frequenze superiori a quella di rete, con conseguente elevata dispersione non solo attraverso i filtri elettrici ma anche lungo i cavi del motore, di solito con schermatura messa a terra. Più lunghi sono i cavi del motore, maggiore è la corrente di dispersione.

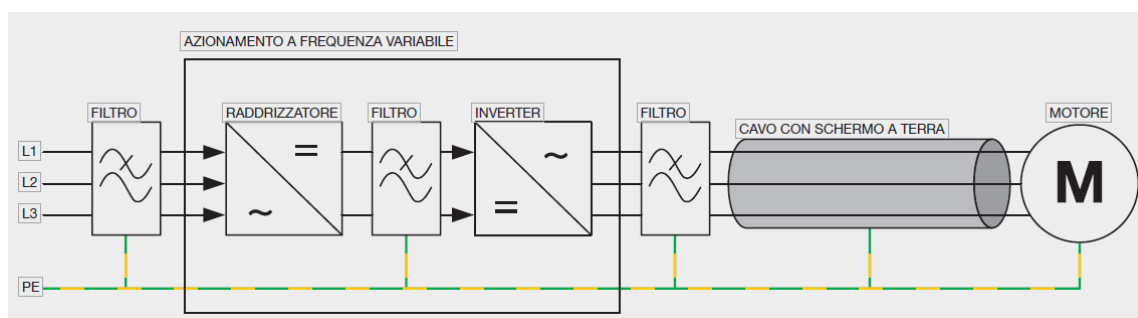


Figura 4 – Nei sistemi inverter si ha un'elevata dispersione non solo attraverso i filtri elettrici ma anche lungo i cavi del motore.

Suddivisione dei carichi sotto diversi interruttori differenziali

Se molti apparecchi utilizzatori sono alimentati tramite un unico interruttore differenziale, è chiaro che le correnti di dispersione si sommano (*) provocando un intervento anche in assenza di guasto.

L'interruttore differenziale infatti non è in grado di distinguere le dispersioni fisiologiche da un guasto a terra. Le correnti di dispersione permanenti, assieme a quelle di tipo impulsivo causate da manovre elettriche o fenomeni atmosferici, sono tra le maggiori cause di intervento intempestivo degli interruttori differenziali.

(*) Nel caso di interruttori differenziali trifase questo fenomeno è in parte ridotto dato che la somma delle correnti di dispersione è sulle tre fasi.

La recente variante V3 della norma CEI 64-8 pubblicata a marzo 2017, nel nuovo articolo 531.3.2, dà indicazioni precise circa la corretta scelta degli interruttori differenziali al fine di evitare gli scatti intempestivi.

Un primo rimedio impiantistico contro gli scatti intempestivi degli interruttori differenziali, indicato nella norma CEI 64-8 V3, in particolare quelli con $I_{\Delta n}$ inferiore o uguale a 0,03 A, è la suddivisione dei carichi sotto più interruttori differenziali in parallelo. Ciò deve tenere conto del numero delle apparecchiature protette da un singolo interruttore differenziale e della loro natura. In questo modo, anziché sommarsi sotto un unico interruttore differenziale, le correnti di dispersione si ripartiscono. Questo approccio è particolarmente efficace nel caso di apparecchi con elevate dispersioni permanenti (comprese quelle di avviamento), come le apparecchiature informatiche, gli inverter o le lampade con alimentatore elettronico.

Un utile riferimento è dato anche dalla norma IEC 61140, la quale determina i limiti per la corrente massima nel conduttore di protezione degli apparecchi utilizzatori in assenza di guasto, come da figura 6.

Corrente nominale dell'apparecchiatura	Corrente massima nel conduttore di protezione
$\leq 2 \text{ A}$	1 mA
$> 2 \text{ A} \leq 20 \text{ A}$	0,5 mA/A
$> 20 \text{ A}$	10 mA

Figura 6 – Tabella dalla norma IEC 61140

Nella citata norma CEI 64-8 V3 art. 531.3.2 si raccomanda che la somma aritmetica delle correnti di dispersione dei diversi apparecchi, non sia superiore al 30% della corrente differenziale d'intervento dell'interruttore. Nel caso in cui la corrente di dispersione totale sia superiore a questo valore, è necessario suddividere gli apparecchi utilizzatori su più circuiti ed

installare un interruttore differenziale per ciascuno di essi. Oppure, compatibilmente con i requisiti di protezione, aumentare la corrente differenziale di intervento $I_{\Delta n}$. Per esempio, nel caso di apparecchiature di corrente nominale di 10 A è necessario alimentarne non più di 2-3 unità tramite il medesimo interruttore differenziale con corrente differenziale di intervento di 0,03A affinché le correnti di dispersione non provochino interventi intempestivi.

Indicazioni pratiche circa la corretta suddivisione dei carichi sotto più interruttori differenziali si trovano nella pubblicazione CEI 23-98: "Guida all'uso corretto di interruttori differenziali per installazioni domestiche e similari" (paragrafo 7.3.1) derivata dalla corrispondente guida internazionale IEC/TR 62350. In essa si trovano le stime dei valori delle correnti di dispersione, riportati nella figura 5.

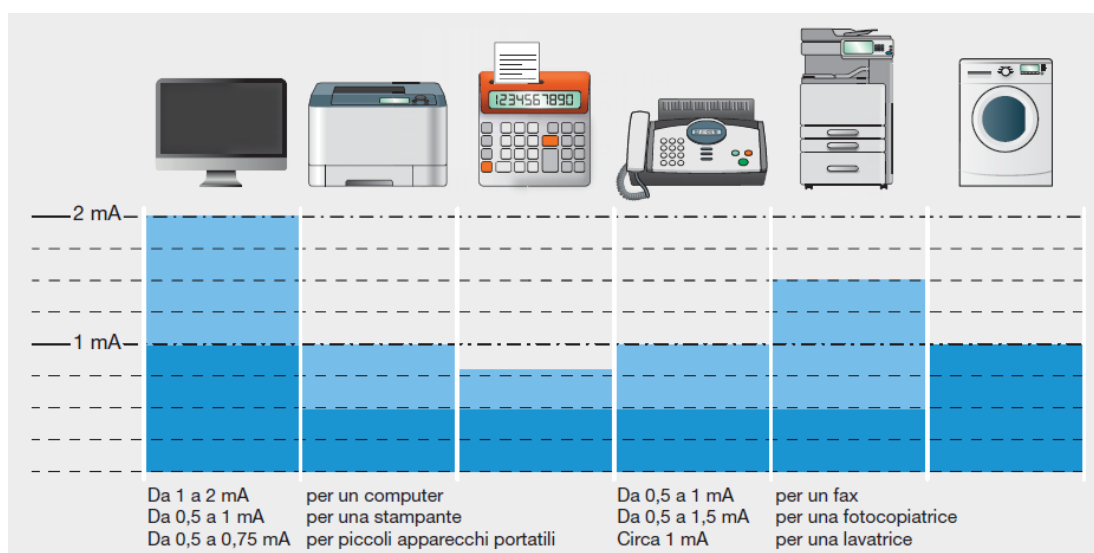


Figura 5 – Stima dei valori delle correnti di dispersione per vari apparati.

La soluzione ottimale, ovviamente, è un interruttore differenziale separato per ogni apparecchio utilizzatore o per ognuno dei circuiti terminali dell'impianto (si parla di selettività orizzontale). In questo modo, l'eventuale intervento di un interruttore differenziale escluderà il relativo circuito senza alcun effetto sugli altri circuiti, garantendo la massima continuità di servizio anche in presenza di un guasto effettivo (figura 7A). Inoltre, sarà possibile adottare il livello di protezione più idoneo a seconda del tipo di ambiente o di applicazione (per esempio utilizzare differenziali con $I_{\Delta n}$ pari a 0,01 A nei luoghi a maggior rischio elettrico come i bagni, cosa che provocherebbe scatti intempestivi se il medesimo interruttore proteggesse tutte le altre utenze).

Al contrario, la soluzione meno idonea ai fini della continuità di servizio, e perciò sconsigliata, è un unico interruttore differenziale posto all'origine dell'impianto che alimenta tutti i carichi (figura 7B). Nelle norme nazionali di alcuni paesi, questo tipo di installazione è sconsigliato o proibito.

Nella norma CEI 64-8, cap. 37 si richiede per gli impianti elettrici domestici la suddivisione dei circuiti sotto almeno due interruttori differenziali.

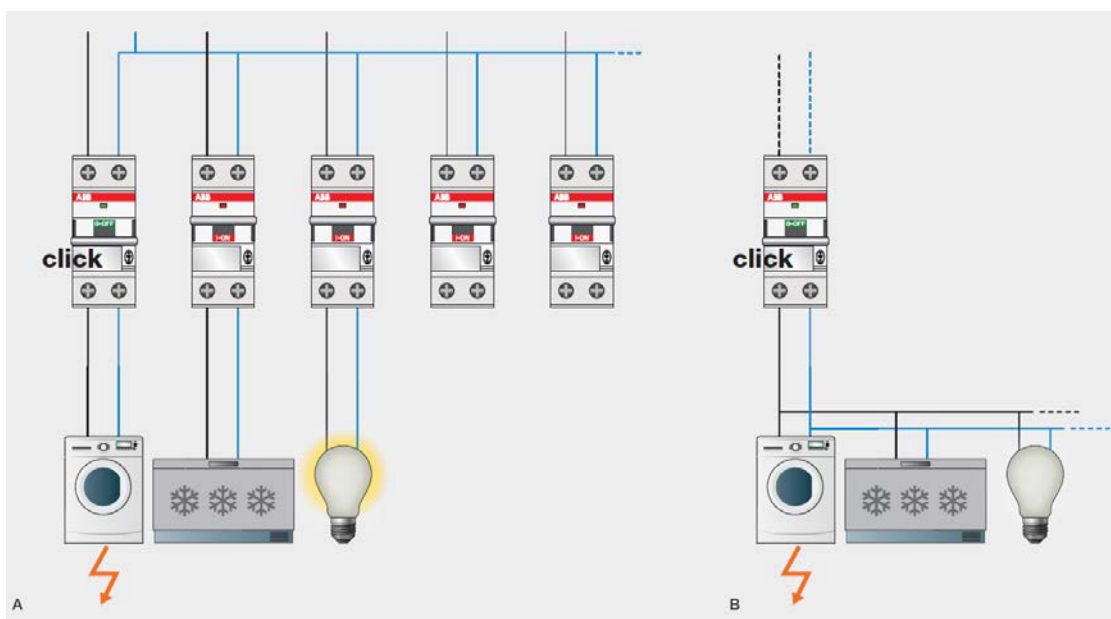


Figura 7A – Esempio di selettività orizzontale

Figura 7B - Un unico interruttore differenziale per tutti i carichi è spesso sconsigliato o proibito.

La corretta scelta degli interruttori differenziali

Un altro rimedio efficace contro gli inconvenienti delle correnti di dispersione, indicato dalla CEI 64-8 V3, sono gli interruttori differenziali insensibili a episodi differenziali di breve durata, quali i prodotti ABB ad immunità rinforzata serie APR.

Questi offrono il rimedio ottimale contro gli scatti intempestivi causati da dispersioni impulsive dovute a manovre oppure a fenomeni atmosferici. Queste versioni sono efficaci anche in presenza di dispersioni permanenti.

Infatti, alle dispersioni permanenti si aggiungono spesso contributi transitori dovuti, per esempio, all'inserimento di apparecchi o ai disturbi presenti sulla rete (le medesime impedenze capacitive verso terra sono responsabili sia delle dispersioni permanenti sia di quelle transitorie).

Inoltre l'effetto di filtro in frequenza, tipico di questi interruttori, è efficace contro le correnti di dispersione permanenti che contengono contributi ad alta frequenza.

Anche gli interruttori differenziali di tipo S (selettivi), sono insensibili a correnti differenziali di breve durata ed hanno proprietà di immunità agli scatti intempestivi simili a quelle degli interruttori APR.

Nota: Chiaramente gli interruttori differenziali di tipo S possono essere installati senza a valle alcun interruttore con $I_{\Delta n}$ inferiore o uguale a 0,03 A solo dove le norme impiantistiche non richiedono la protezione aggiuntiva.

La massima continuità di servizio si ottiene quindi combinando la suddivisione dei carichi sotto più interruttori APR (o selettivi).

Gli interruttori APR permettono, entro certi limiti, di aumentare il numero dei carichi alimentati dal medesimo interruttore differenziale senza provocarne scatti intempestivi in quanto agiscono contro i contributi transitori e contro le alte frequenze delle correnti di dispersione (figura 8).

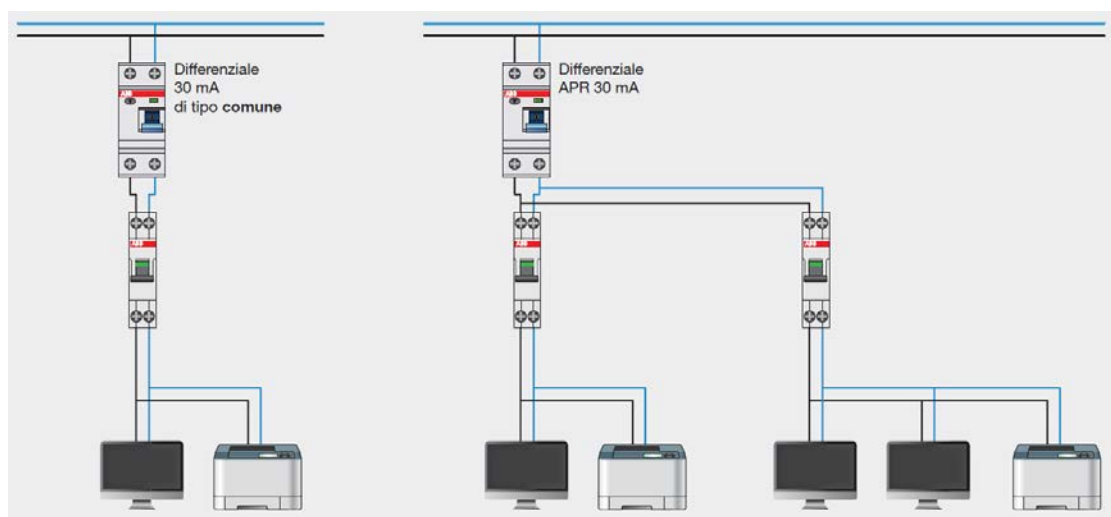


Figura 8 - La massima continuità di servizio si ottiene combinando i carichi sotto più interruttori APR o selettivi.

www.abb.it/lowvoltage