

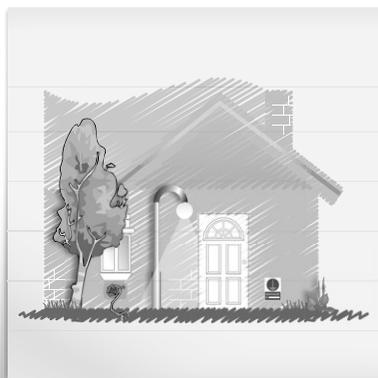
Luca Lussorio

VERIFICHE E COLLAUDI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI

ESECUZIONE DEGLI ESAMI A VISTA
E DELLE VERIFICHE STRUMENTALI

SECONDA EDIZIONE

CONFORME ALLE **NORME CEI ED UNI** IN VIGORE



SOFTWARE INCLUSO

GESTIONE DELLE PRINCIPALI SCHEDE DI VERIFICA DEGLI IMPIANTI
ED ESEMPI DI REGISTRI ISPEZIONI E PROVE

Glossario (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti),
Test iniziale (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)




GRAFILL

Luca Lussorio

VERIFICHE E COLLAUDI DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI

ISBN 13 978-88-8207-549-1

EAN 9 788882 075491

Manuali, 155

Seconda edizione, luglio 2014

Lussorio, Luca <1978->

Verifiche e collaudi degli impianti elettrici e speciali / Luca Lussorio.

– 2. ed. – Palermo : Grafill, 2014.

(Formulari ; 155)

ISBN 978-88-8207-549-1

1. Impianti elettrici.

621.31042 CDD-22

SBN Pal0270835

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana “Alberto Bombace”

Il presente volume è **disponibile anche in versione eBook** (formato *.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con conto corrente postale, bonifico bancario, carta di credito e paypal. Per i pagamenti con carta di credito e paypal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno smartphone o un tablet il codice QR sottostante.



I lettori di codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **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 luglio 2014

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.

INDICE

PREFAZIONE	p.	1
1. SCOPO E TIPOLOGIA DELLE VERIFICHE	"	3
1.1. Verifiche della sicurezza	"	3
1.2. Verifiche della funzionalità.....	"	4
1.3. Collaudo.....	"	4
2. STRUMENTI DI MISURA	"	5
2.1. Multimetri	"	5
2.2. Misuratori della resistenza di terra.....	"	7
2.3. Misuratori impedenza anello di guasto.....	"	9
2.4. Misuratori di isolamento.....	"	10
2.5. Misuratori di continuità elettrica.....	"	10
2.6. Strumenti prova differenziali	"	11
2.7. Luxmetri.....	"	11
2.8. Strumenti di verifica cablaggio strutturato	"	12
2.9. Fonometri.....	"	13
3. DOCUMENTAZIONE NECESSARIA AI FINI DELLA VERIFICA	"	14
3.1. Dati caratteristici dell'impianto	"	14
3.2. Schemi a blocchi.....	"	14
3.3. Elaborati grafici planimetrici	"	15
3.4. Schemi quadri elettrici.....	"	15
3.5. Manuali d'uso	"	15
4. INTRODUZIONE ALLE VERIFICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	"	16
5. PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	"	17
5.1. Esami a vista	"	21
5.1.1. Esami a vista nel caso di protezione mediante bassissima tensione di sicurezza	"	21
5.1.2. Esami a vista nel caso di utilizzo di componenti in classe II.....	"	21
5.1.3. Esami a vista nel caso di interruzione automatica della alimentazione	"	22
5.2. Prove.....	"	24

5.2.1.	Prova della continuità dei conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali	p.	25
5.2.2.	Misura della resistenza di terra	"	26
5.2.3.	Verifica delle protezioni differenziali	"	34
5.2.4.	Misura dell'impedenza dell'anello di guasto	"	37
5.2.5.	Misura della corrente di primo guasto a terra in sistemi IT	"	40
5.2.6.	Misura delle tensioni di passo e contatto	"	40
5.2.7.	Misura della resistenza di isolamento	"	41
6.	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	"	42
6.1.	Verifica dell'idoneità dell'isolamento delle parti attive	"	44
6.2.	Verifica dell'idoneità di involucri e barriere	"	44
6.3.	Verifica della scelta dei componenti elettrici e della loro corretta installazione	"	44
7.	PROTEZIONE CONTRO LE USTIONI E L'INCENDIO	"	46
7.1.	Protezione contro le ustioni	"	46
7.2.	Protezione contro l'incendio	"	46
7.2.1.	Protezione contro l'incendio in ambienti ordinari	"	47
7.2.2.	Protezione contro l'incendio in ambienti a maggior rischio	"	47
8.	VERIFICA DELLE CONDUTTURE	"	49
8.1.	Esame dei dispositivi di protezione	"	49
8.1.1.	Verifica dell'idoneità del potere di interruzione	"	49
8.2.	Esame di cavidotti e canalizzazioni	"	50
8.3.	Esami dei cavi	"	51
8.4.	Esami a vista delle connessioni	"	52
8.5.	Misura della corrente di cortocircuito	"	52
9.	VERIFICA DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE NORMALE	"	53
9.1.	Esame a vista degli impianti di illuminazione	"	54
9.2.	Verifica impianto di illuminazione in luoghi di lavoro	"	55
9.3.	Verifica impianto di illuminazione stradale	"	55
9.4.	Verifica impianto di illuminazione aree sportive	"	56
9.5.	Misure del valore di illuminamento medio	"	57
10.	VERIFICA DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA	"	61
10.1.	Modalità di realizzazione dell'impianto di illuminazione di sicurezza	"	65
10.2.	Esami a vista	"	67
10.3.	Prove	"	68
10.4.	Registro delle verifiche	"	69
11.	VERIFICA DELL'IMPIANTO DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI ..	"	71

11.1. Esami a vista	p.	71
11.2. Prove	"	73
12. VERIFICA DELL'INSTALLAZIONE DEI DISPOSITIVI DI SEZIONAMENTO E COMANDO	"	74
12.1. Esame a vista dei dispositivi di sezionamento	"	74
12.2. Esame a vista dei dispositivi di comando o arresto di emergenza	"	75
12.3. Esame a vista dei dispositivi di comando funzionale	"	77
13. VERIFICA DELLA CORRETTA SCELTA ED INSTALLAZIONE DEI COMPONENTI	"	78
13.1. Esame a vista dei componenti	"	78
13.2. Esame a vista agevole accessibilità dell'impianto per interventi	"	79
13.3. Prova di polarità	"	80
13.4. Prove di funzionamento	"	80
14. VERIFICA DEGLI IMPIANTI ALL'INTERNO DI AMBIENTI SPECIFICI	"	81
14.1. Locali contenenti bagni o docce	"	81
14.2. Locali ad uso medico	"	84
14.2.1. Esami a vista locali medici di gruppo 0	"	86
14.2.2. Esami a vista per locali di gruppo 1	"	86
14.2.3. Esami a vista per locali di gruppo 2	"	86
14.2.4. Prove nei locali medici di gruppo 0	"	87
14.2.5. Prove nei locali medici di gruppo 1	"	87
14.2.6. Prove nei locali medici di gruppo 2	"	87
14.2.7. Prove funzionali dell'alimentazione dei servizi di sicurezza	"	88
14.2.8. Prove funzionali sulle sorgenti di sicurezza	"	89
14.3. Locali contenenti batterie	"	89
14.3.1. Esami a vista	"	89
14.3.2. Prove funzionali	"	90
14.4. Locali di pubblico spettacolo	"	90
14.4.1. Esami a vista	"	90
14.5. Locali ad uso agricolo o zootecnico	"	91
14.6. Autorimesse	"	91
14.7. Centrali termiche	"	92
14.8. Cantieri edili	"	93
14.9. Campeggi	"	93
14.10. Piscine e fontane	"	94
14.11. Centri elaborazione dati	"	96
14.12. Luoghi conduttori ristretti	"	96
14.13. Locali con pericolo di esplosione	"	96
14.13.1. Pericolo di esplosione dovuto alla presenza di gas	"	97
14.13.2. Pericolo di esplosione dovuto alla presenza di polveri	"	101

14.14. Ambienti a maggior rischio in caso di incendio	p.	103
14.15. Cabine elettriche	"	103
14.15.1. Verifiche inerenti l'agibilità dei locali.....	"	103
14.15.2. Prescrizioni particolari inerenti i trasformatori MT/BT.....	"	104
14.15.3. Verifiche inerenti gli interventi di manutenzione e di manovra	"	105
15. VERIFICA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI NELLE CASE IN LEGNO.....	"	106
15.1. Esami a vista	"	106
15.2. Misure aggiuntive	"	107
15.3. Verifiche strumentali.....	"	107
16. VERIFICA DELLA DOCUMENTAZIONE IMPIANTISTICA RELATIVA AGLI IMPIANTI ELETTRICI	"	108
16.1. Dati ente fornitore di energia.....	"	108
16.2. Dati caratteristici dell'impianto	"	108
16.3. Documentazione as built.....	"	108
16.4. Manuali d'uso	"	109
16.5. Dichiarazioni e certificazioni.....	"	109
16.6. Documentazione di legge e per espletamento formalità.....	"	110
17. INTRODUZIONE ALLE VERIFICHE DI IMPIANTI SPECIALI.....	"	111
18. IMPIANTI DI CABLAGGIO STRUTTURATO	"	112
18.1. Esami a vista	"	112
18.2. Verifiche strumentali del cablaggio in rame	"	113
18.2.1. Mappatura (Wire Map).....	"	114
18.2.2. Lunghezza	"	114
18.2.3. Ritardo di propagazione (delay).....	"	114
18.2.4. Differenza nel ritardo di propagazione (delay skew).....	"	114
18.2.5. Attenuazione (insertion loss)	"	115
18.2.6. Attenuazione del segnale riflesso (return loss)	"	116
18.2.7. Diafonia (NEXT, FEXT).....	"	116
18.2.8. Perdite di telediafonia a livello uguale (ELFEXT).....	"	117
18.2.9. PSNEXT e PSELFEXT.....	"	117
18.2.10. Attenuation to Cross-Talk Ratio (ACR).....	"	117
18.3. Verifiche strumentali del cablaggio in fibra ottica	"	118
18.3.1. Attenuazione	"	118
18.3.2. Larghezza di banda	"	118
18.3.3. Perdita di ritorno ottico	"	119
18.3.4. Analisi diagnostiche con OTDR	"	119
18.4. Analisi della documentazione impiantistica	"	119
19. VERIFICA DEGLI IMPIANTI DI RIVELAZIONE INCENDI.....	"	121
19.1. Verifica del corretto dimensionamento	"	122

19.2.	Esami a vista	p.	123
19.3.	Verifica della centrale.....	"	123
19.4.	Verifica del corretto stato di allarme	"	124
19.5.	Verifica del corretto stato di guasto.....	"	124
19.5.1.	Linea di rivelazione su impianti ad indirizzamento individuale.....	"	124
19.5.2.	Linea di rivelazione su impianti convenzionali	"	125
19.5.3.	Linea di comando monitorata	"	125
19.6.	Verifica delle fonti di alimentazione secondaria	"	125
19.7.	Verifiche strumentali	"	125
19.8.	Verifica dei componenti radio	"	126
19.9.	Analisi della documentazione impiantistica	"	126
19.10.	Verifica dei manuali d'uso	"	126
19.11.	Dichiarazioni e certificazioni	"	127
19.12.	Esempi di schede di riscontro	"	127
20.	VERIFICA DEGLI IMPIANTI DI DIFFUSIONE SONORA PER EVACUAZIONE	"	131
20.1.	Verifica del corretto dimensionamento	"	131
20.2.	Esami a vista	"	132
20.3.	Verifiche funzionali in caso di allarme	"	133
20.4.	Verifica delle condizioni e delle segnalazioni di guasto	"	133
20.5.	Verifica dello stato delle fonti di alimentazione.....	"	134
20.6.	Verifiche strumentali	"	134
20.6.1.	Pressione sonora dei rumori di fondo	"	135
20.6.2.	Pressione sonora dei messaggi di allarme.....	"	135
20.7.	Analisi della documentazione impiantistica	"	135
20.8.	Verifica dei manuali d'uso	"	136
20.9.	Dichiarazioni e certificazioni	"	136
21.	VERIFICA DEGLI IMPIANTI ANTINTRUSIONE	"	137
21.1.	Verifica del corretto dimensionamento	"	137
21.2.	Esami a vista	"	137
21.3.	Prove funzionali.....	"	137
21.4.	Prove strumentali	"	138
21.5.	Analisi della documentazione impiantistica	"	138
21.6.	Verifica dei manuali d'uso	"	139
21.7.	Dichiarazioni e certificazioni	"	139
22.	VERIFICA DEGLI IMPIANTI DI VIDEOSORVEGLIANZA	"	140
22.1.	Esami a vista	"	140
22.2.	Prove funzionali.....	"	140
22.3.	Prove strumentali	"	141
22.4.	Analisi della documentazione impiantistica	"	141

22.5.	Verifica dei manuali d'uso	p.	142
22.6.	Dichiarazioni e certificazioni	"	142
23.	VERIFICHE PERIODICHE	"	143
23.1.	Verifiche periodiche richieste per legge	"	143
23.1.1.	D.P.R. n. 462/2001	"	143
23.1.2.	D.Lgs. n. 81/2008	"	144
23.2.	Verifiche periodiche richieste dalla normativa	"	144
23.2.1.	Impianti elettrici utilizzatori	"	144
23.2.2.	Impianti di terra	"	144
23.2.3.	Impianti di protezione contro le scariche atmosferiche	"	144
23.2.4.	Impianti di illuminazione di sicurezza	"	146
23.2.5.	Impianti rivelazione incendi	"	146
23.2.6.	Impianto diffusione sonora di evacuazione	"	147
23.2.7.	Locali ad uso medico	"	148
23.2.8.	Edifici pregevoli per arte e storia	"	148
23.2.9.	Edifici scolastici	"	148
23.2.10.	Luoghi di pubblico spettacolo	"	149
23.3.	Indicazioni del costruttore degli impianti	"	149
24.	VERBALE DI VERIFICA	"	150
25.	INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE ALLEGATO	"	151
25.1.	Introduzione	"	151
25.2.	Requisiti minimi hardware e software	"	152
25.3.	Download del software e richiesta della password di attivazione	"	152
25.4.	Installazione ed attivazione del software	"	152
26.	BIBLIOGRAFIA	"	155
26.1.	Norme CEI	"	155
26.2.	Norme UNI	"	155
26.3.	Pubblicazioni	"	155
26.4.	Siti internet	"	156

PREFAZIONE

Gli impianti elettrici e speciali rappresentano oggi 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 acconsentito ad 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 funzionalità 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'impianistica 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 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.

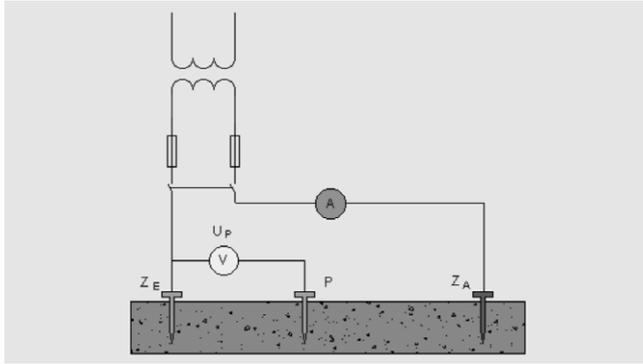


Figura 4. Metodo volt-amperometrico nella misura della resistenza di terra

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".

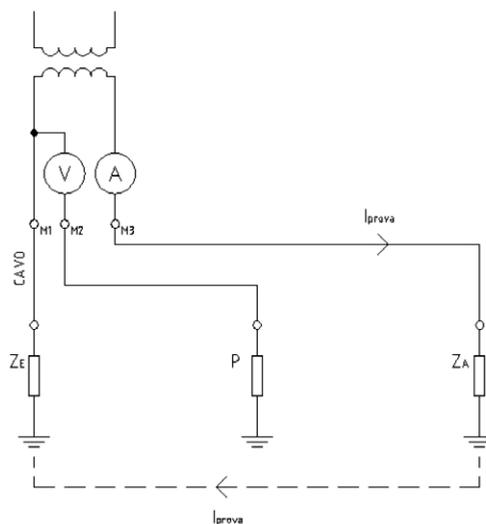


Figura 5. Misuratore di terra a 3 morsetti

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”.

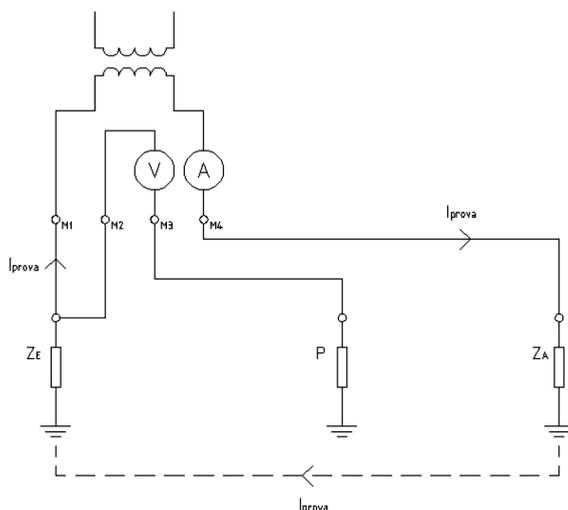


Figura 6. Misuratore di terra a 4 morsetti

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 (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 lontano 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).

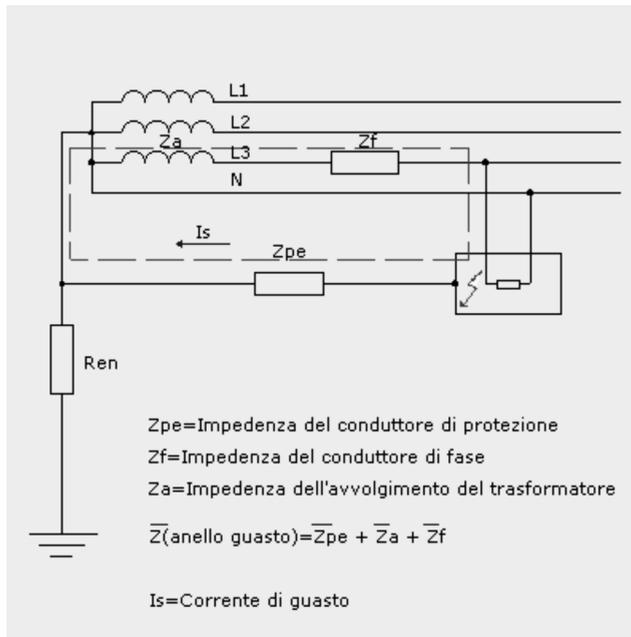


Figura 7. Anello di guasto e relativa impedenza

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 equipotenziali e dei circuiti di protezione, in pratica cioè a controllare che tutte le masse dell'impianto elettrico siano efficacemente collegate a terra.