

Luca Lussorio

VERIFICHE E COLLAUDI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI

**ESECUZIONE DEGLI ESAMI A VISTA
E DELLE VERIFICHE STRUMENTALI**

IN CONFORMITÀ A TUTTE LE **NORME CEI ED UNI** IN VIGORE



CD-ROM INCLUSO

SOFTWARE PER LA GESTIONE DELLE PRINCIPALI SCHEDE DI VERIFICA DEGLI IMPIANTI


GRAFILL

Luca Lussorio

VERIFICA E COLLAUDI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI

ISBN 13 978-88-8207-454-8

EAN 9 788882 074548

Manuali, 113

Prima edizione, novembre 2011

Lussorio, Luca <1978->

Verifiche e collaudi degli impianti elettrici e speciali / Luca Lussorio. – Palermo :
Grafill, 2011.

(Manuali ; 113)

ISBN 978-88-8207-454-8

1. Impianti elettrici.

621.31042 CDD-22

SBN PaI0237904

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di novembre 2011

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge.

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

SOMMARIO

PREFAZIONE	p.	11
1. SCOPO E TIPOLOGIA DELLE VERIFICHE	"	11
1.1. Verifiche della sicurezza	"	11
1.2. Verifiche della funzionalità	"	12
1.3. Collaudo	"	12
2. STRUMENTI DI MISURA	"	13
2.1. Multimetri.....	"	13
2.2. Misuratori della resistenza di terra.....	"	15
2.3. Misuratori impedenza anello di guasto	"	17
2.4. Misuratori di isolamento	"	18
2.5. Misuratori di continuità elettrica	"	19
2.6. Strumenti prova differenziali	"	19
2.7. Luxmetri	"	19
2.8. Strumenti di verifica cablaggio strutturato	"	20
2.9. Fonometri	"	21
3. DOCUMENTAZIONE NECESSARIA AI FINI DELLA VERIFICA	"	22
3.1. Dati caratteristici dell'impianto.....	"	22
3.2. Schemi a blocchi	"	22
3.3. Elaborati grafici planimetrici	"	23
3.4. Schemi quadri elettrici	"	23
3.5. Manuali d'uso.....	"	23
4. INTRODUZIONE ALLE VERIFICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	"	24
5. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	"	25
5.1. Esami a vista	"	29
5.1.1. Esami a vista nel caso di protezione mediante bassissima tensione di sicurezza.....	"	29
5.1.2. Esami a vista nel caso di utilizzo di componenti in classe II	"	29
5.1.3. Esami a vista nel caso di interruzione automatica della alimentazione.....	"	30

5.2.	Prove.....	p.	32
5.2.1.	Prova della continuità dei conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali	"	32
5.2.2.	Misura della resistenza di terra	"	34
5.2.3.	Verifica delle protezioni differenziali.....	"	42
5.2.4.	Misura dell'impedenza dell'anello di guasto	"	45
5.2.5.	Misura della corrente di primo guasto a terra in sistemi IT	"	48
5.2.6.	Misura delle tensioni di passo e contatto	"	48
5.2.7.	Misura della resistenza di isolamento	"	49
6.	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	"	50
6.1.	Verifica dell'idoneità dell'isolamento delle parti attive.....	"	52
6.2.	Verifica dell'idoneità di involucri e barriere	"	52
6.3.	Verifica della scelta dei componenti elettrici e della loro corretta installazione	"	52
7.	PROTEZIONE CONTRO LE USTIONI E L'INCENDIO	"	54
7.1.	Protezione contro le ustioni.....	"	54
7.2.	Protezione contro l'incendio	"	54
7.2.1.	Protezione contro l'incendio in ambienti ordinari	"	55
7.2.2.	Protezione contro l'incendio in ambienti a maggior rischio.....	"	55
8.	VERIFICA DELLE CONDUTTURE	"	57
8.1.	Esame dei dispositivi di protezione	"	57
8.1.1.	Verifica dell'idoneità del potere di interruzione	"	57
8.2.	Esame di cavidotti e canalizzazioni.....	"	58
8.3.	Esami dei cavi	"	59
8.4.	Esami a vista delle connessioni.....	"	59
8.5.	Misura della corrente di cortocircuito.....	"	60
9.	VERIFICA DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE NORMALE	"	61
9.1.	Esame a vista degli impianti di illuminazione	"	62
9.2.	Verifica impianto di illuminazione in luoghi di lavoro.....	"	63
9.3.	Verifica impianto di illuminazione stradale	"	63
9.4.	Verifica impianto di illuminazione aree sportive	"	64
9.5.	Misure del valore di illuminamento medio	"	65
10.	VERIFICA DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA	"	69
10.1.	Modalità di realizzazione dell'impianto di illuminazione di sicurezza	"	73
10.2.	Esami a vista	"	74
10.3.	Prove.....	"	75
10.4.	Registro delle verifiche	"	76

11. VERIFICA DELL'IMPIANTO DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI.....	p.	79
11.1. Esami a vista	"	79
11.2. Prove.....	"	81
12. VERIFICA DELL'INSTALLAZIONE		
DEI DISPOSITIVI DI SEZIONAMENTO E COMANDO.....	"	82
12.1. Esame a vista dei dispositivi di sezionamento.....	"	82
12.2. Esame a vista dei dispositivi di comando o arresto di emergenza	"	82
12.3. Esame a vista dei dispositivi di comando funzionale	"	85
13. VERIFICA DELLA CORRETTA SCELTA		
ED INSTALLAZIONE DEI COMPONENTI.....	"	86
13.1. Esame a vista dei componenti.....	"	86
13.2. Esame a vista agevole accessibilità dell'impianto per interventi	"	87
13.3. Prova di polarità	"	88
13.4. Prove di funzionamento	"	88
14. VERIFICA DEGLI IMPIANTI ALL'INTERNO DI AMBIENTI SPECIFICI	"	89
14.1. Locali contenenti bagni o docce	"	89
14.2. Locali ad uso medico	"	92
14.2.1. Esami a vista locali medici di gruppo 0.....	"	94
14.2.2. Esami a vista per locali di gruppo 1.....	"	94
14.2.3. Esami a vista per locali di gruppo 2.....	"	94
14.2.4. Prove nei locali medici di gruppo 0	"	95
14.2.5. Prove nei locali medici di gruppo 1	"	95
14.2.6. Prove nei locali medici di gruppo 2	"	95
14.2.7. Prove funzionali dell'alimentazione dei servizi di sicurezza.....	"	96
14.2.8. Prove funzionali sulle sorgenti di sicurezza.....	"	97
14.3. Locali contenenti batterie.....	"	97
14.3.1. Esami a vista.....	"	97
14.3.2. Prove funzionali	"	98
14.4. Locali di pubblico spettacolo	"	98
14.4.1. Esami a vista.....	"	98
14.5. Locali ad uso agricolo o zootecnico	"	99
14.6. Autorimesse.....	"	100
14.7. Centrali termiche	"	100
14.8. Cantieri edili	"	101
14.9. Campeggi.....	"	101
14.10. Piscine e fontane	"	102
14.11. Centri elaborazione dati	"	104
14.12. Luoghi conduttori ristretti	"	104
14.13. Locali con pericolo di esplosione	"	104
14.13.1. Pericolo di esplosione dovuto alla presenza di gas.....	"	105
14.13.2. Pericolo di esplosione dovuto alla presenza di polveri.....	"	108

14.14.	Ambienti a maggior rischio in caso di incendio	p.	109
14.15.	Cabine elettriche	"	110
14.15.1.	Verifiche inerenti l'agibilità dei locali	"	110
14.15.2.	Verifiche inerenti gli interventi di manutenzione e di manovra	"	111
15.	VERIFICA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI NELLE CASE IN LEGNO	"	112
15.1.	Esami a vista	"	112
15.2.	Misure aggiuntive	"	113
15.3.	Verifiche strumentali	"	113
16.	VERIFICA DELLA DOCUMENTAZIONE IMPIANTISTICA		
	RELATIVA AGLI IMPIANTI ELETTRICI	"	114
16.1.	Dati ente fornitore di energia	"	114
16.2.	Dati caratteristici dell'impianto	"	114
16.3.	Documentazione as built	"	114
16.4.	Manuali d'uso	"	115
16.5.	Dichiarazioni e certificazioni	"	115
16.6.	Documentazione di legge e per espletamento formalità	"	116
17.	INTRODUZIONE ALLE VERIFICHE DI IMPIANTI SPECIALI	"	117
18.	IMPIANTI DI CABLAGGIO STRUTTURATO	"	118
18.1.	Esami a vista	"	118
18.2.	Verifiche strumentali del cablaggio in rame	"	119
18.2.1.	Mappatura (Wire Map)	"	120
18.2.2.	Lunghezza	"	120
18.2.3.	Ritardo di propagazione (delay)	"	120
18.2.4.	Differenza nel ritardo di propagazione (delay skew)	"	120
18.2.5.	Attenuazione (insertion loss)	"	121
18.2.6.	Attenuazione del segnale riflesso (return loss)	"	122
18.2.7.	Diafonia (NEXT, FEXT)	"	122
18.2.8.	Perdite di telediafonia a livello uguale (ELFEXT)	"	123
18.2.9.	PSNEXT e PSELFEXT	"	123
18.2.10.	Attenuation to Cross-Talk Ratio (ACR)	"	123
18.3.	Verifiche strumentali del cablaggio in fibra ottica	"	124
18.3.1.	Attenuazione	"	124
18.3.2.	Larghezza di banda	"	124
18.3.3.	Perdita di ritorno ottico	"	125
18.3.4.	Analisi diagnostiche con OTDR	"	125
18.4.	Analisi della documentazione impiantistica	"	126
19.	VERIFICA DEGLI IMPIANTI DI RIVELAZIONE INCENDI	"	127
19.1.	Verifica del corretto dimensionamento	"	128
19.2.	Esami a vista	"	128

19.3.	Verifica della centrale	p.	129
19.4.	Verifica del corretto stato di allarme	"	129
19.5.	Verifica del corretto stato di guasto	"	130
19.5.1.	Linea di rivelazione su impianti ad indirizzamento individuale	"	130
19.5.2.	Linea di rivelazione su impianti convenzionali	"	131
19.5.3.	Linea di comando monitorata	"	131
19.6.	Verifica delle fonti di alimentazione secondaria	"	131
19.7.	Verifiche strumentali	"	131
19.8.	Analisi della documentazione impiantistica	"	132
19.9.	Verifica dei manuali d'uso	"	132
19.10.	Dichiarazioni e certificazioni	"	132
19.11.	Esempi di schede di riscontro	"	132
20.	VERIFICA DEGLI IMPIANTI DI DIFFUSIONE SONORA PER EVACUAZIONE	"	137
20.1.	Verifica del corretto dimensionamento	"	137
20.2.	Esami a vista	"	138
20.3.	Verifiche funzionali in caso di allarme	"	139
20.4.	Verifica delle condizioni e delle segnalazioni di guasto	"	139
20.5.	Verifica dello stato delle fonti di alimentazione	"	140
20.6.	Verifiche strumentali	"	140
20.6.1.	Pressione sonora dei rumori di fondo	"	140
20.6.2.	Pressione sonora dei messaggi di allarme	"	141
20.7.	Analisi della documentazione impiantistica	"	141
20.8.	Verifica dei manuali d'uso	"	141
20.9.	Dichiarazioni e certificazioni	"	142
21.	VERIFICA DEGLI IMPIANTI ANTINTRUSIONE	"	143
21.1.	Verifica del corretto dimensionamento	"	143
21.2.	Esami a vista	"	143
21.3.	Prove funzionali	"	143
21.4.	Prove strumentali	"	144
21.5.	Analisi della documentazione impiantistica	"	144
21.6.	Verifica dei manuali d'uso	"	145
21.7.	Dichiarazioni e certificazioni	"	145
22.	VERIFICA DEGLI IMPIANTI DI VIDEOSORVEGLIANZA	"	146
22.1.	Esami a vista	"	146
22.2.	Prove funzionali	"	146
22.3.	Prove strumentali	"	147
22.4.	Analisi della documentazione impiantistica	"	147
22.5.	Verifica dei manuali d'uso	"	147
22.6.	Dichiarazioni e certificazioni	"	148

23. VERIFICHE PERIODICHE	p. 149
23.1. Verifiche periodiche richieste per legge.....	" 149
23.2. Verifiche periodiche richieste dalla normativa	" 150
23.2.1. Impianti elettrici utilizzatori.....	" 150
23.2.2. Impianti di terra.....	" 150
23.2.3. Impianti di protezione contro le scariche atmosferiche	" 150
23.2.4. Impianti rivelazione incendi.....	" 150
23.2.5. Impianti di illuminazione di sicurezza	" 150
23.2.6. Locali ad uso medico	" 151
23.2.7. Edifici pregevoli per arte e storia.....	" 151
23.2.8. Edifici scolastici	" 151
23.2.9. Luoghi di pubblico spettacolo	" 152
23.3. Indicazioni del costruttore degli impianti	" 152
24. VERBALE DI VERIFICA.....	" 153
25. GUIDA ALL'INSTALLAZIONE E ALL'USO DEL SOFTWARE.....	" 154
25.1. Contenuti del CD-ROM	" 154
25.2. Requisiti minimi hardware e software	" 154
25.3. Procedura per la richiesta della password utente	" 155
25.4. Procedura per l'installazione del software	" 155
25.5. Primo avvio, registrazione ed uso del software	" 156
26. BIBLIOGRAFIA.....	" 157
26.1. Norme CEI	" 157
26.2. Norme UNI.....	" 157
26.3. Pubblicazioni	" 157
26.4. Siti internet	" 158

PREFAZIONE

Gli impianti elettrici e speciali rappresentano oggi giorno una componente essenziale della nostra società civile, economica e commerciale. È pertanto sempre necessario, proprio alla luce del ruolo fondamentale che rivestono, verificarne gli aspetti di sicurezza e di funzionalità.

Molte volte purtroppo le verifiche vengono svolte in maniera approssimata o comunque non sufficientemente corretta. Detta carenza si può riscontrare sia nelle verifiche condotte dalle imprese installatrici che in quelle condotte da professionisti incaricati del collaudo degli impianti.

Scopo del presente volume è offrire un valido ausilio a chi deve verificare gli impianti elettrici e speciali privilegiando le soluzioni che consentono di ottimizzare le tempistiche e fornendo consigli pratici sulla base dell'esperienza diretta di dette attività. Proprio per la natura operativa della trattazione sono state volutamente escluse le verifiche relative a quelle metodologie impiantistiche che, sebbene prese in considerazione dalla norma, presentano una valenza installativa limitata a pochi casi particolari.

Un particolare ringraziamento va infine a chi ha collaborato alla stesura del presente volume fornendo utili consigli nonché ai webmasters del sito www.elektro.it che hanno gentilmente consentito di utilizzare le figure da loro realizzate e pubblicate.

SCOPO E TIPOLOGIA DELLE VERIFICHE

Il termine verifica sta genericamente ad indicare quell'insieme di operazioni finalizzate ad accertare la rispondenza di un qualsivoglia componente o impianto a determinati requisiti prestabiliti.

Ovviamente, a seconda dei requisiti prestabiliti di cui si vuole accertare la rispondenza, cambierà la tipologia della verifica che si andrà ad effettuare.

Nell'ambito dell'ingegneria con il termine collaudo (dal latino *cum-laude*, ovvero "a opera d'arte") si fa riferimento ad una serie di operazioni messe in atto in modo da verificare il corretto funzionamento di un'opera di ingegno prima che questa venga destinata all'utilizzo.

Come si può facilmente intuire, pertanto, verifiche e collaudi di una qualsiasi tipologia di impianto sono strettamente correlati fra loro. Tuttavia, dal punto di vista formale, rappresentano due aspetti fondamentalmente diversi che è bene chiarire sin da subito.

Nell'ambito elettrico la *verifica* serve a comprovare la rispondenza dell'impianto alle norme di sicurezza e la sua funzionalità, mentre il *collaudo* si prefigge di accertare, oltre alla bontà ed alla sicurezza dell'impianto analizzato, anche la corrispondenza dell'installazione al progetto e al capitolato d'appalto.

Sulla base di quanto sopra si possono pertanto individuare le tre seguenti macro-tipologie di accertamenti:

- verifiche della sicurezza;
- verifiche della funzionalità;
- collaudo.

È del tutto evidente che ciascuna delle tre macro-tipologie di accertamenti sopra indicata presuppone l'avvenuta esecuzione della precedente.

Un'ulteriore sostanziale differenza fra verifiche e collaudi sta nel fatto che il collaudo viene generalmente eseguito prima della consegna di un impianto al suo fruitore, mentre le verifiche, proprio per la loro natura finalizzata ad accertare la sicurezza e la funzionalità, vengono eseguite, oltre che prima della consegna, anche con cadenza periodica per garantire che i componenti installati abbiano mantenuto nel tempo le loro caratteristiche.

▼ 1.1. Verifiche della sicurezza

Le verifiche ai fini della sicurezza servono a comprovare che il livello di rischio legato all'utilizzo dell'impianto possa essere ritenuto accettabile oppure che l'impianto, se realizzato per garantire la sicurezza delle persone (impianti di rivelazione incendi, impianti di diffusione sonora per evacuazione, ecc.), abbia tutti i requisiti necessari al suo corretto funzionamento anche in caso di anomalie normalmente prevedibili come, ad esempio, la mancanza di alimentazione elettrica ordinaria.

Questa tipologia di verifiche viene effettuata secondo le indicazioni fornite dalle norme CEI ed UNI, ma non vengono prese in considerazione le regole di buona tecnica che si riferiscono alla fun-

zionalità ed alla fruibilità dell'impianto. Ad esempio un impianto molto esteso potrebbe essere protetto contro i contatti indiretti da un unico differenziale avente corrente nominale di intervento 30 mA: da un punto di vista della sicurezza nulla può essere eccepito, mentre dal punto di vista della funzionalità la soluzione adottata non è assolutamente idonea.

Questo tipo di verifica, proprio per la sua natura unicamente legata alla valutazione del rischio, viene generalmente attuato dalle autorità ispettive al fine di garantire la sicurezza dei lavoratori.

▼ 1.2. Verifiche della funzionalità

Le verifiche ai fini della funzionalità servono a comprovare la bontà tecnica e la facile fruibilità dell'impianto analizzato.

Poiché detti aspetti riguardano quella che genericamente viene definita "regola dell'arte", si può fare riferimento anche in questo caso alle norme CEI ed alle norme UNI curandosi però degli aspetti legati alla prestazionalità.

Come già evidenziato nell'esempio del punto precedente una classica tipologia di verifica della funzionalità è quella relativa alla selettività delle protezioni: un guasto su un'utenza terminale deve mettere fuori servizio solo una parte dell'impianto e lasciare operative le rimanenti.

Analogo ragionamento può essere svolto, sempre a puro titolo di esempio, sugli impianti di rivelazione incendi: un sensore che genera ripetutamente falsi allarmi è accettabile dal punto di vista della sicurezza, ma non certamente da quello della funzionalità.

▼ 1.3. Collaudo

Poiché generalmente un impianto viene progettato per offrire sicurezza e prestazioni maggiori rispetto a quelli di minimo richiesti dalle norme CEI e dalle norme UNI, è necessario procedere ad una verifica del soddisfacimento delle richieste esplicitate nella documentazione progettuale ed in particolare nel capitolato speciale di appalto. Questa tipologia di verifica viene comunemente definita collaudo ed attesta formalmente la corrispondenza dell'impianto realizzato con quanto contrattualmente concordato.

Nell'ambito dei lavori pubblici il termine "collaudo" assume un significato più ampio e riguarda, oltre agli aspetti tecnici, anche gli aspetti economici inerenti quantità e qualità dei materiali nonché l'esame delle riserve dell'appaltatore.

STRUMENTI DI MISURA

Per poter effettuare le verifiche richieste dalle norme CEI ed UNI è necessario disporre di un'adeguata strumentazione.

Nel seguito verranno brevemente analizzati i principali strumenti di misura e verifica degli impianti elettrici. Saranno altresì esplicitate le loro funzionalità e le modalità di utilizzo evidenziando gli aspetti che devono essere presi in considerazione al momento dell'acquisto.

Attualmente esistono in commercio strumenti multifunzione che racchiudono in un unico apparecchio molte delle funzionalità richieste per l'esecuzione delle verifiche in conformità alle cogenti normative.

Si ricorda che il costruttore ed il distributore della strumentazione, in conformità alle norme internazionali / europee UNI EN ISO 9001 e 9002, devono essere in grado di garantire le procedure di calibrazione con riferimento a strumenti primari certificati da laboratori di taratura riconosciuti. È pertanto importante che il produttore e/o il distributore della strumentazione siano in grado di fornire e garantire nel tempo un servizio di assistenza per interventi di controllo, riparazione e calibrazione con relativa dichiarazione sul prodotto.

Si precisa infine che non ci sono scadenze o periodicità per la validità della calibrazione degli strumenti di misura. Per valutare la necessità di ricalibrazione ci si può riferire alle indicazioni del costruttore o, in alternativa, all'affidabilità che si vuole ottenere, all'uso e livello di usura dello strumento, alla sua delicatezza, precisione, ecc. Per avere un'indicazione di riferimento può essere utile sapere che gli strumenti primari (in dotazione ai costruttori e distributori certificati) hanno un certificato di taratura che, nella maggior parte dei casi, ha almeno un anno di validità.

▼ 2.1. Multimetri

Un multimetro è uno strumento di misura che integra in un'unica unità le funzioni più comuni per l'analisi e la ricerca guasti su un impianto elettrico. Nel settore dell'impiantistica elettrica è anche conosciuto col termine semplicistico di "tester".

Le funzionalità più comuni generalmente implementate sono:

- misura della resistenza elettrica;
- misura delle tensioni continua ed alternata (fino a 690 V);
- misura delle correnti continua ed alternata (fino a 10 A).

Col crescere della qualità e conseguentemente del costo, su un multimetro possono essere implementate le seguenti ulteriori funzioni supplementari:

- verifica della continuità di un circuito elettrico con eventuale segnalazione acustica (viene emesso un suono se si riscontra continuità nel circuito in esame);
- misura della capacità e/o dell'induttanza di un componente o di un circuito;
- misura della frequenza di un circuito a tensione alternata;

- verifica del funzionamento dei diodi;
- verifica del funzionamento dei transistor;
- misura di correnti elevate con pinze amperometriche ausiliarie;
- misura della temperatura a mezzo di apposite sonde esterne;
- misura del vero valore efficace e/o di picco di tensioni e correnti alternate.

Un altro parametro che determina la qualità di un multimetro è la sua impedenza in ingresso, ovvero quanto il multimetro va ad influenzare o è influenzato dal circuito in esame. Un multimetro per uso elettronico deve presentare un resistenza di ingresso elevata (almeno 20 kohm/volt) considerata la piccola entità dei segnali in gioco e l'alta impedenza dei circuiti in esame. Un multimetro per uso impiantistico elettrico è invece preferibile se presenta una bassa impedenza di ingresso in modo da rendere meno probabili false misure dovute a tensioni indotte nei circuiti elettrici da campi magnetici presenti nell'ambiente.

Lo standard IEC EN61010 suddivide i multimetri in varie categorie in cui una numerazione più elevata indica uno strumento adatto a misure su circuiti aventi tensioni e potenze maggiori. Senza entrare nel dettaglio delle specifiche tecniche le categorie si possono genericamente riassumere in:

- CAT I: uso per correnti, tensioni e potenze molto basse;
- CAT II: uso per impianti elettrici domestici o residenziali;
- CAT III: uso con carichi di potenza come pannelli di distribuzione, motori, prese di distribuzione;
- CAT IV: uso per correnti, tensioni e potenze molto alte come per esempio quadri di distribuzione generale, quadri di misura di grandi impianti.

I multimetri presenti in commercio si dividono inoltre in multimetri digitali ed in multimetri analogici. I multimetri digitali visualizzano il valore misurato su di un display a segmenti, mentre per quelli analogici la lettura è data da un indice che si sposta sopra una scala graduata.



Figura 1. *Multimetro digitale*



Figura 2. *Multimetro analogico*

La misura indicata sul display degli strumenti digitali è ovviamente più precisa rispetto a quella di una scala graduata; tuttavia nei casi in cui è prioritario avere una percezione immediata dell'ordine di grandezza piuttosto che conoscere il valore esatto (ad esempio per verificare se l'avvolgimento di un motore è a massa), si tende a preferire lo strumento analogico in quanto di più immediata consultazione.

Per unire i due vantaggi sopraindicati, nei modelli digitali portatili più sofisticati, viene aggiunta sul display la visualizzazione del livello del segnale simulata con un cursore analogico.



Figura 3. *Multimetro digitale con integrato cursore analogico*

Si riportano infine alcuni consigli pratici sull'utilizzo dei multimetri:

- se si utilizza uno strumento analogico è opportuno verificare il suo corretto posizionamento in quanto un'inclinazione eccessiva o una posizione non corretta possono inficiare drasticamente la misura;
- con qualsiasi tipologia di strumento è opportuno iniziare la lettura impostando un fondo scala elevato, per poi scendere gradatamente fino a che il valore rilevato sia il più prossimo possibile al fondo scala, ma sempre senza mai superarlo;
- nelle misure dirette di corrente (senza pinze amperometriche ausiliarie) spesso il circuito non è protetto da fusibile; se in queste condizioni si misura per errore una tensione, invece di una corrente, si determina un cortocircuito che può generare condizioni di pericolo per l'operatore.

▼ 2.2. Misuratori della resistenza di terra

I misuratori della resistenza di terra utilizzano il metodo volt-amperometrico per effettuare la misura. Il metodo volt-amperometrico si basa sulla prima legge di Ohm che asserisce la proporzionalità fra tensione e corrente secondo la seguente formula:

$$V = R * I$$

Dove:

V = tensione misurata;

I = corrente misurata;

R = resistenza del circuito in esame.

Per comprendere appieno quanto sopra è opportuno fare riferimento all'immagine riportata in figura 4.

Il generatore dello strumento fa circolare una corrente di prova tra la sonda ausiliaria di corrente Z_A e l'impianto di terra in esame Z_E ; lo strumento misura la tensione totale U_P fra l'impianto di terra e la sonda ausiliaria di tensione "P". Il valore della resistenza di terra è pertanto dato dal rapporto U_P / I_{prova} dove U_P è la tensione totale misurata e I_{prova} la corrente iniettata dal generatore. Generalmente non è necessario effettuare alcun calcolo in quanto lo strumento restituisce già il corretto valore della resistenza di terra rilevata.

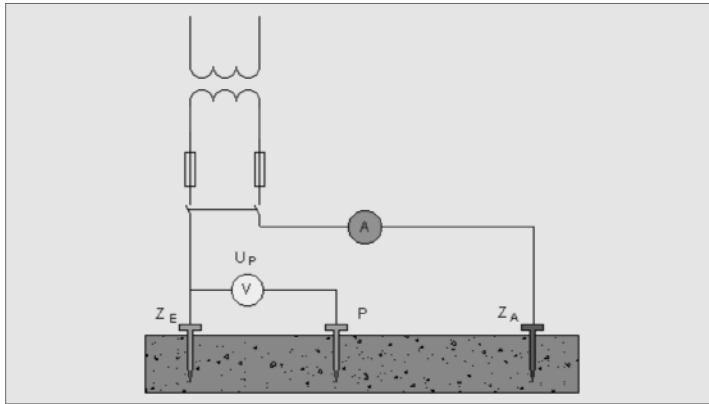


Figura 4. Metodo volt-amperometrico nella misura della resistenza di terra

La corrente di prova iniettata nel terreno deve essere di tipo alternato (preferibilmente ad onda quadra) poiché utilizzando correnti continue le misure potrebbero essere viziate da forze elettromotrici di tipo elettrolitico o da correnti vaganti. È bene altresì che la frequenza della corrente iniettata sia diversa da quella di rete (50 Hz) per evitare l'influenza di eventuali correnti disperse nel terreno e che presenti un valore sufficientemente elevato (maggiore di 10 mA) per garantire misure corrette.

Gli strumenti meno performanti dispongono di un unico morsetto per collegare lo strumento all'impianto di terra e vengono pertanto definiti a "3 morsetti" (un morsetto per collegamento all'impianto di terra, uno per collegamento alla sonda ausiliaria di corrente, uno per il collegamento alla sonda ausiliaria di tensione). Questa tipologia di strumenti non consente la misura di resistenze di terra molto basse in quanto la misura restituita ingloba anche la resistenza del cavo che unisce lo strumento all'impianto di terra (essendo il punto di misura della tensione totale all'interno dello strumento). Nello schema sotto riportato è esplicitato graficamente quanto espresso sinora a proposito dei misuratori a "3 morsetti".

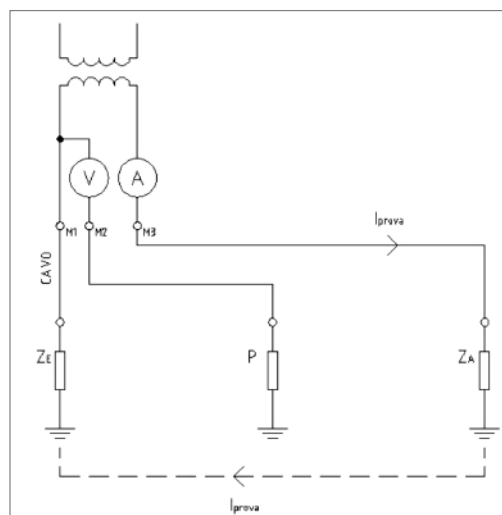


Figura 5. Misuratore di terra a 3 morsetti

Qualora si dovessero effettuare misure su impianti a bassa resistenza di terra (dell'ordine 0,5 – 1 ohm) è necessario ricorrere a strumenti definiti a “4 morsetti”. Questi strumenti si collegano all'impianto di terra mediante 2 morsetti: uno è utilizzato per iniettare la corrente di prova, l'altro per rilevare la tensione totale. Così operando la misura rilevata non ingloba la resistenza del cavo di collegamento strumento-impianto di terra. Nello schema sotto riportato è esplicitato graficamente quanto espresso sinora a proposito dei misuratori a “4 morsetti”.

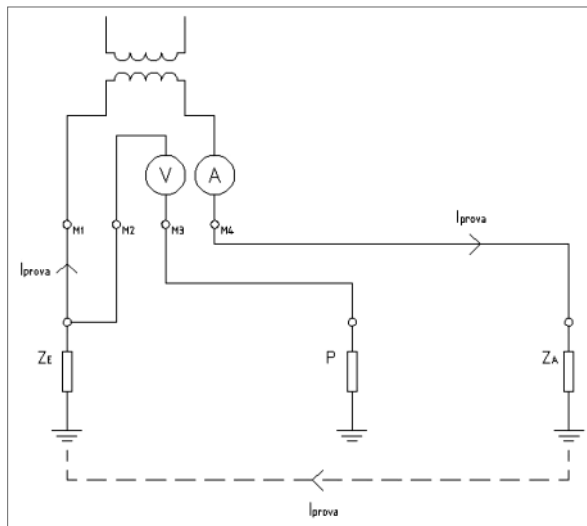


Figura 6. Misuratore di terra a 4 morsetti

Gli strumenti a “4 morsetti” dispongono inoltre della funzione di misura della resistività del terreno. La misura della resistività del terreno non è utilizzata in sede di verifica, ma può essere utile in fase di progettazione per prevedere analiticamente quale sarà il valore di resistenza dell'impianto di terra una volta realizzato.

▼ 2.3. Misuratori impedenza anello di guasto

I misuratori dell'impedenza dell'anello di guasto servono a verificare l'idoneità delle protezioni contro i contatti indiretti nei sistemi TN (impianti con propria cabina di trasformazione MT/BT) qualora non vengano utilizzati dispositivi differenziali.

Per anello di guasto si intende il circuito che viene percorso da corrente in caso di cedimento di isolamento verso massa di una fase dell'impianto elettrico.

Misurando l'impedenza di detto circuito è possibile determinare la corrente che si verifica in caso di guasto franco a terra e conseguentemente determinare il tempo di intervento delle protezioni (vedi figura 7).

Se la componente resistiva del circuito in prova è predominante rispetto a quella reattiva (condizione che si verifica generalmente su linee di sezione inferiore a 70 mm² e sufficientemente lon-

tano dal trasformatore MT/BT) non è necessario che lo strumento misuri l'impedenza dell'anello di guasto, ma è sufficiente che rilevi la resistenza. Qualora invece questa condizione non sia soddisfatta è necessario ricorrere ad un impedenzometro. Questo perché tenendo conto della sola componente resistiva il valore di corrente di guasto misurato sarebbe maggiore di quello reale che è limitato dalla componente reattiva; poiché ai fini della protezione contro i contatti indiretti la condizione a favore della sicurezza consiste nell'assumere correnti più basse di quelle reali, l'utilizzo di un misuratore di resistenza risulta non accettabile.

I misuratori di impedenza dell'anello di guasto possono inoltre essere utilizzati per determinare le correnti di corto-circuito in un punto dell'impianto (trifase, bifase e fase-neutro).

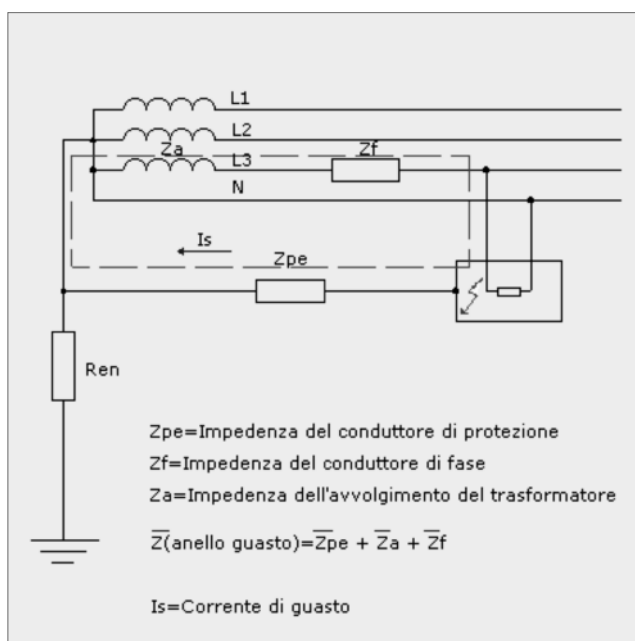


Figura 7. Anello di guasto e relativa impedenza

▼ 2.4. Misuratori di isolamento

I misuratori di isolamento servono a determinare se un componente è idoneo a sopportare la tensione a cui è sottoposto durante le ordinarie condizioni di funzionamento. Per effettuare detta verifica è necessario applicare una tensione di prova di natura continua sufficientemente elevata. Le tensioni di prova tipiche sono indicate dalla norma CEI 64-8 e dipendono dalla tensione nominale dell'impianto in esame.

Lo strumento misuratore di isolamento restituisce il valore della resistenza di isolamento determinata come rapporto fra la tensione di prova applicata e la corrente circolante durante la prova.

Per la misura della resistenza di isolamento non è consentito utilizzare i comuni multimetri in quanto impiegano tensioni di prova troppo basse e pertanto non idonee.

▼ 2.5. Misuratori di continuità elettrica

I misuratori di continuità elettrica servono per verificare l'integrità dei collegamenti equipotenenziali e dei circuiti di protezione, in pratica cioè a controllare che tutte le masse dell'impianto elettrico siano efficacemente collegate a terra.

In fase di scelta del misuratore di continuità è necessario porre particolare attenzione nell'identificarne l'impiego previsto. Le norme stabiliscono infatti diverse correnti di prova e tensioni a vuoto in funzione della tipologia di impianto o di apparecchiatura da testare.

Gli strumenti più semplici sono realizzati per soddisfare le condizioni richieste dalla norma CEI 64-8 (0,2 A di corrente di prova, tensione a vuoto compresa fra 4 e 24V) che non richiede la misura della resistenza del collegamento.

Quando invece la misura della resistenza del collegamento è richiesta (norma CEI 60204-1 inerente gli equipaggiamenti elettrici delle macchine, norma CEI 64-8/7 inerente i locali ad uso medico, ecc.) occorre che lo strumento sia in grado di erogare una corrente di prova pari ad almeno 10 A e sia dotato di 4 morsetti (2 amperometrici e 2 voltmetrici) in modo che il valore di resistenza misurato non inglobi anche la resistenza dei cavi di collegamento.

▼ 2.6. Strumenti prova differenziali

Detti apparecchi verificano il corretto funzionamento degli interruttori differenziali generando una corrente di dispersione verso terra e misurando il tempo in cui avviene l'intervento dell'interruttore differenziale sottoposto a prova.

Gli strumenti prova differenziali sono dotati di un carico variabile che viene collegato fra un conduttore di fase e quello di protezione generando così una corrente di dispersione verso terra. Regolando il valore del carico è possibile quindi determinare la corrente di dispersione verso terra che causerà l'intervento dell'interruttore differenziale.

Le correnti di prova variano generalmente da 5 mA a 1 A, mentre i tempi di intervento sono rilevati con risoluzione 1 ms.

Al fine di garantire una corretta verifica del tempo di intervento è importante che sullo strumento sia presente una funzione che permetta di invertire la semi-onda di inizio della corrente di prova da positiva a negativa.

Qualora sia necessario testare differenziali di tipo A (idonei anche per correnti differenziali di tipo pulsante unidirezionale) oppure differenziali di tipo B (idonei anche per correnti differenziali di tipo continuo) è necessario che gli strumenti utilizzati siano in grado di erogare correnti di prova di tipo pulsante unidirezionale e/o continuo.

▼ 2.7. Luxmetri

Il luxmetro è lo strumento utilizzato per rilevare l'illuminamento. La misura avviene tramite un sensore fotoelettrico che, una volta colpito dal flusso luminoso, genera una corrente elettrica proporzionale al flusso luminoso stesso.

Amplificando e rielaborando la corrente elettrica generata, lo strumento restituisce il valore dell'illuminamento rilevato.

In relazione alla loro precisione, i luxmetri vengono suddivisi in tre classi:

- classe A – limite di errore 5% – idonei per misure di precisione;

- classe B – limite di errore 10% – idonei per misure su impianti in esercizio;
- classe C – limite di errore 20% – idonei solo per misure orientative.

▼ 2.8. Strumenti di verifica cablaggio strutturato

Gli strumenti per la verifica del cablaggio strutturato (reti Ethernet e similari) possono essere divisi in tre grandi macro-categorie:

- strumenti per la validazione delle reti in rame;
- strumenti per la certificazione delle reti in rame;
- strumenti per la certificazione delle reti in fibra ottica.

Gli strumenti per la validazione delle reti si basano su una tecnologia digitale. Essi iniettano da un lato del cavo di cablaggio segnali digitali simili a quelli inviati dalle apparecchiature informatiche (schede di rete) alla loro velocità propria e verificano che detti segnali giungano all'altra estremità del cavo con prestazione e velocità conformi allo standard previsto per quella tipologia di cablaggio. In pratica viene eseguita una prova della velocità di connessione ed una verifica della corrispondenza fra pacchetto di bit inviati e pacchetto di bit ricevuti. Il loro costo è molto ridotto rispetto ad uno strumento certificatore, ma la verifica non è conforme a quanto richiesto dalle normative inerenti in cablaggio strutturato.

Gli strumenti di certificazione delle reti in rame sono invece di tipo analogico ed eseguono test in conformità a quanto previsto dalle normative in materia di cablaggio strutturato (es. CEI EN 50174-1, CENELEC EN 50346, TIA/EIA-568-B.2.3, ecc.). Le prove che eseguono possono essere così riassunte:

- mappatura;
- lunghezza;
- ritardo di propagazione e skew;
- attenuazione;
- NEXT;
- PSNEXT;
- ELFEXT;
- PSELFEXT;
- return loss;
- ACR;
- PSACR.

Il significato delle misure sopra elencate verrà ripreso nella sezione dedicata alle verifiche strumentali del cablaggio strutturato.

Non è sempre facile discernere uno strumento “validatore” da uno “certificatore” in quanto molte volte si può avere a che fare con strumenti ibridi che, oltre alla verifica delle prestazioni, eseguono anche alcune delle verifiche aggiuntive richieste dalla vigenti normative. In linea di massima è necessario definire con esattezza lo scopo per cui vengono eseguiti i test e specificare accuratamente al proprio committente quello che lo strumento di prova è in grado di offrire.

Gli strumenti per la certificazione delle reti in fibra ottica utilizzano una sorgente luminosa applicata su di un'estremità della fibra ed un ricevitore sull'estremità opposta. La lunghezza d'onda nominale impiegata dipende dalla tipologia di fibra ottica utilizzata (multimodale o monomodale) e può variare da 850 nanometri a 1550 nanometri. Le misure devono poter essere eseguite in confor-

mità alla normativa vigente (IEC TR 14763-3, TIA/EIA-568-B.3-1, TIA/EIA TSB-140, ecc.) e possono essere così riassunte:

- attenuazione;
- larghezza della banda ottica;
- lunghezza della fibra ottica;
- identificazione della fibra.

Sul significato delle misure sopra elencate ritorneremo nella sezione dedicata alle verifiche strumentali del cablaggio strutturato.

Esistono poi strumenti più sofisticati denominati OTDR (acronimo di riflettometro ottico per l'analisi nel dominio del tempo) che consentono la ricerca dei punti di rottura o di danneggiamento della fibra.

▼ 2.9. Fonometri

Il fonometro è uno strumento utilizzato per la misura della pressione acustica. In ambito impiantistico elettrico viene principalmente impiegato per la verifica dei livelli sonori dei messaggi diffusi per evacuazione.

Un fonometro classico è generalmente composto da:

- microfono;
- preamplificatore;
- attenuatore/amplificatore, tarato solitamente a passi di 10 dB, che consente di scegliere il fondo scala di misura adatto;
- reti di ponderazione in frequenza;
- eventuale dispositivo integratore
- strumento indicatore a lettura analogica o digitale, con eventuale possibilità di memorizzazione;
- uscite elettriche analogiche e digitali per il collegamento a registratori o computer.

Le prestazioni dei fonometri devono rispettare gli standard internazionali, in particolare per quanto riguarda le costanti di tempo, le curve di ponderazione in frequenza, le caratteristiche direzionali del microfono.

La normativa cogente (CEI EN 61672) prevede 4 classi di strumenti a cui corrispondono quattro livelli di precisione decrescenti:

- classe 0 – strumenti di riferimento;
- classe 1 – strumenti per misure da laboratorio;
- classe 2 – strumenti per uso generale;
- classe 3 – strumenti per misure di carattere preliminare.

DOCUMENTAZIONE NECESSARIA AI FINI DELLA VERIFICA

Prima di procedere a qualsiasi tipologia di verifica è necessario essere a conoscenza delle caratteristiche specifiche dell'impianto che sarà oggetto dei nostri esami. La sua conoscenza è necessaria sia per effettuare interventi mirati ove è presumibile possano presentarsi criticità, sia per poter eseguire in sicurezza tutte le prove richieste.

La "carta di identità" di un impianto elettrico è rappresentata dalla sua documentazione as built. Questa documentazione costituisce la fotografia dello stato di fatto (letteralmente "come costruito") e viene redatta dall'impresa installatrice al termine dei lavori.

Nel seguito si riassumono i documenti che dovrebbero essere resi disponibili prima di iniziare una qualsiasi attività di verifica; qualora non fosse possibile reperirli sarà necessario rilevare la situazione impiantistica esistente e predisporre detta documentazione.

Si evidenzia che la documentazione elencata nei paragrafi successivi rappresenta il minimo necessario per l'esecuzione di una verifica. Significato diverso assume la documentazione che deve consegnare l'impresa installatrice al termine dei lavori (dichiarazione di conformità, manuali d'uso, ecc.) e che rappresenta anch'essa oggetto di verifica da parte del collaudatore dell'impianto.

▼ 3.1. Dati caratteristici dell'impianto

Occorre conoscere i seguenti dati caratteristici dell'impianto:

- numero di forniture di energia elettrica;
- potenza contrattuale disponibile per ciascuna fornitura;
- tensione nominale di alimentazione;
- valore della corrente di corto-circuito nel punto di consegna;
- valore della corrente di guasto a terra e tempo di eliminazione del guasto (solo per forniture in media tensione);
- identificazione dell'impianto ai fini della prevenzione incendi (luoghi ordinari o a maggior rischio in caso di incendio);
- valutazione del rischio di fulminazione;
- eventuale classificazione dei locali ad uso medico;
- eventuale classificazione delle zone con pericolo di esplosione.

▼ 3.2. Schemi a blocchi

Gli schemi a blocchi servono a rendere immediatamente chiara ed esaustiva la struttura di ciascun impianto oggetto di verifica (elettrico, trasmissione dati, rivelazione incendi, ecc.). Al fine di renderne agevole la consultazione è consigliabile che vengano redatti secondo una struttura ad albero.

Sebbene la realizzazione degli schemi a blocchi sia sempre auspicabile, è ammesso non predisporli in caso di impianti particolarmente semplici in cui risulta immediato intuirne la struttura distributiva.

▼ 3.3. Elaborati grafici planimetrici

Devono essere predisposte:

- planimetrie della distribuzione principale e secondaria indicanti la posizione dei quadri elettrici ed i percorsi delle canalizzazioni e delle montanti. Non si ritengono necessari i percorsi relativi alla distribuzione terminale (alimentazione di circuiti luce, prese a spina, piccoli utilizzatori);
- planimetrie degli impianti realizzati includenti la posizione dei componenti installati, l'identificazione dei circuiti che li alimentano, l'area di influenza dei quadri elettrici;
- planimetria dell'impianto di terra e dei collegamenti equipotenziali con l'indicazione delle loro caratteristiche (materiali, forma e dimensioni).

▼ 3.4. Schemi quadri elettrici

Devono essere predisposti:

- schemi unifilari di tutti i quadri elettrici riportanti anche le indicazioni delle caratteristiche delle linee (sezioni, formazione, isolamento, tipo di posa, lunghezza); lo schema unifilare deve riportare per ogni componente almeno le caratteristiche salienti (corrente nominale, campo di regolazione, corrente regolata, potere di interruzione, ecc.);
- schemi funzionali relativi ai circuiti di emergenza e sicurezza.

▼ 3.5. Manuali d'uso

In caso di verifiche su impianti elettrici la cui funzionalità è indispensabile ai fini della sicurezza o comunque su impianti per cui la continuità di servizio rappresenta una criticità, è necessario disporre di un dettagliato manuale di uso in grado di fornire indicazioni sufficientemente esaustive per la gestione di eventuali emergenze che potrebbero verificarsi durante l'esecuzione della verifica (intervento delle protezioni a causa di errori operativi o per regolazioni non corrette, ecc.).

CAPITOLO 4

**INTRODUZIONE ALLE VERIFICHE
DEGLI IMPIANTI ELETTRICI**

In questa prima parte del volume verranno analizzate le verifiche che occorre effettuare per accertare la conformità degli impianti elettrici “tradizionali”. Gli argomenti trattati riguarderanno le verifiche relative a:

- protezione contro i contatti indiretti;
- protezione contro i contatti diretti;
- protezione contro ustioni ed incendi;
- condutture elettriche;
- impianti di illuminazione normale e di sicurezza;
- impianto di protezione contro i fulmini;
- dispositivi di sezionamento e comando;
- corretta installazione dei componenti;
- ambienti oggetto di normativa specifica;
- impianti elettrici a servizio di case in legno;
- documentazione impiantistica.

Le verifiche e gli accertamenti indicati sono conformi a quelli richiesti dalla guida CEI 64-14 – Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.

Per gli argomenti non contemplati nella suddetta guida CEI (verifiche impianti di protezione contro i fulmini, locali ad uso medico, locali con pericolo di esplosione, impianti di illuminazione normale e di sicurezza, ecc.), si è fatto riferimento alla normativa specifica vigente.

CAPITOLO 5

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Al fine di rendere comprensibili a tutti i lettori le trattazioni che seguiranno, in questa prima parte si riassumono brevemente i principali fondamenti di tecnica della sicurezza elettrica inerente i contatti indiretti. È bene ricordare che i concetti vengono richiamati in modo sintetico e a volte semplicistico esulando la loro trattazione dettagliata dal presente volume. Per un'analisi più approfondita si rimanda a testi dedicati.

Ciò premesso, possiamo asserire che ogni apparecchio elettrico è dotato di un isolamento fra le parti attive e la propria carcassa; per attiva si intende una parte dell'apparecchio che presenta verso terra un potenziale diverso da zero, ad esempio l'anima in rame di un conduttore di fase. Per i profani dell'elettrotecnica si può genericamente affermare che una parte attiva è tutto quello che, in condizioni di funzionamento ordinario ed in assenza di guasti, può "dare la scossa". Questo isolamento fra parti attive e carcassa serve sia per il funzionamento dell'apparecchio che per la protezione delle persone contro il pericolo elettrico. Se a causa di un guasto questo isolamento viene a mancare, la carcassa, se metallica, assume il potenziale della parte attiva su cui è ceduto l'isolamento e quindi può "dare la scossa". Si dice pertanto che toccando la carcassa si ha un "contatto indiretto": non si tocca cioè direttamente una parte attiva, ma una parte andata in tensione a causa di un guasto. Vale la pena evidenziare come una parte conduttrice dell'impianto elettrico che non è in tensione in funzionamento ordinario, ma che può andarvi a causa di un guasto dell'isolamento, venga definita "massa".

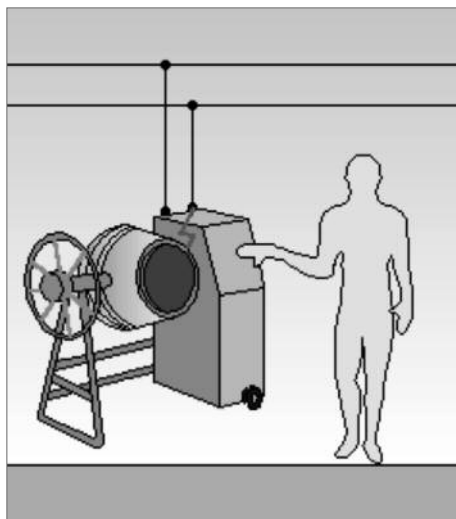


Figura 8. *Contatto indiretto: la carcassa della betoniera (massa) assume una tensione pericolosa a causa del cedimento dell'isolamento di una parte attiva al suo interno*

Se invece si ha una parte conduttrice, non facente parte dell'impianto elettrico, in grado di introdurre un potenziale lontano, questa viene definita "massa estranea". Esempio tipico di masse estranee sono le tubazioni metalliche di acqua e gas entranti nell'edificio. Le masse estranee devono essere collegate all'impianto di terra all'ingresso nell'edificio mediante un collegamento equipotenziale definito "principale"; negli ambienti a maggior rischio elettrico (ad es. locali contenenti bagni e docce, piscine, locali ad uso medico, ecc.), le masse estranee devono essere rese equipotenziali anche localmente con collegamenti definiti "supplementari".

Alla luce di quanto sopra risulta necessario pertanto adottare tutta una serie di sistemi di protezione che, in caso di cedimento dell'isolamento delle parti attive verso terra, garantisca la sicurezza delle persone (o degli animali) contro i contatti indiretti. Inoltre, poiché in alcuni ambienti la pericolosità dei contatti indiretti è maggiore per la tipologia di attività che viene svolta al loro interno, è necessario rendere più restrittive le misure di protezione adottate. Questi ambienti vengono definiti "a maggior rischio elettrico"; se ne riporta nel seguito un elenco indicativo:

- luoghi conduttori ristretti;
- locali contenenti bagni o docce;
- piscine;
- cantieri edili;
- locali destinati al ricovero di animali.

Le misure di protezione più comuni contro i contatti indiretti possono essere così riassunte:

- bassissima tensione di sicurezza;
- uso di componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente;
- interruzione automatica dell'alimentazione.

Esistono anche altre metodologie di protezione contro i contatti indiretti (separazione elettrica, luoghi non conduttori, ecc.) che tuttavia, per il loro scarso utilizzo, non prenderemo in considerazione in questa trattazione.

La *bassissima tensione di sicurezza* consiste nell'utilizzare componenti funzionanti a tensioni sufficientemente piccole da non essere considerate pericolose (minore di 50V verso terra in alternata e minore di 120V verso terra in continua) ottenute mediante sorgenti autonome o di sicurezza. È inoltre necessario garantire un'opportuna segregazione dei componenti e dei conduttori funzionanti a bassissima tensione da quelli funzionanti a tensioni ordinarie e quindi pericolose. Questo perché un guasto sull'isolamento dei componenti funzionanti a tensione ordinaria non deve inficiare la sicurezza dei componenti operanti a bassissima tensione. L'ultima caratteristica fondamentale sta nel non presentare punti a terra. I sistemi a bassissima tensione di sicurezza vengono anche denominati SELV, acronimo di Safety Extra Low Voltage. I circuiti SELV non vanno confusi con i circuiti PELV e FELV. Queste altre due tipologie di sistema, benché utilizzino anch'esse tensioni generalmente non pericolose, presentano punti a terra e necessitano di ulteriori precauzioni contro i contatti indiretti. La loro applicazione è comunque rara e non verranno pertanto trattati nel presente documento.

L'utilizzo della metodologia SELV viene attuato generalmente su impianti elettronici o ausiliari che assorbono quindi basse potenze; un esempio classico è rappresentato dai circuiti di comando a 24V.

I *componenti in classe II*, detti anche a isolamento doppio o rinforzato, sono dotati di un isolamento aggiuntivo oltre a quello principale o, in alternativa, di un isolamento principale equivalente a due isolamenti distinti. L'isolamento aggiuntivo serve a garantire la protezione delle persone contro un contatto indiretto in caso di cedimento dell'isolamento principale. La norma CEI 64-8 vieta il collegamento a terra dei componenti in classe II.

L'interruzione automatica dell'alimentazione consiste nel sezionare la parte di impianto affetta da guasto in tempi sufficientemente rapidi tali da rendere non pericoloso (o così poco probabile da essere considerato non pericoloso) il contatto con una massa andata in tensione; la protezione contro i contatti indiretti è attuata nella stragrande maggioranza dei casi con questa metodologia. Il sezionamento dell'impianto avviene tramite interruttori automatici che rilevano, mediante dispositivi di protezione opportunamente tarati in tempo e corrente, la condizione di guasto. Perché le protezioni individuino il guasto è necessario che una volta che questo avviene, nell'impianto si instauri una corrente di guasto tanto elevata da poter essere rilevata in modo sufficientemente rapido. Per fare ciò è necessario pertanto predisporre un circuito "preferenziale" per la circolazione delle correnti di guasto. Detto circuito è rappresentato dall'impianto di terra e dai conduttori di protezione ad esso afferenti. Nella figura sottostante è riportato un esempio chiarificatore.

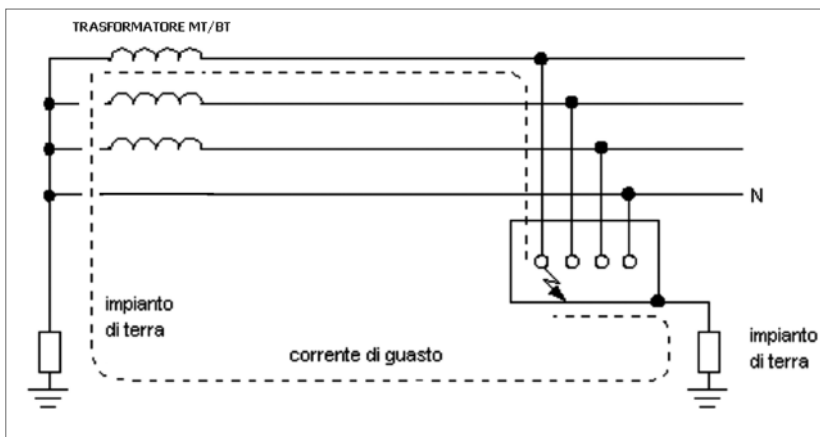


Figura 9. Esempio di circuito di circolazione corrente di guasto per cedimento isolamento

La tipologia di impianto di terra da realizzare e la taratura in tempo e corrente delle protezioni può assumere valori diversi a seconda della modalità di fornitura di energia elettrica che viene attuata. Le due principali modalità di fornitura sono:

- impianto alimentato in media tensione (maggiore di 1000V in alternata e 1500V in continua);
- impianto alimentato in bassa tensione (solitamente 400V trifase oppure 230V monofase).

Le forniture in alta tensione (maggiori di 30.000V in alternata) sono riservate ad utenti con potenze disponibili molto elevate (generalmente superiori a 5 MVA) e sono escluse dalla presente trattazione; per la protezione contro i contatti indiretti della loro sezione di impianto in media tensione e bassa tensione è comunque possibile ricondursi a quanto riportato nel seguito.

Nelle *forniture in media tensione*, tipiche di stabilimenti industriali e grandi complessi terziari, l'utente dispone di cabine interne di trasformazione media/bassa tensione e la distribuzione alle utenze terminali avviene in bassa tensione. Con questo tipo di fornitura è necessario attuare la protezione contro i contatti indiretti sia per guasti sulla parte di impianto in media tensione che sulla parte di impianto in bassa tensione. L'impianto di terra è unico e su di esso confluiscono tutte le masse presenti ed il centro stella del trasformatore MT/BT (neutro). Il sistema così realizzato viene definito

TN (masse a terra – neutro a terra). Nella figura sottostante si riporta la configurazione classica di un sistema TN.

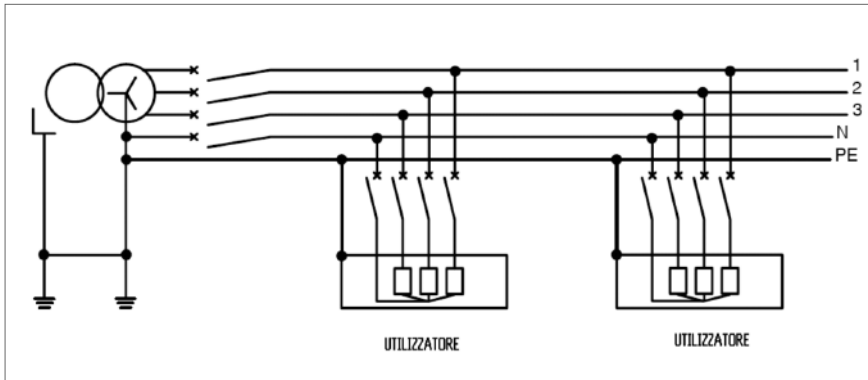


Figura 10. Sistema TN

In alcuni casi particolari di impianti con fornitura in media tensione, il neutro del trasformatore MT/BT non è collegato a terra oppure vi è collegato tramite un'impedenza. Detto sistema viene denominato IT ed è utilizzato principalmente in stabilimenti petrolchimici.

Nelle forniture in bassa tensione, tipiche di edifici residenziali e piccole attività imprenditoriali, l'utente è alimentato a 400V trifase oppure 230V monofase a seconda della tipologia di contratto stipulata e della caratteristica delle apparecchiature utilizzate.

La trasformazione dell'energia elettrica da media a bassa tensione viene attuata direttamente dall'ente distributore che collega al proprio impianto di terra il centro stella (neutro) del trasformatore. L'utente alimentato in bassa tensione realizza un proprio impianto di terra su cui si attestano le masse presenti nell'edificio. Con questa configurazione, che viene denominata TT, sono presenti due impianti di terra separati e distinti: uno dell'ente distributore, uno dell'utente. Nella figura sottostante è riportata la configurazione standard di un sistema TT.

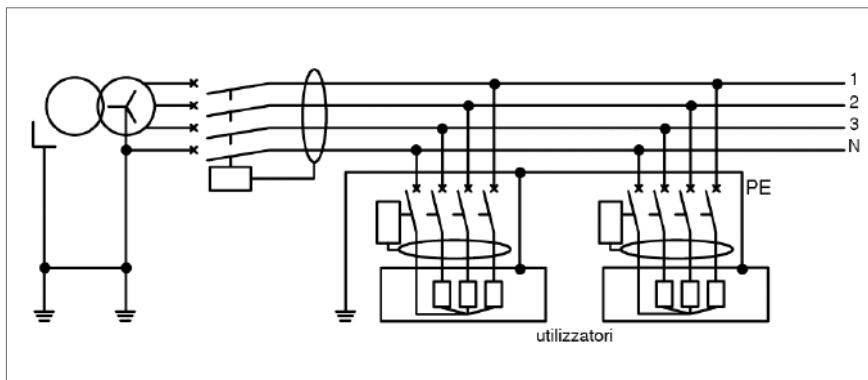


Figura 11. Sistema TT

▼ 5.1. Esami a vista

Si riportano nel seguito gli esami a vista che è necessario attuare nei tre casi analizzati relativi alla protezione contro i contatti indiretti. In particolare:

- esami a vista nel caso di protezione mediante bassissima tensione di sicurezza;
- esami a vista nel caso di utilizzo di componenti in classe II;
- esami a vista nel caso di interruzione automatica della alimentazione.

5.1.1. Esami a vista nel caso di protezione mediante bassissima tensione di sicurezza

Per un impianto SELV occorre accertare visivamente che:

- la sorgente di alimentazione sia costituita da un trasformatore di sicurezza rispondente alla norma CEI 96-7 oppure un sistema equivalente;
- le parti attive siano indipendenti e separate dagli altri circuiti;
- i conduttori del circuito a bassissima tensione siano posati in canalizzazioni dedicate ed indipendenti da quelle utilizzate per altri circuiti (equivalgono a canalizzazioni separate anche due sezioni di una stessa canalina divise da setto di segregazione);
- qualora non fosse possibile attuare le condizioni indicate al punto precedente, i conduttori siano isolati per la massima tensione presente nella canalizzazione;
- l'impianto SELV non presenti punti di connessione all'impianto di terra;
- le prese a spina dei componenti SELV *non* siano intercambiabili con quelle di altri sistemi.

5.1.2. Esami a vista nel caso di utilizzo di componenti in classe II

Qualora la protezione contro i contatti indiretti sia attuata mediante apparecchi a doppio isolamento o isolamento rinforzato, è necessario verificare visivamente:

- che i componenti elettrici costruiti in classe II (con isolamento doppio o rinforzato) o dichiarati nelle relative norme di prodotto come equivalenti alla classe II, riportino il segno grafico



Figura 12. *Simbolo doppio isolamento*

- che i componenti elettrici installati applicando un isolamento supplementare o rinforzato sull'isolamento principale o sulle parti attive durante la loro messa in opera riportino il segno grafico di divieto di collegamento a terra indicato nel seguito



Figura 13. *Simbolo divieto di collegamento a terra*

- che le apparecchiature non siano state danneggiate durante l'installazione;

- che gli involucri isolanti non presentino viti di qualsiasi tipo;
- che l'involucro delle apparecchiature non sia attraversato da parti conduttrici che possano propagare un potenziale;
- che le parti conduttrici accessibili non siano connesse a terra;
- che le parti conduttrici accessibili siano sempre protette da una barriera rimovibile solo con l'uso di attrezzo o chiave avente grado di protezione non inferiore a IPXXB.

Per completezza si ricorda che la norma CEI 64-8 permette di considerare a doppio isolamento, anche senza che venga riportato il segno grafico di divieto di collegamento a terra, le condutture elettriche costituite da:

- cavi con guaina in materiale plastico che presentino una tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito (ad esempio 450/750V per sistemi a tensione 230/400V);
- cavi unipolari senza guaina installati in tubo protettivo o canale isolante rispondente alle rispettive norme.

5.1.3. Esami a vista nel caso di interruzione automatica della alimentazione

I concetti relativi alle modalità di verifica strumentale della protezione contro i contatti indiretti nei vari sistemi possibili (TN, TT, IT) ed alle logiche che li impongono verranno dettagliatamente affrontati nei paragrafi dedicati. In questa sezione si richiamano le verifiche visive comuni a tutti i sistemi.

L'esame a vista più importante consiste nell'*accertare che tutte le masse simultaneamente accessibili siano connesse ad un unico impianto di terra.*

Inoltre è necessario verificare che:

- siano chiaramente individuabili il dispersore di terra, i conduttori di terra, i nodi di terra, i conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali; a tal fine si precisa il significato dei seguenti termini:
 - dispersore: corpo metallico (o complesso di corpi metallici) posto in contatto elettrico con il terreno e finalizzato a realizzare il collegamento elettrico con la terra;
 - conduttore di terra: conduttore che collega i dispersori al nodo o collettore principale di terra;
 - nodo di terra: punto in cui afferiscono conduttori di terra e di protezione;
 - conduttore di protezione: conduttore che collega le masse al nodo o collettore principale di terra;
 - conduttore equipotenziale: conduttore che collega le masse estranee al nodo o collettore principale di terra;
- un'adeguata documentazione attesti le caratteristiche delle parti dell'impianto di terra non visibili (ad esempio ferri d'armatura del calcestruzzo o elementi strutturali, dispersori e conduttori di terra non ispezionabili, ecc.);
- i conduttori per la messa a terra presentino una guaina isolante di colore giallo-verde oppure siano nudi;
- gli elementi costituenti l'impianto di terra siano perfettamente integri;
- i dispersori ed i conduttori siano protetti contro il danneggiamento, la corrosione ed abbiano sezione adeguata secondo le dimensioni minime indicate nelle tabelle sotto-riportate;