

Indice dei seminari

●”Sicurezza degli impianti”

(Ing. Azimonti)

Parte prima	• Aspetto normativo e legislativo	10 Marzo 1999
Parte seconda	• Aspetto normativo e legislativo • Adeguamento degli impianti preesistenti • Situazioni di pericolo	24 Maggio 1999
Parte terza	• Interruttori differenziali • Cavi • Interruttori magnetotermici	31 Maggio 1999
Parte quarta	• Protezione degli impianti • Tipi di impianti di terra	7 Giugno 1999

Bibliografia:

Oltre alle leggi e alle norme citate nel testo, si è fatto esplicito riferimento ai manuali ed ai cataloghi della BTICINO.

Aspetto normativo e legislativo.

Iniziamo il discorso sulla sicurezza degli impianti dando una rapida occhiata all'aspetto legislativo; ripercorreremo la storia delle principali leggi che si sono occupate della sicurezza degli impianti a partire dal decreto numero 547 del presidente della repubblica (DPR) risalente al 27/04/55 dal titolo "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro".

DPR-27/04/55 n.154

Tale decreto ha un campo di applicazione molto vasto (si applica, infatti, a tutte le attività nelle quali siano presenti lavoratori subordinati) nel quale rientra anche il settore elettrico al quale è dedicato un intero capitolo noto con il nome di "titolo VII". La carenza principale di questa legge consiste nella mancanza di riferimenti alle normative tecniche per quanto riguarda le misure di sicurezza (tale mancanza ha fatto sì che la legge parlasse di una resistenza di terra non superiore ai 20Ω, tale valore si è poi rivelato sbagliato e ha portato ad un numero stimato di 18000 decessi in trent'anni, questo DPR, infatti, non è stato ancora abrogato). I punti principali del DPR n.154 riguardano l'adeguazione dell'illuminazione generale e l'illuminazione di zone particolari, l'illuminazione sussidiaria che permetta un rapido ed efficace allontanamento dal posto di lavoro in caso di emergenza e la realizzazione (indicata nell'articolo 38), in caso di attività e/o edifici particolari (definiti all'articolo 36), degli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche.

Concentriamoci ora sul titolo VII riguardante, come abbiamo accennato, impianti, macchine ed apparecchi elettrici. All'interno di tale titolo è contenuta la seguente definizione di bassa tensione (art.268):

$V \leq 400V$ in corrente alternata (C.A.)

$V \leq 600V$ in corrente continua (C.C.)

Qualunque valore superiore a quelli indicati rientra invece nella definizione di alta tensione.

Il titolo VII richiede:

- un adeguato isolamento dei conduttori (art.270);
- il collegamento a terra con le seguenti specifiche:
 - V>25V in C.A.
 - V>50V in C.C.

Quando il collegamento a terra non è realizzabile è richiesto l'utilizzo di altri mezzi di sicura efficacia;

- il collegamento a terra del neutro al fine di evitare le sovratensioni (art.284);
- la presenza di fusibili o di interruttori automatici che assicurino la protezione in caso di sovraccarichi (art.285);
- la presenza di interruttori onnipolari all'arrivo di ogni linea (art.288);
- particolari prescrizioni relative ad installazioni elettriche in luoghi con pericolo di esplosione o incendio (capo X-art.336);
- l'inviolabilità del limite superiore di 20Ω posto per la resistenza dell'impianto di terra (su sistemi TT senza coordinamento con interruttori differenziali-art.326). Come si è già accennato prima, questo punto era fondamentalmente sbagliato ed ha portato ad un valore stimato di 600 decessi all'anno per trent'anni.

LEGGE-01/03/68 n.186

Questa legge, composta da due soli articoli, crea di fatto la differenziazione tra normativa e legislazione. Secondo questa legge, infatti, gli impianti, tra i quali, appunto, quelli elettrici, devono essere realizzati "a regola d'arte"; quale sia questa regola d'arte è indicato in una normativa, tipicamente della CEI. Tuttavia, la legge 186 non esclude che impianti eseguiti secondo una normativa diversa da quella CEI possano considerarsi "a regola d'arte". Le norme CEI sono infatti solo un esempio di regola d'arte; la legge lascia assoluta libertà sulla normativa da seguire ma richiede che, qualunque normativa si segua, si dimostri di aver realizzato un impianto "a regola d'arte" illustrando le regole tecniche ed i principi scientifici seguiti.

LEGGE-18/10/77 n.791

Questa legge non è altro che l'attuazione di una direttiva CEE del 19/02/73 che riguarda la garanzia sulle sicurezze che deve possedere il materiale elettrico funzionante a tensione compresa tra 50V e 1000V in C.A e tra 75V e 1500V in C.C. Questa classificazione corrisponde ai sistemi di prima categoria espressi dalla normativa CEI 64-8. Questa legge si configura inoltre come ampliamento dell'articolo 7 del DPR 547/55 sul divieto della commercializzazione e vendita di componenti che non siano rispondenti alle norme del decreto citato.

LEGGE-05/03/90 n.46

Siamo giunti all'ultima e più controversa legge (è effettivamente entrata in vigore solo nel 1992 ma ha subito proroghe fino al 1997) tra quelle protagoniste della nostra carrellata. Non si tratta di una legge specifica per gli impianti elettrici (art.1) ma riguarda anche vari impianti tecnologici, di riscaldamento, radiotelevisivi, elettronici, etc... La grande novità di questa legge riguarda il fatto che interessa entrambe le fasi che costituiscono il ciclo di vita di un impianto:

-) la fase di progettazione e realizzazione;

-) la fase di gestione e manutenzione (la vita media di un impianto viene stimata intorno ai 30 anni).

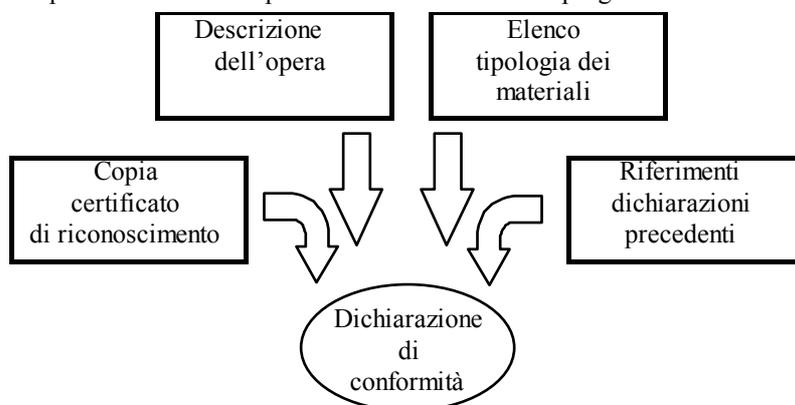
Vengono dunque coinvolti da tale legge tutti coloro che intervengono sull'impianto. Con questa legge, per la prima volta vengono individuate responsabilità che possono ricadere sugli operatori (a causa di difetti nella progettazione - art.6- e/o realizzazione -art.7- degli impianti) ma anche sugli utenti (a causa della mancata manutenzione ordinaria o straordinaria). Questa legge viene applicata a tutti gli impianti di proprietà dell'utente, a partire dal punto di consegna

(individuabile con il contatore) e si applica agli immobili adibiti ad uso civile (art.1, comma 1), ad attività produttive, commerciali o di terziario (art.1, comma 2). Viene inoltre dato grande peso al fatto che l'installazione, la trasformazione, l'ampliamento e la manutenzione degli impianti vengano effettuati da imprese con determinati requisiti tecnico professionali (artt.3-4-5).

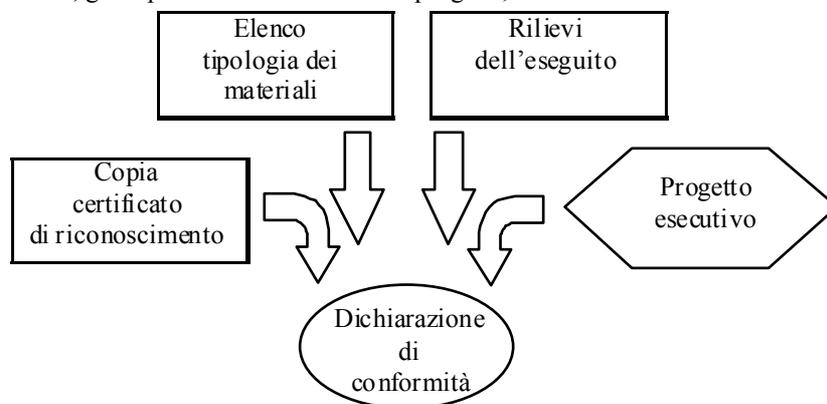
Come si è detto questa legge intende coprire tutto il ciclo di vita dell'impianto e coinvolgere tutti coloro che hanno a che vedere con l'impianto; vediamo dunque, nella seguente tabella, alcune definizioni generali riguardanti la fase di nascita di un impianto (fase di durata limitata nel tempo), collegata alle figure direttamente legate a tale fase:

Committente	Colui che ordina l'esecuzione del lavoro viene detto committente.
Progettazione	Questa fase è ovviamente da predisporre sempre ai fini dell'esecuzione dei lavori, delle verifiche e della documentazione finale. La progettazione è obbligatoria soltanto al di sopra dei limiti indicati nell'art.4 del regolamento e deve essere eseguita da professionisti abilitati.
Installazione	Anche l'installazione deve essere effettuata solo da parte di ditte abilitate sulle quali cade la responsabilità dell'utilizzo dei materiali a regola d'arte e dell'aderenza ai disegni finali.
Dichiarazione di conformità	Questa è sostanzialmente una novità inserita con questa legge: la dichiarazione deve confermare il fatto che l'impianto sia stato eseguito a regola d'arte. La documentazione tecnica facente parte della dichiarazione di conformità accompagna l'impianto per tutta la sua vita utile.

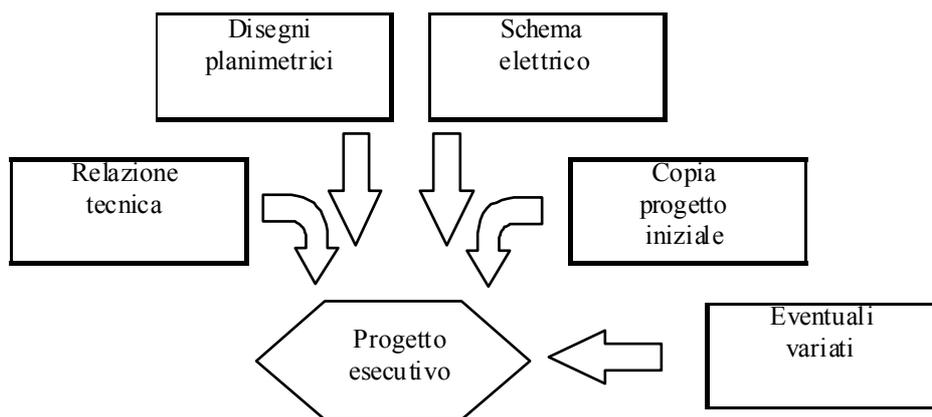
Vediamo ora schematicamente quali siano i documenti che devono obbligatoriamente far parte della dichiarazione di conformità; soffermiamoci prima sul caso di impianti che non richiedano il progetto:



Per quanto riguarda, invece, gli impianti che necessitano di progetto, si avrà:



dove sia:



Osservando una copia del “Modulo di dichiarazione di conformità dell’impianto a regola d’arte” possiamo notare come sia responsabilità del committente assicurarsi che la realizzazione dell’impianto venga eseguito da personale qualificato. Continuiamo la panoramica sul ciclo di vita di un impianto, soffermandoci ora sulla seconda fase (di durata media pari a circa 30 anni); consideriamo dunque la seguente tabella:

Gestione	La gestione dell’impianto è ovviamente di competenza dell’utente (ovvero della persona che utilizza i locali) che può essere il committente medesimo oppure una ditta (o comunque un soggetto diverso dal committente) che ha ricevuto l’incarico di gestire l’impianto
Manutenzione	Esistono fondamentalmente due tipi di manutenzione: la manutenzione ordinaria e la manutenzione straordinaria
Verifiche periodiche	Le verifiche periodiche hanno lo scopo di assicurare la sicurezza dell’impianto nel tempo accertando l’efficienza e la funzionalità dei componenti

Come si è accennato in precedenza, l’obbligatorietà o meno della fase progettuale dipende dalle dimensioni dell’impianto; qualora il progetto fosse necessario, la sua realizzazione è ovviamente di competenza di un tecnico iscritto all’albo professionale (art.6-rimando al regolamento). Così come la legge 186/68, anche questa prescrive la realizzazione a regola d’arte degli impianti e richiama, in questo senso, la normativa CEI (art.7). Al termine dei lavori, inoltre, la legge prescrive che l’impresa installatrice rilasci al committente una dichiarazione di conformità in cui si attesti che gli impianti sono stati eseguiti nel rispetto della legge stessa (art.9). Per quanto riguarda gli interventi di manutenzione, la legge definisce, innanzitutto, cosa si intenda per manutenzione ordinaria (sostituzione di componenti con le medesime caratteristiche) e per manutenzione straordinaria (sostituzione di elementi con caratteristiche diverse). Viene poi specificato che, in caso di manutenzione ordinaria, non è necessario né il progetto né la certificazione di idoneità, nel caso di manutenzione straordinaria rimane non necessario il progetto mentre diventa obbligatoria la certificazione di idoneità. E’ importante sottolineare, però, come rimanga responsabilità della ditta installatrice lo stabilire se una manutenzione sia ordinaria o straordinaria.

La legge esplicita inoltre le abilitazioni richieste ai singoli operatori e alle imprese e stabilisce le sanzioni in caso di inosservanza (sia da parte degli installatori che da parte dei committenti) che vanno dalle pene pecuniarie alla sospensione dall’albo (per inosservanze recidive).

Al fine di evitare che chiunque possa improvvisarsi tecnico installatore senza alcuna competenza specifica e conoscenza reale dei problemi impiantistici, la legge 46 interviene con due filtri determinando i soggetti autorizzati a svolgere l’attività di installazione, trasformazione, ampliamento e manutenzione degli impianti normati:

- la regolare iscrizione delle imprese singole o associate all’albo provinciale dell’artigianato o al registro delle ditte;
- il possesso di idonei requisiti tecnico professionali.

Per quanto riguarda la figura del singolo “tecnico abilitato”, la competenza professionale richiesta viene individuata dalla legge attraverso una serie di requisiti tecnico-professionali omnicomprensivi che vanno dal titolo di studio alla sola esperienza; in questo modo il legislatore riconosce dignità professionale alla figura del tecnico installatore, attribuendogli un profilo e un campo d’azione non più agibile da sedicenti tecnici. I requisiti tecnici previsti dalla legge 46 sono:

- la laurea;
- il diploma specifico più un anno di pratica;
- la formazione professionale più due anni di pratica;
- tre anni di esperienza nel settore come operaio specializzato.

Oltre a combattere l’incompetenza professionale, la legge 46 si batte anche contro l’irregolarità; a questo scopo prevede, infatti, la verifica dei requisiti prima citati. La legge prevede che solo le imprese in possesso del Certificato di

Riconoscimento dei requisiti possano operare sugli impianti. Il controllo di tali requisiti, con l'emissione del certificato, viene effettuato dalle commissioni, provinciale per le imprese artigiane e camerale per le ditte.

Dal punto di vista dell'applicabilità è importante osservare come non sia possibile richiedere il certificato di conformità per gli impianti realizzati prima del 12/02/92. Sono previste inoltre verifiche e collaudi per i quali i comuni, le USSL, i vigili del fuoco e l'ISPESL possono avvalersi della collaborazione di liberi professionisti (art.14). Concludiamo sottolineando la differenza tra verifica e collaudo (guida CEI 64-14): una verifica consiste nel verificare che l'impianto sia stato fatto a regola d'arte controllando le caratteristiche dell'impianto e il suo funzionamento; un collaudo consiste in una verifica accompagnata da un controllo formale della documentazione del progetto (il collaudo integra dunque l'aspetto tecnico all'aspetto amministrativo).

DPR-06/12/91 n.447

La legge 46/90 è stata molto dibattuta e, come si è detto, è effettivamente stata pubblicata sulla gazzetta ufficiale solo nel 1992; questo è il motivo di questo DPR che si occupa dei criteri per l'attuazione della legge. In particolare viene definito in modo migliore il concetto di "edificio adibito ad uso civile" (art.1-comma 1-L.46/90). Un edificio adibito ad uso civile è definito dunque come una unità immobiliare o parte di essa destinata ad uso abitativo, a studio professionale o a sede di persone giuridiche private, associazioni, circoli, conventi e simili (art.1-comma 1). Sono inoltre soggetti all'applicazione della legge (per quanto concerne i soli impianti elettrici) gli edifici adibiti a sedi di società, ad attività industriale, commerciale, agricola o, comunque, di produzione o intermediazione di beni e servizi, gli edifici di culto nonché gli immobili adibiti ad uffici, scuole, luoghi di cura, magazzini o depositi o, in genere, a pubbliche finalità, dello stato o di enti pubblici territoriali, istituzionali o economici (art.1-comma 2).

Il decreto si occupa anche del riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali per le imprese installatrici (art.3) e delle sanzioni in caso di non osservanza delle norme che vanno dalla semplice sanzione amministrativa alla sospensione temporanea dall'iscrizione imprese dal registro delle ditte o dall'albo provinciale delle imprese (art.10).

Infine, il DPR si occupa della questione dell'obbligatorietà del progetto. La redazione del progetto per l'installazione (nuovo impianto), la trasformazione (es. aggiunta dell'impianto di terra) o l'ampliamento (aggiunta di almeno un circuito) risulta obbligatoria al di sopra dei limiti dimensionali sotto indicati:

-) per gli impianti dei servizi comuni degli stabili condominiali quando la potenza impegnata supera i 6kW;
-) per le utenze domestiche di singole unità abitative (per esempio gli appartamenti) quando la superficie è superiore a 400 metri quadrati, a prescindere dalla potenza impegnata;
-) per gli impianti relativi agli immobili destinati ad attività produttive, al commercio, al terziario (es. uffici) o altri casi, quando la superficie è superiore a 200 metri quadrati oppure quando la tensione di alimentazione è superiore a 1000V; in questo caso il progetto include anche la parte in "bassa tensione";
-) per gli impianti dei locali adibiti ad uso medico, per i luoghi di maggior rischio in caso di incendio (es. scuole), per i luoghi con pericolo di esplosione e per tutti gli ambienti non ordinari soggetti a normative CEI specifica, quando la potenza impegnata è superiore a 1,5kW;
-) in altri casi specifici quale, per esempio, il caso in cui vengano impiegate lampade a fluorescenza a catodo freddo collegate ad impianti elettrici con obbligo di progetto oppure con potenza complessiva resa dagli alimentatori superiore a 1200VA.

Il decreto, infine, prevede l'obbligo di eseguire la manutenzione ordinaria intesa come insieme di interventi finalizzati a contenere il degrado normale d'uso nonché a far fronte ad eventi accidentali che comportino la necessità di primi interventi, che comunque non modifichino la struttura essenziale dell'impianto e la loro destinazione d'uso (art.8 comma2). Per quanto concerne, invece, il materiale ed i componenti elettrici si fa espresso riferimento alla legge 18/10/77 n.791 (art.5 comma2).

Aspetto normativo e legislativo. Adeguamento degli impianti preesistenti. Situazioni di pericolo.

Così come la legge 186, anche la legge 46 prevede che gli impianti vengano realizzati a "regola d'arte"; per quanto riguarda materiali e componenti la legge si rifà, ovviamente, alle norme CEI (o ad altre norme documentate) limitandosi a riportare quali attestati debbano essere fatti accompagnare al materiale per sollevare l'installatore dalle responsabilità. Il comma 2, però, impone esplicitamente due specifiche tecniche per l'impianto:

- l'impianto di terra;
- l'installazione di interruttori differenziali di sensibilità idonea alla situazione impiantistica non superiore comunque ad 1A, come precisato nel Regolamento di attuazione art.5 comma 6.

Vengono accettati anche altri sistemi che proteggano dai contatti indiretti. E' inoltre obbligatorio adeguare tutti gli impianti preesistenti, realizzati prima del 13/03/90. Tali impianti vengono considerati adeguati se soddisfano i seguenti requisiti:

- sezionamento (ovvero presenza, a valle del punto di consegna, di un dispositivo che permetta il sezionamento del circuito);
- protezioni contro le sovracorrenti poste all'origine dell'impianto;
- protezione contro i contatti diretti;
- protezione contro i contatti indiretti o interruttore differenziale con corrente nominale non superiore a 30mA.

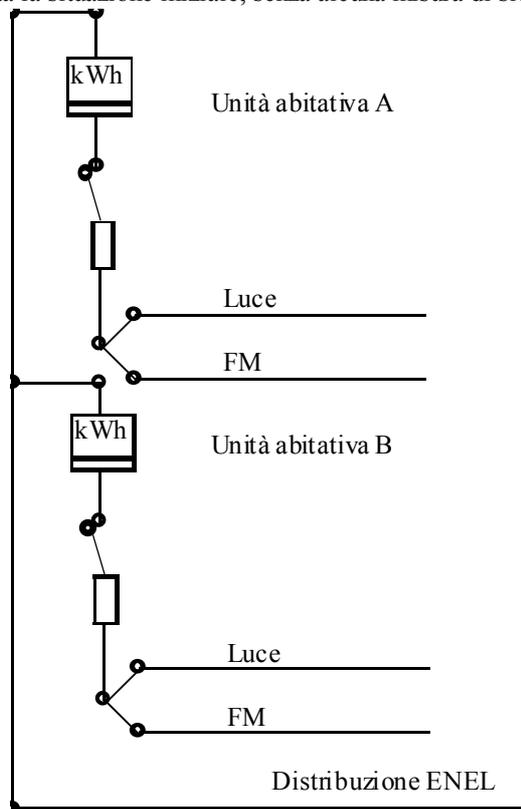
Solamente per gli impianti vecchi, la legge concede uno sconto che prevede la presenza obbligatoria di un unico interruttore differenziale generale. Prima di vedere un esempio di adeguamento di impianto preesistente è importante sottolineare la classificazione, contenuta nella legge 46, dell'unità immobiliare in due categorie:

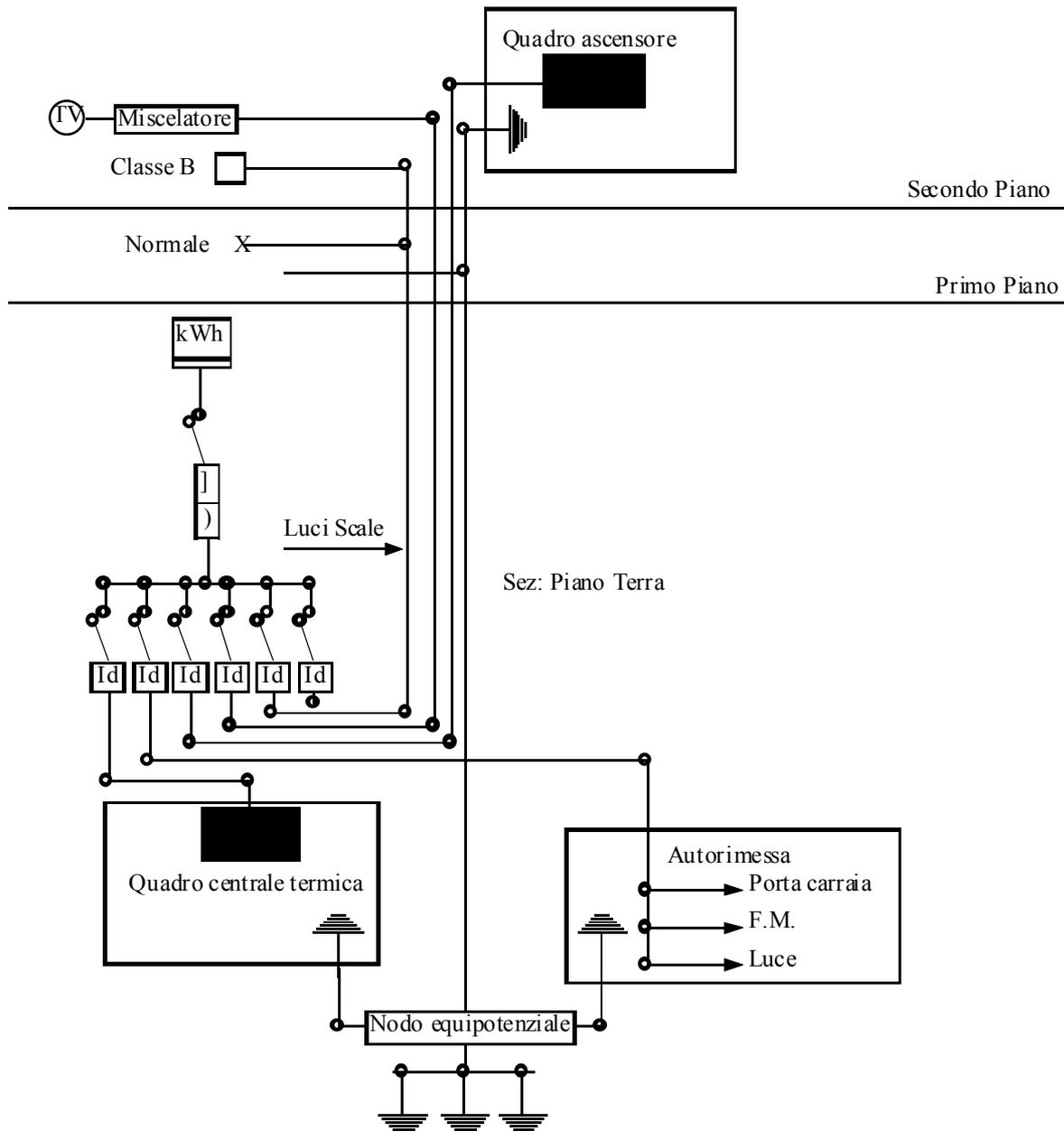
- 1) l'unità abitativa;
- 2) l'unità condominiale (ovvero i locali di uso comune);

Queste due categorie sono soggette a valutazioni differenti al fine del progetto e dell'adeguamento in merito alle responsabilità.

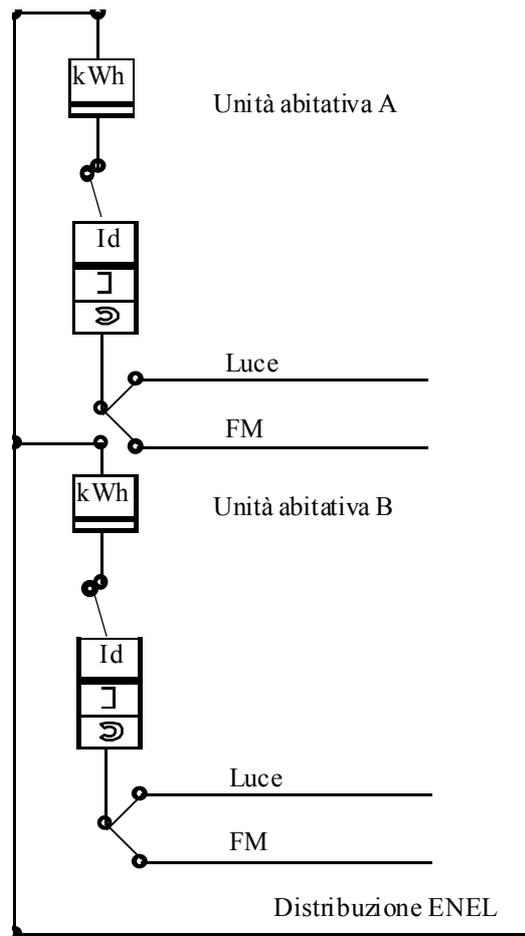
Vediamo ora, nel disegno della pagina seguente, lo schema relativo ai servizi comuni di un'unità immobiliare. Nello schema si vede dunque il punto di consegna (il contatore) a valle del quale viene messo un interruttore magnetotermico generale. Oltre tale interruttore troviamo un interruttore differenziale all'inizio di ogni linea (la linea che va al quadro della centrale, quella che va all'autorimessa, quella che va all'antenna TV, quella che va al quadro ascensore e quella relativa alla luce delle scale). Possiamo notare, inoltre, come siano presenti i contatti a terra per tutto tranne che per l'utilizzatore del secondo piano e per la TV.

Nell'immagine in questa pagina vediamo invece lo schema relativo ad una unità immobiliare adibita ad abitazione civile, in particolare viene mostrata la situazione iniziale, senza alcuna misura di sicurezza.

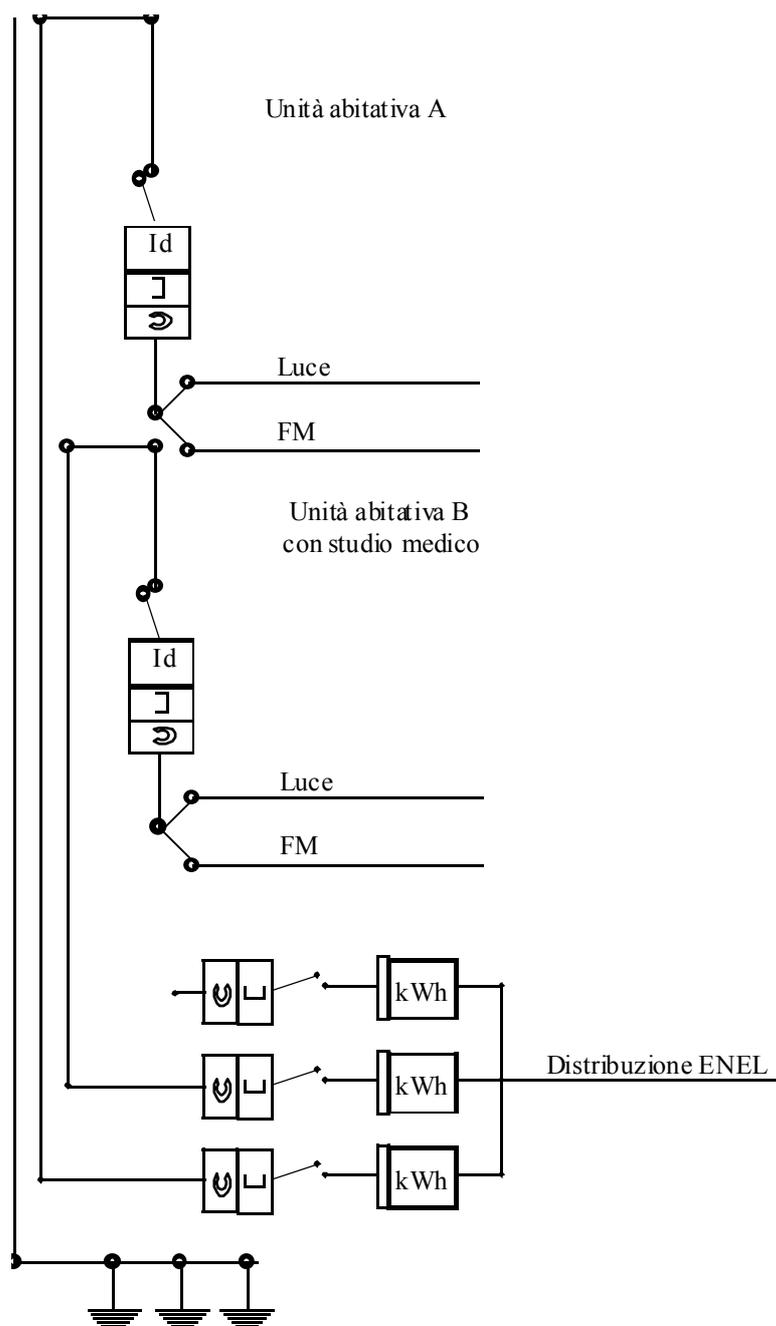




A proposito di quest'ultima figura, quella relativa alle parti comuni del condominio, bisogna dire, innanzitutto, che la mancanza del collegamento a terra per l'utilizzatore del secondo piano non è necessariamente una mancanza di sicurezza, se infatti tale utilizzatore è un utilizzatore a doppio isolamento il collegamento a terra non solo è superfluo ma diventa anche dannoso. La presenza dell'interruttore magnetotermico iniziale subito dopo il contatore, inoltre, non è sempre un'ottima scelta perché se si attiva in maniera intempestiva toglie corrente a tutto (questo potrebbe essere un problema, per esempio, per eventuali utenti che rimangono chiusi nell'ascensore). Torniamo ora alla prima immagine, riguardante l'unità immobiliare adibita ad abitazione; nell'immagine che segue si vede una prima ipotesi di ristrutturazione che prevede l'aggiunta di un interruttore magnetotermico differenziale in ogni unità abitativa.



Nell'immagine che segue vediamo un'altra ipotesi di adeguamento che prevede l'installazione di un dispositivo magnetotermico differenziale e di un conduttore di protezione collegato a terra. Questa seconda ipotesi di adeguamento, oltre ad essere più sicura, diventa praticamente obbligatoria quando ci siano delle particolari condizioni che rendono obbligatorio la compilazione del progetto; nel caso in esame, come si vede, l'unità abitativa B viene adibita a studio medico. Si può osservare, inoltre che, nel momento in cui venga deciso il collegamento a terra degli impianti relativi alle unità abitative ed una delle unità abitative non viene collegata, questo mette in pericolo non solo gli occupanti dell'unità abitativa scollegata ma anche tutti gli altri.



L'omologazione degli impianti è il soggetto principale del seguente decreto legge

DL-15/10/93 n.519.

Tale decreto rappresenta il regolamento recante l'autorizzazione all'istituto superiore di prevenzione e sicurezza del lavoro (ISPESL) ad esercitare attività omologative di primo o nuovo impianto per la messa a terra e la protezione dalle scariche atmosferiche:

- per quanto riguarda l'impianto di protezione dalle scariche atmosferiche, il decreto fa riferimento al DPR 547/55 (art.40) e prevede l'accertamento dell'efficienza almeno una volta ogni due anni; il presente decreto prevede la richiesta di omologazione tramite la presentazione del modello "A";
- per quanto riguarda, invece, l'impianto di terra, il DPR 547/55 (art.328) prevedeva l'accertamento dell'efficienza almeno una volta ogni due anni e il controllo delle cabine elettriche almeno ogni 5 anni; il decreto presente prevede la richiesta di omologazione tramite la presentazione del modello "B".

Arriviamo, infine, al documento sicuramente più citato negli ultimi tempi a proposito della sicurezza:

DL-19/09/94 n.626

Tale decreto è, in effetti, l'attuazione di una serie di direttive della CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro. Nel panorama legislativo italiano tale decreto va ad integrare e in parte a sostituire il DPR 547/55. Uno dei punti più importanti di tale decreto riguarda l'adeguata illuminazione artificiale e l'illuminazione di sicurezza delle vie di esodo e delle uscite di emergenza. In particolare, all'art.33 comma 1.1 si legge "le vie e le uscite di emergenza che richiedono un'illuminazione devono essere dotate di una illuminazione di intensità

sufficiente che entri in funzione in caso di guasto dell'impianto elettrico". Nell'art.3 comma 1 lettera R viene anche prescritta la regolare manutenzione degli apparecchi di illuminazione di emergenza poiché fra le misure generali per la protezione della salute e la sicurezza dei lavoratori viene anche individuata la "regolare manutenzione di ambienti, attrezzature, macchine e impianti, con particolare riguardo ai dispositivi di sicurezza...".

Dopo aver visitato in maniera sommaria tutto il parco legislativo riguardante la sicurezza degli impianti, soffermiamoci ora sugli aspetti normativi; malgrado la legge lasci in sostanza libertà alla normativa da seguire, noi faremo esplicito riferimento solo alla normativa CEI.

GUIDA CEI 0-2

Il titolo di tale guida è "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici". Tale opera risponde ai quesiti derivanti dalla legge 46/90 riguardo la documentazione di progetto e soddisfa a quanto previsto dal DPR 447/91 (art.4 comma 2). In sostanza tale guida fornisce indicazioni sulla necessaria documentazione di progetto dell'impianto elettrico (a pagina 14 di tale guida si trova, per esempio, una lista completa sulla documentazione facoltativa o obbligatoria in funzione del tipo di progetto). La guida CEI 0-2 individua due fasi progettuali:

- il progetto di massima: qui vengono definite le caratteristiche fondamentali dell'impianto (la documentazione prevista è dunque una relazione tecnica, uno schema elettrico a blocchi e il preventivo sommario). Il progetto di massima viene presentato al comune, insieme al progetto architettonico, per ottenere la concessione edilizia (art.6 comma 3 L.46/90)
- il progetto definitivo: questo fornisce tutte le informazioni per una corretta realizzazione dell'impianto; ovviamente richiede una maggior documentazione che va dalla relazione tecnica agli schemi elettrici esecutivi ai calcoli di dimensionamento alle modalità di installazione al capitolato speciale d'appalto al computo metrico. Il progetto definitivo serve per partecipare alla gara d'appalto e viene consegnato all'installatore per i controlli in corso d'opera.

I livelli progettuali previsti dalla guida CEI dunque, sono soltanto due; la legge Merloni (L. 109/94) prevede, in realtà, tre livelli progettuali. Il progetto preliminare, il progetto esecutivo e il progetto definitivo (che contiene il rilievo dei lavori eseguiti). Il progetto di massima svolge dunque la parte del progetto preliminare (per la legge 11/02/94 art.16) mentre il progetto definitivo svolge la funzione del progetto esecutivo della legge Merloni e quindi, alla fine dei lavori, bisognerà elaborare un altro progetto con le varianti in corso d'opera.

GUIDA CEI 64-14

Il titolo completo dell'opera è "Guida sulle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori". Questa guida, suddivisa in 10 capitoli, è stata realizzata da verificatori che hanno lavorato sotto il coordinamento dell'ISPESL. In campo elettrico vi sono due strade per verificare la corretta applicazione delle norme di prevenzione infortuni:

- il DPR 547/55
- la legge 186/68 completata dalla legge 46/90

Secondo una sentenza della cassazione i verificatori possono non fare riferimento alle disposizioni del DPR 547/55 quando queste risultino palesemente superate, in contrasto o non contemplate dalle attuali norme CEI. La verifica avviene sostanzialmente su due livelli:

- il collaudo: deve verificare la corrispondenza dell'impianto alle prescrizioni del capitolato (durante il collaudo viene controllata anche la documentazione);
- la verifica: serve per vedere la corrispondenza con le norme ai fini della sicurezza e si effettua per mezzo di esami a vista e prove.

L'esame a vista tende ad accertare la corrispondenza dell'impianto alle norme CEI ed il corretto utilizzo dei componenti installati. L'esame a vista può essere di tipo ordinario o approfondito (con l'utilizzo di attrezzatura) quando si ha il sospetto che l'impianto sia realizzato o progettato male. La prova non è altro che una serie di misure e operazioni eseguite con appropriati strumenti atte a verificare che l'impianto risponda alle norme CEI. Come detto in precedenza, quando la verifica avviene a livello di collaudo, è previsto anche il controllo delle planimetrie che devono riportare la destinazione d'uso, la posizione dei quadri elettrici e le linee principali (solo montanti e dorsali, non i circuiti terminali). Esistono anche le planimetrie dell'impianto di terra che devono riportarne la forma, i materiali utilizzati e le loro dimensioni. Gli schemi elettrici, che vanno realizzati solo per le officine elettriche e per i quadri, fanno anch'essi parte della documentazione controllata durante il collaudo. Esiste inoltre la documentazione relativa all'impianto di terra: come precedentemente visto, per gli impianti di terra nei luoghi di lavoro va fatta una denuncia per mezzo del modulo "B"; tale denuncia, però, non serve se l'impianto di protezione viene realizzato tramite la separazione elettrica dei circuiti oppure se si è in presenza di un impianto di terra funzionale o per la protezione dalle sovratensioni di origine atmosferica.

GUIDA CEI 64-8

Relativamente a questa guida ci occupiamo della suddivisione dei sistemi in base alla tensione nominale (V_n); tale tensione è quella per cui un impianto od una sua parte è stato progettato (CEI 64-8). Nel caso di corrente alternata si considera il valore efficace e per sistemi trifase si considera il valore della tensione concatenata. La norma CEI 64-8 fissa anche i limiti di tolleranza oltre che una gamma di valori normalizzati (220/380, 230/400). La classificazione per bassa media ed alta tensione è la seguente:

- Sistemi di categoria zero (B.T.)
 $V_n \leq 50V$ se in C.A.
 $V_n \leq 120V$ se in C.C.

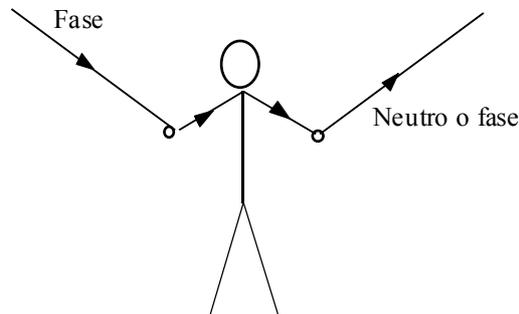
- Sistemi di prima categoria (B.T.)
 $50V < V_n \leq 1000V$ se in C.A.
 $120V < V_n \leq 1500V$ se in C.C.
- Sistemi di seconda categoria (M.T.)
 $1000V < V_n \leq 30000V$ se in C.A.
 $1500V < V_n \leq 30000V$ se in C.C.
- Sistemi di terza categoria (A.T.)
 $V_n > 30000V$ sia in C.A. che in C.C.

Concludiamo questa seconda parte del seminario analizzando quali sono le fondamentali e principali situazioni di pericolo dalle quali le leggi e le norme fin qui viste dovrebbero proteggere gli utenti. Nel seguito si vedranno gli aspetti tecnici che devono garantire la protezione e dunque si parlerà degli interruttori e del dimensionamento dei cavi. Concentriamoci ora dunque sulle principali situazioni di pericolo che sono sostanzialmente due:

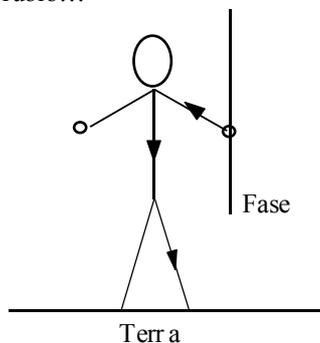
- il contatto diretto, ovvero il contatto tra il corpo umano ed una parte dell'impianto elettrico normalmente in tensione. I rimedi contro i contatti diretti possono essere l'isolamento delle parti attive o la protezione mediante involucri o barriere (protezione totale) oppure mediante ostacoli o distanziamento (protezione parziale). Una protezione aggiuntiva può essere ottenuta con l'uso di interruttori differenziali con corrente differenziale di intervento non superiore a 30mA (non elimina tuttavia gli infortuni dovuti al contatto simultaneo di due parti attive del circuito che si trovino a potenziali differenti) CEI 64-8/4 Par.412.5
- il contatto indiretto, ovvero il contatto fra il corpo umano ed una massa metallica appartenente all'impianto elettrico che si trova accidentalmente sotto tensione (a causa del danneggiamento di un isolante, di un filo fuoriuscito dai morsetti, etc...). Rimedi contro i contatti indiretti possono essere l'interruzione automatica del circuito, l'impiego di apparecchiature elettriche a doppio isolamento, l'utilizzo di circuiti a bassissima tensione di sicurezza (sistemi SELV, FELV, PELV), la separazione dei circuiti (trasformatore di isolamento).

In base a questa prima classificazione possiamo indicare i quattro principali casi di folgorazione di cui, i primi due derivano da contatti diretti e sono legati all'imprudenza e alla distrazione dell'utilizzatore mentre il terzo e il quarto sono dovuti a contatti indiretti e sono legati allo stato del materiale usato.

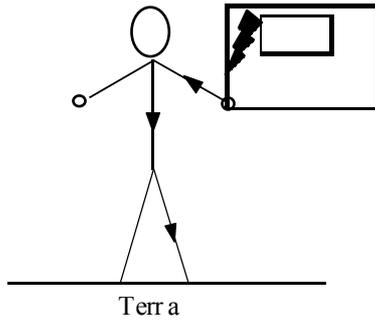
- 1) Una persona lavora su un circuito e questo è messo in tensione senza preavviso, oppure si utilizza una spina in tensione o fili provvisori, oppure un bambino introduce delle spille metalliche in una presa di corrente (in prevenzione di questo caso sono molto utili le prese ad alveoli protetti)...



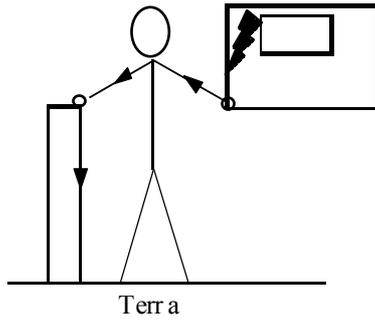
- 2) Una persona entra in una cabina di distribuzione e tocca una sbarra sotto tensione oppure una persona tocca un condotto murato con la punta di un punteruolo...



- 3) Una persona tocca la carcassa metallica di un apparecchio elettrico che presenta un difetto di isolamento oppure vengono utilizzati apparecchi vecchi e non revisionati...

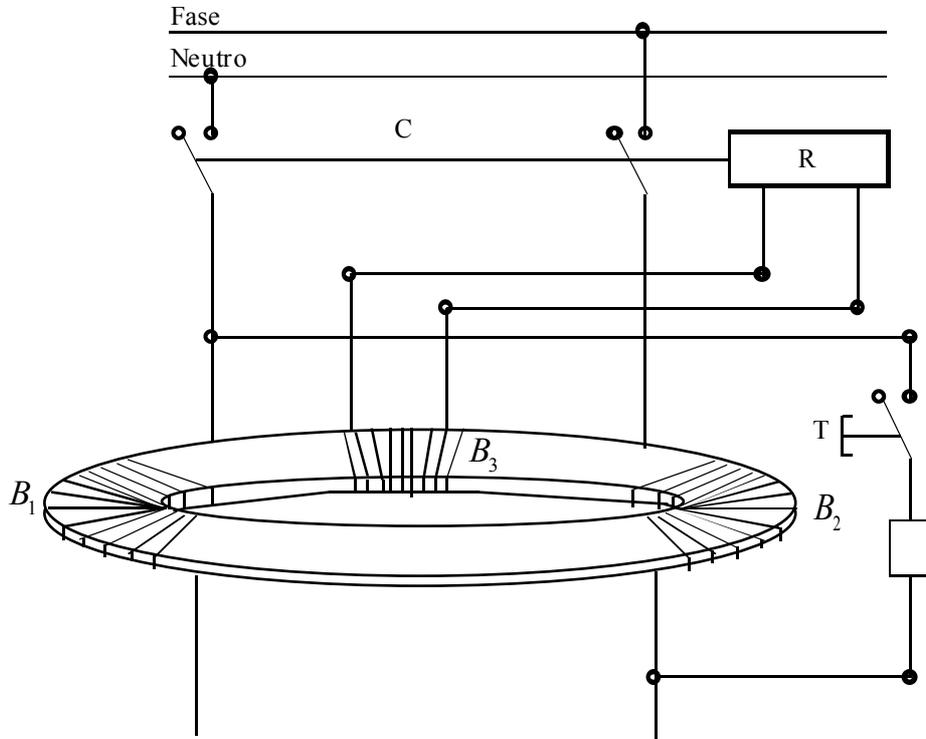


- 4) Una persona tocca la carcassa di un apparecchio elettrico che presenta un difetto di isolamento e il ritorno verso terra può effettuarsi ad esempio attraverso un calorifero da riscaldamento centrale, un'intelaiatura metallica, un'altra carcassa collegata a terra...

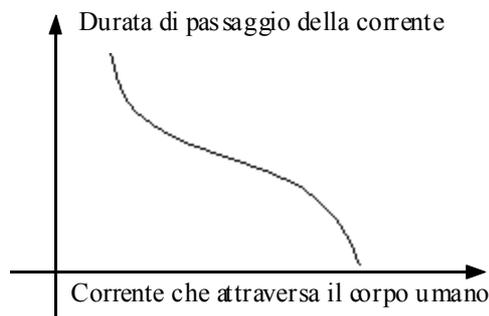


Interruttori differenziali. Cavi. Interruttori magnetoermici.

Dopo aver visto la situazione legislativa e normativa e dopo aver visto quali sono i principali pericoli ai quali un utente può andare incontro vediamo quali sono gli strumenti con i quali si tenta di proteggere l'utente. Riguardo l'utilità del collegamento a terra abbiamo già detto, vediamo ora altri dispositivi e, in particolare, gli interruttori differenziali di cui vediamo uno schema nel seguito:



Come si nota l'interruttore è composto da tre avvolgimenti che costituiscono un toroide. Un avvolgimento è collegato con il neutro e il secondo è collegato alla fase. In condizioni normali le due parti sono in opposizione di fase e quindi il flusso complessivo concatenato dai due avvolgimenti è nullo. Se arriva una corrente sbilanciata, il flusso non è più nullo e quindi viene concatenato dal terzo avvolgimento. La corrente arriva nel dispositivo R che, se questa supera una certa soglia, attiva il dispositivo C di sgancio. Nell'interruttore è presente un pulsante T di sgancio che serve per sbilanciare a richiesta il flusso e verificare se l'interruttore funziona. La caratteristica di intervento di un interruttore differenziale è la seguente:



Ovviamente il danno che una corrente può portare al corpo umano dipende dall'intensità della corrente e dal tempo nel quale questa corrente attraversa il corpo stesso. Tra 0,1 e 0,5 mA la corrente che attraversa il corpo umano non comporta nessun danno percepibile. Tra 0,5 e 30 mA la corrente porta ad effetti fisiologici generalmente non dannosi se la corrente che attraversa il corpo umano interviene per un tempo inferiore ai 200 ms; al di sopra di questa soglia di tempo ci possono essere effetti fisiologici rimarchevoli come arresto cardiaco, arresto respiratorio, crampi muscolari e tetanizzazione. In genere comunque tali effetti sono reversibili. Per correnti superiori ai 500mA si possono avere effetti fisiologici pari a quelli già descritti ma irreversibili. Solitamente un interruttore differenziale interviene dopo 20 ms dall'individuazione della corrente di ritorno. Solitamente il tempo di interruzione non deve essere superiore ad 1s. La corrente alla quale l'interruttore scatta deve essere compresa in un range compreso tra una corrente minima al di sotto della quale sicuramente l'interruttore non scatterà e una corrente massima al di sopra della quale l'interruttore scatterà

sicuramente. Il limite superiore prende il nome di corrente differenziale nominale; il limite inferiore non deve essere minore della metà della corrente differenziale di intervento. Concludendo il discorso sugli interruttori differenziali osserviamo quali possono essere delle controindicazioni legate al loro utilizzo nel caso, per esempio, di una carcassa entrata accidentalmente in tensione:

- Se non c'è il collegamento a terra oppure questo è scollegato il differenziale non rileverà differenza tra la corrente in entrata e la corrente in uscita dell'installazione. La carcassa sarà portata al potenziale di 220V. Se una persona tocca la carcassa essa sarà dunque sottoposta alla tensione di 220V. In questo caso il differenziale 300mA non servirà a niente. Solo il differenziale a 30mA può salvare l'utilizzatore.
- Con cattiva terra o morsetti non collegati. Poiché la resistenza della terra è molto elevata, la corrente di dispersione sarà inferiore alla corrente di sgancio del differenziale. Il differenziale non scatta e non serve dunque a niente. La carcassa avrà un potenziale pericoloso. Questo caso di non intervento della protezione può essere causato anche da uno scollegamento o da una imperfetta chiusura dei morsetti di terra. In questo caso, solamente un differenziale da 30 mA può salvare l'utilizzatore.

In queste due situazioni l'interruttore scatta solo quando l'utilizzatore tocca la carcassa prendendo la scossa; la situazione di massima sicurezza si ha, invece, quando l'interruttore scatta nel momento in cui la carcassa va in tensione, in maniera assolutamente indipendente dal fatto che una persona venga in contatto con il pericolo. Questa situazione si ottiene quando c'è sia l'interruttore differenziale che il collegamento di terra: poiché la corrente di guasto è superiore alla corrente differenziale, l'apparecchio aprirà i suoi contatti e metterà, così, l'installazione fuori tensione. La protezione farà la sua funzione prima che una persona entri in contatto con la carcassa metallica. E' importante sottolineare come, nel rilevare che una protezione differenziale sia scattata, la prima cosa da fare non è rimettere l'impianto in tensione ma eliminare il difetto. Concludiamo il nostro discorso sugli interruttori differenziali osservando che, tutte le volte che le prese di terra sono in cattivo stato o inefficienti, è preferibile utilizzare interruttori da 30mA piuttosto che da 300mA per la protezione contro i contatti indiretti.

Da questo momento in poi, parlando dei cavi e degli interruttori magnetotermici, non ci occuperemo più della sicurezza di chi utilizza l'impianto ma della salvaguardia dell'impianto stesso; vedremo dunque alcuni dispositivi che permettono ad un impianto di sopportare guasti riducendo nel maggior modo possibile i danni. La prima cosa che osserviamo, da questo punto di vista sono, ovviamente, i cavi. I cavi elettrici sono solitamente composti da un'anima di rame ricoperta da uno strato di isolante che può essere gomma, PVC o altro. La massima corrente che un cavo può trasportare dipende da tanti parametri come, per esempio, la sezione, il tipo di isolamento, etc... Battezzando I_z la massima corrente che può passare in un cavo e I_b la corrente che serve all'utilizzatore per funzionare la relazione che, ovviamente, deve essere soddisfatta, è la seguente:

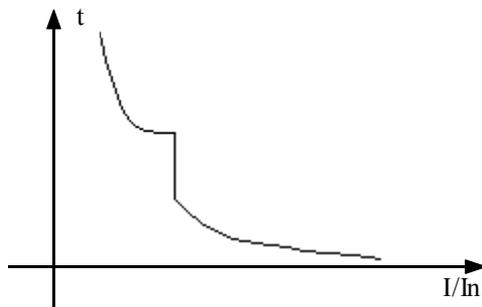
$$I_b \leq I_z$$

Quando la corrente passa in un cavo, ovviamente, questo si scalda per effetto Joule, a seconda del tipo di isolante esistono delle tabulazioni riguardanti la massima temperatura che può essere raggiunta in un cavo prima che, per esempio, possano venire ridotte le capacità isolanti della guaina che lo protegge. Quando si verificano dei cortocircuiti, inoltre, le temperature all'interno dei cavi si alzano. Nella tabella seguente vediamo le temperature limite ammissibili per cavi in rame in situazione di regime ordinario e di cortocircuito di tempo non maggiore a 5 secondi (oltre il quale intervengono le protezioni magnetiche):

Materiale isolante	Servizio ordinario	Cortocircuito
PVC	70°C	160°C
Gomma ordinaria	60°C	200°C
Gomma butilica (G2)	85°C	220°C
Gomma etilenpropilenica (EPR) e polietilene reticolato (XLPE)	90°C	250°C

La scelta dei cavi dipende anche, dal punto di vista della sezione dei cavi stessi, dalla massima caduta di tensione che si considera ammissibile nell'impianto. Dal punto di vista normativo la somma delle cadute di tensione dal punto di consegna all'ultimo utilizzatore non deve essere superiore al 4% (in fase progettuale si considera il 3%); proprio per questo motivo è necessario, a volte, utilizzare dei cavi con una sezione maggiore. Dal punto di vista della sicurezza per gli utilizzatori c'è da dire che, aumentando la sezione del cavo, a parità di interruttori, aumenta la sicurezza (e il costo); non è però vero il contrario. La scelta dei cavi in funzione della caduta di tensione viene fatta, sapendo qual è la lunghezza delle condutture e conoscendo il $\cos\phi$, sfruttando dei diagrammi appositi forniti con i cataloghi dalle imprese costruttrici. Per proteggere i cavi e il resto dell'impianto da sovraccarichi e cortocircuiti si usano dei dispositivi detti interruttori magnetotermici. Questi dispositivi proteggono dal sovraccarico tramite un intervento di tipo termico e proteggono dal cortocircuito sfruttando un intervento di tipo magnetico. Siccome il sovraccarico non è un vero e proprio guasto ma una situazione di servizio non prevista, l'intervento di tipo termico è un intervento piuttosto lento mentre l'intervento magnetico è veloce perché deve proteggere dal cortocircuito che è a tutti gli effetti un guasto. Dal punto di vista termico questi interruttori sfruttano una lamina composta da due materiali con diverso coefficiente di deformazione termica. I due metalli sono posti in modo da costruire una barretta che, con l'aumentare della temperatura, si piega fino a chiudere un circuito che provoca lo sgancio (la lentezza del procedimento è dovuta alla

lentezza con cui il bimetallo si incurva). La protezione magnetica sfrutta invece un principio diverso. In prossimità degli interruttori la corrente fluisce all'interno di una bobina; quando c'è un forte sbalzo di corrente dovuto ad un cortocircuito la bobina si magnetizza e attira un'ancora metallica che, muovendosi, opera lo sgancio. Spesso i conti relativi alle bande di azione relative a questi interruttori vengono fatti relativamente all'energia specifica passante; definiamo dunque l'energia specifica passante come la massima energia equivalente termica sopportabile dal cavo; un interruttore magnetotermico deve dunque intervenire prima che l'energia specifica passante (o integrale di Joule) superi un limite massimo. Nell'immagine seguente vediamo la caratteristica di intervento di un interruttore magnetotermico:



Come si vede la caratteristica è composta, sostanzialmente, da due tratti, il primo (quello di sinistra) riguarda l'intervento termico (temporalmente è quello che richiede più tempo) mentre il tratto di destra riguarda l'intervento magnetico (più veloce). Detta I_n la corrente nominale di azione dell'interruttore dobbiamo osservare che l'interruttore inizia ad agire quando è verificata la relazione:

$$\frac{I}{I_n} \leq 1$$

Anche per gli interruttori magnetotermici, così come per i differenziali, esiste un range di applicabilità che va da una corrente sotto la quale sicuramente l'interruttore non interviene, ad una corrente oltre la quale sicuramente l'interruttore agisce (in realtà esistono due range: uno per l'intervento termico ed uno per l'intervento magnetico). La norma CEI 23-3 IV ed. prevede tre tipi di caratteristica d'intervento, differenziate dai valori minimo e massimo dell'intervento magnetico. La tabella riporta detti valori ed il relativo campo di impiego:

Tipo	Minimo magnetico	Massimo magnetico	Impiego tipico
B	$3I_n$	$5I_n$	Protezione di generatori e di grandi lunghezze di cavi
C	$5I_n$	$10I_n$	Protezione di cavi e impianti che alimentano utilizzatori ordinari
D	$10I_n$	$20I_n$	Protezione di cavi che alimentano utilizzatori con elevate correnti di avviamento

Protezione degli impianti. Tipi di impianti di terra.

Concludiamo, in questa ultima parte del seminario, il discorso relativo alla protezione dell'impianto dai sovraccarichi e dai cortocircuiti. Per quanto riguarda la protezione dal sovraccarico, come abbiamo visto nella terza parte del seminario questa protezione rappresenta un problema di tipo termico. Il sovraccarico, se non interrotto tempestivamente, dà luogo a temperature che provocano il danneggiamento dell'isolante. Il tempo di interruzione contro il sovraccarico, che dipende anche dal tipo di isolante, va dalla decina di secondi a tempi dell'ordine di un'ora. La protezione dai sovraccarichi avviene per mezzo della parte termica degli interruttori magnetotermici. Affinché la protezione sia efficace, detta I_n la corrente nominale di intervento dell'interruttore, deve essere verificata la seguente relazione:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

La condizione di massima protezione si ha nel caso in cui sia:

$$I_b = I_n$$

mentre la condizione di minima protezione si ha quando vale la relazione:

$$I_n = I_z$$

ovviamente entrambe queste due ultime condizioni sono delle situazioni puramente teoriche. Definita poi la corrente I_f come la corrente di funzionamento, ovvero il minimo valore di sovracorrente che fa intervenire certamente l'interruttore entro il tempo convenzionale, deve essere verificata la condizione:

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

La norma non fa esplicito divieto ma raccomanda l'omissione della protezione contro i sovraccarichi nei seguenti casi:

1. circuiti di eccitazione delle macchine rotanti;
2. circuiti di alimentazione degli elettromagneti;
3. circuiti secondari dei trasformatori di corrente;
4. circuiti che alimentano dispositivi di estinzione dell'incendio.

Definiamo innanzitutto la corrente presunta di cortocircuito in un punto di un impianto utilizzatore come la corrente che si avrebbe nel circuito se nel punto considerato si realizzasse un collegamento di resistenza trascurabile (peggior condizione possibile) fra i conduttori in tensione. Il suo valore dipende dalla potenza del trasformatore di cabina e dalla lunghezza della linea a monte del guasto. Il potere di interruzione di un interruttore automatico corrisponde al più elevato valore di corrente di cortocircuito che può essere interrotta dal medesimo in situazioni di $\cos\phi$ e di cortocircuito stabilite dalla norma, senza compromettere il proprio funzionamento. Un metodo intelligente di protezione dal cortocircuito è quello della filiazione: questo metodo prevede di agire come segue. Invece di proteggere un impianto con una serie di interruttori da 15, che costano molto, si usa una serie di interruttori da 4, che costano molto meno, dopo aver però usato un unico interruttore da 35 a monte. Abbiamo così un impianto altrettanto sicuro ma meno costoso. Tale metodo può essere usato solo con interruttori della stessa marca per i quali esistano delle tabelle che chiariscono di quanto aumenta il potere di interruzione di un interruttore quando è a valle di un interruttore più potente. Un altro modo per risparmiare sugli interruttori è quello di sfruttare la caduta di tensione. La corrente di cortocircuito, diminuisce con l'allungarsi della linea; invece di usare degli interruttori grossi e costosi si può quindi usare un unico interruttore avvanquadrato nel punto di consegna, spostare il quadro di una ventina di metri in modo da far cadere la corrente di cortocircuito e poter utilizzare tutti interruttori piccoli e meno costosi. Oltre alla soglia relativa alla corrente che caratterizza un interruttore, esiste anche un'altra soglia relativa al tempo di intervento; nella guida CEI 64-8 (sezione 434-434.3.2) si legge che "tutte le correnti provocate da un cortocircuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito devono essere interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile". Tale tempo (per cortocircuiti di durata non superiore a 5 secondi) può essere calcolato con la relazione seguente:

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

dove K è un parametro relativo al tipo di cavo utilizzato mentre s è la sezione. A primo membro della relazione appena scritta vediamo l'integrale di Joule per la durata del cortocircuito. L'energia specifica lasciata passare dall'interruttore automatico non deve essere superiore a quella che può essere sopportata senza danno del cavo che deve essere protetto. Per valutare la corrente di cortocircuito lungo una linea si usano delle particolari tabelle che tengono conto della sezione del cavo, della lunghezza della linea e della corrente di cortocircuito a monte del cavo. Per assicurarsi sul fatto che un cavo sia protetto dal sovraccarico e dal cortocircuito si deve sovrapporre il grafico relativo al cavo con il grafico relativo al tipo di interruttore che si sta usando: confrontando i due grafici si vede se e da che cosa il cavo è protetto. Concludiamo il nostro discorso parlando dell'impianto di terra. Come prima cosa definiamo terra il punto convenzionale al quale si attribuisce potenziale zero. Il lato BT delle cabine di trasformazione è rappresentato dall'avvolgimento secondario di un trasformatore trifase collegato a stella; sono quindi disponibili, per effettuare i collegamenti, tre fasi ed il neutro (centro stella) che può risultare collegato a terra oppure isolato da terra. I sistemi elettrici di categoria zero e prima vengono classificati, in relazione al collegamento a terra, mediante una sigla di due lettere indicante lo stato del neutro (cabina) e delle masse (utilizzatori)

Prima lettera	T	Collegamento diretto a terra del neutro (con impedenza trascurabile)
	I	Neutro isolato da terra o collegato a terra mediante impedenza
Seconda lettera	T	Collegamento diretto a terra delle masse
	N	Collegamento delle masse al neutro (già collegato a terra in cabina)

I differenti casi possibili sono dunque i TT, TN e IT. In Italia è preferito il modello TT.