

l'Installatore Qualificato

dati e tabelle per l'Installatore

Vittorio Re

Palazzoli Academy


Palazzoli
Sistemi Elettrici d'Autore


Editore
Delfino

L'Installatore Qualificato

dati e tabelle per l'Installatore

Vittorio Re



© Copyright 2008 Editoriale Delfino S.r.l.
Via Lomellina, 33 - 20133 Milano
Tel 02 7000.4529 - Fax 02 7000.5054
www.editorialedelfino.it

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo (microfilm, copie fotostatiche compresi), sono riservati per tutti i paesi.

L'Editore potrà concedere a pagamento l'autorizzazione a riprodurre una porzione non superiore a un decimo del presente volume e fino a un massimo di settantacinque pagine.

Le richieste di riproduzione vanno inoltrate all'Associazione Italiana per i diritti di Riproduzione delle Opere dell'Ingegno (AIDRO), via delle Erbe, 2 - 20121 Milano
Tel. e Fax 02/809506

Responsabile editoriale: Mario Montalbetti

Fotocomposizione: Testo & Immagine - Cinisello Balsamo (MI)

Stampa: Geca - Cesano Boscone (MI)

Finito di stampare nel mese di gennaio 2009

Per Palazzoli S.p.A.

Via F. Palazzoli, 31 - 25128 Brescia - Italy

Tel. + 39 030 2015.1 - Fax +39 030 2015.217

www.palazzoli.com - vendite@palazzoli.it

Prefazione

Ci siamo prefissi di offrire agli installatori una serie di dati e tabelle su argomenti che ricorrono spesso nella stesura dei preventivi, nell'esecuzione e nel collaudo degli impianti elettrici, con particolare riferimento a quelli a bassa tensione, civili ed industriali. Inoltre abbiamo ritenuto opportuno riportare talune nozioni apprese nel corso della loro formazione professionale, a titolo di promemoria.

Parlare di completezza sarebbe fuori luogo. Diciamo piuttosto che è un tentativo di sintesi. Possiamo aggiungere che nel corso della prima stesura ci siamo trovati di fronte ad una mole tale di materiale da snaturare lo scopo che ci eravamo prefissi, ossia dar vita ad un manuale di facile e rapida consultazione. Solo dopo numerosi incontri con titolari di piccole e medie imprese installatrici e fruendo della loro esperienza siamo giunti alla stesura attuale.

Ci auguriamo che questa pubblicazione risponda alle esigenze degli installatori, impegnati quotidianamente in gravosi compiti tecnico-commerciali, ed ai quali spesso scarseggia il tempo per consultare i testi scolastici di elettrotecnica o di impianti elettrici.

Indice degli argomenti

1 UNITA' DI MISURA

Principali grandezze e unità di misura	8
Corretto uso delle unità di misura	9
Fattori di conversione.....	10

2 NORMATIVA E LEGISLAZIONE

Norme CEI	12
Principali leggi e decreti	14
Il marchio di sicurezza	18
Segni grafici	19

3 Elettrotecnica

Legge di Ohm.....	23
Collegamento dei resistori	24
Legge di Joule	25
Determinazione della corrente di corto circuito	26
Circuiti in corrente alternata	27
Potenza.....	28

4 MISURE ELETTRICHE

Classificazione degli strumenti.....	29
Inserzione degli strumenti elettromagnetici	30
Misura di potenza nei circuiti trifasi	31
Inserzioni TA e TV.....	33
Strumenti universali e particolari	35

5 MACCHINE ELETTRICHE

Motori asincroni	36
Trasformatori	42
Protezioni nelle cabine di trasformazione	50

6 IMPIANTI ELETTRICI

Definizioni	51
Classificazione in base alla tensione nominale.....	52
Classificazione dei sistemi in base al collegamento a terra ..	54

Gradi di protezione degli involucri	56
Protezione meccanica contro gli urti (codice IK)	60

7 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI

Protezione contro i contatti diretti	61
Protezione contro i contatti indiretti	63
Protezione senza interruzione dell'alimentazione	68
Protezione contro i contatti diretti e indiretti	72

8 CONDUTTURE

Contrassegni di conformità alle norme	73
Elementi distintivi dei cavi	74
Designazione dei cavi (Norma CEI 20-27).....	75
Designazione dei cavi (tabella UNEL 35011)	76
Caratteristiche minime dei cavi	78
Tipi di cavi di più comune impiego	79
Portata dei cavi	80
Cavi interrati	87
Caduta di tensione	90
Tubi protettivi	93
Canali portacavi e portapparecchi	97
Passerelle	99

9 ORGANI DI PROTEZIONE E COMANDO

Fusibili	100
Interruttori	105
Coordinamento delle protezioni	109
Selettività delle protezioni	110
Interruttori differenziali.....	111
Contattori	115
Prese a spina per usi industriali	123

10 QUADRI ELETTRICI

Generalità	125
Quadri AS e ANS.....	125

Prove	126
Targa	126
Caratteristiche elettriche dei quadri	127
Protezione contro i contatti indiretti	128
Quadri per cantieri.....	130
Quadri per uso domestico e similare	132

11 RIFASAMENTO IN BASSA TENSIONE

Generalità	134
Vantaggi del rifasamento.....	135
Potenza dei condensatori	136
Sistemi di rifasamento.....	137
Determinazione del $\cos\varphi$	138
Resistenze di scarica dei condensatori	140
Dispositivi di manovra e protezione	141
Esempi di schemi per rifasamento	142

12 IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

Grandezze caratteristiche	143
Elementi per una razionale illuminazione	144
Tipi di lampada	151
Apparecchi di illuminazione	153
Calcolo illuminotecnico per interni	157

13 IMPIANTO DI TERRA

Generalità	159
Dispersore	160
Conduttori di terra.....	162
Conduttore di protezione (PE).....	163
Conduttori equipotenziali	165
Collettore o nodo principale di terra	166
Conduttore di protezione + neutro (PEN)	166

14 ELETTRODOMESTICI

Generalità	167
------------------	-----

Consumi energetici	168
Frigoriferi a compressore	169
Frigoriferi ad assorbimento	169
Lavabiancheria	170
Lavastoviglie	170
Scaldacqua	170
Condizionatori	171
Ordini di grandezza delle potenze assorbite dagli elettrodomestici.....	172

15 VERIFICHE

Generalità	173
Verifiche iniziali	173
Prove strumentali	175
Verifiche periodiche.....	184

16 DICHIARAZIONE DI CONFORMITA'

Aspetti generali	186
Impieghi della dichiarazione di conformità	187
Consegna allo sportello unico.....	188
Sanzioni a carico dell'installatore	188
Modello per la compilazione della Dichiarazione di conformità	190

Principali grandezze e unità di misura

Grandezze	Nome	Simbolo
Lunghezza	metro	m
Area	metro quad.	m ²
Volume	metro cubo	m ³
Massa	kilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Temperatura termodinamica	kelvin	K
Quantità di sostanza	mole	mol
Frequenza	hertz	Hz
Forza	newton	N
Pressione - tensione	pascal	Pa
Carica elettrica	coulomb	C
Potenziale elettrico, differenza di potenziale elettrico, tensione elettrica forza elettromotrice	volt	V
Corrente elettrica	ampere	A
Capacità elettrica	farad	F
Lavoro, energia, quantità di calore	joule	J
Potenza attiva	watt	W
Potenza reattiva	var	var
Potenza apparente	voltampere	VA
Resistenza elettrica	ohm	Ω
Conduttanza elettrica	siemens	S
Resistività	ohm · metro	Ω · m
Induttanza magnetica	henry	H
Reattanza	ohm	Ω
Flusso magnetico	weber	Wb
Induzione magnetica	tesla	T
Intensità luminosa	candela	cd
Flusso luminoso	lumen	lm
Illuminamento	lux	lx

Corretto uso delle unità di misura

Regola	Esempi	
	esatto	errato
I nomi delle unità di misura si scrivono con l'iniziale minuscola.	volt, ampere, watt, ohm	Volt, Ampere, Watt, Ohm
Si può fare uso di abbreviazioni solo nel caso che l'unità di misura sia preceduta da un valore numerico. Usare esclusivamente lettere maiuscole.	220 V, 150 A, 300 W, 2 Ω	V 220, A 150, W 300, Ω 2
L'unità di misura può essere anche scritta per esteso.	220 volt, 150 ampere	volt 220, ampere 150
Non mettere il punto dopo le abbreviazioni, salvo si tratti di fine periodo.	220 V, 15 A	220 V., 15 A.
Multipli e sottomultipli devono sempre precedere l'unità di misura.	kV, mA	Vk, Am
Le unità di misura rimangono invariate al plurale.	volt, ampere	volts, amperes
Non mettere il punto per spaziare i gruppi di tre cifre. Distanziarle con uno spazio.	10 000 1 000 000	1.000 1.000.000
Se l'unità di misura non è preceduta da un valore numerico deve essere scritta per esteso	...la tensione si misura in volt	...la tensione si misura in V
I simboli delle grandezze (corrente, tensione, potenza) devono essere di regola scritti in caratteri italici (inclinati).	<i>U, I, P</i>	U, I, P

Fattori di conversione

Potenza

1 \ vale	kW	CV	kgm/s	kcal/s
kilowatt (kW)	1	1,36	102	0,239
cavallo vapore (CV)	0,736	1	75	0,176
kilogrammetro/sec (kgm/s)	$9,81 \times 10^{-3}$	$1,32 \times 10^{-2}$	1	$2,34 \times 10^{-3}$
kilocaloria/sec	4,19	5,69	427	1

Esempio: Sulla targhetta di un motore elettrico la potenza è indicata in 6 cavalli vapore.

La potenza in kilowatt sarà: $6 \times 0,736 = 4,416$ kW.

Lavoro o energia

1 \ vale	kWh	kgm	kcal	J
kilowattora (kWh)	1	$0,367 \times 10^6$	860	$3,6 \times 10^6$
kilogrammetro (kgm)	$2,72 \times 10^{-6}$	1	$2,34 \times 10^{-3}$	9,81
kilocaloria (kcal)	$1,16 \times 10^{-3}$	4,27	1	$4,19 \times 10^3$
joule = watt · secondo	$0,277 \times 10^{-6}$	0,102	$0,239 \times 10^{-3}$	1

Multipli e sottomultipli di 10

Prefisso	Abbreviazione	Valore numerico	Denominazione
T	tera	1 000 000 000 000	bilioni
G	giga	1 000 000 000	miliardi
M	mega	1 000 000	milioni
k	kilo	1 000	migliaia
h	etto	100	centinaia
D	deca	10	decine
		1	unità
d	deci	0,1	decimi
c	centi	0,01	centesimi
m	milli	0,001	millesimi
μ	micro	0,000 001	millesimi
n	nano	0,000 000 001	miliardesimi
p	pico	0,000 000 000 001	bilionesimi

$M\Omega$ = megaohm = 1 000 000 Ω

kV = kilovolt = 1 000 V

mA = milliampere = 0,001 A

μ F = microfarad = 0,000 001 F

pF = picofarad = 0,000 001 μ F = 0,000 000 000 001 F

Segni matematici

=	uguale	log	logaritmo decimale
≠	diverso o non uguale	ln	logaritmo naturale
≈	circa (appross. uguale)	√	radice
∫	simile	Δ	differenza finita
÷	da a	>	maggiore di
+	più o positivo	≥	maggiore o uguale di.
-	meno o negativo	<	minore di
· x	per o moltiplicato	≤	minore o uguale di...
: /	diviso (frazione)	∞	infinito
d	derivata	∑	sommatoria

Norme CEI

Le norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) riguardano la costruzione, l'installazione, il collaudo e le prove di accettazione dei materiali, macchinari e apparecchiature elettriche ⁽¹⁾.

Le tabelle CEI-UNEL (Unificazione nell'industria Elettrotecnica) riguardano problemi di carattere dimensionale (ad esempio motori, trasformatori, cavi, ecc.).

Il CEI collabora all'attività di normalizzazione svolta da organismi internazionali (IEC - International Electrotechnical Commission) ed europei (CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization).

Le norme emesse dal CENELEC e identificate con l'acronimo EN, devono essere tradotte e introdotte nella normativa nazionale, abrogando eventuali norme già presenti sullo stesso argomento o in contrasto con la norma europea.

Se a livello europeo non vi è un completo accordo su una norma, vede la luce un documento di armonizzazione, identificato con l'acronimo HD, il quale rappresenta un primo passo verso quella che sarà, in futuro, l'armonizzazione completa, raggiunta con l'emissione della norma EN.

In ambito impiantistico le norme nazionali solitamente si ispirano ai documenti di armonizzazione, mentre le norme che riguardano i prodotti elettrotecnici sono quasi tutte EN.

Un impianto elettrico realizzato secondo le norme CEI viene considerato "a regola d'arte" in base alla legge n. 186 del 1 marzo 1968, costituita dai seguenti due articoli:

Art. 1 - Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte.

Art. 2 - I materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme del Comitato Elettrotecnico Italiano si considerano costruiti a regola d'arte.

(1) Le norme CEI e le tabelle CEI-UNEL possono essere richieste a: Comitato Elettrotecnico Italiano - Via Saccardo, 9 - 20134 Milano.

Comitati tecnici

Ciascun fascicolo di norma CEI è caratterizzato da due numeri: uno distintivo delle norme stesse, l'altro progressivo di edizione.

Il "numero distintivo" è costituito dal numero del Comitato Tecnico (C.T.) del CEI che ha compilato le norme, seguito da numero progressivo delle norme curate dal medesimo C.T. Ad esso fa seguito l'anno nel quale ha inizio l'applicazione delle norme stesse. I due primi numeri rimangono invariati nelle successive edizioni. A questi possono seguire le seguenti lettere: S - norma sperimentale; V - variante; Ec - errata corrige. La versione italiana di norma europea (CENELEC) è individuata da un ulteriore numero distintivo preceduto dalle lettere EN.

Riportiamo l'elenco dei Comitati Tecnici di maggiore interesse per coloro che si occupano di impianti elettrici.

- 3 - Segni grafici
- 11 - Impianti elettrici di produzione, trasmissione e distribuzione
- 16 - Contrassegni dei terminali ed altre indicazioni
- 17 - Grossa apparecchiatura industriale
- 20 - Cavi per energia
- 23 - Apparecchiatura a bassa tensione
- 31 - Materiale antideflagrante
- 32 - Fusibili
- 34 - Lampade e relative apparecchiature
- 64 - Impianti elettrici utilizzatori
- 70 - Involucri di protezione
- 79 - Sistemi di rilevamento e segnalazione per incendio, intrusione, furto, sabotaggio e aggressione
- 81 - Protezione contro i fulmini
- 96 - Trasformatori di isolamento e sicurezza
- 210 - Compatibilità elettromagnetica
- 216 - Rilevatori di gas

Presso il CEI sono disponibili le pubblicazioni della IEC (Commissione Elettrotecnica Internazionale) e quelle CENELEC (Comitato Europeo di Normazione Elettrotecnica). Entrambe, molto spesso, servono come guida per le norme CEI o sono da esse recepite.

Principali leggi e decreti

Legge 186/68

La legge 1/03/1968, n. 186: "*Disposizioni concernenti la produzione di materiali, installazioni e impianti elettrici ed elettronici*" si pone l'obiettivo di garantire un accettabile livello di sicurezza a tutti gli utenti, imponendo che tutti i manufatti elettrici vengano costruiti e realizzati "a regola d'arte". La legge, che si applica sia agli ambienti di lavoro sia a quelli abitativi, stabilisce che i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme CEI si considerano costruiti a regola d'arte.

Decreto Ministeriale 37/08

Il Decreto Ministeriale 22 gennaio 2008, n. 37 "*Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici*" è entrato in vigore il 27 marzo 2008 ⁽¹⁾, abrogando la legge 46/90 ⁽²⁾ e il suo regolamento di attuazione, il D.P.R. 447/91, ma conservando molte prescrizioni.

Il decreto si applica, indistintamente dalla destinazione d'uso degli edifici, in caso di interventi sugli impianti elencati nella tabella 1 che si trovano all'interno degli edifici e all'esterno ma solo a quelli che rappresentano pertinenze degli edifici stessi, tipo: cortili, giardini e aree di parcheggio.

Le attività considerate dal decreto comprendono:

- realizzazione di un nuovo impianto, oppure rifacimento completo di un impianto già esistente;
- trasformazione di un impianto;
- ampliamento di un impianto;
- manutenzione straordinaria di un impianto.

Le suddette attività impiantistiche devono essere svolte da un'impresa installatrice abilitata che deve disporre di un respon-

⁽¹⁾ L'articolo 13 del D.M. 37/08 è stato abrogato per intero dal successivo D.L. 25 giugno 2008, n. 112 (art.35).

⁽²⁾ Ad eccezione degli articoli: 8 (Finanziamento dell'attività di normazione tecnica); 14 (Verifiche) e 16 (Sanzioni).

Tabella 1 - Classificazione degli impianti che ricadono nell'ambito di applicazione del D.M 37/08

- a) impianti di produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione, utilizzazione dell'energia elettrica, impianti di protezione contro le scariche atmosferiche, nonché gli impianti per l'automazione di porte, cancelli e barriere;
- b) impianti radiotelevisivi, antenne e impianti elettronici in genere;
- c) impianti di riscaldamento, di climatizzazione, di condizionamento e di refrigerazione di qualsiasi natura o specie, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione e delle condense, e di ventilazione ed aerazione dei locali;
- d) impianti idrici e sanitari di qualsiasi natura o specie;
- e) impianti per la distribuzione e l'utilizzazione di gas di qualsiasi tipo, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione e ventilazione ed aerazione dei locali;
- f) impianti di sollevamento di persone o di cose per mezzo di ascensori, di montacarichi, di scale mobili e simili;
- g) impianti di protezione antincendio (alimentazione degli idranti, impianti automatici e manuali di estinzione, impianti per la rilevazione di fumi, gas e incendi).

sabile tecnico in possesso dei requisiti tecnico-professionali minimi richiesti dal decreto.

Il decreto stabilisce che in tutti i casi di installazione, trasformazione o ampliamento degli impianti di cui alle lettere "a", "b", "c", "d", "e", "g" della tabella 1 deve essere preventivamente redatto un progetto.

Nel caso di impianti ritenuti critici (tabella 2). La redazione del progetto spetta a un professionista, iscritto all'albo di competenza. Per l'installazione, trasformazione o ampliamento di tutti gli altri tipi di impianti, la redazione del progetto può essere fatta dal responsabile tecnico dell'impresa installatrice.

Al termine dei lavori l'installatore deve fornire una dichiarazione di conformità.

Rispetto alla legge 46/90 il D.M. 37/08 introduce alcune novità:

- si applica integralmente a qualsiasi tipo di ambiente;
- richiede la progettazione di tutti gli interventi di nuova installazione, trasformazione o ampliamento.
- introduce il documento della dichiarazione di rispondenza per

Tabella 2 - Impianti elettrici per i quali, è necessario un progetto redatto da un professionista

- a) impianti di cui alla lettera a) della tabella 1, per tutte le utenze condominiali e di singole unità abitative aventi potenza impegnata superiore a 6 kW o per utenze di singole unità abitative di superficie superiore a 400 m²;
- b) impianti per lampade fluorescenti a catodo freddo, collegati ad impianti elettrici per i quali è obbligatorio il progetto e in ogni caso per impianti di potenza complessiva maggiore di 1200 VA resa dagli alimentatori;
- c) impianti di cui alla lettera a) della tabella 1, relativi agli immobili adibiti ad attività produttive, al commercio, al terziario e ad altri usi, quando le utenze sono alimentate a tensione superiore a 1000 V, o quando le utenze sono alimentate in bassa tensione con potenza impegnata superiore a 6 kW o qualora la superficie superi i 200 m²;
- d) impianti elettrici relativi ad unità immobiliari provviste, anche solo parzialmente, di ambienti soggetti a normativa specifica del CEI, in caso di locali adibiti ad uso medico o per i quali sussista pericolo di esplosione o a maggior rischio di incendio, nonché per gli impianti di protezione da scariche atmosferiche in edifici di volume ≥ 200 m³;
- e) impianti di cui alla lettera b) della tabella 1, relativi agli impianti elettronici in genere quando coesistono con impianti elettrici con obbligo di progettazione;
- f) impianti di protezione antincendio, di cui alla lettera g) della tabella 1, se sono inseriti in un'attività soggetta al rilascio del certificato prevenzione incendi e, comunque, quando gli idranti sono in numero pari o superiore a 4 o gli apparecchi di rilevamento sono in numero pari o superiore a 10.

gli impianti preesistenti all'entrata in vigore del decreto ma mancanti della dichiarazione di conformità rilasciata secondo la legge 46/90.

Il decreto legislativo 81/08

Il decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, ("Testo Unico") in materia di sicurezza sul lavoro, è entrato in vigore il 15 maggio 2008. Contestualmente alla sua entrata in vigore sono stati abrogati sia il D.P.R. 547/55 sia il D.Lgs. 626/94 e relative integrazioni. La materia degli impianti e delle apparecchiature elettriche viene trattata dal decreto al Titolo III, Capo III, nonché all'Allegato IX. Il decreto obbliga il datore di lavoro alla valutazione e all'*abbat-*

timento dei rischi di origine elettrica in azienda, specificando che, affinché materiali, macchinari, apparecchiature, installazioni e impianti elettrici ed elettronici possano essere considerati conformi ai requisiti di sicurezza devono essere stati progettati, realizzati e costruiti a regola d'arte.

Regolamenta inoltre gli interventi degli operatori a contatto o in prossimità di parti sotto tensione e l'esecuzione delle verifiche.

Decreto Presidente della Repubblica 462/01

Questo decreto che riporta il "*Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi*" si applica esclusivamente ai luoghi di lavoro in quanto specifica le procedure per la denuncia dei seguenti tipi di impianto: gli impianti di terra, gli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche e gli impianti in luoghi con pericolo d'esplosione.

Stabilisce i ruoli rispettivi ricoperti dalle ASL/ARPA e dall'ISPESL e degli Organismi Abilitati privati in grado di sostituirsi alle ASL/ARPA.

Stabilisce infine la frequenza delle verifiche ispettive periodiche.

Decreto legislativo 626/96

Questo decreto ha recepito la Direttiva Bassa Tensione 2006/95/CE relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato a tensione nominale compresa fra 50 e 1000 V c.a. e fra 75 e 1500 V c.c. Prescrive che il materiale rientrante nei suddetti limiti può essere posto in commercio solo se non compromette, in caso di installazione e di manutenzione, la sicurezza delle persone, degli animali domestici e dei beni.

Si presume rispondente alle suddette disposizioni il materiale elettrico che soddisfa alle norme EN, stabilite di comune accordo dagli organi di normalizzazione elettrotecnica ed elettronica. Il campo di applicazione della Direttiva BT copre qualsiasi materiale elettrico destinato a essere adoperato in bassa tensione. È il caso, ad esempio, degli elettrodomestici, degli utensili portatili e degli apparecchi di illuminazione; ma anche di singoli componenti, quali fili, cavi, condotti, interruttori, contattori e altri materiali d'installazione (con esclusione di prese e spine).

Il marchio di sicurezza

Per effetto della Direttiva bassa tensione tutti i materiali elettrici devono riportare (direttamente sul prodotto, oppure sulla confezione) la marcatura "CE" che attesta che il materiale è costruito a regola d'arte in materia di sicurezza.



Rappresenta, quindi, solo un'autodichiarazione del fabbricante e non offre assoluta garanzia circa l'effettiva conformità del prodotto alla regola dell'arte. Tale garanzia è infatti commisurata alla serietà e all'affidabilità del fabbricante.

Per una maggiore tranquillità dell'utente è opportuno scegliere prodotti che riportino anche uno dei marchi di sicurezza che gli enti certificatori, notificati a livello europeo, rilasciano ai fabbricanti che accettano di sottoporsi a:

- verifica di conformità del processo di produzione;
- sorveglianza periodica degli esemplari prodotti, destinata ad accertare il mantenimento degli standard qualitativi.

Il marchio di sicurezza si affianca alla marcatura CE. A differenza di quest'ultima, non è obbligatorio, ma rappresenta una garanzia che quanto dichiarato dal fabbricante in merito alla conformità del prodotto ai requisiti essenziali di sicurezza delle direttive di riferimento corrisponde in effetti alla realtà.

In Italia il principale ente che certifica la conformità dei prodotti elettrici alla normativa tecnica è l'Istituto italiano del Marchio di Qualità, conosciuto con l'acronimo IMQ⁽¹⁾. In ambito europeo sono riconosciuti altri marchi di conformità e sicurezza. Se ne indicano alcuni.



(1) Istituto del Marchio di Qualità - Via Quintiliano, 43 - 20138 Milano.

Segni grafici

Il termine "segno grafico" indica una figura impiegata convenzionalmente su uno schema o su un documento per rappresentare un dispositivo o una funzione.

Solitamente è l'insieme di più figure semplici. Per esempio, il segno grafico di un contattore è composto dalle figure rappresentative: della bobina di comando, dei fili di alimentazione, dei contatti, collegati meccanicamente fra loro ed alla bobina.

Ad un segno grafico generale vengono aggiunti dei segni grafici *distintivi* per fornire ulteriori informazioni, relative per esempio alla funzione svolta. La tabella seguente illustra come al segno grafico generale di un contatto possano essere aggiunti diversi segni distintivi che lo caratterizzano nel particolare.

I segni grafici sono stati definiti in sede IEC e recepiti dal CEI con un pacchetto di norme comprese tra la CEI 3-14 e CEI 3-26. Nelle pagine successive sono riportati i segni grafici più utilizzati nell'ambito degli schemi di impianti elettrici.

Segno grafico	Funzione	Esempio
	Contattore	
	Interruttore di potenza	
	Sezionatore	
	Interruttore di manovra (atto a interrompere la corrente nominale)	
	Apertura automatica di un interruttore	
	Contatto di posizione (fine corsa)	
	Di ritorno automatico	
	Di posizione mantenuta	

Funzione	Segno grafico	Funzione	Segno grafico
Contatti		Sezionatori	
In chiusura (usato anche come segno generale di interruttore)		Segno generale	
In apertura (contatto di riposo)		A due direzioni	
In apertura comandata da relè termico		Interruttore di manovra (sezionatore sotto carico)	
A due vie con posizione centrale di apertura		Interruttore di manovra ad apertura automatica	
A due chiusure		Contattori	
A due aperture		Segno generale	
In chiusura con comando manuale (segno generale)		Ad apertura automatica	
In chiusura con comando a manipolatore rotativo		Con contatti chiusi a riposo	
In chiusura con comando a pulsante (ritorno automatico)		Dispositivi di comando con relè elettromagnetico (segni alternativi)	
		Relè termico di protezione	
		Relè elettromagnetico di protezione	
		Interruttore con relè termico ed elettromagnetico	
		Interruttore con protezione differenziale	

Funzione	Segno grafico	Funzione	Segno grafico
Fusibili		Macchine elettriche	
Segno generale		Motore asincrono trifase con rotore in cortocircuito	
Con indicazione dell'estremo che rimane sotto tensione		Motore asincrono trifase con rotore avvolto (ad anelli)	
Con percussore		Trasformatore di tensione (segni alternativi)	
Con percussore e circuito di segnalazione		Trasformatore di corrente (segni alternativi)	
Interruttore con fusibile incorporato		Strumenti di misura (1)	
Sezionatore con fusibile incorporato		Indicatori	
Sezionatore sotto carico con fusibile incorporato		Registratori	
Scaricatori		Integratori	
Scaricatore			
Limitatore di tensione nel gas			

(1) Per indicare la grandezza misurata sostituire l'asterisco con il simbolo della grandezza stessa.

Funzione	Segno grafico	Funzione	Segno grafico
Condutture		Regolatore	
Conduttura, linea, cavo o circuito. Possono essere aggiunte indicazioni complementari (sezione, tensione, ecc.)		Presenza con contatto per conduttore di protezione	
Conduttura trifase con conduttori di neutro e protezione		Presenza di sicurezza	
Canalizzazione o condotto. Possono figurare la sezione o il numero e destinazione dei tubi		Presenza per telecomunicazioni (TE telefono, TV televisione)	
Conduttura verticale passante		Presenza con interruttore di blocco	
Cassetta (segno generale)		Punto luce	
Cassetta derivazione		Apparecchio di illuminazione di sicurezza su circuito speciale	
Apparecchiature varie		Complesso autonomo di illuminazione di sicurezza	
Pulsante		Apparecchio di illuminazione per tubi fluorescenti	
Interruttore luce (segno generale)		Elementi dei circuiti	
Interruttore bipolare		Resistore	
Deviatore luce		Impedenza	
Invertitore luce		Condensatore	

Legge di Ohm

Esprime la proporzionalità tra la differenza di potenziale (U) applicata ai capi di un conduttore e l'intensità (I) che lo percorre. Dal rapporto di queste grandezze si desume la resistenza (R).

$$R = \frac{U}{I} \text{ ohm}$$

$$I = \frac{U}{R} \text{ ampere}$$

$$U = R \cdot I \text{ volt}$$

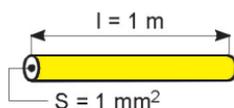
Resistività (ρ)

Esprime la resistenza di un conduttore omogeneo, a temperatura uniforme, di lunghezza e sezione unitaria. Si indica con la lettera ρ (leggi ro) ed in genere si misura in ohm \cdot mm²/m.

Rame elettrolitico $\rho = 0,0117 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Alluminio (95,5%) $\rho = 0,028 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

In relazione alla lunghezza del conduttore (L) alla sua sezione S ⁽¹⁾, si desume la sua resistenza (R):



$$R = \rho \frac{L}{S} \text{ ohm}$$

da cui:

$$L = \frac{R \cdot S}{\rho} \text{ m}$$

$$S = \frac{\rho \cdot L}{R} \text{ mm}^2$$

Conduttanza (G)

Esprime la facilità con la quale un materiale si lascia attraversare dalla corrente (inverso della resistenza).

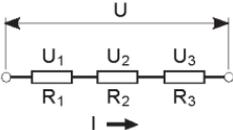
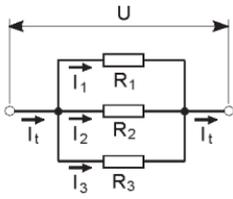
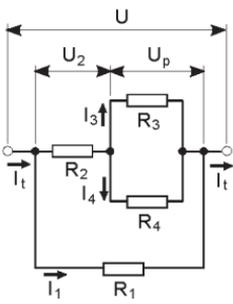
$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{S}{L} = \gamma \frac{S}{L} \text{ siemens}$$

(γ è la conduttività ossia l'inverso della resistività).

(¹) Determinazione delle sezioni.

	$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \text{ mm}^2$	$d = 3 \text{ mm}$	$S = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 4,06 \text{ mm}^2$
	$S = a \cdot b \text{ mm}^2$	$a = 50 \text{ mm}$ $b = 5 \text{ mm}$	$S = 50 \cdot 5 = 250 \text{ mm}^2$

Collegamento dei resistori

Schema	Resistenza equivalente	Rapporto tra le grandezze elettriche
<p>Serie</p> 	$R_t = R_1 + R_2 + R_3$	$I = \frac{U}{R_t} \quad U = R_t \cdot I$ $U_1 = R_1 \cdot I \quad R_1 = U_1 / I$ $U_2 = R_2 \cdot I \quad R_2 = U_2 / I$ $U_3 = R_3 \cdot I \quad R_3 = U_3 / I$
<p>Parallelo</p> 	$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$ <p>Caso particolare due soli resistori:</p> $R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	$I_t = \frac{U}{R_t} \quad U = R_t \cdot I$ $I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$ $I_3 = \frac{U}{R_3}$
<p>Serie - parallelo</p> 	<p>a) risolvere il parallelo R_3 e R_4:</p> $R_p = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$ <p>b) risolvere la serie R_p e R_2:</p> $R_s = R_p + R_2$ <p>c) risolvere il parallelo R_s e R_1:</p> $R_t = \frac{R_s \cdot R_1}{R_s + R_1}$	$I_t = \frac{U}{R_t}$ $I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_s = \frac{U}{R_s}$ $U_2 = R_2 \cdot I_s \quad U_p = R_p \cdot I_s$ $I_3 = \frac{U_p}{R_3} \quad I_4 = \frac{U_p}{R_4}$

Legge di Joule

La potenza trasformata in calore in un conduttore è proporzionale al prodotto della sua resistenza (R) per il quadrato della corrente (I) che lo attraversa. E' una potenza dissipata, non recuperabile. Può essere espressa anche in funzione della tensione (U):

$$P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad \text{watt}$$

L'energia dissipata in un certo tempo (t) risulta:

$$W = R \cdot I^2 \cdot t \quad \text{joule}$$

Integrale di Joule

Rappresenta l'energia che il dispositivo di protezione (fusibile o interruttore automatico) lascia passare durante il cortocircuito prima di poter interrompere il circuito. Si indica con l'espressione $I^2 t$, definita "integrale di Joule" per la durata del cortocircuito.

Per cortocircuito di durata non superiore a 5 secondi, la condizione perché il cortocircuito non alzi la temperatura dei conduttori dal valore in servizio normale oltre il limite ammissibile si può verificare con la seguente relazione:

$$I^2 t < K^2 \cdot S^2$$

dove:

$I^2 t$ - integrale di Joule per la durata del cortocircuito, in amperre quadrato al secondo (A^2s);

K - coefficiente che tiene conto delle caratteristiche del cavo ⁽¹⁾;

S - sezione del conduttore (mm^2).

(1) Valori del coefficiente K .

Tipo di isolamento del cavo	Materiale del conduttore	
	rame	alluminio
Gomma	135	87
Cavi isolati in PVC	115	74
Cavi isolati con gomma etilenpropilenica e polietilene reticolato	143	87

Determinazione della corrente di corto circuito

Il cortocircuito è il più pericoloso guasto che possa accadere in un impianto elettrico a causa di un difetto di isolamento. La corrente che percorre il circuito può infatti assumere valori molto elevati, causare danni notevoli ed essere innesco di incendi.

Per il dimensionamento dei dispositivi di protezione è necessario conoscere:

- la massima corrente che si verifica quando il cortocircuito si manifesta subito a valle del dispositivo di protezione;
- la minima corrente di cortocircuito che si verifica nel punto più lontano dal dispositivo di protezione.

Il valore della corrente di cortocircuito massima all'origine dell'impianto deve essere richiesto all'ente fornitore.

I valori della corrente di cortocircuito lungo la condotta (in particolare nel punto di installazione degli interruttori a valle del punto di consegna dell'energia) devono essere calcolati tenendo conto delle impedenze dei conduttori e dei dispositivi interposti.

Per determinare la corrente minima di cortocircuito lungo una condotta monofase ⁽¹⁾ realizzata con conduttori in rame, quando l'impedenza di guasto è trascurabile (guasto franco) si può usare la seguente formula:

$$I_{cc} = \frac{15 U_0 \cdot S}{L}$$

essendo:

U_0 - tensione (volt) ⁽¹⁾;

S - sezione dei conduttori (mm^2);

L - lunghezza semplice della condotta (m).

La formula è valida per sezioni fino a 90 mm^2 in quanto oltre tale sezione la reattanza della condotta non è più trascurabile ⁽²⁾.

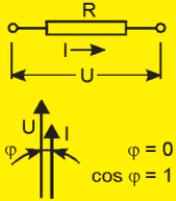
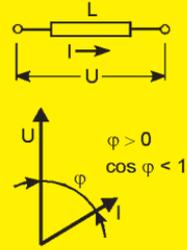
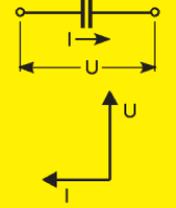


⁽¹⁾ Per condutture trifase, si considera il guasto monofase, assumendo:

- in assenza di conduttore neutro: la tensione concatenata U ;
- con conduttore neutro: la tensione di fase-neutro U_0 . Se il neutro ha sezione pari alla metà di quella del conduttore di fase, il valore di I_{cc} si ottiene moltiplicando per 0,67 il valore ottenuto dalla formula.

⁽²⁾ Per sezioni superiori applicare i seguenti fattori di riduzione: 0,90 per 120 mm^2 ; 0,85 per 150 mm^2 ; 0,80 per 185 mm^2 ; 0,75 per 240 mm^2 .

Circuiti in corrente alternata

Denominazione	Rappresentazione vettoriale
<p>Ohmico</p> <p>Prevale la resistenza elettrica (R), mentre induttanza e capacità ⁽¹⁾ risultano trascurabili (lampade ad incandescenza, forni e cucine elettriche, ecc.). Corrente e tensione sempre in fase ($\cos\varphi$ quasi uguale a 1).</p>	
<p>Induttivo</p> <p>L'induttanza (L) prevale sulla resistenza (motori, trasformatori, reattori, ecc.). Corrente sfasata in ritardo rispetto alla tensione. Lo sfasamento è tanto maggiore quanto più elevato è il valore dell'induttanza. Fattore di potenza inferiore a 1.</p> <p>Reattanza induttiva (X_L): è rappresentata dalla grandezza ωL ⁽²⁾ che si oppone al passaggio della corrente causando una caduta di tensione. Differisce dalla resistenza perché non dà luogo a dissipazione di potenza, ma ad uno scambio di energia con il campo magnetico. Si misura in ohm.</p>	 <p>$U = \omega \cdot L \cdot I = 2 \pi \cdot f \cdot L \cdot I$ $X_L = \omega \cdot L = 2 \pi \cdot f \cdot L$</p>
<p>Capacitivo</p> <p>L'effetto capacitivo dei condensatori prevale sulla resistenza e l'induttanza. La corrente è sfasata in anticipo rispetto la tensione.</p> <p>Reattanza capacitiva (X_C): è rappresentata dalla grandezza $1/(\omega C)$ che si oppone al passaggio della corrente causando una caduta di tensione. Anche per la capacità si verifica uno scambio energetico con il campo elettrostatico.</p> <p>Come circuito puramente capacitivo viene utilizzato nel rifasamento degli impianti.</p>	 <p>$I = \omega \cdot C \cdot U = 2 \pi \cdot f \cdot C \cdot U$ $U = \frac{1}{\omega \cdot C} \cdot I = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot C} \cdot I$</p>

⁽¹⁾ Induttanza (L): coefficiente che esprime la proporzionalità tra la corrente che percorre un circuito ed il flusso magnetico prodotto.

Capacità (C) di un condensatore: quoziente tra la carica di una delle due armature e la differenza di potenziale tra le armature stesse.

⁽²⁾ ω (leggi omega); rappresenta la pulsazione (o frequenza angolare). Prodotto della frequenza di una grandezza periodica per il fattore 2π .

Potenza (P)

Lavoro, ovvero energia assorbita da un sistema nell'unità di tempo. Moltiplicando la potenza assorbita per il rendimento del sistema η (leggi eta), si ha la potenza resa.

In corrente continua	$P = U \cdot I \cdot \eta$ (W)	$I = \frac{P}{U \cdot \eta}$ (A)
In corrente alternata monofase	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$ (W)	$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$ (A)
In corrente alternata trifase	$P = 1,73 U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$ (W)	$I = \frac{P}{1,73 U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$ (A)

In corrente alternata si considerano le seguenti potenze:

– *attiva (P)*: è la potenza dissipata negli elementi resistivi del circuito, per produrre calore, oppure assorbita dagli utilizzatori attivi (motori) e trasformata in un'altra forma di energia (ad esempio meccanica);

– *apparente (S)*: è la potenza in base alla quale deve essere dimensionato il circuito. Risulta dal prodotto della tensione efficace per la corrente efficace ⁽¹⁾ $S = U \cdot I$. Si esprime in voltampere (VA) o nel multiplo (kVA);

– *reattiva (Q)*: prodotto della tensione efficace per la corrente reattiva efficace; equivale a: $Q = S \sin \varphi$. Si esprime in voltampere reattivi (var) o nel multiplo (kvar). Questa potenza non è dissipata, ma alternativamente assorbita e resa dai campi magnetici (circuiti induttivi) ed elettrostatici (circuiti capacitivi).

Fattore di potenza (cos φ): rapporto tra la potenza attiva e quella apparente. Rappresenta il grado di utilizzazione energetica dei circuiti elettrici.

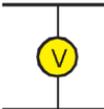
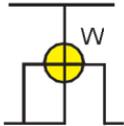
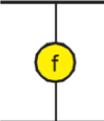
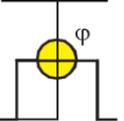
(1) *Valore efficace*: in regime sinusoidale corrisponde al valore che una corrente continua dovrebbe assumere per fornire la medesima energia per effetto Joule. E' il valore indicato dagli strumenti di misura.

Classificazione degli strumenti

Elettromeccanici	Elettronici
In base al principio di funzionamento	
La grandezza misurata viene trasformata in una forza (coppia) che agisce sull'equipaggio mobile. Tale forza è contrastata, in genere, da una molla (coppia antagonista).	La grandezza misurata viene elaborata tramite circuiti elettronici, alimentati da una sorgente di alimentazione ausiliaria.
In base al sistema di lettura	
<p>Analogici: un indice riproduce, per analogia, l'andamento nel tempo della grandezza.</p> 	<p>Digitali: visualizzano il risultato della misura direttamente in forma di numero.</p> 
In base alla classe di precisione	
0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2,5 - 5 Rappresentano il limite \pm dell'errore dello strumento, espresso in percentuale del valore di fondo scala.	Molto elevata per i voltmetri ed i multimetri, la precisione è proporzionale al numero di cifre visualizzato.
In base alla grandezza misurata	
Amperometri, voltmetri, wattmetri, varmetri, contatori, ohmmetri, frequenzimetri, multimetri.	Voltmetri, wattmetri, ohmmetri, contatori statici per la misura dell'energia, frequenzimetri, multimetri.
Vantaggi e svantaggi	
Consumo sensibile (tenerne conto nell'effettuare le misure). Negli strumenti ad indice, possibilità di errori di parallasse o di apprezzamento. Sensibili ad urti e vibrazioni.	Non hanno organi in movimento. Prelevano pochissima energia dal circuito di misura. Comodità di lettura, senza errori di apprezzamento. Richiedono controlli, tarature e maggiori manutenzioni.

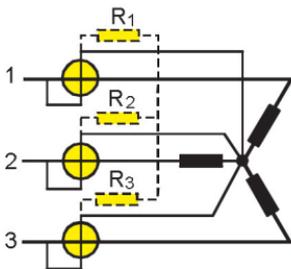
Inserzione degli strumenti elettromagnetici

Dipende dalla resistenza interna, se è molto elevata (voltmetri o bobine voltmetriche) l'inserzione si effettua in parallelo con il circuito di misura; se molto bassa (amperometri e bobine amperometriche) l'inserzione si effettua in serie. Consumi interni molto elevati possono alterare le misure.

Strumento	INSERZIONE		
	in serie	in parallelo	serie-parallelo
Amperometro			
Voltmetro			
Wattmetro			
Contatore			
Frequenzimetro			
Fasometro			

Misura di potenza nei circuiti trifasi

Con tre wattmetri monofasi

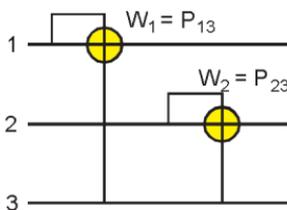


Bobine amperometriche in serie su ciascuna fase; voltmetriche con un estremo sul centro stella (se esiste ed è accessibile).

$$P = W_1 + W_2 + W_3$$

Se il centro stella non è accessibile, crearlo artificialmente tramite tre resistenze collegate a stella con un estremo connesso alle bobine voltmetriche (parte del circuito in tratteggio).

Con due wattmetri monofasi (sistema Aron)

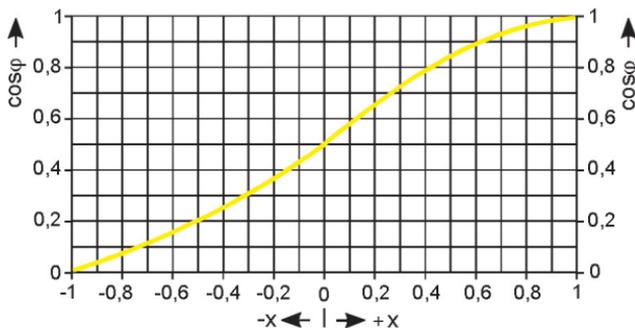


Bobine amperometriche su due fasi; voltmetriche con estremo sull'altra fase.

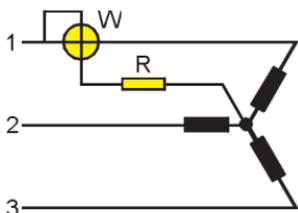
$$P = W_1 + W_2$$

La somma suddetta è algebrica dato che uno degli strumenti può indicare un valore negativo (che va sottratto).

Dividendo l'indicazione dei wattmetri si ottiene il rapporto $X = W_1/W_2$, che può essere positivo se entrambi i termini sono positivi o negativi, oppure negativo se una lettura è positiva e l'altra negativa. Da tale rapporto, mediante il grafico sotto riportato, si può desumere il fattore di potenza.



Con un solo wattmetro

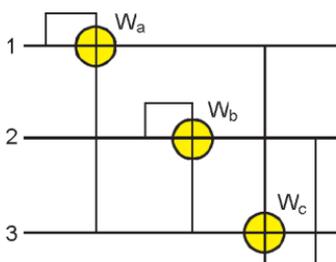


Solo per circuiti simmetrici ed equilibrati. Amperometrica su una fase, estremo della voltmetrica al centro della stella (se esiste, in caso diverso crearne uno artificiale). La potenza si calcola con la relazione:

$$P = 3 W$$

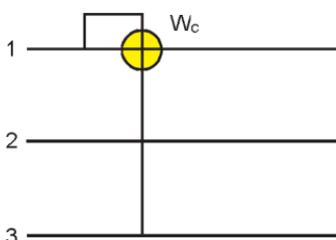
Esistono in commercio anche wattmetri trifasi, ossia con tre o due equipaggi montati su un unico strumento.

Misura della potenza reattiva



Si adotta il metodo Righi, utilizzando tre wattmetri. Il collegamento è indicato nella figura a lato (attenzione al collegamento delle bobine voltmetriche). La potenza reattiva si desume dalla seguente relazione:

$$Q = \frac{W_a - W_b + 2 W_c}{\sqrt{3}}$$



Se il circuito è simmetrico e equilibrato si può usare un solo wattmetro, inserito come indicato a lato. In questo caso la potenza reattiva risulta dalla relazione:

$$Q = 3 W_c$$

Inserzioni TA e TV

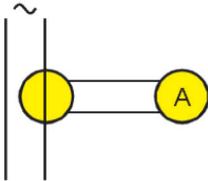
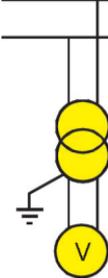
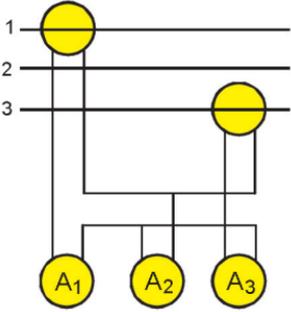
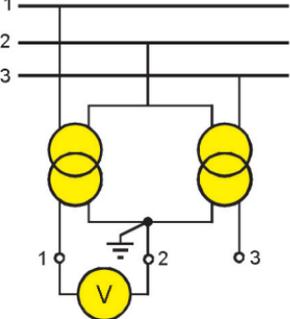
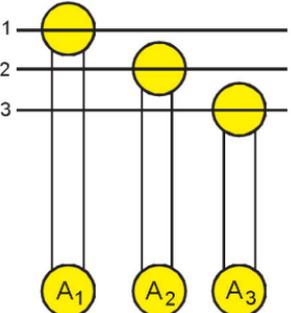
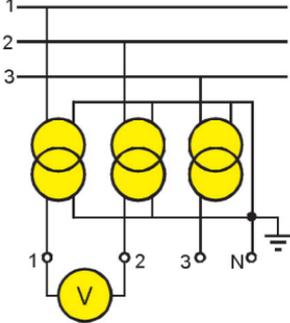
L'utilizzo dei trasformatori di corrente (TA) e di tensione (TV) consente: *sicurezza* per l'operatore (lettura delle grandezze lontano da tensioni pericolose); *razionalità* (possibilità di raccogliere tutti gli strumenti su un unico quadro); *comodità* (con una sola coppia di TA e di TV è possibile alimentare interi gruppi di strumenti); *precisione* (possibilità di ottenere precisioni uguali o superiori a quelle che si possono ottenere con strumenti ad inserzione diretta); *unificazione* (utilizzare strumenti aventi uniche portate: 5 A e 100 V fondo scala).

	TA	TV
Classi di precisione	0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 3 - 5	0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 3
Prestazioni (VA)	2,5 - 5 - 10 - 15 - 30	10 - 15 - 25 - 30 - 50 - 75 - 100 - 200 - 300 - 400 - 500
Contrassegni dei morsetti	$I_1 - I_2$ sul primario, $i_1 - i_2$ sul secondario (oppure + o - su entrambi i lati)	$U - V$ sul primario, u e v sul secondario (oltre a + e -)

■ Avvertenze

I TA e TV dispongono di un quinto morsetto per il collegamento a terra della carcassa metallica e del nucleo per evitare il generarsi di elevate tensioni pericolose in queste parti. A tale morsetto si collega anche uno dei morsetti secondari per evitare che contatti accidentali tra primario e secondario possano provocare innalzamenti della tensione; si impedisce in tal modo il formarsi di un potenziale notevole verso terra.

Schemi di inserzione dei TA e TV

	TA	TV
MONOFASE		
TRIFASE		
		

Strumenti universali e particolari

Strumenti universali



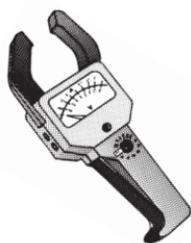
Analogico



Digitale

Consentono misure di tensione, di corrente e di resistenza in corrente continua ed alternata. Alcuni tipi estendono il campo di applicazione anche nel settore delle misure delle frequenze e capacità. Classi di precisione non molto elevate essendo strumenti destinati ai servizi di manutenzione o di riparazione.

Pinze amperometriche e wattmetriche



Analogico



Digitale

Utilizzate per portate superiori a quelle normalmente previste per gli strumenti universali. Consentono misure rapide in quanto non richiedono l'interruzione dei conduttori. Utilizzabili solamente per corrente alternata.

Misuratori di isolamento



Possono essere: a bobine incrociate con generatore elettromeccanico incorporato ad azionamento manuale, oppure, nelle versioni più moderne, con alimentazione da batterie interne. Appartengono a questi tipi di strumenti anche i misuratori della resistività del terreno e della resistenza di un impianto di terra.

Motori asincroni

Caratteristiche

La razionale utilizzazione (monofase o trifase) di queste macchine rotanti è condizionata dalla conoscenza delle loro caratteristiche elettriche e meccaniche, gran parte delle quali figurano tra i dati di targa: potenza (espressa in watt o kilowatt); tensione e frequenza di alimentazione (volt ed hertz); corrente assorbita (ampere); tipo di servizio (continuo od intermittente); livello di isolamento (condiziona la sopportabilità alle sovratemperature); grado di protezione (contro la penetrazione di corpi solidi o di acqua); sistema di costruzione (aperto, protetto, chiuso); tipo di ventilazione (naturale, autoventilata o esterna); sistema di avviamento (diretto o a tensione ridotta).

Potenza elettrica assorbita

La potenza indicata sulla targa (potenza nominale P_n) è la potenza meccanica che il motore fornisce al suo albero, a pieno carico. La potenza elettrica P che il motore assorbe dalla rete, è considerata quindi a pieno carico e deve tener conto del rendimento della macchina (η).

$$P = \frac{P_n}{\eta}$$

La potenza nominale è espressa in watt (W) o in kilowatt (kW). Non sono ammesse altre indicazioni (ad esempio: CV o HP) ⁽¹⁾. La corrente assorbita si può desumere dalle seguenti relazioni:

Motori monofasi

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} \text{ (A)}$$

Motori trifasi

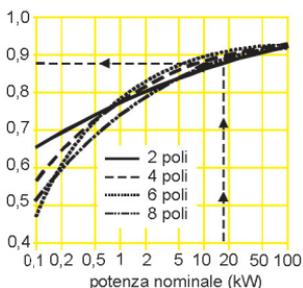
$$I = \frac{P}{1,73 U \cos \varphi} \text{ (A)}$$

essendo: U la tensione di alimentazione (volt); $\cos \varphi$ il fattore di potenza; 1,73 il fattore che tiene conto che il motore è trifase.

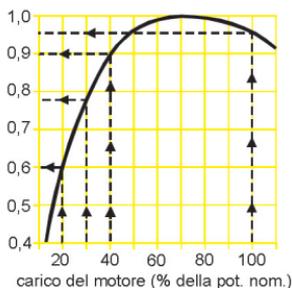
⁽¹⁾ Qualora, contrariamente alle prescrizioni normative, la potenza meccanica fosse indicata in "cavalli" (CV o HP) moltiplicarla per 0,75 (valore arrotondato) per esprimerla in kilowatt.

Rendimento

Varia con la potenza nominale della macchina e del carico. Di solito il rendimento massimo viene valutato a 3/4 del pieno carico. Diminuisce sensibilmente ai bassi carichi.



A pieno carico e in funzione della potenza nominale



Coefficiente di riduzione del rendimento in funzione del carico

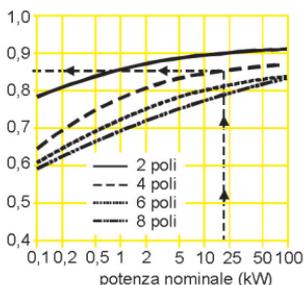
Esempio: rendimento di un motore asincrono trifase da 18,5 kW, 2 poli in funzione del carico:

100%: $0,87 \times 0,94 = 0,81$

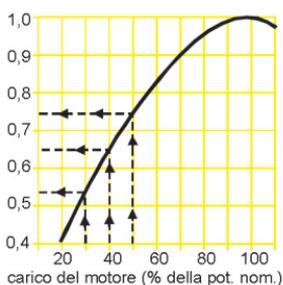
20%: $0,87 \times 0,60 = 0,52$

Fattore di potenza

Varia in funzione della potenza della macchina e del carico.



A pieno carico e in funzione della potenza nominale



Coefficiente di riduzione del fattore di potenza in funzione del carico

Esempio: fattore di potenza del motore asincrono trifase da 18,5 kW, 4 poli, in funzione del carico:

100%: $0,86 \times 1 = 0,86$

40%: $0,86 \times 0,66 = 0,57$

Numero dei giri

Dipende dal numero dei poli e dalla frequenza. Se il motore tri-fase gira a vuoto, la velocità di rotazione (giri al minuto) è prossima a quella di sincronismo ⁽¹⁾.

Aumentando il carico, aumenta lo scorrimento ⁽²⁾, in modo più accentuato nei motori di piccola potenza rispetto a quello delle macchine di potenza maggiore. In linea di massima la variazione tra funzionamento a vuoto e a pieno carico è $1 \div 6\%$ nei motori a due poli; $2 \div 10\%$ nei motori con quattro o più poli.

Numero poli		2	4	6
Velocità sincrona (giri al minuto)		3000	1500	1000
Velocità effettive a pieno carico per motori della potenza nominale di (kW):	0,37	2760 - 2820	1350 - 1410	900 - 925
	0,55	2770 - 2820	1360 - 1410	900 - 925
	0,75	2790 - 2820	1380 - 1420	915 - 930
	1,1	2800 - 2850	1380 - 1420	920 - 935
	1,5	2810 - 2880	1400 - 1420	930 - 940
	2,2	2820 - 2880	1410 - 1430	935 - 950
	3	2840 - 2880	1415 - 1430	935 - 955
	4	2840 - 2880	1415 - 1430	945 - 955
	5,5	2840 - 2890	1420 - 1440	950 - 960
	7,5	2850 - 2890	1430 - 1440	950 - 960
11	2850 - 2890	1440 - 1450	950 - 960	

Coppia

La coppia varia in relazione alla velocità del motore (giri/min.): è relativamente bassa all'atto dell'avviamento (coppia di avviamento) e risulta massima a circa l'80 ÷ 90% della velocità di sincronismo.

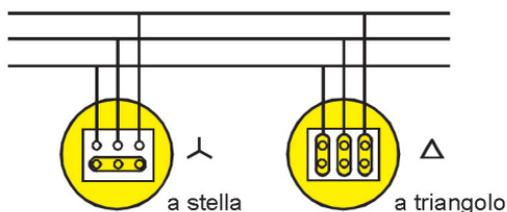
A parità di potenza nominale più elevata è la coppia richiesta maggiori sono le dimensioni del motore.

⁽¹⁾ Velocità di sincronismo (n_s): corrisponde alla velocità di rotazione del campo magnetico: $n_s = 120 \cdot f/p$ (f = frequenza; p = numero dei poli).

⁽²⁾ Scorrimento: differenza tra la velocità sincrona e la velocità effettiva del rotore.

Collegamenti statorici

Avviamento diretto



Δ	\star
130	230
230	400
400	690

Per invertire il senso di rotazione scambiare due fasi tra loro.

Avviamento a tensione ridotta per motori con rotore a gabbia

Commutazione stella-triangolo	Con resistenze statoriche	Con autotrasformatore
<p>Avviamento Chiedere 3 e 1: il motore si avvia a tensione ridotta. Raggiunto il massimo dei giri, aprire 3 e chiudere 2. Togliere i ponticelli alla morsetteria.</p> <p>Disinserzione Aprire 1 e 2.</p>	<p>Avviamento Chiedere 1: il motore si avvia a tensione ridotta. Poi chiudere 2, escludendo le resistenze. Secondo la posizione dei ponticelli, il motore funziona a stella o a triangolo.</p> <p>Disinserzione Aprire 1 e 2.</p>	<p>Avviamento Chiedere 3 e 1: il motore si avvia a tensione ridotta. Poi chiudere 2, escludendo l'autotrasformatore. Disporre i ponticelli come nel caso precedente.</p> <p>Disinserzione Aprire 1 e 2.</p>

Tipo di servizio

Continuo (S1): funzionamento a carico costante di durata almeno sufficiente a raggiungere l'equilibrio termico;

Di durata limitata (S2): funzionamento a carico costante per durata limitata, minore di quella necessaria per raggiungere l'equilibrio termico, seguito da un tempo di riposo sufficiente a riportare la macchina a temperatura ambiente;

Servizio intermittente: funzionamento secondo una serie di cicli identici, ciascuno comprendente un tempo di funzionamento a carico seguito da un tempo di riposo atto a consentire un congruo raffreddamento;

Servizio ininterrotto: funzionamento secondo una serie di cicli identici comprendenti un periodo di funzionamento a carico seguito da un periodo di funzionamento a vuoto (senza periodo di riposo).

Poichè il tipo di servizio condiziona il dimensionamento della macchina, il suo razionale impiego ed anche il costo, ne consegue l'opportunità di sottoporre al fornitore del motore il ciclo di lavoro della macchina operatrice.

Grado di protezione dell'involucro

Anche per i motori il tipo di protezione assicurata dall'involucro viene indicato mediante il codice *IP* (vedere pag. 56).

Metodi di raffreddamento

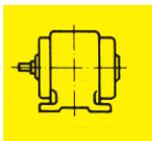
Il metodo di raffreddamento viene indicato con le lettere *IC*, seguite da due cifre: la prima indica la disposizione del circuito di raffreddamento, la seconda le modalità con cui è fornita la potenza necessaria per far circolare il fluido di raffreddamento. I più comuni metodi di raffreddamento sono i seguenti:

- *ventilazione naturale (IC00)*: nessun dispositivo è previsto per aumentare la ventilazione prodotta dagli organi in moto della macchina o dalla circolazione naturale dell'aria esterna;
- *autoventilata (IC01)*: il rotore è provvisto di mezzi speciali (ventole) capaci di attivare il movimento dell'aria dall'esterno verso l'interno della macchina;
- *ventilazione esterna (IC41)*: la macchina è di tipo chiuso: l'aria di raffreddamento è spinta sulla superficie esterna della carcassa.

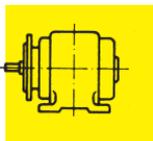
Forme costruttive per macchine rotanti

Ad asse orizzontale - selezione dei tipi unificati

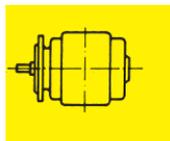
B3



B3/B5



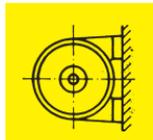
B5



B6



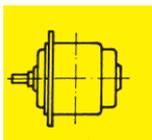
B7



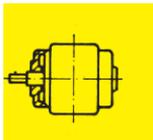
B8



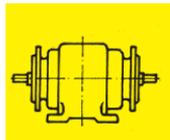
B10



B14



B17



Ad asse verticale

V1



V2



V4



V5



V6



V3/V6



V8



V9



V20



Trasformatori

Classificazione in base al tipo di impiego

Tipo di trasformatore		Campi di applicazione	
Monofasi	di misura	- di corrente - di tensione	
	per alimentazione dei circuiti	di potenza	- ordinari
		di comando e segnalazione	- di isolamento per la protezione mediante separazione galvanica - di sicurezza per l'alimentazione di sistemi a bassissima tensione di sicurezza
	speciali	a corrente costante (per illuminazione in serie ⁽¹⁾) per saldatrici, ecc.	
Trifasi	di potenza ⁽²⁾	- per sistemi di I categoria (ad esempio nell'interno degli stabilimenti) - per sistemi di II categoria (ad esempio cabine di trasformazione) - per sistemi di III categoria (ad esempio stazioni di trasformazione)	
	speciali	- per forni - per raddrizzatori di potenza	
<p>⁽¹⁾ Usati tempi addietro per l'alimentazione di impianti di illuminazione pubblica con lampade ad incandescenza in serie. Salvo per gli impianti tuttora in esercizio, tali macchine non sono più usate in quanto è preferita attualmente l'alimentazione in derivazione anche per l'illuminazione stradale, grazie alla disponibilità di nuovi tipi di lampade caratterizzate da maggiore efficienza luminosa.</p> <p>⁽²⁾ Per quanto concerne la classificazione dei sistemi in categorie secondo la loro tensione nominale si rimanda a quanto esposto a pagina 50.</p>			

Classificazione in base al sistema di raffreddamento

Tipo	Raffreddamento		Limiti di potenza nominale indicativi
A secco in aria o in resina	Naturale (moto ascensionale dell'aria riscaldata dal calore prodotto dalla macchina).		Dalle piccolissime potenze fino a qualche centinaia di kVA.
	Forzato (con apposito ventilatore che "attiva" la circolazione dell'aria). Sistema usato solo in rari casi e per poche applicazioni speciali.		Per potenze fino a poche migliaia di kVA
In olio o liquidi siliconici	Naturale (come sopra)	- a cassa liscia - a cassa ondulata - a cassa con radiatori	50 - 100 kVA 100 - 1000 kVA 1000 - 30 000 kVA
	Artificiale	- con aria soffiata (con ventilatori) - con acqua (l'olio è raffreddato con scambiatori di calore posti all'esterno della cassa).	Adottati fino alle massime potenze

Alcune sigle che contraddistinguono i sistemi di raffreddamento

Sigle	Significato
ONAN	Trasformatore in olio - Raffreddamento per circolazione naturale dell'olio e dell'aria
ONAF	Trasformatore in olio - Raffreddamento per circolazione naturale dell'olio e forzata per l'aria
OFAN (ODAN) ⁽¹⁾	Trasformatore in olio - Raffreddamento per circolazione forzata dell'olio, naturale dell'aria
OFAF (ODAF) ⁽¹⁾	Trasformatore in olio - Raffreddamento per circolazione forzata dell'olio e dell'aria
ONWF	Trasformatore in olio - Raffreddamento per circolazione naturale dell'olio e forzata di acqua (serpentine)
AN	Trasformatore a secco a circolazione d'aria naturale

⁽¹⁾ La sigla tra parentesi si applica al caso in cui il mezzo refrigerante sia forzato all'interno del nucleo e degli avvolgimenti.

Dati di targa dei trasformatori

Tensioni nominali: alta tensione 6 - 10 - 15 - 20 kV; bassa tensione 400 V. Solitamente le tensioni si indicano sotto forma di rapporto di trasformazione (ad esempio 20 000/400).

Il trasformatore è munito sull'avvolgimento di alta tensione di prese di regolazione ponticellabili o di commutatore con comando posto sul coperchio del trasformatore. In tal modo è possibile adattare la tensione dell'avvolgimento a quella effettiva della rete che potrebbe scostarsi dal valore nominale.

Le morsettiere ponticellabili o il commutatore consentono una regolazione su più gradini fino a $\pm 5\%$ della tensione nominale. L'indicazione della tensione primaria può assumere pertanto la seguente forma $15\,000 \pm 2 \times 2,5\%$.

La variazione del livello di tensione deve essere effettuata con trasformatore fuori servizio, cioè non solo a vuoto ma anche disalimentato.

Potenza nominale: è espressa in kilovoltampere (kVA). Potenze per trasformatori di distribuzione: 25 - 50 - 100 - 160 - 250 - 630 - 800 - 1000 kVA e oltre.

Correnti nominali: sono la diretta conseguenza dei valori di tensione primaria e secondaria U_n e della potenza del trasformatore P_n secondo la relazione:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n}$$

Avvertenze

E' sconsigliabile scegliere la potenza della macchina in relazione ai fabbisogni contingenti, anche se questa è la soluzione più economica. Tenere conto di eventuali sviluppi futuri degli impianti, valutabili nei 5 - 8 anni successivi.

Potenze eccessive rispetto alle esigenze comportano maggiori perdite a vuoto e quindi consumi superflui.

Dovendo scegliere un trasformatore da far funzionare in parallelo con quelli preesistenti, il rapporto tra la potenza del trasformatore maggiore e quello del trasformatore minore non deve essere superiore a 2.

Frequenza nominale: 50 Hz.

Collegamenti: i collegamenti degli avvolgimenti sono indicati con i simboli:

\triangle – Avvolgimenti primari collegati a triangolo;

\star – Avvolgimenti secondari a stella con neutro accessibile.

Gruppo: indica i collegamenti tra le bobine degli avvolgimenti che sono stati effettuati all'interno del trasformatore. Le lettere utilizzate sono:

Y per indicare il collegamento a *stella*;

\triangle per indicare il collegamento a *triangolo*;

Z per indicare il collegamento a *zig-zag*

La lettera, se in maiuscolo, si riferisce all'avvolgimento primario, se in minuscolo, a quello secondario.

Quando il centrostella è accessibile dall'esterno le lettere Y e Z sono associate alla lettera N (o n) posta come pedice.

Dopo le lettere viene riportato il numero che indica lo spostamento di fase della tensione primaria rispetto a quella secondaria: ciò interessa agli effetti del parallelo dei trasformatori.

Ad esempio, Dy_n 11 indica che l'avvolgimento di alta tensione è collegato a triangolo; l'avvolgimento a bassa tensione è collegato a stella con neutro accessibile.

Tensione di cortocircuito: si esprime come valore percentuale della tensione nominale. Le norme raccomandano i seguenti valori:

4 % per trasformatori di potenza < 630 kVA;

6 % per trasformatori di potenza comprese tra 630 e 2500 kVA.

Tensioni di cortocircuito minori danno luogo a sollecitazioni termiche e meccaniche più elevate; di solito si sceglie una soluzione di compromesso. La tensione di cortocircuito è importante agli effetti del parallelo.

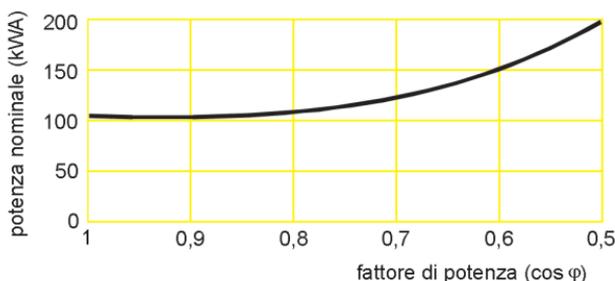
Raffreddamento: viene indicato con il codice riportato a pag. 43.

Corrente di inserzione dei trasformatori

All'atto della loro inserzione i trasformatori assorbono per un tempo molto breve una corrente di magnetizzazione molto elevata. Ciò può causare interventi intempestivi delle protezioni per cui può risultare necessario ritardare l'intervento dei suddetti dispositivi.

Fattore di potenza

Prima di sostituire un trasformatore con un altro di maggiore potenza, controllare il fattore di potenza dell'impianto (v. pag. 134). Esempio: se un trasformatore la cui potenza nominale è di 400 kVA e alimenta un carico a $\cos\varphi = 0,7$, la massima potenza attiva prelevabile è di 280 kW ($400 \times 0,7$); se invece il fattore di potenza dell'impianto è 0,5, la potenza erogabile dal trasformatore si riduce a 200 kW.



Potenza del trasformatore necessaria per erogare 100 kW in funzione del fattore di potenza del carico.

Perdite

Le perdite a vuoto (o nel ferro) rimangono praticamente costanti per tutti i carichi. Le perdite dovute al carico (o nel rame) variano con il quadrato della corrente. Se un trasformatore da 100 kVA lavora a metà carico, le perdite a carico saranno: $1750 (1/2)^2 = 1750/4 = 437,5$ W. Se un trasformatore è destinato a lavorare a pieno carico per poche ore al giorno conviene che le perdite a vuoto siano molto ridotte per limitare i consumi energetici.

Trasformatori normali

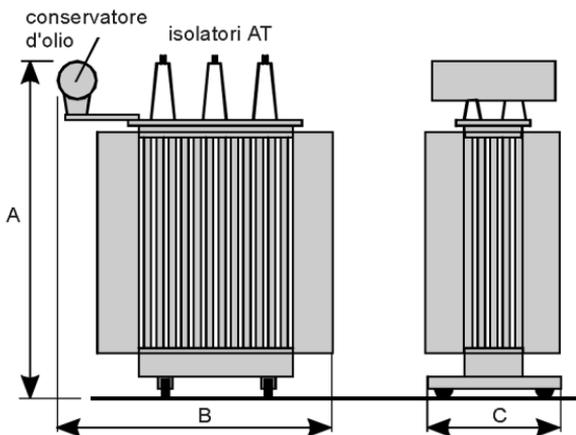
Potenza nominale (kVA)	Perdite a vuoto (W)	Perdite dovute al carico (W)	Corrente a vuoto (%)	Tensione di cortocircuito (%)
50	190	1100	2,9	4,0
100	320	1750	2,5	4,0
160	460	2350	2,3	4,0
250	650	3250	2,1	4,0
400	930	4600	1,9	4,0
630	1300	6500	1,8	4,0

Trasformatori a perdite ridotte

Potenza nominale (kVA)	Perdite a vuoto (W)	Perdite dovute al carico (W)	Corrente a vuoto (%)	Tensione di cortocircuito (%)
50	150	850	1,9	4,0
100	250	1400	1,5	4,0
160	360	1850	1,3	4,0
250	520	2600	1,1	4,0
400	740	3650	0,9	4,0
630	1040	5200	0,8	4,0

Dimensioni massime di ingombro

Relative a trasformatori trifasi a raffreddamento naturale in olio, con avvolgimenti in rame, potenza da 25 a 630 kVA, alta tensione da 6 a 20 kV, frequenza 50 Hz.



Potenza nominale (kVA)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
50	1600	1200	800
100	1600	1200	800
160	1650	1350	900
250	1750	1500	950
400	1960	1850	1030
630	1960	1850	1030

Trasformatori in resine epossidiche

Caratteristica saliente delle resine epossidiche è l'elevato grado di isolamento unitamente all'ottima resistenza alle sollecitazioni elettrodinamiche degli avvolgimenti e, in particolare, un apprezzato livello di ininfiammabilità, tale da "soffocare" sul nascere qualsiasi principio d'incendio. Inoltre queste resine sono pressoché insensibili all'umidità.

Per quanto concerne gli ingombri e pesi non si hanno sostanziali differenze rispetto ai trasformatori in olio. Trattandosi di macchine a secco richiedono però minore manutenzione e soprattutto non esigono la realizzazione dei pozzetti di raccolta dell'olio. In contrapposto, la ventilazione deve essere studiata accuratamente.

Le classi di isolamento consentono sovratemperature ammissibili di 80 o 100 °C.

Nel caso in cui la temperatura dell'aria di raffreddamento risulti inferiore al valore convenzionale della temperatura ambiente, la potenza erogabile del trasformatore può essere superiore a quella nominale. Infatti, se la temperatura a cui sono sottoposti i dielettrici non eccede il valore limite ammesso dalla loro classe, questi non subiscono alcun danno né fenomeni di invecchiamento precoce.

Viceversa, riducendo il valore della potenza prelevata rispetto a quella nominale, la macchina può essere usata a temperature dell'aria più elevate, come ad esempio in climi tropicali.

Caratteristiche dimensionali ed elettriche ⁽¹⁾

Potenza nomin. (kVA)	Dimensione max (mm)			Perdite		Corrente a vuoto (%) ⁽²⁾
	A	B	C	a vuoto (W)	a carico (W)	
50	990	1 010	520	280	800	2,0
100	1 180	1 120	640	440	1 300	1,6
160	1 240	1 270	700	620	1 800	1,5
250	1 450	1 400	750	820	2 450	1,3
400	1 500	1 450	810	1 150	3 500	1,2
630	1 640	1 580	880	1 500	5 100	1,0

⁽¹⁾ Relative alla classe di isolamento 12 kV.

⁽²⁾ La tensione di cortocircuito è del 4%.

Parallelo dei trasformatori

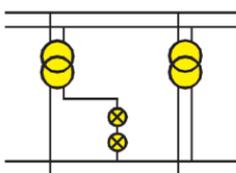
Serve per il massimo rendimento e il minor assorbimento relativo alle perdite a carichi ridotti (possibilità di distribuire il carico su due o più macchine) e costituire una riserva in caso di guasto di una macchina.

Condizioni per il parallelo

- 1 - macchine con lo stesso rapporto di trasformazione;
- 2 - uguali variazioni di tensione da vuoto a carico (uguale tensione di cortocircuito, in valore e fase);
- 3 - se trifasi i trasformatori devono avere uguali collegamenti interni degli avvolgimenti, appartenenti allo stesso gruppo, e connessioni esterne effettuate su morsetti corrispondenti.

Come procedere

Trasformatori monofasi

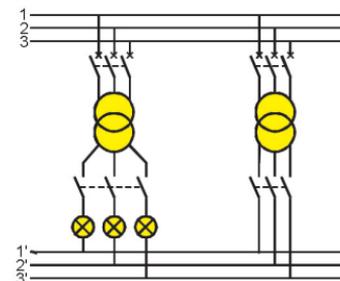


Operare a vuoto (carico nullo). Inserire due lampade di prova su un conduttore del secondario del trasformatore da porre in parallelo.

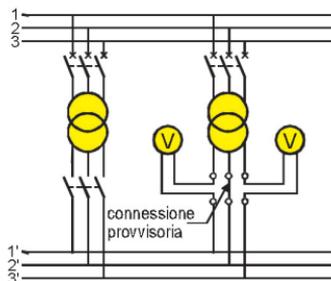
Lampade spente: collegamenti esatti.

Lampade accese: scambiare tra loro i morsetti primari o secondari del trasformatore da inserire.

Trasformatori trifasi



Metodo delle lampade: collegamenti esatti, lampade spente. In caso contrario scambiare, per tentativi, le varie coppie di morsetti. Prevedere lampade adatte per tensione doppia di quella nominale del secondario.



Metodo dei voltmetri; la condizione di lampada spenta equivale all'indicazione zero dello strumento. Dovendo operare sul lato alta tensione ricorrere a riduttori di tensione.

Protezioni nelle cabine di trasformazione

Schema	Protezioni			
	A	B	C	D
<p>25 ÷ 100 kVA</p> <p>S</p> <p>I_2</p>	A1		C1	D1
	A2	B2	C2	
<p>25 ÷ 100 kVA</p> <p>S</p> <p>I_1</p> <p>I_2</p>	A1		C3	D1
	A2	B2	C2	D2

A - Sovratensioni: A1 scaricatori a resistenza non lineare, ad espulsione, solo nel caso di linee aeree; A2 scaricatori a corna montati sul trasformatore.

B - Sovraccarichi: B2 relè termici associati all'interruttore automatico.

C - Cortocircuito: C1 fusibili ad alto potere di interruzione, abbinati eventualmente al sezionatore sotto carico (S); C2 relè elettromagnetici associati all'interruttore automatico b.t.; C3 relè elettromagnetici associati all'interruttore.

D - Guasti interni: D1 relè Buchholz con allarme; D2 relè a immagine termica accoppiato all'interruttore automatico I_1 o I_2 .

Definizioni

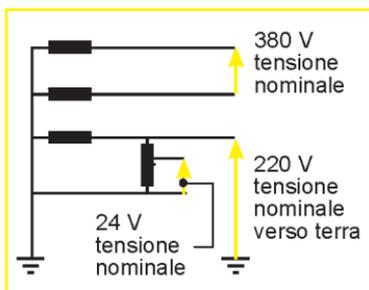
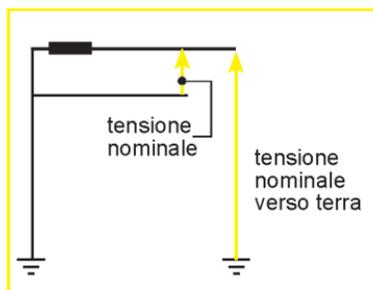
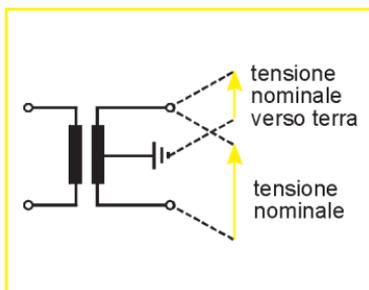
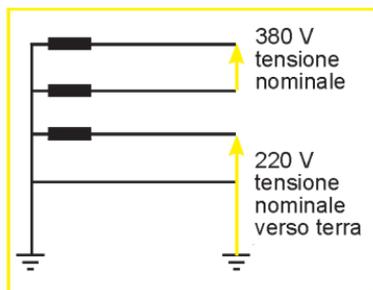
Impianto utilizzatore: impianto costituito dai circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori e delle prese a spina, comprese le relative apparecchiature di manovra, sezionamento, interruzione, ecc.

L'impianto ha origine nel punto di consegna dell'energia, se esso è alimentato dalla rete pubblica, oppure ai morsetti di uscita del generatore, nel caso di autoproduzione di energia, o del trasformatore, se l'energia è fornita in media tensione.

La parte di impianto avente una determinata tensione nominale è definita *sistema elettrico*.

Tensione nominale (d'esercizio): valore con il quale il sistema è denominato. Per i sistemi trifasi si considera la tensione concatenata.

Tensione nominale verso terra: oltre la tensione nominale, un sistema è individuato anche dalla tensione verso terra. Se il sistema è isolato da terra, la tensione verso terra è uguale alla tensione nominale, in caso diverso varia secondo taluni rapporti.



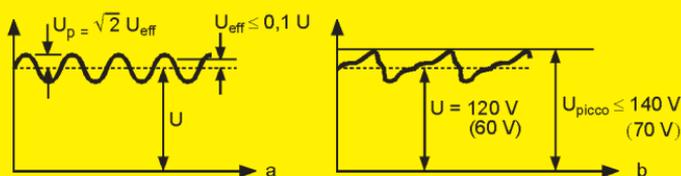
Classificazione in base alla tensione nominale

Un sistema elettrico – parte di un impianto – costituita dal complesso dei componenti elettrici aventi una determinata tensione nominale d'esercizio – si classifica in:

Categoria	Limiti di tensione nominale	Esempi
0	Minore o uguale a 50 V se a corrente alternata o a 120 V se in corrente continua (non ondulata ^(*)).	Segnalazioni acustiche e luminose, utensili portatili usati in particolari condizioni ambientali, giocattoli elettrici, ecc.
I	Da oltre 50 fino a 1000 V se a corrente alternata o da 120 fino a 1500 V se in corrente continua.	Abitazioni, uffici, negozi, laboratori artigiani, azionamenti industriali, ecc.
II	Da oltre 1000 V se a corrente alternata o oltre a 1500 V se in corrente continua, fino a 30 000 V compresi.	Cabine di trasformazione, linee aeree o in cavo per il trasporto dell'energia a media distanza.
III	Oltre i 30 000 V.	Elettrodotti per il trasporto a media e grande distanza (150 - 220 - 380 kV).

(*) Una tensione in c.c. è ritenuta convenzionalmente non ondulata quando:

- l'ondulazione sinusoidale non è superiore al 10% in valore efficace (fig. a), oppure:
- l'ondulazione non sinusoidale presenta un valore massimo di picco non superiore a 140 V in un sistema c.c. con tensione nominale di 120 V (fig. b), o analogamente 70 V per un sistema in c.c. con tensione nominale di 60 V.



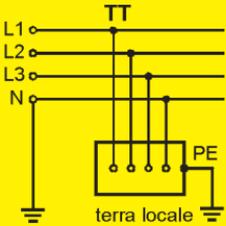
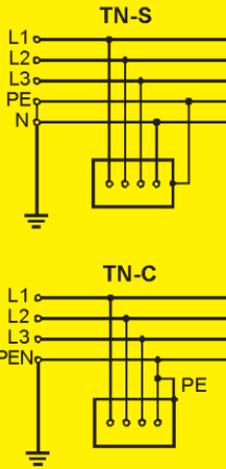
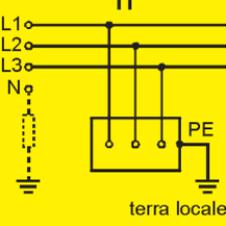
Nell'ambito della categoria 0, vale a dire della bassissima tensione, s'individuano tre differenti sistemi:

Denominazione	Requisiti di alimentazione	Collegamento a terra
SELV Bassissima tensione di sicurezza	Alimentazione tramite: – trasformatore di sicurezza; – gruppo elettrogeno; – batteria indipendente; – apparecchiatura elettronica (gruppo statico di continuità) che garantisca la separazione galvanica tra l'ingresso e l'uscita in modo che anche in caso di guasto la tensione in uscita sia ≤ 50 V ca e ≤ 120 V cc	Nessuna massa e nessun punto del circuito a bassissima tensione può essere collegato a terra.
PELV Bassissima tensione di protezione		Un punto del circuito a bassissima tensione può essere collegato a terra. Le masse possono essere collegate a terra.
FELV Bassissima tensione funzionale	Alimentazione tramite trasformatore, autotrasformatore, variac o alimentatore.	Un punto del circuito a bassissima tensione può essere collegato a terra. Le masse devono essere collegate al conduttore di protezione del circuito primario.
<p>Le parti attive del circuito SELV o PELV devono essere separate da quelle di altri circuiti mediante isolamento doppio o rinforzato oppure schermo metallico collegato a terra.</p> <p>La separazione tra i conduttori del sistema SELV o PELV e i conduttori di altri circuiti deve essere realizzata ricorrendo ad uno dei seguenti metodi:</p> <ul style="list-style-type: none"> – mediante conduttori separati materialmente; – munendo i conduttori del circuito SELV o PELV, oltre che del loro isolamento principale, di una guaina isolante; – separando i conduttori dei circuiti a tensione diversa mediante uno schermo metallico o una guaina metallica messi a terra; – isolando nell'insieme od individualmente i conduttori dei circuiti SELV o PELV, contenuti in uno stesso cavo multipolare o in uno stesso raggruppamento di cavi unitamente a conduttori a tensione diversa, per la massima tensione presente. <p>Le prese a spina dei circuiti SELV non devono avere un contatto per il collegamento del conduttore di protezione nè consentire l'accoppiamento con le spine di altri sistemi elettrici compresi quelli PELV e FELV.</p> <p>Le prese a spina dei circuiti PELV possono avere un contatto per il collegamento del conduttore di protezione ma non devono consentire l'accoppiamento con le spine di altri sistemi elettrici compresi quelli SELV e FELV.</p>		

Classificazione dei sistemi in base al collegamento a terra

TT	Sistema con il quale viene distribuita l'energia elettrica dagli enti distributori alle utenze di prima categoria. Le masse dell'installazione vengono collegate all'impianto di terra locale. Vietato utilizzare il neutro come conduttore di protezione.
TN	Sistema con il quale viene distribuita l'energia elettrica negli stabilimenti che dispongono di propria cabina di trasformazione. Al primo difetto di isolamento tra fase e massa intervengono i dispositivi di protezione. Il sistema è TN-C se uno stesso conduttore svolge le funzioni di neutro e di conduttore di protezione; è TN-S se le funzioni sono svolte da due conduttori distinti.
IT	Adottato quando la continuità del servizio deve essere tassativamente garantita (ospedali, raffinerie, industrie a ciclo continuo, ecc.). Esige la presenza di personale specializzato per la ricerca del primo guasto. Al secondo guasto intervengono le protezioni ad aprire il circuito.

Prima lettera	Situazione del sistema di alimentazione verso terra.	T - collegamento diretto a terra di un punto (in genere il neutro); I - isolamento da terra, oppure collegamento di un punto (in genere il neutro) a terra tramite un'impedenza di valore elevato.
Seconda lettera	Situazione delle masse dell'impianto rispetto a terra.	T - collegamento diretto a terra; N - collegamento al punto di messa a terra del sistema di alimentazione.
Eventuali altre lettere	Situazione del conduttore neutro e del conduttore di protezione.	S - funzioni di neutro e di protezione svolte da conduttori separati; C - funzioni di neutro e di protezione svolte da uno stesso conduttore (PEN).

Sistemi	Caratteristiche
 <p>TT</p> <p>L1 L2 L3 N</p> <p>terra locale</p>	<p>Sistema TT:</p> <p>a) Le masse sono collegate ad un impianto di terra indipendente (terra locale).</p> <p>b) All'impianto di terra locale devono essere collegate tutte le masse metalliche accessibili, mediante apposito conduttore di protezione (PE).</p> <p>c) Prese a spina con contatto di terra.</p>
 <p>TN-S</p> <p>L1 L2 L3 PEN N</p> <p>TN-C</p> <p>L1 L2 L3 PEN</p>	<p>Sistema TN-C (1):</p> <p>a) Un solo conduttore (PEN) combina le funzioni di neutro e di protezione.</p> <p>b) Il sistema è con neutro direttamente a terra (impianto di terra unico).</p> <p>c) Sul neutro è vietato inserire dispositivi di interruzione o sezionamento.</p> <p>d) Il conduttore PEN deve essere a posa fissa, con conduttori di sezione non inferiore a 10 mm² in rame o 16 mm² in alluminio, isolato per la tensione fase-neutro e non deve essere posto a valle di un dispositivo differenziale.</p> <p>Nel sistema TN-S:</p> <p>a) Il conduttore neutro (N) e quello di protezione (PE) sono separati.</p> <p>b) I conduttori di neutro e di protezione sono messi a terra in cabina.</p>
 <p>IT</p> <p>L1 L2 L3 N</p> <p>terra locale</p>	<p>Nel sistema IT:</p> <p>a) Non vi sono parti attive collegate direttamente a terra. Il neutro è isolato o connesso a terra tramite impedenza.</p> <p>b) Le masse dell'installazione sono collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione.</p>

(1) E' previsto pure il sistema TN-C-S nel quale le funzioni di neutro e di protezione sono, nella parte a monte del circuito, combinate in un solo conduttore e, in quella a valle, separate. Nel punto di separazione devono essere previsti sbarre o morsetti separati per il neutro e il PE.

Gradi di protezione degli involucri

L'involucro è l'elemento che assicura ad ogni elemento dell'impianto elettrico una protezione appropriata contro la penetrazione di agenti esterni (polvere, umidità, acqua ecc.). Il grado di protezione che l'involucro assicura è definito dalle norme mediante le lettere caratteristiche IP seguite da due cifre.

<i>Prima cifra</i>		<i>Seconda cifra</i>	
Contro i corpi solidi e la polvere		Contro l'acqua	
0	Non protetto	0	Non protetto
1	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm	1	Protetto contro la caduta verticale di gocce di acqua
2	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12,5 mm	2	Protetto contro la caduta di gocce di acqua con una inclinazione massima di 15°
3	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5 mm	3	Protetto contro la pioggia
4	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1,0 mm	4	Protetto contro gli spruzzi d'acqua
5	Protetto contro la polvere	5	Protetto contro i getti d'acqua
6	Totalmente protetto contro la polvere	6	Protetto contro le ondate
La lettera "X", sostituisce l'una, l'altra o entrambe le cifre quando tale cifra non è richiesta oppure quando non dev'essere precisato il grado di protezione relativo.		7	Protetto contro gli effetti dell'immersione
		8	Protetto contro gli effetti della sommersione

Esempi del grado di protezione richiesto o consigliabile per alcuni tipi di ambienti

IPX4	Bagni, docce e locali con possibile spargimento di liquidi	IP24	locali contenenti saune
IP55	campeggi	IP8X	apparecchi immersi in fontane
IP2X	quadri elettrici al coperto	IP4X	condutture installate in ambienti a maggior rischio in caso di incendio
IP44	cantieri, locali batterie	IP45	ambienti zootecnici

I gradi di protezione possono essere indicati anche mediante i seguenti simboli.

Grado di protezione secondo le Norme CEE

	protezione protezione contro lo stillicidio (IPX1)
	protezione contro la pioggia (IPX3)
	protezione contro gli spruzzi (IPX4)
	protezione contro i getti d'acqua (IPX5)
	stagno all'immersione (IPX7)
	stagno alla sommersione (IPX8) - (<i>m</i> = profondità max)
	protezione contro la polvere (IP5X)
	protezione totale contro la polvere (IP6X)

Tali simboli possono essere anche combinati:

	protezione contro la polvere e gli spruzzi (IP54)
	protezione totale contro la polvere e a prova di immersione (IP67)

Protezione contro l'accesso a parti pericolose

La 1ª cifra del grado IP indica anche il livello di protezione contro la penetrazione di mani, dita o oggetti impugnati da una persona.

0	Non protetto
1	Protetto contro l'accesso a parti pericolose col dorso della mano.
2	Protetto contro l'accesso a parti pericolose con un dito.
3	Protetto contro l'accesso a parti pericolose con un attrezzo (ad esempio cacciavite).
4	Protetto contro l'accesso a parti pericolose con un filo.
5	Protetto contro l'accesso a parti pericolose con un filo.
6	Protetto contro l'accesso a parti pericolose con un filo.

Se il livello di protezione contro la penetrazione delle dita, della mano, oppure di oggetti impugnati è superiore al livello indicato dalla prima cifra, dopo le due cifre numeriche può essere aggiunta una *lettera addizionale* con significato antinfortunistico.

Lettera addizionale	Descrizione
A	Impedisce l'accesso con il palmo della mano
B	Impedisce l'accesso con un dito
C	Impedisce l'accesso con un attrezzo impugnato
D	Impedisce l'accesso con un filo impugnato

Ad esempio, nel caso di un involucro con grado IP1X (protetto solo contro la penetrazione di corpi solidi estranei con diametro superiore o uguale a 50 mm, possono essere aggiunte protezioni interne tali da impedire alle dita di entrare in contatto con le parti pericolose. In questo caso, l'involucro è classificato IP1XB. Al limite, se con accorgimenti costruttivi particolari fosse realizzata una protezione solo contro l'accesso a parti pericolose, il grado di protezione sarebbe indicato con la sigla IP seguita da due X e dalla lettera addizionale (ad esempio: IPXXA).

Un'ulteriore lettera, definita *lettera supplementare*, ha lo scopo di indicare condizioni particolari attinenti la tipologia o l'impiego dell'involucro e del suo contenuto.

Lettera supplementare	Descrizione
H	Involucro adatto ad un'apparecchiatura ad alta tensione
W	Involucro idoneo all'impiego in condizioni atmosferiche particolari (specificate dal costruttore) e dotato di accorgimenti protettivi addizionali
M - S	Involucri in cui, per la presenza di parti interne in movimento (caso tipico quello dei motori), l'eventuale ingresso di acqua potrebbe provocare danni. La presenza della lettera M salvaguarda sempre dai danni, mentre la S indica una salvaguardia condizionata dal fatto che le parti mobili non siano in moto

In definitiva l'indicazione del grado di protezione IP può comprendere due cifre e due lettere:



Protezione meccanica contro gli urti (codice IK)

La robustezza degli involucri delle apparecchiature elettriche, agli effetti degli impatti meccanici, è specificata mediante il codice IK costituito da due cifre numeriche che individuano l'energia d'impatto in joule (J) cui l'involucro ha dato prova di resistere senza subire danni.

Le prove vengano fatte utilizzando come elemento d'urto un corpo di acciaio, spinto da una morra oppure lasciato cadere a pendolo o liberamente dall'alto.

Le prove con energia di impatto compresa tra 0,15 e 0,7 J verificano la tenuta di componenti elettrici quali prese, porta lampade, interruttori ecc.; mentre quelle con energia da 1 a 20 J hanno lo scopo di saggiare la robustezza di cassette, quadri e condotti.

Codice	Energia (J)	Peso (g)	Altezza di caduta (mm)
IK 00	(nessuna prot.)	–	–
IK 01	0,15	200	75
IK 02	0,20	200	100
IK 03	0,35	200	175
IK 04	0,50	200	250
IK 05	0,70	200	350
IK 06	1	500	200
IK 07	2	500	400
IK 08	5	1700	295
IK 09	10	5000	200
IK 10	20	5000	400

Protezione contro i contatti diretti

Le misure di protezione contro i contatti diretti comprendono tutti gli accorgimenti intesi a proteggere le persone contro il pericolo derivante dal contatto con parti attive normalmente in tensione.

Isolamento

L'isolamento delle parti attive è l'elemento base per la sicurezza contro i contatti diretti. L'isolante deve poter essere rimosso solo mediante distruzione e deve presentare caratteristiche di resistenza ad agenti meccanici, chimici, termici, elettrici ed atmosferici. Vernici, lacche, smalti e prodotti simili non sono in genere idonei a fungere da isolanti.

Involucri e barriere

Gli involucri assicurano la protezione di un componente elettrico contro determinati agenti esterni e, in ogni direzione, contro i contatti diretti mentre le barriere assicurano la protezione nelle direzioni abituali di accesso.

I coperchi, le ante, i ripari, perché possano mantenere invariata la loro validità antinfortunistica contro i contatti diretti, devono poter essere aperti o rimossi solo tramite l'impiego di una chiave o mediante un attrezzo.

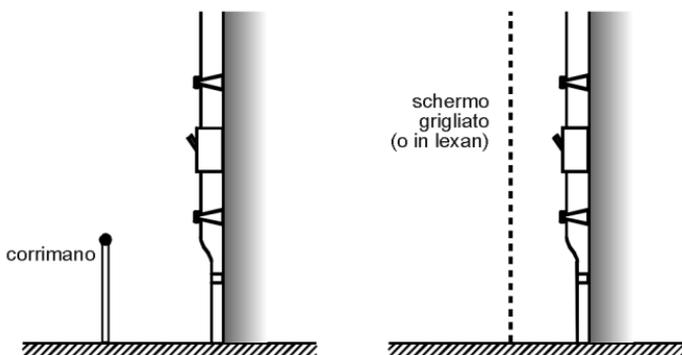
In alternativa, l'involucro può essere interbloccato con un dispositivo che assicuri l'assenza della tensione sulle parti attive interne, oppure può presentare all'interno un'ulteriore barriera, asportabile solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo e in grado di evitare il contatto delle dita della mano con le parti attive.

Il grado di protezione antinfortunistica delle barriere e degli involucri dev'essere almeno IPXXB (IP2X) mentre per le superfici superiori degli involucri e per le barriere orizzontali a portata di mano il grado dev'essere IPXXD (IP4X).

Ostacoli e distanziamento

Limitatamente ai locali accessibili solo a personale addestrato (ad esempio cabine elettriche chiuse) la protezione contro i contatti diretti con parti in tensione può essere attuata mediante ostacoli, ossia elementi intesi a prevenire un contatto diretto

involontario con le parti attive, ma non a impedire il contatto diretto intenzionale, quali: corrimano, schermi grigliati o altri tipi. Questi non devono poter essere rimossi accidentalmente ma, in caso di bisogno (ad esempio per interventi di misura o manutenzione), possono esserlo anche senza l'uso di una chiave o di un attrezzo.



Protezione aggiuntiva mediante differenziali

L'uso degli interruttori differenziali con corrente differenziale nominale d'intervento non superiore a 30 mA è considerato dalle norme un metodo *aggiuntiva* per la protezione contro i contatti diretti che non esime dall'applicazione delle misure di protezione precedentemente descritte.

La protezione differenziale contro i contatti diretti infatti presenta delle limitazioni:

- non interviene per elettrocuzione fra due fasi del sistema;
- in caso di elettrocuzione per contatto con una parte in tensione e la terra (o una massa o massa estranea) non evita all'infortunato la "scossa" elettrica, con ciò che ne consegue in termini di eventuale incidente indiretto, dovuto alla rapida ritrazione dell'individuo e quindi a possibilità per lui di urti o cadute.

Il fatto che sia la corrente di elettrocuzione a far intervenire il differenziale (pur in tempi molto brevi), non consente inoltre di escludere che nell'infortunato possa insorgere la fibrillazione ventricolare.

Protezione contro i contatti indiretti

La protezione consiste nelle misure intese a salvaguardare le persone contro il pericolo derivante dal contatto con parti conduttrici isolate dalle parti attive, ma che potrebbero andare in tensione a causa di un guasto (cedimento dell'isolamento).

I metodi di protezione sono classificati nel seguente modo:

- a) con interruzione automatica (del circuito);
- b) senza interruzione automatica (del circuito) e alternativamente:
 - impiego di componenti a doppio isolamento;
 - separazione elettrica.

Interruzione automatica dell'alimentazione

Il sistema di protezione assume caratteristiche differenti in relazione al sistema di distribuzione.

Sistema TT

I dispositivi di protezione devono essere coordinati in modo tale da assicurare la tempestiva interruzione del circuito guasto se la tensione di contatto assume valori pericolosi (oltre 50 V).

Deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$R_A \leq \frac{50}{I_{dn}}$$

50 - valore limite (V) della tensione di contatto;

R_A - resistenza dell'impianto di terra (ohm);

I_{dn} - corrente differenziale nominale (A) dell'interruttore differenziale (non è più ammesso l'uso degli interruttori automatici magnetotermici). Se l'impianto comprende più derivazioni protette da dispositivi con correnti di intervento diverse, si deve considerare la corrente di intervento più elevata.

Per gli impianti in ambienti speciali (cantieri edili, locali ad uso medico, strutture ad uso agricolo o zootecnico) il valore 50 V va sostituito con 25 V.

Per ragioni di selettività, a monte dei dispositivi differenziali di tipo generale, si possono utilizzare interruttori differenziali di tipo S. Se questi ultimi sono installati su circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1 s.

Sistema TN

Sul lato *bassa tensione* dei sistemi TN un guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di linea e il conduttore di protezione o una massa è paragonabile ad un cortocircuito, dato che la corrente si richiude direttamente sul centro stella del trasformatore, interessando i conduttori di fase e quelli di protezione (il dispersore non è quindi coinvolto).

Per attuare la protezione con dispositivi a massima corrente a tempo inverso (fusibili o interruttori automatici magnetotermici) si richiede che sia soddisfatta in qualsiasi punto del circuito la seguente condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s}$$

U_0 - tensione nominale verso terra dell'impianto relativamente al lato bassa tensione (in volt);

Z_s - impedenza totale (in ohm) dell'anello di guasto che deve essere misurata o calcolata e che comprende il trasformatore, il conduttore di fase e quello di protezione tra il punto di guasto e il trasformatore;

I_a - corrente (in ampere) che provoca l'intervento del dispositivo di protezione entro il tempo indicato in tabella.

Tempi massimi di interruzione per sistemi TN in corrente alternata

Campo di tensione	Tempo max di interruzione (s)
$50 \text{ V} < U_0 \leq 120 \text{ V}$	0,5
$120 \text{ V} < U_0 \leq 230 \text{ V}$	0,4
$230 \text{ V} < U_0 \leq 400 \text{ V}$	0,2
$U_0 > 400 \text{ V}$	0,1

U_0 è la tensione nominale verso terra in c.a o in c.c.

Quando la protezione è realizzata mediante l'uso di dispositivi differenziali, i tempi di interruzione si riferiscono a correnti di guasto differenziali presunte più elevate della corrente differenziale nominale (tipicamente $5 I_{dn}$).

I tempi massimi di interruzione della tabella si applicano ai circuiti terminali protetti con dispositivi di protezione contro le sovracorrenti con corrente nominale o regolata non superiore a 32 A.

Tempi di interruzione convenzionali non superiori a 5 s sono ammessi per i circuiti diversi da quelli terminali.

Dalla tabella si rileva che negli ambienti ordinari e per i normali sistemi di distribuzione a 230/400 V (dove $U_0 = 230$ V), il tempo di intervento delle protezioni dev'essere non superiore a 0,2 s.

Qualora la condizione $I_a \leq U_0/Z_s$ non potesse essere soddisfatta con gli interruttori magnetotermici o i fusibili, è necessario ricorrere a dispositivi differenziali. In questo caso I_a corrisponde alla corrente differenziale nominale I_{dn} .

Con l'installazione dell'interruttore differenziale la relazione indicata risulta generalmente soddisfatta e non è quindi richiesta la misura o il calcolo dell'impedenza Z_s .

L'utilizzo dei dispositivi di protezione a corrente differenziale è vietato nei sistemi TN-C, è sempre ammesso nei sistemi TN-S e anche nei sistemi a TN-C-S purchè per questi ultimi non si utilizzi un conduttore PEN a valle di tali dispositivi (il collegamento del conduttore di protezione al conduttore PEN deve essere effettuato a monte del dispositivo di protezione differenziale).

Per ragioni di selettività, gli interruttori differenziali del tipo S possono essere usati in serie a quelli di tipo generale.

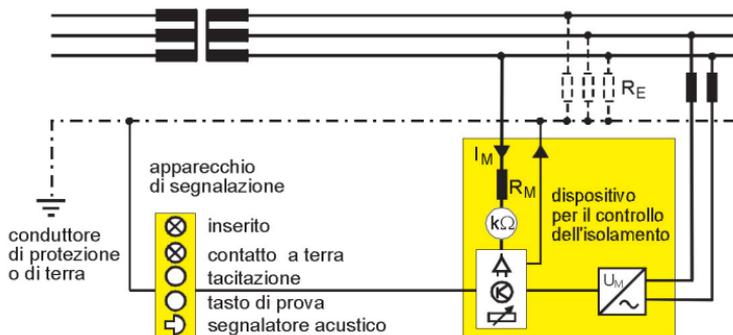
Sistema IT

Nel sistema con neutro isolato da terra le masse metalliche possono essere collegate, separatamente, a gruppi o collettivamente, ad un impianto di terra comune o distinto da quello al quale è eventualmente connesso il neutro.

Per questo sistema è necessario controllare l'isolamento dell'impianto mediante un dispositivo a funzionamento continuo allo scopo di rilevare un guasto a terra nella rete (sia sulle fasi sia sul neutro, se questo è distribuito) o negli apparecchi utilizzatori e di segnalarlo otticamente e/o acusticamente affinché possa essere eliminato entro breve tempo.

Il dispositivo non interviene finchè è soddisfatta la relazione:

$$R_t \leq \frac{50}{I_d}$$



Dispositivo per il controllo dell'isolamento.

dove:

R_t - resistenza (ohm) del dispersore a cui sono collegate le masse;
 I_d - corrente (ampere) di primo guasto a terra con impedenza trascurabile.

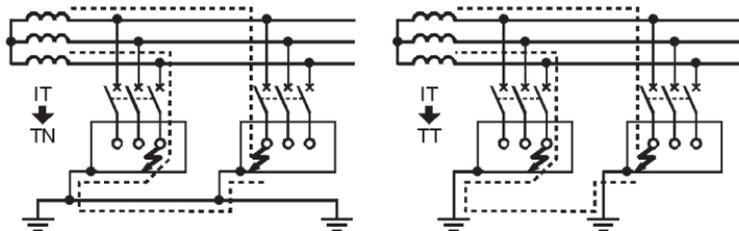
Per gli impianti in cantieri edili, locali ad uso medico e strutture agricole o zootecniche, il valore di 50 deve essere sostituito con 25.

Dopo il primo guasto, che viene solo segnalato dal dispositivo di controllo, il sistema si riduce ad un sistema:

- TT se le masse sono connesse a terra singolarmente o a gruppi,
- TN se tutte le masse sono collegate ad un unico impianto di terra (soluzione raccomandata).

In caso di secondo guasto a terra le protezioni devono perciò intervenire. Le condizioni per assicurare la protezione contro i contatti indiretti di conseguenza devono essere:

- a) corrispondenti alle prescrizioni per i sistemi TT, se le masse sono messe a terra singolarmente o per gruppi;



b) corrispondenti alle prescrizioni per i sistemi TN, se le masse fanno tutte capo allo stesso impianto di terra, con l'avvertenza che devono essere soddisfatte anche le seguenti condizioni:

per circuiti senza neutro distribuito

per circuiti con neutro distribuito

$$Z_s \leq \frac{U}{2 I_a}$$

$$Z'_s \leq \frac{U_0}{2 I_a}$$

dove:

I_a - corrente di intervento del dispositivo di protezione che interrompe il circuito entro i tempi t , specificati per i sistemi TN (v. tabella di pag. 64), per i circuiti terminali protetti contro le sovracorrenti con dispositivi aventi corrente nominale o regolata non superiore a 32 A, e tempi non superiori a 5 s per i circuiti diversi;

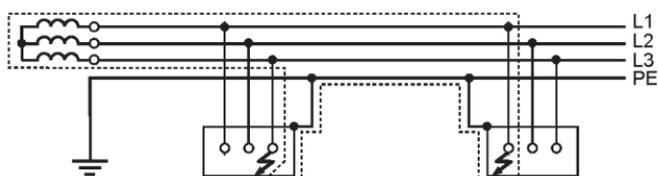
Z_s - impedenza (ohm) dell'anello di guasto, costituito dai conduttori di fase e dal conduttore di protezione;

Z'_s - impedenza (ohm) del circuito di guasto, costituito dal conduttore di fase, dal neutro e dal conduttore di protezione;

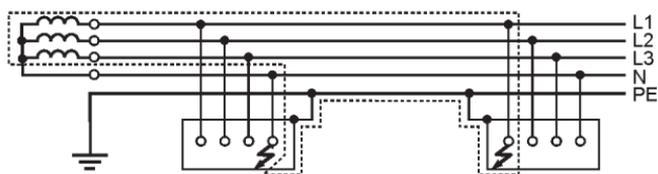
U_0 - tensione nominale verso terra;

U - tensione tra fase e fase;

Se le condizioni indicate non sono soddisfatte con l'uso di dispositivi di protezione di sovracorrente, si deve prevedere un interruttore differenziale a protezione di ciascun apparecchio.



a) anello di guasto di impedenza Z_s



b) anello di guasto di impedenza Z'_s

Protezione senza interruzione dell'alimentazione

Mediante componenti di Classe II

Per i soli sistemi di I categoria le norme consentono di attuare la protezione contro le tensioni di contatto mediante l'uso di materia le elettrico (conduttori, scatole di derivazione, quadri, apparecchi ecc.) con doppio isolamento o con isolamento rinforzato (componenti in Classe II) senza connessioni a terra.

Si considerano appartenenti a questa categoria tutti i materiali che riportano il segno grafico indicato a lato e i quadri con isolamento completo.



Anche un isolamento supplementare aggiunto all'isolante principale o un isolamento rinforzato applicato alle parti nude durante l'installazione dei componenti risultano idonei purché rispondenti a tutti i requisiti richiesti dai materiali di Classe II. In questo caso il segno grafico deve essere applicato all'esterno dell'involucro e, se questo è possibile, anche all'interno.

Per poter garantire all'impianto nel suo complesso un isolamento di Classe II, è necessario rispettare le seguenti condizioni:

- gli involucri isolanti devono presentare una struttura atta a sopportare le sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche che possono verificarsi in caso di guasto;
- gli involucri non devono essere muniti di viti neppure di materiale isolante (per evitare che vengano sostituite con altre in metallo compromettendo così il grado di isolamento);
- gli isolamenti supplementari ottenuti con l'impiego di vernici lacche e materiali simili non sono in genere adatti;
- i contenitori muniti di portelli o coperchi devono essere apribili solo con chiave o attrezzi. Se la porta e i coperchi sono apribili senza l'uso di un attrezzo, tutte le parti conduttrici accessibili devono trovarsi dietro una barriera isolante (rimovibile solo con l'uso di attrezzi) con grado di protezione minimo IPXXB (IP2X);
- le parti intermedie dei componenti elettrici pronti per il funzionamento, devono essere protette con un involucro avente un grado minimo di protezione IPXXB (IP2X);
- l'involucro non dev'essere attraversato da parti conduttrici suscettibili di propagare un potenziale;
- l'involucro non deve nuocere alle condizioni di funzionamento del componente elettrico protetto;

- le parti conduttrici racchiuse nell'involucro isolante non devono essere collegate ad un conduttore di protezione. È possibile però far attraversare l'involucro da conduttori di protezione di altri componenti elettrici il cui circuito di alimentazione passi anch'esso attraverso l'involucro. All'interno dell'involucro tali conduttori e i loro morsetti devono essere isolati come se fossero parti attive e i morsetti devono essere contrassegnati in modo adeguato;
- le parti conduttrici accessibili e le parti intermedie non devono essere collegate ad un conduttore di protezione a meno che ciò non sia previsto nelle prescrizioni di costruzione del relativo componente elettrico;
- in un quadro metallico i tratti di cavo compresi tra l'ingresso dell'alimentazione ed il dispositivo di protezione destinato alla protezione contro i contatti indiretti, si considerano in accordo con le prescrizioni riguardanti la Classe II anche se sono sprovvisti di guaina isolante o non sono installati in tubi protettivi od in canali isolanti, purché abbiano la lunghezza strettamente necessaria ad effettuare la connessione ai terminali del dispositivo di protezione. Queste connessioni, se realizzate in accordo con le norme del dispositivo di protezione e in accordo con l'eventuali indicazioni di montaggio fornite dai costruttori del dispositivo di protezione e/o del quadro, consentono di ottenere l'isolamento in Classe II.

La protezione con isolamento di Classe II o equivalente può coesistere in uno stesso impianto con la protezione attuata mediante messa a terra e interruzione automatica del circuito.

Protezione per separazione elettrica

La separazione elettrica è una misura di protezione nella quale la protezione contro i contatti indiretti è fornita dalla separazione dei circuiti da proteggere da altri circuiti e da terra.

Un guasto a massa non comporta infatti alcun pericolo per le persone, in quanto la corrente di guasto non può richiudersi, mancando il collegamento a terra di un punto del circuito separato (se le capacità dei conduttori verso terra sono trascurabili). Tuttavia, dato che la sicurezza di questa misura di protezione dipende dal buon isolamento dei circuiti separati è opportuno che tali circuiti siano installati in modo da non risultare danneggiabili. Il circuito separato può alimentare un solo apparecchio utilizzatore o più apparecchi.

a) Alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore

Si devono applicare le seguenti prescrizioni:

- alimentazione da una sorgente non messa a terra, avente almeno separazione semplice (trasformatore ordinario) e che fornisce una tensione per il circuito separato non superiore a 500 V;
- le parti attive del circuito separato non devono essere collegate né ad altri circuiti, né a terra né ad un conduttore di protezione (la separazione elettrica deve essere equivalente all'isolamento principale tra i circuiti);
- i cavi flessibili devono essere visibili in tutte le parti del loro percorso in cui potrebbero essere danneggiati meccanicamente (se sono prevedibili danneggiamenti si deve proteggere i cavi);
- per il circuito separato è raccomandabile l'uso di condutture distinte da quelle di altri circuiti; nel caso non fosse possibile, si devono utilizzare cavi multipolari oppure cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi o canali isolanti a condizione che essi presentino un isolamento idoneo alla tensione nominale del sistema a tensione più elevata presente nella canalizzazione e che ciascun circuito sia protetto contro le sovracorrenti;
- le masse del circuito separato non devono essere connesse intenzionalmente né ad un conduttore di protezione, né ad una massa di altri circuiti, né a masse estranee.

b) Alimentazione di più apparecchi utilizzatori

Questo sistema di protezione è applicabile solo quando l'impianto è controllato o è sotto la supervisione di persone addestrate. Per esso oltre alle prescrizioni riportate nel paragrafo a) precedente si devono osservare anche le seguenti prescrizioni:

- le masse del circuito separato devono essere collegate tra di loro per mezzo di conduttori di protezione isolati, non collegati a terra; tali conduttori non devono essere collegati intenzionalmente a conduttori di protezione od a masse di altri circuiti o a qualsiasi massa estranea (vedi figura).
- tutte le prese a spina devono essere provviste di contatti di terra che devono essere collegati al conduttore di protezione.
- tutti i cavi flessibili che non alimentino componenti elettrici con isolamento doppio o rinforzato, devono incorporare un conduttore di protezione.
- a protezione del circuito separato deve essere installato un interruttore automatico che intervenga interrompendo l'alimen-

tazione, al verificarsi di due guasti su due masse nei tempi indicati per il Sistema TN (v. tabella a pag. 64).

– il circuito separato deve essere di estensione ridotta (per limitare le correnti capacitive) per cui è raccomandabile che la condotta elettrica non abbia lunghezza L superiore a:

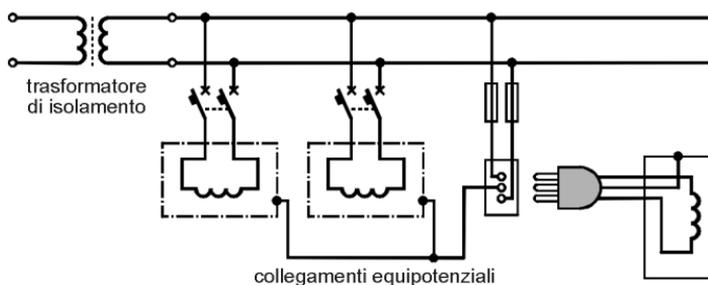
$$L \leq \frac{100\,000}{U_n}$$

e comunque non superiore a 500 m, essendo: L la lunghezza delle linee a valle del trasformatore (in metri) e U_n la tensione nominale di alimentazione (in volt) del circuito separato che, come detto, non può essere maggiore di 500 V.

Caratteristiche del conduttore equipotenziale

Per quanto riguarda il conduttore equipotenziale valgono le seguenti prescrizioni:

- il collegamento equipotenziale non va esteso all'involucro metallico del trasformatore;
- il conduttore equipotenziale dev'essere dotato di guaina isolante, in modo che neanche accidentalmente possa andare in contatto con i conduttori di protezione o di terra o le masse di altri circuiti;
- tutti i cavi di alimentazione delle utenze, tranne quelle in Classe II, devono incorporare il conduttore di protezione utilizzato in questo caso come conduttore equipotenziale;
- ogni collegamento equipotenziale deve essere realizzato con un conduttore di sezione non inferiore a $2,5\text{ mm}^2$ se è prevista una protezione meccanica, 4 mm^2 se non è prevista alcuna protezione meccanica (il conduttore equipotenziale contenuto nel cavo flessibile di alimentazione dell'utilizzatore può avere sezione inferiore, ma non minore di quella dei conduttori di fase).



Protezione contro i contatti diretti e indiretti

La protezione congiunta contro i contatti diretti e contro quelli indiretti può essere attuata mediante sistemi a bassissima tensione purchè sia assicurato che in nessun caso la tensione possa aumentare (ad esempio per un guasto alle apparecchiature che la producono o per un contatto accidentale con altri circuiti).

I sistemi a bassissima tensione possono essere di tipo SELV (Safety Extra-Low Voltage) e PELV (Protective Extra-Low Voltage). Il sistema SELV (che non ha nessun punto collegato a terra) è preferibile nelle situazioni in cui è necessario privilegiare l'aspetto della sicurezza contro la folgorazione.

Il sistema PELV (che può avere un punto connesso a terra) è particolarmente adatto nei circuiti di comando perché consente un buon compromesso tra l'esigenza di sicurezza contro i contatti diretti ed indiretti e l'esigenza di sicurezza contro gli azionamenti intempestivi causati da due guasti a terra che possono cortocircuitare i dispositivi di sicurezza del circuito di comando.

Prescrizioni per l'impiego dei sistemi SELV

Non è richiesta alcuna protezione contro i contatti diretti se la tensione nominale del circuito SELV non è superiore a 25 V c.a. ed a 60 V c.c.; a meno che il circuito non si trovi in ambienti critici (locali da bagno, piscine, luoghi conduttori ristretti).

Se la tensione supera i suddetti valori le parti attive comprese quelle degli utilizzatori, devono essere protette contro il contatto diretto mediante involucri aventi un grado di protezione non inferiore a IPXXB o IP2X oppure con un isolamento in grado di sopportare per 1 minuto una tensione di 500 V in c.a.

Prescrizioni per l'impiego dei sistemi PELV

Non è richiesta alcuna protezione per i componenti installati in edifici dove sia stato effettuato il collegamento equipotenziale principale e la tensione nominale del circuito PELV è:

≤ 25 V c.a., o ≤ 60 V c.c. non ondulata per componenti elettrici installati in luoghi asciutti e non ristretti;

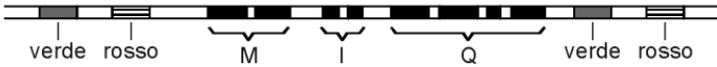
≤ 6 V c.a., oppure ≤ 15 V c.c. non ondulata negli altri casi.

Diversamente le parti attive devono essere protette contro il contatto diretto mediante involucri con un grado di protezione non inferiore a IPXXB o IP2X oppure con un isolamento in grado di sopportare per 1 minuto una tensione di 500 V in c.a.

Contrassegni di conformità alle norme

I cavi conformi alle norme riportano uno dei seguenti contrassegni attestanti che il cavo è costruito a regola d'arte:

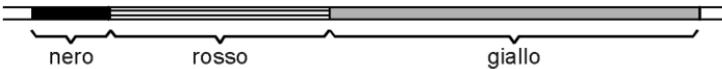
– Marchio IEMMEQU stampigliato sull'isolante o sulla guaina o costituito da un filo tessile, incorporato nel cavo, con stampati i segni corrispondenti, in alfabeto Morse, alle lettere IMQ. I colori possono essere nero, rosso o verde, secondo la sezione del cavo.



Sulle confezioni (matasse o bobine) è apposto un cartellino con il contrassegno dell'IMQ riportato a lato.



– il Contrassegno HAR per i cavi di tipo armonizzato, accettati in tutti i paesi europei. Tali cavi recano un filo tessile (incluso nel cavo) con la successione ripetitiva dei colori nero, rosso, giallo:



o la stampigliatura (a stampa, incisa o in rilievo) sull'isolante o sulla guaina delle diciture secondo il Paese d'origine, quali ad esempio:

IMMEQU < HAR >	Italia	KEMA-KUR < HAR >	Paesi Bassi
CEBEC < HAR >	Belgio	SEMKO < HAR >	Svezia
< VDE > < HAR >	Germania	< ÖVE > < HAR >	Austria
USE < HAR >	Francia	< DEMKO > < HAR >	Danimarca
BASEC < HAR >	Gran Bretagna	< IIRS > < HAR >	Irlanda

Elementi distintivi dei cavi

Tensione nominale dei cavi

I cavi sono caratterizzati dalla tensione nominale di isolamento, indicata con la combinazione dei valori U_0/U (in volt o kilovolt):

U_0 - è il valore efficace della tensione tra uno qualsiasi dei conduttori e la terra;

U - è il valore efficace della tensione tra due conduttori qualsiasi del cavo multipolare o di un sistema di cavi unipolari.

Tensione nominale	Simbolo	Tipi di cavo
$U_0/U \geq 100/100$ V $U_0/U < 300/300$ V	01	
$U_0/U = 300/300$ V $U_0/U = 300/500$ V	03 05	Per segnalazione e comando
$U_0/U = 450/750$ V	07	Per energia
$U_0/U = 0,6/1$ kV	1	Per energia (posa interrata o in ambienti bagnati)

Temperature d'esercizio in relazione all'isolante

Tipo di isolante	Temperature massime (°C)	
	di esercizio	in cortocircuito
Gomma naturale	60	200
Gomma siliconica	180	350
Polivinilcloruro (PVC)	70-90	150-160
Gomma etilenpropilenica (EPR)	90	250
Polietilene reticolato (XLPE)	90	250

Colore delle anime dei cavi con $U_0/U \leq 0,6/1$ kV

Giallo-verde	Esclusivamente per i conduttori di terra e di protezione
Blu chiaro	Per il conduttore di neutro. In assenza del neutro può essere usato per altre funzioni
Nero, marrone, grigio	Per indicare i conduttori di fase

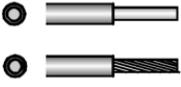
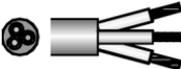
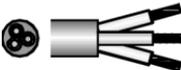
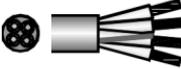
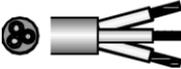
Designazione dei cavi (Norma CEI 20-27)

Riferimento norme	H A N	cavo armonizzato cavo nazionale riconosciuto altro tipo di cavo nazionale
Tensione nominale	03 05 07 1	$U_0 / U = 300/300 \text{ V}$ $U_0 / U = 300/500 \text{ V}$ $U_0 / U = 450/750 \text{ V}$ $U_0 / U = 0,6/1 \text{ kV}$
Isolante	B E G9 N R S V X	gomma etilenpropilenica (EPR) polietilene elastomero reticolato speciale policloroprene (neoprene) gomma sintetica gomma silconica polivinilcloruro polietilene reticolato
Rivestimenti metallici (se presenti)	C Z2 Z4 Z5	conduttore concentrico armatura in fili armatura in nastri armatura in fili di acciaio
Guaina		Materiali dello stesso tipo degli isolanti
Particolarità costruttive H2 H5	cavo rotondo (nessun simbolo) cavi piatti non divisibili cavi con anime cordate a spirale visibile
Conduttore	U R K F H	a filo unico a corda rigida a corda flessibile per posa fissa a corda flessibile per posa mobile flessibilissimo
Composizione cavo X G	numero anime senza conduttore di protezione con conduttore di protezione sezione del conduttore

Designazione dei cavi (tabella UNEL 35011)

Composizione cavo	... x G ...	numero anime senza conduttore di protezione con conduttore di protezione sezione del conduttore
Conduttore	U R F FF	conduttore a filo unico conduttore a corda rigida conduttore a corda flessibile conduttore a corda flessibilissima
Isolante	R R7 G G4 G7 G8 G9 G10 M	PVC PVC per temperature fino a 90 °C mescola a base di gomma mescola a base di gomma siliconica gomma etilenpropilenica mescola a base di gomma etilenpropilenica per temperature fino a 85 °C mescola a basso sviluppo di fumi e di gas tossici e corrosivi mescola a basso sviluppo di fumi e di gas tossici e corrosivi isolante minerale
Forma del cavo	- O W	nessuno simbolo: cavo unipolare anime riunite in cavo rotondo anime parallele con un solco intermedio (cavi piatti divisibili)
Armatura	F N Z	filì d'acciaio nastri d'acciaio piattine d'acciaio
Guaina	R G M1/M2 E E4 K	PVC gomma naturale o sintetica materiali a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi materiale termoplastico polietilene reticolato policloroprene (PCP)
Tensione nominale	03 05 07 1	tensione nominale $U_0/U = 300/300$ V tensione nominale $U_0/U = 300/500$ V tensione nominale $U_0/U = 450/750$ V tensione nominale $U_0/U = 0,6/1$ kV

Esempi di designazione

Designazione	Descrizione	Rappresentazione
In base alla norma CEI 20-27		
H05V-U 1 x 0,5 H05V-K 1 x 0,5	Cavi armonizzati (H), per tensione nominale 300/500 V, isolati in PVC, senza guaina, con conduttore rigido (U), oppure flessibile per posa fissa (K), unipolari, sezione 0,5 mm ² .	
H07VV-F 3 x 2,5	Cavo armonizzato (H), per tensione nominale 450/750 V, isolato in PVC (V) guaina dello stesso materiale (V), flessibile (F), tripolare, sezione 2,5 mm ² .	
N07VV-U 3 x 6	Cavo di tipo nazionale (N), tensione nominale 450/750 V, isolato in PVC (V) guaina dello stesso materiale (V), conduttore rigido a filo unico (U), tripolare, sezione 6 mm ² .	
In base alla tabella CEI - UNEL 35011		
4G 1,5 FROR 300/500	Cavo costituito da 4 conduttori, compreso il conduttore di protezione (G), di sezione 1,5 mm ² , a corda flessibile (F), isolati in PVC (R), con le anime riunite in cavo rotondo (O) e guaina in PVC (R), a tensione nominale 300/500 V.	
3 x 1,5 FG4OR 450/750	aCavo costituito da 3 conduttori, privo del conduttore di protezione (x), di sezione 1,5 mm ² , a corda flessibile (F), isolati gomma siliconica (G4), con le anime riunite in cavo rotondo (O) e guaina in PVC (R), a tensione nominale 450/750 V.	

Caratteristiche minime dei cavi

Condizioni d'impiego		Caratteristiche minime del cavo
Tensione di esercizio	categoria 0	300/300 V
	categoria I per segnalazioni	300/500 V
	categoria I per energia	450/750 V
	categoria I per posa interrata	0,6/1 kV
Posa	in tubo incassato	senza guaina
	diretta nel terreno	con guaina
	in tubi protettivi interrati o cunicoli	con guaina
	a vista a parete o aereo	con guaina
	mobile	flessibile con guaina
Aggressività ambiente	presenza di olii	guaina in PVC con caratteristiche di resistenza agli olii
	presenza di acidi	guaina in PCP
	ozono	guaina in PVC o in PCP
Continuità di servizio	impianti d'emergenza, impianti di allarme	resistenti al fuoco o protezioni meccaniche e termiche adeguate
Ambienti a maggior rischio in caso di incendio	cavo posato singolarmente	non propaganti la fiamma
	fascio di cavi	non propaganti l'incendio
	luogo con macchine elettroniche	non emissione di cloro e bassa emissione di gas tossici e fumi
	luogo senza ventilazione (galleria)	

Tipi di cavi di più comune impiego

Cavi per energia		
H07V-K	cavo unipolare isolato in PVC non propagante la fiamma	Per posa all'interno e all'esterno ma non interrata
N07V-K	cavo unipolare isolato in PVC non propagante l'incendio	
FROR 450/750 V	cavo multipolare con isolamento e guaina in PVC non propagante l'incendio	
N1VV-K	cavo unipolare o multipolare con isolamento e guaina in PVC non propagante l'incendio	Per posa all'interno e all'esterno anche interrata
FG7R 0,6/1 kV	cavo unipolare isolato con gomma di qualità G7 e guaina in PVC non propagante l'incendio	
FG7OR 0,6/1 kV	cavo multipolare isolato con gomma di qualità G7 e guaina in PVC non propagante l'incendio	
Cavi per circuiti di comando e di segnalazione		
H05V-K	cavo unipolare isolato in PVC	Adatti per posa anche insieme ai cavi di energia
H05RN-F	cavo multipolare flessibile isolato in gomma e con guaina in policloroprene	
FROR 300/500 V	cavo multipolare con isolamento e guaina in PVC	
H03VV-F	cavo multipolare flessibile con isolamento e guaina in PVC	Per circuiti a bassissima tensione e posa in tubi o canali separati
H03RN-F	cavo multipolare flessibile isolato in gomma e con guaina in policloroprene	

Portata dei cavi

La portata dei cavi in rame I_z utilizzati per installazioni fisse (non interrati o immersi in acqua o posti all'interno di quadri o apparecchiature) e in sistemi a tensione nominale ≤ 1000 V c.a. e ≤ 1500 V c.c. è riportata dalle tabelle delle pagine successive. Per l'impiego delle tabelle si devono osservare le seguenti avvertenze:

a) Il numero dei conduttori da considerare è quello dei conduttori percorsi effettivamente da corrente, escludendo il conduttore di protezione ed il neutro, se il sistema trifase è equilibrato.

b) I valori delle portate riguardano i singoli circuiti monofasi o trifasi, costituiti da cavi unipolari o multipolari, in funzione di una temperatura ambiente di 30 °C (per posa all'aperto si deve, se del caso, considerare anche l'azione del sole) ed una temperatura di funzionamento di:

– 70 °C per cavi in PVC;

– 90 °C per cavi in polietilene reticolato e in gomma etilenpropilena (EPR).

La portata deve essere ridotta qualora il cavo sia sottoposto a frequenti sovraccarichi.

c) La portata è relativa alle condizioni di posa specificate nelle tabelle e tenendo presente che:

– i cavi o le condutture in tubo si considerano in aria libera quando la distanza dalla parete di sostegno è almeno 0,3 volte il diametro esterno del cavo o, rispettivamente, del tubo;

– i cavi posati su passerella sono considerati in aria libera se la passerella presenta fori che occupano più del 30% della superficie della base;

– per i cavi unipolari fissati direttamente a parete e non distanziati tra loro si possono utilizzare i valori di portata dei cavi multipolari fissati a parete;

– se per ragioni di protezione meccanica un cavo è posato, per un tratto del suo percorso, entro un tubo o un canale aperto alle estremità la portata non deve venir ridotta purché la lunghezza del tubo o canale non superi i seguenti limiti:

0,5 m per cavi con sezione dei conduttori fino a 10 mm²;

1 m per sezioni oltre 10 mm² e fino a 95 mm²;

1,5 m per sezioni oltre 95 mm²;

0,2 m se la canalizzazione è passante o installata su materiali plastici o coibenti.

Fattori di correzione della portata

Se la temperatura ambiente è diversa da 30 °C oppure i cavi delle condutture sono disposti a strato o formano un fascio ⁽¹⁾, la portata I_z di ciascun cavo deve essere determinata con la seguente relazione:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2$$

dove:

- I_0 è la portata in aria a 30 °C relativa al metodo di installazione previsto, ricavata dalle tabelle delle pagine seguenti;
- k_1 è il fattore di correzione per temperature ambiente diverse da 30 °C (vedi pag. 86);
- k_2 è il fattore di correzione per più circuiti installati in fascio o strato (vedi pag. 86).

Il fattore k_2 è applicabile ai cavi:

- con isolamento caratterizzato dalla stessa temperatura massima di funzionamento; diversamente per tutti i cavi si deve considerare la portata relativa alla temperatura massima di funzionamento più bassa (ad esempio utilizzando cavi in PVC e in EPR questi ultimi devono essere assimilati, per quanto riguarda la portata, ai cavi in PVC);
- aventi sezioni simili, ossia comprese nelle tre sezioni unificate adiacenti (esempio 4 - 6 - 10 mm²), diversamente si applica un fattore di riduzione $F = 1/\sqrt{n}$, essendo n il numero dei circuiti raggruppati.

⁽¹⁾ Lo strato è l'insieme di cavi, relativi a più circuiti posati affiancati, distanziati o no, disposti in orizzontale o in verticale.

Il fascio è un insieme di più circuiti realizzati con cavi non distanziati e non installati in strato (più strati sovrapposti su un unico supporto sono da considerare un fascio). Due cavi, appartenenti a circuiti diversi, si ritengono distanziati quando lo spazio tra loro:

- supera due volte il diametro esterno del cavo di sezione superiore, nel caso di cavi unipolari;
- è almeno uguale al diametro esterno del cavo più grande, nel caso di cavi multipolari.

Portata dei cavi unipolari

Sezione (mm ²)	2 conduttori		3 conduttori		2 conduttori		3 conduttori	
	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1	13,5	17	12	15	-	-	-	-
1,5	17,5	23	15,5	20	14,5	19	13,5	17
2,5	24	31	21	28	19,5	26	18	23
4	32	42	28	37	26	36	24	31
6	41	54	36	48	34	45	31	40
10	57	75	50	66	46	61	42	54
16	76	100	68	88	61	81	56	73
25	101	133	89	117	80	106	73	95
35	125	164	110	144	99	131	89	117
50	151	198	134	175	119	158	108	141
70	192	253	171	222	151	200	136	179
95	232	306	207	269	182	241	164	216
120	269	354	239	312	210	278	188	249
150	309	402	275	355	240	318	216	285
185	353	472	314	417	273	362	245	324
240	415	555	369	490	320	424	286	380

Tipi di posa

a - Cavi senza o con guaina entro tubi protettivi (circolari e non) posati:

- su parete
- annegati nella muratura;
- in cavità di strutture;
- in cunicoli chiusi;
- in cunicoli ventilati incassati nel pavimento.

b - Cavi senza guaina entro canali posati:

- a parete;
- incassati nel pavimento;
- sospesi.

a - Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati in:

- pareti termicamente isolanti;
- stipiti di porte e finestre.

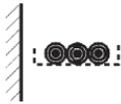
b - Cavi senza guaina posati direttamente in:

- elementi scanalati.

c - Cavi con guaina posati direttamente in:

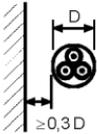
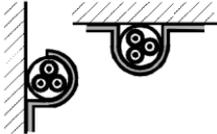
- pareti termicamente isolanti;
- stipiti di porte e finestre.

Portata dei cavi unipolari in aria libera

Tipi di posa	Cavi con guaina raggruppati a trifoglio o in piano e posati: - a contatto di pareti o distanziati; - su passerelle non perforate; - in cavità di strutture; - in controsoffitti o pavimenti sopraelevati; - in cunicoli aperti o ventilati;		Cavi con guaina non distanziati posati affiancati: - su passerelle perforate; - su mensole; - fissati da collari; - su passerelle a traversini;			
	Su piano orizzontale 		Su piano verticale 			
Sezione (mm ²)	3 conduttori		2 conduttori		3 conduttori	
	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1	-	-	-	-	-	-
1,5	19,5	24	22	27	19,5	24
2,5	26	33	30	37	26	33
4	35	45	40	50	35	45
6	46	58	52	64	46	58
10	63	80	71	88	63	80
16	85	107	96	119	85	107
25	110	135	131	161	114	141
35	137	169	162	200	143	176
50	167	207	196	242	174	216
70	216	268	251	310	225	279
95	264	328	304	377	275	342
120	308	383	352	437	321	400
150	356	444	406	504	372	464
185	409	510	463	575	427	533
240	485	607	546	679	507	634

Portata dei cavi multipolari

Tipi di posa	<i>a - Entro tubi (circolari e non) posati:</i>				<i>a - In tubi circolari posati in:</i>				
	- a parete; - annegati nella muratura; - in cavità di strutture.				- pareti termicamente isolanti;				
	<i>b - Entro canali posati:</i>				<i>b - Direttamente in:</i>				
	2 conduttori		3 conduttori		2 conduttori		3 conduttori		
	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	
	1	13,5	17	12	15	-	-	-	-
	1,5	16,5	22	15	19,5	14	18,5	13	16,5
	2,5	23	30	20	26	18,5	25	17,5	22
	4	30	40	27	35	25	33	23	30
	6	38	51	34	44	32	42	29	38
	10	52	69	46	60	43	57	39	51
	16	69	91	62	80	57	76	52	68
	25	90	119	80	105	75	99	68	89
	35	111	146	99	128	92	121	83	109
	50	133	175	118	154	110	145	99	130
	70	168	221	149	194	139	183	125	164
	95	201	265	179	233	167	220	150	197
	120	232	305	206	268	192	253	172	227
	150	258	334	225	300	219	290	196	259
	185	294	384	255	340	248	329	223	295
	240	344	459	297	398	291	386	261	346

Tipi di posa	<i>Distanziati dalla parete o soffitto e posati su:</i> - passerelle perforate; - mensole; - passerelle a traversini; - fissati a collari; - sospesi o incorporati a fune portante.				<i>Fissati o distanziati leggermente:</i> - su parete o a soffitto; - posati direttamente nella muratura con o senza protezione meccanica; - su passerelle non perforate			
								
Sezione (mm ²)	2 conduttori		3 conduttori		2 conduttori		3 conduttori	
	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR	PVC	EPR
1	15	19	13,6	17	15	19	13,5	17
1,5	22	26	18,5	23	19,5	24	17,5	22
2,5	30	36	25	32	27	33	24	30
4	40	49	34	42	36	45	32	40
6	51	63	43	54	46	58	41	52
10	70	86	60	75	63	80	57	71
16	94	115	80	100	85	107	76	96
25	119	149	101	127	112	138	96	119
35	148	185	126	158	138	171	119	147
50	180	225	153	192	168	209	144	179
70	232	289	196	246	213	269	184	229
95	282	352	238	298	258	328	223	279
120	328	410	276	346	299	382	259	322
150	379	473	319	399	344	441	299	371
185	434	542	364	456	392	506	341	424
240	514	641	430	538	461	599	403	500

Fattori di correzione k_1 per temperature diverse da 30 °C

Temperatura ambiente	Tipo di isolamento	
	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
30	–	1
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71

Fattori di correzione k_2 per condutture in fascio o strato

N. di circuiti o cavi multipolari	Posa a fascio	Posa a strato			
		- su muro - su passerella non perforata - in pavimenti sopraelevati o controsoffitti	- fissati a soffitto	- su passerelle orizzontali perforate - su passerelle verticali perforate e non	- su mensole fissati da collari - su passerelle a traversini - sospesi a fune portante
1	1	1	0,95	1	1
2	0,80	0,85	0,81	0,88	0,87
3	0,70	0,79	0,72	0,82	0,82
4	0,65	0,75	0,68	0,77	0,80
5	0,60	0,73	0,66	0,75	0,80
6	0,57	0,72	0,64	0,73	0,79
7	0,54	0,72	0,63	0,73	0,79
8	0,52	0,71	0,62	0,72	0,78
9	0,50	0,70	0,61	0,72	0,78

N. B. Se il fascio o lo strato comprende cavi bipolari e tripolari, il coefficiente relativo al numero totale dei circuiti è applicato alla portata sia dei cavi bipolari, sia dei cavi tripolari.

Cavi interrati

Le portate dei cavi interrati sono indicate dalla norma CEI-UNEL 35026. I valori si basano sui seguenti presupposti:

- si riferiscono a cavi in rame interrati in assenza di acqua;
- il tipo di posa è quello entro tubi o canali interrati; mentre in caso di posa diretta nel terreno le portate devono essere moltiplicate per 1,15, sempre che il tipo di cavo lo consenta;
- i cavi unipolari si intendono inseriti in tubi isolanti;
- la profondità di interramento si suppone pari a 0,8 m.

La portata effettiva I_z del cavo installato in tubi o canali interrati si calcola applicando la formula:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

dove:

I_0 - è la portata del cavo per posa interrata a 20 °C, (vedi tabelle pagina seguente) e i parametri $k_1 \div k_4$ sono fattori di correzione della portata applicabili rispettivamente quando:

k_1 - la temperatura del terreno è diversa da 20 °C;

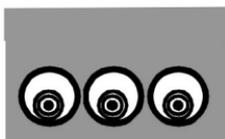
k_2 - in presenza di gruppi di più circuiti, installati sullo stesso piano;

k_3 - la profondità di posa del cavo è differente da 0,8 m;

k_4 - la resistività termica del terreno è diversa da quella assunta come riferimento per i valori di I_0 (1,5 K · m/W, relativamente ad un terreno sufficientemente compatto e umido). Nei casi in cui la resistività termica del terreno non è nota, la norma consiglia di adottare il valore di 2 K · m/W.

Le portate dei cavi interrati indicate nella tabella di pagina seguente si riferiscono a cavi unipolari e multipolari isolati in PVC o EPR e per posa in condotti in contatto o distanziati.

I valori dei coefficienti correttivi sono riportati nelle tabelle di pagg. 88 e 89.



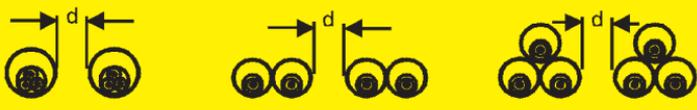
Portata dei cavi interrati

Sezione (mm ²)	Cavi unipolari in tubi o cunicoli in contatto interrati				Cavi unipolari in unico tubo o cunicolo interrato				Cavi multipolari in tubo o cunicolo interrato			
	PVC		EPR		PVC		EPR		PVC		EPR	
	Numero dei conduttori caricati											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
1,5	22	20	26	23	21	18	24	21	19	16	23	19
2,5	29	26	34	31	27	23	32	27	25	21	30	25
4	38	34	44	40	36	30	41	35	33	28	39	32
6	47	43	54	49	45	38	52	44	41	35	49	41
10	63	74	73	67	61	51	70	59	56	47	66	55
16	82	57	95	85	78	66	91	77	73	61	86	72
25	105	95	122	110	101	86	118	100	94	79	111	93
35	127	115	148	133	123	104	144	121	115	97	136	114
50	157	141	182	163	153	129	178	150	143	120	168	141
70	191	171	222	198	187	158	218	184	175	148	207	174
95	225	201	261	233	222	187	258	217	208	175	245	206
120	259	231	301	268	256	216	298	251	240	202	284	238
150	294	262	343	304	292	246	340	287	273	231	324	272
185	330	293	385	340	328	277	383	323	307	259	364	306
240	386	342	450	397	385	325	450	379	360	304	428	360

Fattore k_1 per temperature del terreno diverse da 20 °C

Temp. del terreno (°C)	PVC	EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76

Fattore k_2 per più cavi installati sullo stesso piano



Tipo di condotta			Distanza d tra le superfici esterne dei tubi affiancati (in metri)			
			0	0,25	0,50	1,00
Un cavo multipolare per ciascun tubo	N. circuiti	2	0,85	0,90	0,95	1,00
		3	0,75	0,85	0,90	0,95
		4	0,70	0,80	0,85	0,90
		5	0,65	0,80	0,85	0,90
		6	0,60	0,80	0,80	0,90
Un cavo unipolare per ciascun tubo	N. cavi	2	0,80	0,90	0,90	0,95
		3	0,70	0,80	0,85	0,90
		4	0,65	0,75	0,80	0,90
		5	0,60	0,70	0,80	0,90
		6	0,60	0,70	0,80	0,90

Fattore k_3 per differenti valori della profondità

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore k_3	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

Fattore k_4 per differenti valori della resistività termica del terreno

Resistività del terreno ($K \cdot m/W$)	Fattore di correzione	
	Cavi unipolari	Cavi multipolari
1,0	1,08	1,06
1,2	1,05	1,04
1,5	1,00	1,00
2,0	0,90	0,91
2,5	0,82	0,84

Caduta di tensione

Negli impianti in generale, la caduta di tensione non deve risultare superiore al 4%.

I valori della caduta di tensione ΔU e della caduta di tensione in percentuale $\Delta U \%$ si calcolano con le relazioni:

$$\Delta U = \frac{\Delta U \% \cdot U}{100} \qquad \Delta U \% = \frac{\Delta U \cdot 100}{U}$$

Le cadute di tensione unitarie u , espresse in unità di corrente e per unità di lunghezza della linea (millivolt/ampere · metro) per vari valori della sezione del conduttore, sono indicate nella tabella della pagina seguente, tenendo presente quanto segue: a - i valori, riferiti ad una temperatura del cavo di 80 °C, sono utilizzabili in pratica, per tutti i cavi per energia;

b - la caduta di tensione in volt, risulta dalla seguente relazione:

$$\Delta U = \frac{u \cdot I \cdot L}{1000} \qquad I = \text{corrente nei conduttori (A)}$$
$$\qquad \qquad \qquad L = \text{lunghezza linea (m)}$$

c - la caduta di tensione è da intendersi fra conduttore e conduttore, nel caso di corrente continua o alternata monofase, tra fase e fase, nel caso di corrente alternata trifase.

Esempi

Calcolare la caduta di tensione in una conduttura monofase a tensione 230 V, realizzata con un cavo bipolare di 6 mm², lunga 40 m e percorsa da una corrente di 25 A a $\cos\varphi = 1$:

$$\Delta U = \frac{u \cdot I \cdot L}{1000} = \frac{7,56 \cdot 25 \cdot 40}{1000} = 7,56 \text{ V}$$

$$\Delta U \% = \frac{7,56 \cdot 100}{230} = 3,3\%$$

Calcolare la sezione del cavo trifase lungo 120 m e percorso da una corrente di 15 A a $\cos\varphi = 0,9$, in modo che $\Delta U \leq 7 \text{ V}$:

$$u = \frac{\Delta U \cdot 1000}{I \cdot L} = \frac{7 \cdot 1000}{15 \cdot 120} = 3,89 \text{ V/A} \cdot \text{m}$$

Nella tabella si individua il valore più prossimo a $u = 3,89$ (3,60), a cui corrisponde una sezione $S = 10 \text{ mm}^2$.

Cadute di tensione unitarie (u)

Sezione nomin.	Cavi unipolari						
	Corrente continua	Cor. alternata monofase			Cor. alternata trifase		
		cosφ = 1	cosφ=0,9	cosφ=0,8	cosφ=1	cosφ=0,9	cosφ=0,8
mm ²	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m
1	44,2	44,2	39,9	35,6	38,3	34,6	30,8
1,5	29,7	29,7	26,8	23,9	25,7	23,2	20,7
2,5	17,8	17,8	16,2	14,4	15,4	14,0	12,5
4	11,1	11,1	10,2	9,08	9,65	8,8	7,87
6	7,41	7,41	6,80	6,10	6,42	5,89	5,28
10	4,47	4,47	4,14	3,72	3,87	3,58	3,22
16	2,82	2,82	2,64	2,39	2,44	2,28	2,07
25	1,78	1,78	1,69	1,55	1,54	1,47	1,34
35	1,28	1,28	1,24	1,15	1,11	1,08	0,993
50	0,947	0,947	0,939	0,878	0,820	0,814	0,760
70	0,655	0,656	0,674	0,641	0,568	0,584	0,555
95	0,472	0,473	0,509	0,494	0,410	0,441	0,428
120	0,373	0,375	0,420	0,413	0,325	0,364	0,358
150	0,304	0,306	0,356	0,356	0,265	0,308	0,308
185	0,243	0,246	0,301	0,306	0,213	0,260	0,265
240	0,185	0,189	0,248	0,259	0,163	0,215	0,224
Sezione nomin.	Cavi bipolari				Cavi tripolari		
	Cor. cont.	cosφ = 1	cosφ=0,9	cosφ=0,8	cosφ=1	cosφ=0,9	cosφ=0,8
	mm ²	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m	mV/A·m
1	45,0	45,0	40,6	36,1	39,0	35,2	31,3
1,5	30,2	30,2	27,3	24,3	26,1	23,6	21,0
2,5	18,2	18,2	16,4	14,7	15,7	14,2	12,7
4	11,4	11,4	10,3	9,21	9,85	8,93	7,98
6	7,56	7,56	6,89	6,16	6,54	5,96	5,34
10	4,55	4,55	4,16	3,73	3,94	3,60	3,24
16	2,87	2,87	2,65	2,39	2,48	2,29	2,07
25	1,81	1,81	1,70	1,55	1,57	1,48	1,34
35	1,31	1,31	1,25	1,14	1,13	1,08	0,988
50	0,966	0,967	0,937	0,866	0,838	0,812	0,750
70	0,667	0,669	0,667	0,624	0,579	0,577	0,541
95	0,482	0,484	0,500	0,476	0,419	0,433	0,412
120	0,381	0,383	0,408	0,394	0,332	0,354	0,342
150	0,311	0,314	0,347	0,341	0,272	0,301	0,295
185	0,247	0,251	0,290	0,289	0,217	0,251	0,250

Lunghezza massima delle linee (con cavi unipolari) per contenere la caduta di tensione al 2% e 4%

Corrente nominale interruttore di protezione	Linee monofasi			Linee trifasi		
	sezione cavo (mm ²)	lunghezza max (m)		sezione cavo (mm ²)	lunghezza max (m)	
		2%	4%		2%	4%
6 A	1,5	25	50	1,5	49	98
	2,5	41	82	2,5	82	164
	4	66	132	4	131	262
10 A	1,5	15	30	1,5	30	60
	2,5	25	50	2,5	49	98
	4	40	80	4	79	158
	6	59	118	6	118	236
16 A	2,5	15	30	1,5	18	36
	4	25	50	2,5	31	62
	6	37	74	4	49	98
	10	62	124	6	75	150
20 A	2,5	12	24	2,5	25	50
	4	20	40	4	39	78
	6	30	60	6	59	118
	10	49	98	10	98	196
25 A	4	16	32	2,5	20	40
	6	24	48	4	32	64
	10	39	78	6	47	94
	16	62	124	10	79	158
32 A	4	12	24	4	25	50
	6	19	38	6	37	74
	10	31	62	10	61	122
	16	49	98	16	97	194
40 A	6	15	30	4	20	40
	10	25	50	6	30	60
	16	39	78	10	49	98
	25	62	124	16	78	156

Tubi protettivi

Classificazione

La Norma CEI 23-39 "Sistemi di tubo ed accessori per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali" ha introdotto una nuova classificazione che consente di conoscere tutte le caratteristiche dei diversi elementi componenti il sistema di canalizzazione e quindi di operare le scelte opportune per realizzare un impianto con elementi fra loro compatibili ed omogenei.

La norma ha anche aggiornato la terminologia dei tubi, classificandoli nel seguente modo:

Tubo protettivo: elemento di un sistema di canalizzazione chiuso di sezione generalmente circolare (ma può essere anche rettangolare) che consente l'introduzione e/o la sostituzione per *infilaggio* dei conduttori. Può essere in materiale metallico, non metallico, da materiale metallico e non metallico congiuntamente.

Tubo liscio: in cui il profilo della sezione longitudinale è rettilineo.

Tubo corrugato: in cui il profilo della sezione longitudinale è ondulato.

Tubo rigido: non può essere piegato o può esserlo solo con l'aiuto di un mezzo meccanico.

Tubo pieghevole: può essere piegato a mano, ma non è previsto per essere piegato frequentemente.

Tubo flessibile: può essere piegato a mano, con una forza ragionevolmente debole ed è destinato ad essere piegato frequentemente nel suo impiego.

Tubo autorinvenente: tubo pieghevole che, deformato per un breve periodo di tempo, riprende la sua forma originale dopo un ulteriore breve periodo di tempo.

Tubo filettabile: prevede filettature per la connessione oppure che può essere filettato.

Codice di classificazione

Il codice di classificazione è composto da due parti: una obbligatoria (vedi tabella seguente) e una facoltativa, ciascuna formata da diverse cifre indicanti una precisa caratteristica.

Prima cifra - Resistenza alla compressione			
1	Molto leggero	4	Pesante
2	Leggero	5	Molto pesante
3	Medio		
Seconda cifra - Resistenza all'urto			
1	Molto leggero	4	Pesante
2	Leggero	5	Molto pesante
3	Medio		
Terza cifra - Temperature minime di installazione e impiego			
1	+ 5 °C	4	- 25 °C
2	- 5 °C	5	- 45 °C
3	- 15 °C		
Quarta cifra - Temperature massime di installazione e impiego			
1	+ 60 °C	5	+ 150 °C
2	+ 90 °C	6	+ 250 °C
3	+ 105 °C	7	+ 400 °C
4	+ 120 °C		

La parte facoltativa del codice riguarda la classificazione del tubo protettivo in relazione alla: resistenza alla flessione; proprietà elettriche (continuità elettrica, isolamento); grado di protezione; resistenza a corrosione dei tubi metallici; resistenza alla trazione; propagazione della fiamma; resistenza al carico sospeso.

Per contenere tutte queste informazioni il codice può essere costituito da 12 cifre (4 obbligatorie e 8 facoltative) e può essere riportato nella documentazione del costruttore (cataloghi, depliant, etichette ecc.).

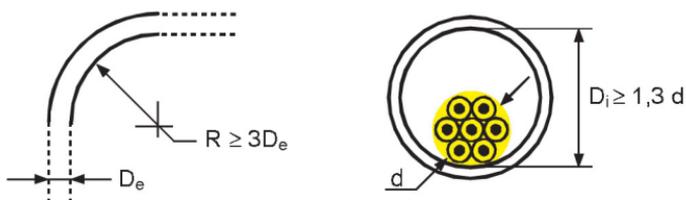
Criteria di posa dei tubi

È opportuno che i tubi incassati nel muro o sotto intonaco presentino percorsi paralleli od ortogonali rispetto agli spigoli delle pareti. Nei soffitti, nei pavimenti e nel caso di installazione a vista possono seguire il percorso che risulta più corto.

Quando sono in materiale plastico e posati in vista a meno di 2,5 m dal piano di calpestio oppure installati sotto pavimento, devono essere, per quanto riguarda la resistenza allo schiacciamento, di tipo medio, in conformità alla Norma CEI 23-39, mentre possono essere di tipo leggero e pieghevole per posa incassata.

Il raggio di curvatura dei tubi deve essere almeno 3 volte il diametro esterno dei tubi e comunque sufficiente a non causare danni ai cavi durante l'infilaggio.

Per consentire un agevole infilaggio e sfilaggio dei cavi il diametro interno dev'essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del fascio dei conduttori contenuti con un minimo per il diametro nominale esterno di 16 mm.



Se i tubi sono di metallo, devono contenere sia i conduttori di fase sia l'eventuale neutro dello stesso circuito, onde evitare fenomeni di induzione elettromagnetica. Inoltre i raccordi devono assicurare la continuità elettrica fra i tronchi di tubazione per consentire la messa a terra solo ad una estremità del tubo (meglio ad entrambe).

La posa entro tubo interrato è possibile solo per i cavi con guaina. Per consentire la sfilabilità dei cavi il diametro interno dei condotti circolari dev'essere pari ad almeno 1,8 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi.

Lungo il tubo interrato è opportuno predisporre dei pozzetti rompitratta per facilitare l'infilaggio dei cavi, in particolare nei punti in cui il condotto cambia direzione.

Grandezza dei tubi protettivi in relazione a sezione e numero dei conduttori

Conduttori		Sezione del conduttore (mm ²)								
Tipo	N	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
Tubi flessibili										
Senza guaina Tensione 450/750 V	1	16	16	16	16	16	20	20	25	25
	2	16	20	20	25	32	32	32	40	40
	3	16	20	25	32	32	32	40	40	50
	4	20	20	25	32	32	32	40	50	50
	5	20	25	25	32	40	40	50	50	-
	6	20	25	32	32	40	40	50	50	-
	7	20	25	32	32	40	40	50	-	-
	8	25	32	32	40	50	50	50	-	-
Con guaina Tensione 0,6/1 kV	1	20	20	25	25	32	32	40	40	50
	2	25	25	32	32	40	50	63	63	63
	3	32	32	40	40	40	50	63	63	-
	4	32	32	40	40	50	63	-	-	-
	5	40	40	50	50	50	63	-	-	-
	6	40	40	50	50	63	63	-	-	-
Tubi rigidi										
Senza guaina Tensione 450/750 V	1	16	16	16	16	16	20	20	25	25
	2	16	16	16	20	25	25	32	40	40
	3	16	16	20	25	32	32	32	40	50
	4	16	20	20	25	32	32	40	50	50
	5	20	20	20	32	32	40	40	50	-
	6	20	20	25	32	40	40	50	50	-
	7	20	20	25	32	40	5	50	-	-
	8	25	25	32	40	50	50	50	-	-
Con guaina Tensione 0,6/1 kV	1	16	16	20	20	25	25	32	32	40
	2	20	25	25	32	40	40	50	50	50
	3	25	25	32	32	40	40	50	50	-
	4	25	32	32	40	40	50	-	-	-
	5	32	32	40	40	40	50	-	-	-
	6	32	40	40	50	50	50	-	-	-

Canali portacavi e portapparecchi

Il termine canali identifica tutte le strutture chiuse o aperte che non abbiano sezione circolare. Le prescrizioni generali per i sistemi di canali sono contenute nella Norma CEI 23-58.

Un canale è composto da un vano, destinato ad alloggiare i cavi, che può essere unico o suddiviso (o suddivisibile) in più scomparti, da un coperchio continuo di chiusura e da dispositivi destinati al fissaggio del canale stesso od al supporto di apparecchi. Sotto l'aspetto della funzione svolta si possono distinguere i canali prevalentemente adibiti a supporto e protezione dei cavi (*canali portacavi*) e canali che, oltre al contenimento dei cavi, possono alloggiare dispositivi di comando, protezione e derivazione (*canali portacavi e portapparecchi*).

Tutti i tipi sono comunque caratterizzati dal fatto di assicurare un grado di protezione non inferiore a IP2X (pertanto un canale senza coperchio non è più tale, ma assume la caratteristica di una passerella portacavi).

Quando il canale è di tipo metallico i vari tronchi costituiscono altrettante masse in quanto possono contenere conduttori unipolari senza guaina. Per la messa a terra è possibile effettuare un collegamento al conduttore di protezione per ciascun elemento; tuttavia è preferibile utilizzare canali la cui continuità elettrica sia garantita dal costruttore, sempre che il montaggio sia realizzato secondo le istruzioni fornite dal costruttore stesso; in questo caso è sufficiente collegare il canale a terra in un punto (meglio in due, all'inizio e alla fine). La messa a terra non è richiesta se il canale contiene esclusivamente cavi con guaina.

Le viti per i dispositivi di connessione, destinati ad assicurare la continuità elettrica tra gli elementi, devono essere protette contro l'allentamento (rondelle elastiche, viti con la testa flangiata e zigrinata ecc.). Non sono ammesse viti di tipo automaschiante. Qualora la struttura metallica del canale sia utilizzata come conduttore di protezione il costruttore deve fornire garanzie in merito sia alla continuità elettrica, sia alla tenuta al cortocircuito.

Nei canali con coperchi, rispondenti alle Norme CEI 23-31 e 23-32, possono essere installati cavi senza guaina.

Nei canali non provvisti di coperchio sono ammessi, ma non raccomandati, cavi senza guaina purché il canale sia installato fuori della portata di mano e non sia soggetto a sollecitazioni meccaniche.

Il coperchio è indispensabile quando è richiesto un grado di protezione minimo IP40 o quando il canale è posato verticalmente. Gli ancoraggi o le mensole di supporto devono essere disposti in modo che, in relazione al peso dei cavi contenuti, il canale non fletta eccessivamente.

Nei canali la sezione occupata dai cavi di energia non deve superare il 50% della sezione del canale stesso (v. figura). È comunque opportuno sovradimensionare le canalizzazioni.

Quando si teme la formazione di condensa o infiltrazioni di acqua è necessario praticare sul fondo del canale dei fori di drenaggio, che consentano la fuoriuscita dell'acqua. In questi tratti il grado di protezione da IP40 si riduce a IP30.

Inoltre, onde evitare che i condotti possano divenire vie di convogliamento dei liquidi, le derivazioni vanno sempre fatte sulle fiancate dei canali e non sul fondo.

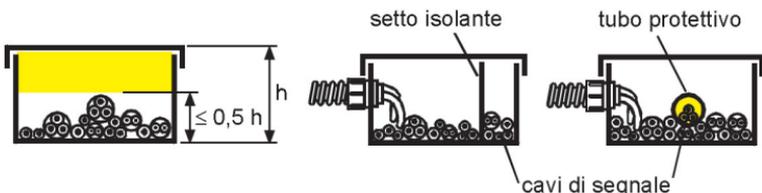
I raggi di curvatura minimi ammessi per i cavi sono:

- cavi rigidi $4 D$ per $D \leq 10$ mm
 $6 D$ per $D > 10$ mm (D il diametro
- cavi flessibili $3 D$ per $D \leq 12$ mm del cavo)
- $4 D$ per $D > 12$ mm

I canali (analogamente ai tubi e alle passerelle) non possono contenere contemporaneamente circuiti di categoria 0 (circuiti di segnale e comando) e circuiti di categoria I (di potenza) a meno che non sia rispettata una delle seguenti condizioni (v. figura):

- separazione mediante un setto isolante;
- segregazione dei cavi di segnale in tubo inserito nel canale.

Si osservi che la vicinanza fra i cavi di potenza e i cavi dei circuiti di comando e segnalazione può provocare, a danno di questi ultimi, fenomeni transitori di induzione elettromagnetica. È pertanto necessario che le due differenti famiglie di cavi transitino in condotti separati. Altrimenti si devono utilizzare cavi schermati.



Passerelle

Le passerelle di sostegno dei cavi possono essere costituite da:

- un canale senza coperchio perforato oppure no;
- una rete metallica;
- una scaletta in metallo o resina con traversini sufficientemente ravvicinati.

Il dimensionamento delle passerelle e dei supporti deve tener conto del peso dei cavi e di eventuali carichi aggiuntivi, che possono verificarsi durante le operazioni di posa dei cavi e di manutenzione, nonché delle dilatazioni termiche.

Per consentire un agevole accesso ai cavi le passerelle sovrapposte devono distare tra loro almeno 300 mm.

Le passerelle in metallo sono da considerare masse, analogamente ai canali, e pertanto vanno collegate a terra e devono presentare una continuità elettrica e capacità di sostenere le correnti di guasto. Tale caratteristica deve essere garantita dal costruttore della passerella.

La posa su passerella richiede l'uso di cavi con guaina.

La posa fissa, su passerelle o mensole, dei cavi flessibili è consentita solo per impianti provvisori e purché la guaina sia del tipo per impiego gravoso. Sulle passerelle le terne o quaterne di cavi unipolari vanno disposte a trifoglio, per ridurre al minimo le reattanze. La legatura dei cavi può essere realizzata con fascette plastiche.

Nel caso di legature di forza, in acciaio, destinate a fronteggiare gli sforzi elettrodinamici attesi in seguito ad un cortocircuito, va interposta una fasciatura isolante di protezione fra la legatura e la guaina esterna dei cavi unipolari.

Fusibili

Il fusibile è caratterizzato da: rapidità di intervento (per corto-circuito), elevato potere d'interruzione, dimensioni ridotte, costo limitato. Rispetto agli interruttori automatici presenta però alcuni aspetti negativi:

- non assicura, in caso di intervento, la contemporanea interruzione di tutte le fasi del circuito ⁽¹⁾;
- richiede tempi di ripristino del circuito relativamente lunghi.

Le norme CEI suddividono i fusibili per bassa tensione (< 1000 V c.a.) in:

- fusibili per uso da parte di persone addestrate (per applicazioni industriali);
- fusibili per uso da parte di persone non addestrate (per applicazioni domestiche e similari ma anche per applicazioni industriali).

In relazione alla capacità di interrompere le correnti i fusibili sono classificati.

- fusibili *per uso generale gG*, in grado di interrompere tutte le correnti fra un valore minimo e il potere d'interruzione;
- fusibili *per la protezione dei motori gM*, in grado di interrompere tutte le correnti fra un valore minimo e il potere di interruzione e di sopportare correnti di spunto non eccessive;
- fusibili *per la protezione dei motori aM*, (per uso combinato) in grado di interrompere soltanto le correnti comprese fra un determinato valore di sovracorrente ($k_2 I_n$) e quello corrispondente al proprio potere di interruzione nominale. Le correnti di valore inferiore a $k_2 I_n$ costituiscono una sovracorrente che dev'essere interrotta mediante un ulteriore dispositivo, ad esempio contattore-relè termico di adeguate caratteristiche.

Da un *punto di vista costruttivo* i fusibili possono essere *cilindrici*, *a coltello* e *a tappo*.

Le basi portafusibili devono essere dimensionate per la massima corrente nominale del fusibile che può essere inserito.

⁽¹⁾ Utilizzando fusibili a percussione è possibile comandare l'apertura di un interruttore automatico posto a valle.

A cartuccia

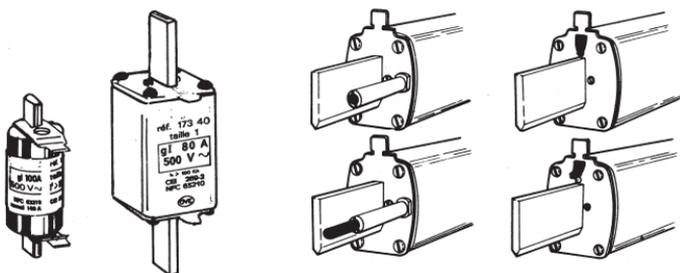


10,3 x 38 14x 51 22 x 58

Segnalatore prima
e dopo la fusione

Percussore prima
e dopo la fusione

A coltello



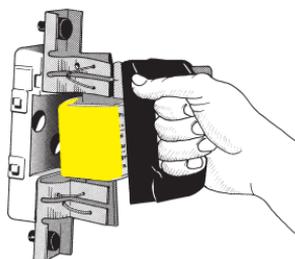
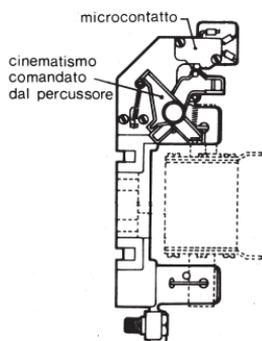
Cilindrici

Rettangolari

Segnalatore prima
e dopo la fusione

Percussore prima
e dopo la fusione

Basi



Per fusibili a coltello

Tipi di fusibili

Grandezze caratteristiche del fusibile

Tensione nominale U_n : è il valore massimo della tensione cui può essere sottoposto il fusibile. I valori normali sono:

- per applicazioni domestiche e similari 230 - 400 - 500 V;
- per applicazioni industriali 230 - 400 - 500 - 690 V.

Corrente nominale I_n : è la corrente che il fusibile può sopportare senza fondere e senza che si verifichino riscaldamenti anormali. Valori normali della corrente nominale dei fusibili per usi domestici sono (valori in ampere):

2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100

Corrente convenzionale di non fusione I_{nf} : è il valore massimo di corrente che il fusibile è in grado di sopportare per un tempo determinato senza fondere (vedere tabella).

Corrente convenzionale di fusione I_f : valore minimo di corrente che determina la fusione dell'elemento entro un intervallo di tempo determinato (vedere tabella).

Correnti convenzionali di fusione I_n e non fusione I_{nf} dei fusibili gG e gM

Corrente nominale [A]	Tempo convenzionale [h]	Correnti convenzionali	
		I_{nf}	I_f
$I_n < 4$ ⁽¹⁾	1	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n \leq 16$ ⁽¹⁾	1	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$

⁽¹⁾ Solo per cartucce gG.

Potere d'interruzione: valore massimo di corrente che il fusibile è in grado di interrompere in condizioni specificate.

Per i fusibili ad uso domestico le norme richiedono un potere di interruzione non minore di 6 kA e di 20 kA rispettivamente per tensioni inferiori a 240 V e comprese tra 240 e 500 V.

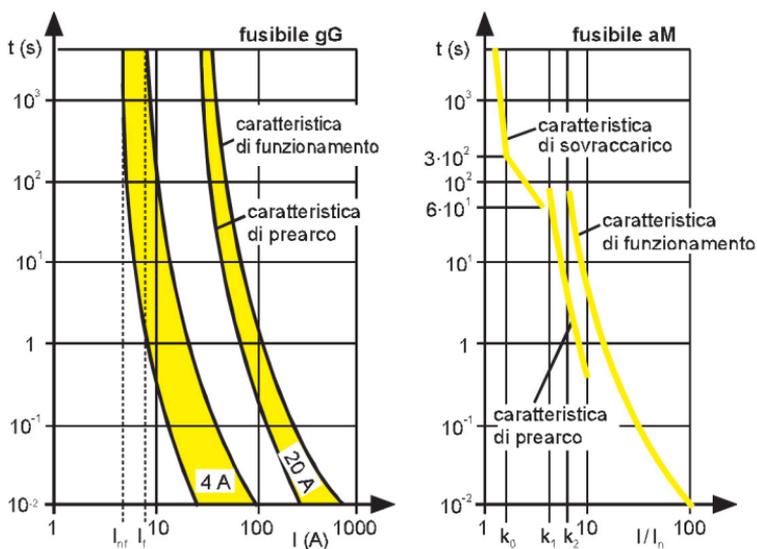
Caratteristiche tempo-corrente: caratteristiche di intervento espresse in funzione della corrente presunta interrotta e del

tempo. Per i fusibili aM le caratteristiche di intervento sono espresse generalmente in funzione del rapporto I/I_n (multipli della corrente nominale I_n).

L'intervento del fusibile può verificarsi per ogni coppia di valori tempo corrente compresi nella zona delimitata dalle curve di prearco (intervallo di tempo tra l'inizio di una sovracorrente e l'istante in cui fonde l'elemento fusibile con formazione dell'arco) e di funzionamento (intervallo di tempo tra l'inizio della sovracorrente e l'istante in cui questa è interrotta = tempo di prearco + tempo di arco).

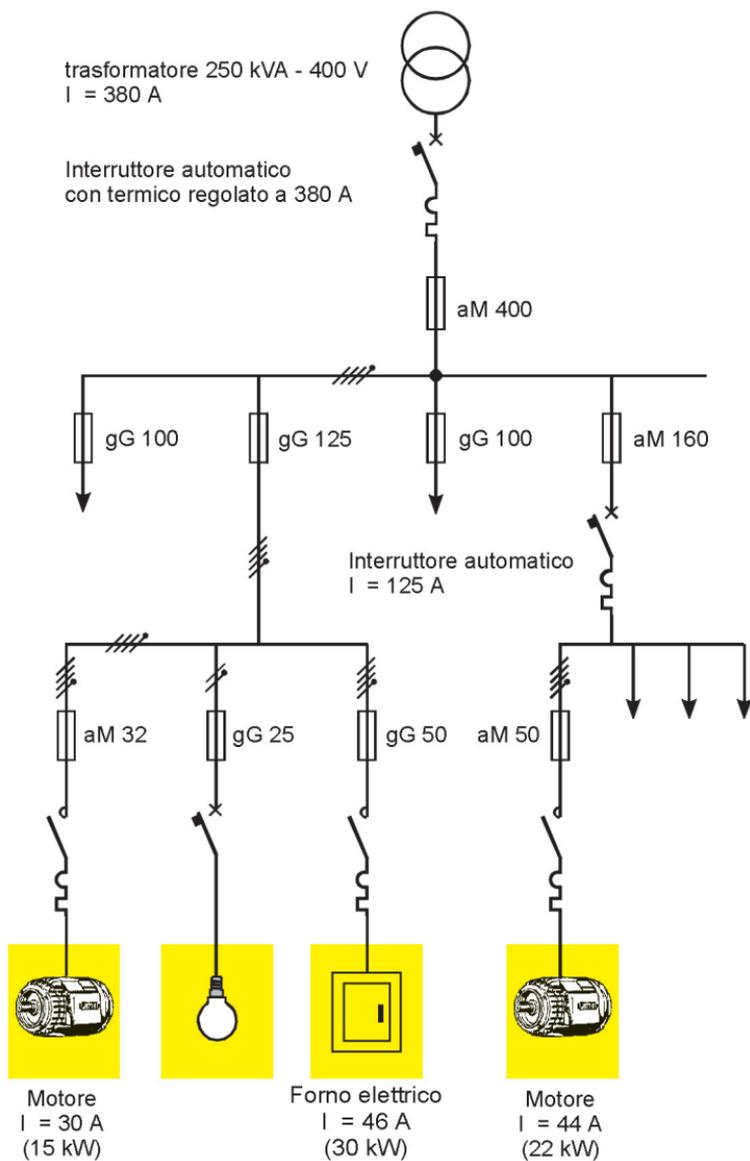
Talvolta i costruttori forniscono la sola curva di funzionamento non quella di prearco.

Per un impiego corretto dei fusibili, è opportuno verificare se le caratteristiche di intervento, fornite dal costruttore, sono riferite alla temperatura di 20 °C (caratteristiche normalizzate) o a temperatura diversa. Temperature maggiori (ad esempio a regime termico dell'elemento fusibile con la circolazione della corrente nominale) determinano, per tempi maggiori di 0,5 secondi, una riduzione sensibile (anche dell'ordine del 50 ÷ 60% dei tempi di intervento).



Caratteristiche tempo - corrente dei fusibili.

Esempio di impiego con fusibili gG e aM.



Interruttori

In relazione ai tempi di interruzione della corrente di cortocircuito gli interruttori possono essere classificati in:

- *limitatori*: limitano l'energia specifica lasciata passare;
- *rapidi*: l'interruzione avviene al primo o al secondo passaggio per lo zero della corrente;
- *selettivi*: l'interruzione è ritardata per consentire la selettività temporale delle protezioni a valle.

In relazione al numero di poli e al fatto che questi siano protetti (ossia dotati di relè di sovracorrente) si hanno interruttori: unipolari; bipolari con uno o entrambi i poli protetti; tripolari (con tutti i poli protetti); quadripolari con 3 oppure 4 poli protetti.

Grandezze caratteristiche

Tensione nominale d'impiego: valore di tensione, assegnato dal costruttore, al quale sono riferite le prestazioni dell'apparecchio.

Corrente nominale (I_n): valore di corrente che l'interruttore deve poter portare in servizio ininterrotto ad una temperatura ambiente specificata; i valori preferenziali sono indicati nella tabella di pagina seguente.

Corrente convenzionale di non intervento (I_{nf}): valore di corrente riferito alla corrente nominale che non provoca l'intervento del dispositivo per un tempo predeterminato. $I_{nf} = 1,13 I_n$ con tempo $t \geq 1$ ora per $I_n \leq 63$ A e $t \geq 2$ ore per $I_n > 63$ A (vedere tabella).

Corrente convenzionale di intervento (I_f) del relè termico: valore di corrente riferito alla corrente nominale che provoca l'intervento del dispositivo entro un tempo convenzionale. $I_f = 1,45 I_n$ con tempo $t < 1$ ora per $I_n \leq 63$ A e $t < 2$ ore per $I_n > 63$ A (vedi tabella).

Corrente di intervento istantaneo (intervento del relè magnetico): minimo valore di corrente che provoca l'apertura automatica dell'interruttore senza ritardo intenzionale.

In relazione alla corrente di intervento istantaneo si identificano tre tipi di interruttori: *B*, *C*, *D*.

Caratteristiche d'intervento: descrivono il comportamento dell'interruttore, in termini di tempo d'intervento, tra l'apparire di una sovracorrente e l'intervento dell'interruttore stesso.

La scala delle correnti può essere espressa quale rapporto I/I_n , tra la corrente presunta (I) che transita e la corrente nominale del-

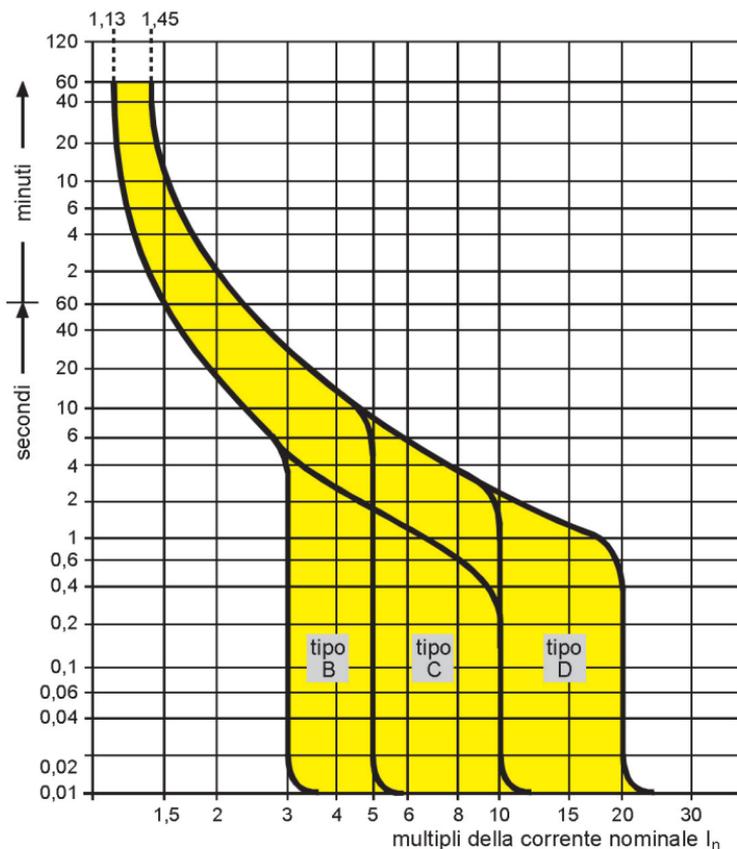
Corrente nominale e correnti convenzionali di non intervento I_{nf} e di intervento I_f (relè termico) degli interruttori

Corrente nominale I_n (A)	Corrente convenzionale di non intervento I_{nf} (A)	Corrente convenzionale di intervento I_f (A)
6	6,8	8,7
10	11,3	14,5
13	14,7	18,9
16	18,1	23,2
20	22,6	29,0
25	28,3	36,3
32	36,2	46,4
40	45,2	58,0
50	56,5	72,5
63	71,2	91,4
80	90,4	116
100	113	145
125	141,2	181,2

l'interruttore (I_n). Le caratteristiche, rappresentate con due curve indicanti le condizioni estreme (tolleranza di costruzione), sono talvolta fornite mediante una sola curva indicante i valori medi. Le tre caratteristiche tempo-corrente *B*, *C* e *D* si differenziano per la corrente di intervento istantaneo (relè magnetico), come è evidenziato nella tabella seguente mentre per quanto riguarda l'intervento termico i limiti delle caratteristiche sono comuni a tutte e tre i tipi (vedi figura di pagina seguente).

Limiti della corrente di intervento istantaneo dello sganciatore magnetico.

Tipo	Limiti della corrente di intervento		Applicazioni tipiche
	inferiore	superiore	
B	3 I_n	5 I_n	Circuiti con basse correnti di spunto
C cor-	5 I_n	10 I_n	Circuiti ohmico-induttivi con medie correnti di spunto
D	10 I_n	20 I_n	Circuiti con elevate correnti di inserzione (alimentazione trasformatori, motori ecc.)



Caratteristiche di intervento degli interruttori automatici.

Potere di cortocircuito: valore efficace della corrente presunta che l'interruttore è in grado di stabilire, portare e interrompere sotto condizioni specificate.

La Norma identifica due livelli:

- il potere di cortocircuito di "servizio" I_{CS} ;
- il potere di cortocircuito "estremo" che corrisponde al potere di cortocircuito nominale I_{CN} .

Il **potere di cortocircuito estremo** è la più elevata corrente di guasto che l'interruttore è in grado di stabilire e di interrompere, restando idoneo a: sopportare la tensione del circuito (senza

rischio di cedimenti dell'isolamento), essere manovrabile in chiusura e in apertura (anche se può non essere più in grado di portare con continuità la sua corrente nominale e quindi di assicurare il servizio ordinario), poter effettuare la protezione di sovraccarico. I valori normalizzati di I_{cn} sono:

1,5 - 3 - 4,5 - 6 - 10 - 15 - 20 - 25 (kA).

Il *potere di cortocircuito di servizio*, corrisponde alla più elevata corrente di guasto che l'interruttore è capace di stabilire e di interrompere, restando idoneo ad assicurare sia i requisiti corrispondenti al potere di interruzione estremo sia il servizio ordinario (l'interruttore deve portare con continuità la propria corrente nominale).

Il rapporto tra i due poteri di interruzione I_{cs} e I_{cn} , che caratterizza gli interruttori è:

I_{cn}	≤ 6 kA	6 ÷ 10 kA	> 10 kA
I_{cs}/I_{cn}	1	0,75	0,5

Per gli interruttori con potere di interruzione maggiore di 6 kA laddove la continuità del servizio è importante è opportuno optare per un rapporto $I_{cs}/I_{cn} = 1$, quando invece la continuità di servizio sia meno sentita o il guasto di cortocircuito in prossimità dei morsetti dell'interruttore è meno probabile, si può scegliere un rapporto inferiore (0,75 o 0,5).

Classi di energia specifica lasciata passare: gli interruttori di tipo B e C, aventi corrente nominale fino a 32 A compresa e potere di cortocircuito di 3, 6 e 10 kA possono essere dichiarati appartenenti alla classe 1, 2 e 3 sulla base dell'energia specifica lasciata passare.

Impiego in circuiti alimentati in tensione continua

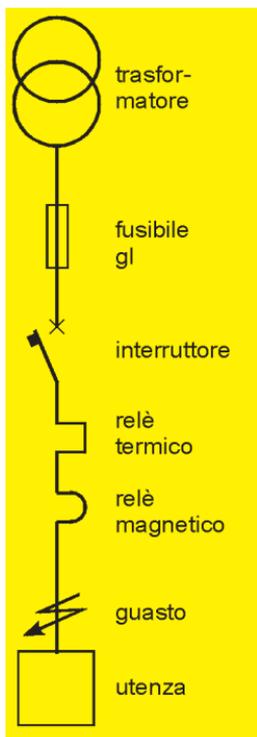
Gli interruttori possono essere utilizzati anche in circuiti alimentati in corrente continua per tensioni fino a 250 V.

In tal caso i poteri di interruzione sono i seguenti:

4500 A per tensioni a 250 V; 6000 A per tensioni a 125 V.

Il valore d'intervento elettromagnetico in corrente continua risulta pari a circa 1,5 - 1,6 volte il corrispondente valore in corrente alternata.

Coordinamento delle protezioni



Ponendo a monte dell'interruttore un fusibile di calibro adeguato si realizza la protezione denominata con il termine anglosassone "back-up". Tale protezione è raccomandata negli impianti in cui sono da prevedersi elevate correnti di cortocircuito, come, ad esempio, nelle installazioni con propria cabina di trasformazione.

In caso di cortocircuito, all'intervento del relè magnetotermico, l'interruttore si apre, ma può permanere l'arco tra i contatti. Interviene allora il fusibile.

Ad esempio, con una corrente di cortocircuito pari a $I_{cc} = 8 I_{nf}$ il fusibile interviene in 0,6 s.

L'impiego di fusibili è consigliabile anche per la protezione di relè termici da carichi eccessivi.

Ad esempio, con una corrente pari a $4 I_{nf}$, il fusibile interviene entro 10 secondi, mentre l'interruttore interverrebbe in tempi maggiori, all'incirca 15 s.

Avvertenze

- Nel coordinamento dell'azione reciproca dell'interruttore e del fusibile considerare il problema della selettività. Rispetto al fusibile, l'interruttore dovrebbe interrompere sempre una corrente di cortocircuito senza che il fusibile intervenga.
- Solo attraverso prove si può stabilire fin dove arrivi il potere di interruzione di una combinazione fusibile/interruttore automatico. Si consiglia pertanto di seguire le indicazioni dei costruttori che, mediante prove di laboratorio, sperimentano il coordinamento suddetto.

Selettività delle protezioni

I dispositivi di protezione posti in serie nell'impianto devono essere coordinati fra loro in modo da garantire la selettività di intervento. La selettività è *totale*, se realizzata per ogni valore possibile della corrente di cortocircuito, oppure parziale, quando si accetta l'intervento del solo dispositivo a valle per correnti di cortocircuito minori di un determinato valore e l'intervento di entrambe le protezioni per valori superiori.

I costruttori forniscono in genere tabelle di coordinamento.

Selettività tra interruttori automatici

Se gli interruttori non offrono la possibilità di regolare il tempo di intervento, si può realizzare solo la selettività amperometrica. In relazione ai sovraccarichi la selettività è certa quando la corrente dell'interruttore a monte è almeno 2 volte la corrente nominale dell'interruttore a valle.

In relazione ai cortocircuiti si ottiene la selettività se l'interruttore a monte ha una soglia di intervento magnetico superiore al massimo valore della corrente di cortocircuito che può verificarsi nel tratto di condotta protetta dall'interruttore a valle e il suo sganciatore magnetico non è attivabile dall'energia specifica lasciata passare dall'interruttore a valle durante l'interruzione.

Utilizzando interruttori selettivi è possibile regolare i valori della corrente di intervento degli sganciatori magnetici e i relativi tempi di intervento. L'interruttore più a valle può essere scelto di tipo istantaneo mentre quelli a monte devono essere predisposti su tempi di intervento via via crescenti.

Selettività fra fusibili

Affinché sia assicurata la selettività totale fra fusibili di tipo gG è sufficiente che il rapporto tra la corrente nominale del fusibile a monte e di quello a valle sia non minore di 1,6.

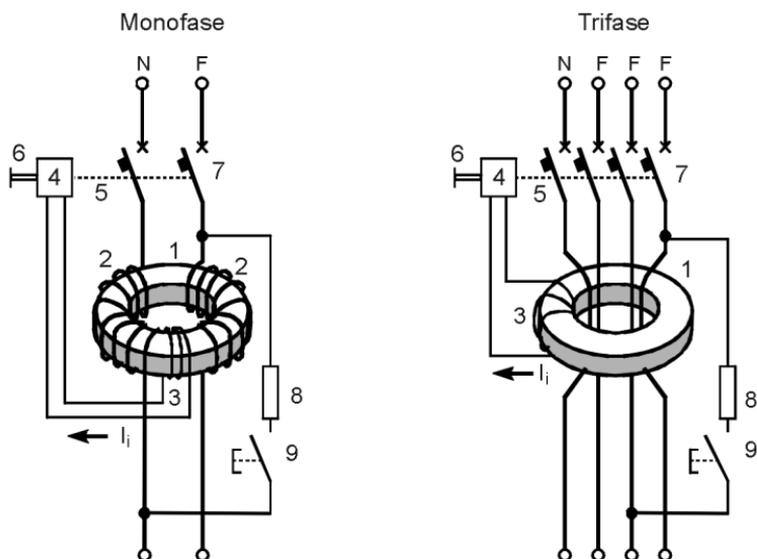
Selettività tra fusibili e interruttori automatici

Si può ritenere che un fusibile a valle di un interruttore automatico intervenga in modo selettivo quando la corrente d'intervento dello sganciatore magnetico dell'interruttore ha come minimo un valore pari a 4-5 volte la corrente nominale del fusibile.

Se i fusibili sono a monte si ha in genere una selettività di tipo parziale.

Interruttori differenziali

Sono dispositivi di protezione sensibili alle correnti disperse a terra. In condizioni normali di funzionamento, la “somma vettoriale” delle correnti assorbite da un qualsiasi utilizzatore (e quindi transitanti nei conduttori di alimentazione) è nulla. Differisce da zero in caso di guasto a terra (difetto di isolamento o altre cause) di una fase oppure in seguito ad un contatto accidentale di una persona con le parti normalmente sotto tensione.



Principio di funzionamento degli interruttori differenziali.

- 1 - Toroide, in materiale magnetico ad alta permeabilità.
- 2 - Avvolgimenti corrispondenti ai conduttori di linea.
- 3 - Avvolgimento nel quale si induce la forza elettromotrice indotta allorché i conduttori 2 sono percorsi da corrente di diversa intensità.
- 4 - Bobina destinata a provocare lo sgancio dell'interruttore.
- 5 - Cinematisma di sgancio.
- 6 - Pulsante di inserzione dell'interruttore.
- 7 - Interruttore.
- 8 - Resistenza di prova: limita la corrente di squilibrio che consente di verificare il funzionamento differenziale.
- 9 - Tasto di prova.

Classificazione degli interruttori differenziali

L'interruttore differenziale, può essere realizzato individualmente o in combinazione con sganciatori di massima corrente. Si possono quindi avere:

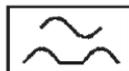
- interruttori differenziali puri che devono essere installati in serie al dispositivo di protezione contro le sovracorrenti;
- interruttori magnetotermici differenziali.

I dispositivi differenziali per uso civile inoltre sono classificati:

a) *In base alla sensibilità alle correnti pulsanti e continue:*

- AC: intervengono solo con correnti di guasto sinusoidali;

- A: intervengono anche con correnti di guasto pulsanti dovute alla presenza di dispositivi a semiconduttore (vedere simbolo a lato);



- B: intervengono anche con correnti di guasto con componenti unidirezionali di tipo continuo.

b) *In base al ritardo d'apertura per sgancio differenziale:*

- G (tipo generale) privo di ritardo intenzionale;

- S con ritardo intenzionale per esigenze di selettività.

Parametri caratteristici dei dispositivi differenziali

Tensione nominale: valore di tensione per la quale l'interruttore è designato a funzionare.

Corrente nominale (I_n): valore di corrente che l'apparecchio è in grado di portare ininterrottamente.

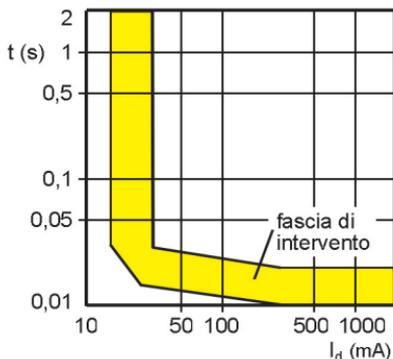
Corrente differenziale nominale d'intervento I_{dn} : minimo valore della corrente differenziale che determina l'apertura dei contatti entro i tempi specificati dalle norme. I valori normali di I_{dn} sono:

0,010 - 0,030 - 0,1 - 0,3 - 0,5 A

Corrente differenziale nominale di non intervento I_{dn0} : valore massimo della corrente differenziale che non provoca l'apertura dei contatti. Il valore normale (sono però ammessi valori diversi) è: $I_{dn0} = 0,5 I_{dn}$

Tempo di intervento: intervallo di tempo tra l'istante in cui le corrente differenziale assume il valore I_{dn} e l'istante in cui avviene l'apertura dei contatti. Inferiore a 0,3 s per gli interruttori di tipo G e 0,5 s per quelli di tipo S.

Caratteristiche di intervento: indicano le coppie di valori di corrente differenziale di intervento/tempo di intervento che caratterizzano il funzionamento dei dispositivi.

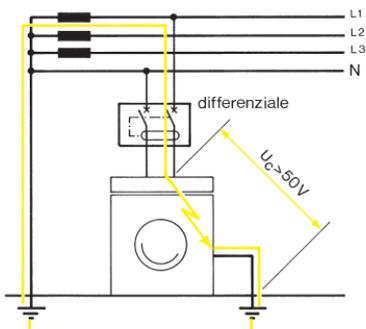


Utilizzo dei differenziali in un sistema TT

Il coordinamento contro i contatti diretti deve assolvere alla condizione:

$$R_t \leq \frac{50}{I_{dn}}$$

Ciò significa che variando le soglie d'intervento I_{dn} del differenziale può essere modificato il valore di resistenza massimo R_t dell'impianto di terra.



Corrente intervento I_{dn} (A)	Resistenza di terra R_t (Ω)
0,03	1660
0,3	166
0,5	100
1	50

Il tutto per evitare che sulle masse possa permanere una tensione di contatto (U_c) superiore a 50 V.

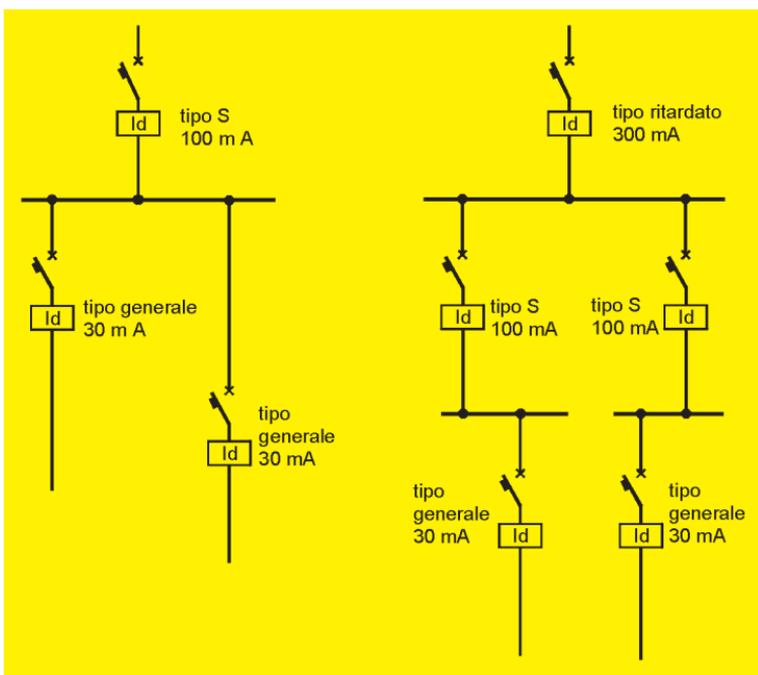
Gli interruttori differenziali *non* possono essere impiegati come unica protezione contro i contatti, bensì come protezione aggiuntiva ad altre.

Selettività tra interruttori differenziali

Se si impiega un dispositivo differenziale a monte dell'impianto, la selettività può essere realizzata solo impiegando interruttori differenziali anche a valle.

Impiegando interruttori differenziali per usi domestici e similari, di cui uno di tipo S a monte e uno di tipo generale a valle, si assicura una selettività totale se la corrente differenziale nominale di quello a monte è almeno tre volte quella dell'interruttore a valle (con correnti nominali scelte tra i valori normali). Ad esempio si ha selettività se l'interruttore a monte è di tipo S ed ha una $I_{dn} = 100 \text{ mA}$ e quello a valle una $I_{dn} = 30 \text{ mA}$.

Qualora sia richiesta una selettività su tre o più livelli è necessario ricorrere anche a dispositivi ritardati con ritardo definito.



Contattori

Il contattore è un dispositivo di manovra ad azionamento non manuale, previsto per un elevato numero di operazioni e in grado di interrompere o stabilire le correnti assorbite dall'utilizzatore in condizioni ordinarie.

Quando il contattore è associato a un relè di tipo termico od elettromagnetico può assolvere, con alcuni limiti, anche la funzione di protezione del circuito comandato. Se questo alimenta un motore il complesso costituito dal contattore e dal relè di protezione contro i sovraccarichi è definito *avviatore*.

Parametri essenziali del contattore

I contattori sono caratterizzati da un certo numero di parametri fissi, che dipendono dalle caratteristiche strutturali del dispositivo e che rappresentano i valori massimi di impiego teorici, insieme con una serie di parametri variabili che rappresentano i reali valori di impiego.

Dati fissi:

Tensione nominale di isolamento U_i : è il valore di tensione che designa il contattore e al quale sono riferite le prove d'isolamento, le distanze in aria e le distanze superficiali. Quando non sia diversamente stabilito, la tensione nominale d'isolamento rappresenta il valore massimo della tensione nominale di impiego dell'apparecchio.

Corrente nominale termica I_{th} : valore di corrente che il contattore è in grado di portare continuamente; rappresenta la massima corrente di impiego possibile per il contattore in condizioni normali.

Durata meccanica: indica il numero delle operazioni (di chiusura e successiva apertura) che un contattore è in grado di effettuare, in assenza di carico (ossia con contatti principali non percorsi da corrente), prima che sia necessario provvedere alla sua revisione.

Parametri variabili

Sono costituiti dalla *tensione nominale d'impiego U_e* , dalla *corrente nominale d'impiego I_e* e dal numero di *cicli a carico*, i quali risultano strettamente dipendenti dalla *categoria d'impiego* e

Categorie d'impiego dei contattori

Natura della corrente	Categorie di utilizzazione	Applicazioni tipiche comando di:
Corrente alternata	AC-1	Carichi non induttivi o debolmente induttivi, forni a resistenza
	AC-2	Motori ad anelli: avviamento, arresto
	AC-3	Motori a gabbia: avviamento, arresto del motore durante la marcia ⁽¹⁾
	AC-4	Motori a gabbia: avviamento, frenatura in controcorrente, manovra a impulsi
	AC-5a	Lampade a scarica
	AC-5b	Lampade a incandescenza
	AC-6a	Trasformatori
	AC-6b	Batterie di condensatori
	AC-7a	Carichi leggermente induttivi in applicazioni domestiche e similari
	AC-7b	Motori in applicazioni domestiche
Corrente continua	DC-1	Carichi non induttivi o debolmente induttivi, forni a resistenza
	DC-3	Motori in derivazione ⁽²⁾
	DC-5	Motori in serie ⁽²⁾
	DC-6	Comando di lampade a incandescenza
<p>⁽¹⁾ Questi apparecchi possono essere impiegati per occasionali manovre a impulso o frenature in controcorrente per periodi limitati. Il numero di operazioni non deve essere superiore a 5 il minuto ed a 10 in un periodo di 10 minuti.</p> <p>⁽²⁾ Avviamento, frenatura in controcorrente, manovre a impulsi. Frenatura dinamica.</p>		

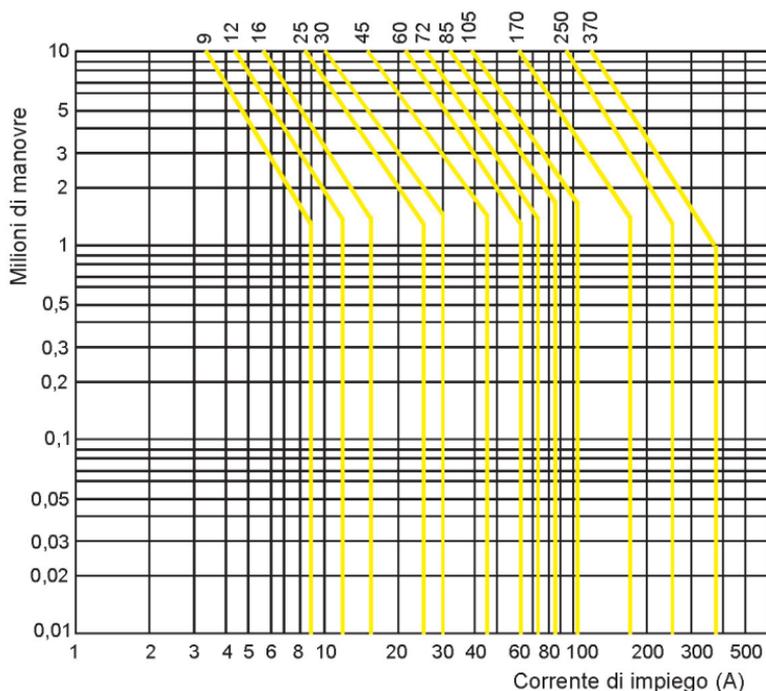
dalla frequenza delle manovre ossia dal tipo di servizio previsto per il contattore.

Potere di chiusura e di interruzione nominali: valori di corrente che il contattore è in grado di stabilire e rispettivamente interrompere per un numero determinato di volte. Sono espressi come multipli della corrente d'impiego (I/I_e) e in relazione alla categoria d'impiego.

I contattori devono inoltre essere in grado di sopportare la corrente di cortocircuito presunta nel luogo di installazione, per il tempo occorrente all'intervento delle protezioni, senza che i contatti risultino danneggiati sensibilmente o che si saldino (in qualche caso è ammesso che i contatti si saldino in modo leggero, in modo tale da poter essere separati facilmente).

Numero di cicli a carico (durata elettrica): numero di cicli (di apertura e chiusura) che il contattore può effettuare a carico e in condizioni stabilite prima di richiedere di riparazioni.

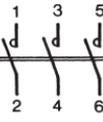
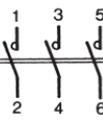
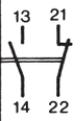
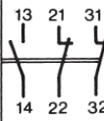
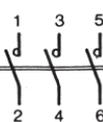
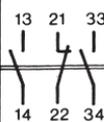
Poiché la durata elettrica è influenzata dall'intensità della corrente interrotta, i costruttori forniscono, in genere, diagrammi che evidenziano il numero dei cicli a carico in relazione alla corrente di impiego (o alla potenza del carico alimentato) ed alla categoria d'impiego.



Esempi di composizione dei contatti

Per i contatti di potenza: numeri *dispari* per i morsetti di entrata, *pari* per quelli di uscita.

Per i contatti ausiliari: la prima cifra 1 (oppure 2-3), rappresenta il primo contatto (oppure il secondo, terzo contatto, ecc.), la seconda 3-4 rappresenta l'entrata e l'uscita di un contatto *NA*; oppure 1-2 l'entrata o l'uscita di un contatto *NC*.

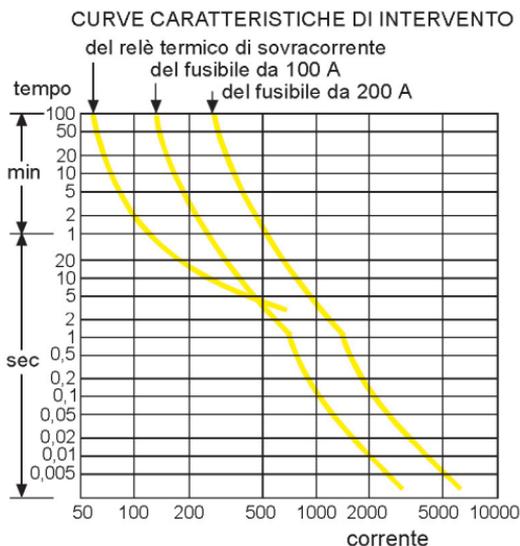
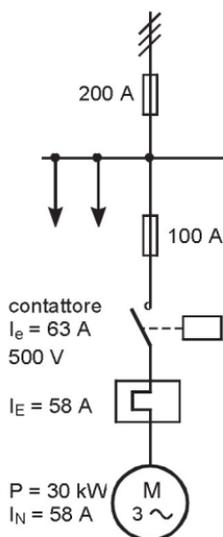
bobina	contatti di potenza	ID	contatti ausiliari	ID	ausiliari
		10			
		11			
		21		12	
		31		22	
		41		32	

Coordinamento protezioni

I relè di sovraccarico (relè termico) sono designati dalla loro corrente di regolazione (o dai limiti inferiore e superiore dell'intervallo di correnti di regolazione) e dalla loro classe di intervento che indica il tempo massimo ammesso per l'avviamento del motore (10, 20, 30 s), oltre il quale si verifica l'intervento del relè.

Le caratteristiche tempo-corrente si riferiscono a un valore stabilito della temperatura ambiente, in genere + 20 o + 40 °C e con il relè di sovraccarico allo stato iniziale freddo. Poiché la variazione di temperatura ambiente modifica tali caratteristiche il costruttore deve indicarne gli effetti (per forti variazioni di temperatura è opportuno utilizzare relè compensati in temperatura sufficientemente insensibili tra - 5 °C e + 40 °C).

Il coordinamento tra contattore, relè termico e dispositivo di protezione contro il cortocircuito deve assicurare che ciascun dispositivo operi correttamente nell'ambito delle proprie caratteristiche e sia garantita la protezione dell'impianto in generale e dei dispositivi. I costruttori forniscono tabelle di coordinamento del tipo di quella riportata nella pagina seguente.



Esempio di coordinamento tra le due protezioni.

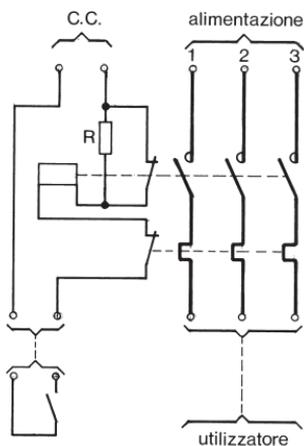
Coordinamento tra contattore, relè termico e fusibili (o interruttore automatico) per la protezione contro i sovraccarichi ed i corto circuiti

Motore 380 V		Contat- tore I_{th} (A)	Taratura termico (A)	Fusibili		Interr. autom. regol. magnet. (A)	
(kW)	(A)			gl (A)	aM (A)	I_n (A)	(A)
0,25	1	20	0,6 ÷ 1	4	2	3	13
0,37	1,25	20	1 ÷ 1,7	4	2	3	13
0,55	1,6	20	1 ÷ 1,7	6	2	3	18
0,75	2	30	1,6 ÷ 2,7	6	4	3	23
1,1	2,6	30	1,6 ÷ 2,7	10	4	3	28
1,5	3,5	30	2,5 ÷ 4,2	10	6	7	42
2,2	5	30	4 ÷ 6,6	16	8	7	54
3	6,6	30	6 ÷ 10	20	10	7	66
4	8,5	30	6 ÷ 10	25	12	15	94
5,5	11,5	30	9,5 ÷ 15,5	25	16	15	120
7,5	15,5	40	14 ÷ 22	32	20	30	190
11	22	45	14 ÷ 22	50	32	30	240
15	30	54	20 ÷ 32	63	40	30	340
18,5	37	75	30 ÷ 50	80	50	50	420
22	45	75	30 ÷ 50	100	63	50	500
30	60	110	45 ÷ 65	100	80	100	636
37	72,5	170	55 ÷ 85	125	100	100	804
45	85	210	55 ÷ 85	160	125	100	972
55	105	210	85 ÷ 130	200	160	160	1300
75	138	250	120 ÷ 180	(¹)	200	160	1650
90	170	250	120 ÷ 180	(¹)	200	250	1800
110	205	300	185 ÷ 250	(¹)	250	250	2150

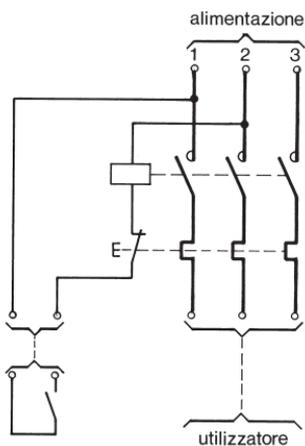
(¹) Per questi valori è consigliabile l'uso dei soli fusibili tipo aM.

Alcuni schemi di inserzione

A contatto permanente

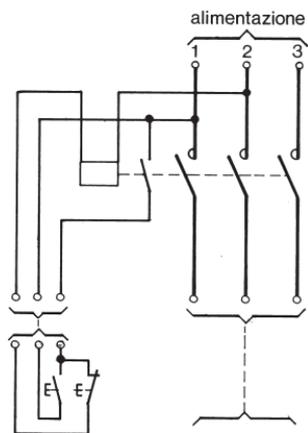


Con bobina in corrente continua

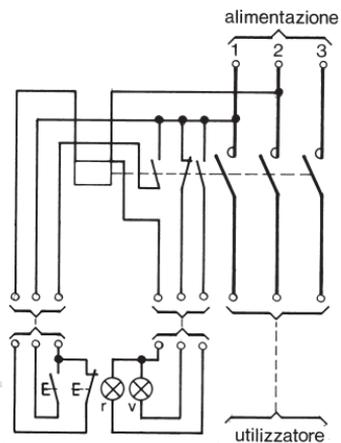


Con bobina in corrente alternata

Con comando a pulsanti



Comando con pulsanti di chiusura ed apertura



Comando con pulsanti di chiusura e lampade di segnalazione

Colore dei dispositivi segnalatori, pulsanti, attuatori

Segnalatori		
Colore	Significato	Spiegazione
ROSSO	Pericolo	Situazione pericolosa o ordine imperativo
GIALLO	Avvertimento Attenzione	Fuori servizio - Situazione di guasto Rischio permanente o temporaneo Preannuncio avviamento di una macchina
VERDE	Sicurezza	Indicazione situazione di sicurezza Si può procedere in sicurezza Via libera
BLU	Obbligo	Necessità di un'azione
BIANCO GRIGIO NERO	Nessun significato specifico	Informazione generale
Pulsanti e attuatori		
Colore	Significato	Spiegazione
ROSSO	Emergenza	Da azionare in caso di pericolo o di emergenza
GIALLO	Attenzione	Da azionare al verificarsi di condizioni anomale
VERDE	Sicurezza	Da azionare per produrre condizioni normali o per predisporre una condizione di sicurezza
BLU	Obbligatorietà	Da azionare obbligatoriamente in determinate condizioni (non coinvolgenti la sicurezza)
BIANCO GRIGIO NERO	Non specificato	Funzioni generali

Prese a spina per usi industriali

La pubblicazione CEE-el 17, divenuta documento di armonizzazione GENELEC e successivamente norma CEI 23-12, ovvero CEI EN 60309-1 e 60309-2, definisce le caratteristiche alle quali deve rispondere il materiale elettrico per garantirne il corretto impiego, con particolare riferimento alla sicurezza degli utilizzatori. LA CEE-el pubblica delle "specifiche" in base alle quali i Paesi membri adeguano le loro posizioni nazionali.

La specifica CEE 17, relativa alle prese a spina per usi industriali, suddivide le prese a spina in due categorie:

- a *bassissima tensione*: fino a 50 V;
- a *bassa tensione*: oltre 50 V, fino a 750 V.

Sono previste esecuzioni a 2 - 3 - 4 - 5 poli. Le portate nominali sono: 16 - 32 - 63 - 125 A.

Caratteristiche

– Assoluta impossibilità di accoppiamento tra spine e prese di caratteristiche diverse per quanto concerne la tensione, la portata, la frequenza, il numero di poli.

– Gradi di protezione degli involucri: tenuta contro gli spruzzi e getti d'acqua.

– L'accoppiamento tra presa e spina è condizionato, oltre che alla posizione del contatto, da un "impedimento". Questo è costituito, per le prese a *bassa tensione*, da un nasello di riferimento posto sempre in corrispondenza delle ore sei.

Nelle versioni a *bassissima tensione*, l'impedimento viene realizzato tramite due scanalature di accoppiamento: la prima posta in corrispondenza alle ore sei, la seconda collocata in posizione diversa a seconda dei vari tipi di presa a spina.

– Per una rapida ed inequivocabile individuazione della tensione nominale, vengono adottate colorazioni diverse per il collarino e il coperchio della presa (vedasi tabella).

– I coperchi di chiusura delle prese, a spina disinnestata, possono essere con cerniera a molla o innesto a baionetta.

– Le prese a spina da 63 A e 125 A hanno un contatto pilota per un eventuale azionamento di blocchi elettrici.

Prese a spina a bassa tensione a frequenza industriale (50 - 60 Hz). Posizione oraria del contatto di terra rispetto al punto di riferimento e colore dei coperchi in base alla tensione nominale.

Numero dei poli	Tensione di esercizio (V)	Posizione oraria del contatto di terra (h)	Colore
 2P + T	110 - 130	4	Giallo
	220 - 240 o 227	6	Blu
	380 - 415 o 480	9	Rosso
 3P + T	110 - 130	4	Giallo
	220 - 240	9	Blu
	380 - 415 o 480	6	Rosso
 3P + T + N	110 - 130	4	Giallo
	127/220 - 138/240	9	Blu
	220/380 - 240/415 o 277/480	6	Rosso

Per le prese a bassissima tensione in corrente alternata a frequenza industriale il colore può essere: viola (24 V) o bianco (42 V). Se la frequenza è di 100 - 200 - 300 - 400 - 500 Hz il colore di designazione è verde (varia la posizione oraria della seconda tacca di riferimento). Per alimentazioni in corrente continua, 24 e 42 V, la tacca di riferimento è a 10 ore; colore di identificazione: bianco.



punto di riferimento



3P+T - 16 A - 230 V

3P+T - 16 A - 400 V

2P+T - 16 A - 230 V

Esempi di disposizione dei contatti.

Montaggio in batteria

Sono previste batterie costituite da prese a spina CEE a bassa tensione, fusibili di protezione, interruttore a blocco. Per prese a bassissima tensione, nella batteria può essere incluso il trasformatore.

Generalità

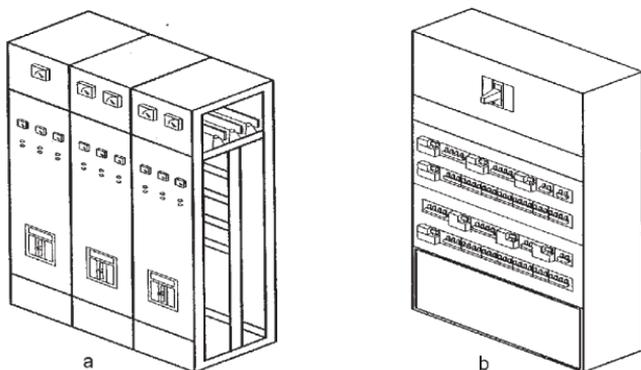
Il termine “quadro elettrico” identifica un complesso coordinato di elementi strutturali di supporto (carpenteria), connessioni e apparecchi di comando, protezione, misura, segnalazione, regolazione, ecc. collegati elettricamente, aventi lo scopo di svolgere determinate funzioni, necessarie all'esercizio dell'impianto elettrico nel quale il quadro è stato inserito.

La normativa di riferimento per i quadri è costituita attualmente da una norma generale CEI 17-13/1 “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)” e da una serie di norme specifiche riguardanti:

- i condotti sbarre (CEI 17-13/2);
- i quadri di distribuzione (ASD) destinati ad essere installati in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso (CEI 17-13/3);
- i quadri per cantieri ASC (CEI 17-13/4);
- i quadri di distribuzione per uso domestico e similare (CEI 23-51).

Quadri AS e ANS

Le norme suddividono i quadri in “apparecchiature soggette a prove di tipo AS” e in “apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo ANS”.



Esempi di quadri: generali di tipo aperto con protezione frontale (a) e secondario di distribuzione (b).

Il tipo AS è un quadro corrispondente esattamente ad un prototipo provato, oppure che ne differisce per particolari ininfluenti che non modificano prestazioni e caratteristiche di sicurezza.

Sono quadri AS anche quelli facenti parte di un sistema costruttivo prestabilito che ha superato le prove di tipo, in alcune delle configurazioni più significative ottenibili combinando gli elementi del sistema, e commercializzati sotto forma di componenti sciolti (kit di montaggio). E' richiesto però che la scelta e l'assemblaggio di tali componenti (carpenteria, apparecchi, accessori, barre, ecc.) avvenga nel rispetto delle indicazioni che il costruttore degli stessi deve fornire.

Il quadro ANS è un'apparecchiatura che deriva da un quadro AS, ma rispetto a questo presenta modifiche tali da comportare variazioni non trascurabili delle caratteristiche, per cui è necessario verificare che le modifiche apportate non riducano le prestazioni di sicurezza e funzionalità. Tale verifica può essere condotta tramite prove di tipo oppure calcoli e estrapolando dati e caratteristiche relativi al prototipo provato.

Prove

Per verificare la rispondenza del quadro alle prescrizioni normative devono essere effettuate le seguenti prove:

- di tipo, effettuate su un esemplare di quadro (prototipo);
- individuali, realizzate su tutti i quadri dopo il loro assemblaggio; hanno lo scopo di rilevare i difetti inerenti ai materiali e alle operazioni di assemblaggio.

Targa

Al fine di consentire l'individuazione del costruttore, che secondo la Norma CEI 17-13/1 è colui che si assume la responsabilità dell'apparecchiatura finita (in pratica chi effettua l'assemblaggio), il quadro deve essere munito di una o più targhe indicanti il nome o il marchio del costruttore, nonché il tipo e numero di identificazione che rende possibile ottenere dal costruttore tutte le informazioni indispensabili.

La targa può riportare anche le caratteristiche del quadro, diversamente tali dati devono essere reperibili sui documenti che accompagnano il quadro, oppure nei cataloghi del costruttore.

Caratteristiche elettriche dei quadri

I parametri elettrici essenziali che caratterizzano i quadri sono:

– *tensione di funzionamento nominale*: valore di tensione di un circuito del quadro (circuiti principali e circuiti ausiliari) che, unitamente alla corrente nominale, ne determina l'utilizzazione;

– *tensione d'isolamento nominale*: valore di tensione di un circuito di un quadro al quale fanno riferimento le prove di tensione applicata, le distanze in aria e le distanze superficiali;

– *corrente nominale*: valore di corrente che il circuito di un quadro deve portare senza che le sovratemperature, nelle diverse parti del quadro, superino i limiti specificati dalle norme;

– *tenuta al cortocircuito*: capacità del quadro di sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche derivanti da cortocircuito. Può essere specificata dal costruttore in uno dei seguenti modi:

a - per quadri dotati di un'unità di arrivo munita di dispositivo di protezione, indicando la corrente di cortocircuito condizionata ⁽¹⁾;

b - per i quadri dotati di un'unità di arrivo priva di dispositivo di protezione, mediante una o più delle seguenti modalità:

– indicando i valori della corrente nominale di breve durata ammissibile ⁽²⁾ e della corrente di picco ammissibile nominale unitamente al tempo corrispondente, se diverso da 1 s;

– precisando la corrente di cortocircuito nominale condizionata; in questo caso devono essere precisate anche le caratteristiche (corrente nominale, potere d'interruzione, corrente limitata, I^{2t}) del dispositivo di protezione (interruttore o fusibili) che dev'essere installato a monte del quadro.

Affinchè sia garantita la tenuta al cortocircuito del quadro, la corrente di cortocircuito presunta che si può verificare nel punto d'installazione del quadro non deve superare i valori della corrente condizionata o della corrente di breve durata.

⁽¹⁾ Valore efficace della corrente di cortocircuito presunta che il circuito di un quadro, protetto da interruttore automatico o fusibili, può portare senza conseguenza durante il tempo di intervento del dispositivo stesso.

⁽²⁾ Valore efficace della corrente di cortocircuito che il circuito di un quadro può sopportare durante un determinato intervallo di tempo (normalmente 1 s).

Protezione contro i contatti indiretti

La protezione dei quadri contro i contatti indiretti può essere realizzata mediante: circuiti di protezione; isolamento completo.

Protezione basata sul circuito di protezione

Il circuito di protezione di un quadro può essere costituito o da un conduttore di protezione separato oppure dalle parti conduttrici della struttura o da entrambi. Al circuito di protezione vanno collegate le masse con alcune avvertenze.

Viti, chiodi e targhette, come pure gli elettromagneti dei contattori, nuclei magnetici dei trasformatori (se non dotati di appositi terminali) ecc. non devono essere connessi a terra.

Le parti metalliche interne al quadro ed inaccessibili (in quanto possono essere toccate solo dopo aver rimosso parte dell'involucro mediante attrezzi), quali ad esempio i binari, le piastre di fissaggio, gli angolari, i distanziatori ecc., essendo parti intermedie, non devono essere collegate a terra.

Gli stessi elementi tuttavia possono diventare masse e vanno collegati a terra se risultano accessibili nel caso di quadri all'interno dei quali si deve accedere nell'esercizio ordinario.

Coperchi, porte, piastre di chiusura ecc. sui quali non sono montati apparecchi elettrici, si possono ritenere adeguatamente connessi a terra. Viceversa se su tali elementi sono montati apparecchi elettrici (ad esclusione di quelli a bassissima tensione di sicurezza), essi devono essere connessi al circuito di protezione.



Collegamenti equipotenziali di porte e pannelli.

a - porta di chiusura antimanovra;

b - porta di protezione apparecchi;

c - pannello di supporto apparecchi.

Sono ritenute idonee anche le connessioni elettriche appositamente predisposte a questo scopo e realizzate con contatto strisciante, cerniere protette contro la corrosione (prezincate o zincopassivate e non verniciate).

La protezione degli organi di comando manuali (maniglie, volantini, ecc.) deve essere attuata con uno dei seguenti mezzi:

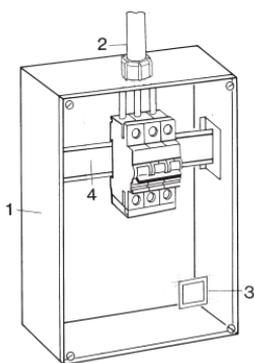
- connessione sicura e permanente al circuito di protezione;
- isolamento addizionale (di livello almeno corrispondente alla massima tensione di isolamento del dispositivo associato) che isoli tali organi dalle altre parti conduttrici dell'apparecchiatura.

E' inoltre opportuno che le parti degli organi in manovra, normalmente afferrate con le mani, siano costruite o ricoperte con materiale isolante di caratteristiche adeguate alla massima tensione di isolamento del quadro (strati di vernice o smalto non sono ritenuti idonei allo scopo).

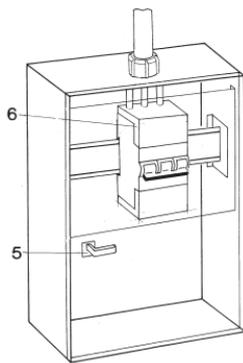
Isolamento completo (equivalente alla classe II)

La protezione contro i contatti indiretti realizzata mediante isolamento completo deve soddisfare le seguenti prescrizioni:

- gli apparecchi devono essere racchiusi in involucri di materiale isolante, con grado di protezione almeno IP40 (in modo che



pannello frontale chiuso
con viti o altri dispositivi
richiedenti l'uso di attrezzi



con sportello
apribile

Quadri ad isolamento completo.

1 - Involucro in materiale isolante.

2 - Cavi in ingresso ed in uscita isolati.

3 - Contrassegno attestante il doppio isolamento.

4 - Parti metalliche interne non messe a terra.

5 - Maniglia isolata.

6 - Protezione contro i contatti diretti (calotte coprimorsetti, barre coperte, ecc.).

le parti attive e le masse non possano essere toccate) e adatti a resistere alle sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche;

- le masse all'interno dell'apparecchiatura non devono essere collegate al conduttore di protezione;
- se le porte o le coperture dell'involucro possono essere aperte senza l'uso di chiave o di altro attrezzo, deve essere predisposto un ostacolo di materiale isolante (rimovibile solo con l'uso di un attrezzo) che impedisca i contatti con le parti attive e con le masse divenute accessibili dopo l'apertura delle coperture.

Quadri per cantieri

L'impianto di distribuzione elettrica nei cantieri destinati alla costruzione, ristrutturazione o demolizione di edifici deve presentare caratteristiche di solidità e tenuta agli agenti esterni richieste dalla criticità dell'ambiente.

I quadri da cantiere, pertanto, devono essere realizzati oltre che in conformità alla Norma CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1) anche alla Norma CEI 60439-4 (CEI 17-13/4) che riguarda specificatamente i quadri elettrici da cantiere, designati con l'acronimo ASC. Un quadro ASC può essere previsto per installazione fissa, oppure mobile, nel senso che può essere spostato sotto tensione. Un quadro definito trasportabile può invece essere spostato solo in assenza di tensione.

La Norma CEI 17-13/4 rispetto a quella generale contiene prescrizioni più restrittive, inerenti:

- la protezione contro la corrosione;
- la resistenza meccanica (contro urti e vibrazioni);
- il grado di protezione minimo, che dev'essere IP44;
- l'attuatore del dispositivo principale di chiusura e di interruzione che dev'essere facilmente accessibile.

La struttura del quadro dev'essere particolarmente resistente alla corrosione (uso di materiali idonei o rivestiti con vernici protettive) e agli urti meccanici. La norma riporta una serie di prove specifiche in questo senso.

Sulla targa del quadro devono comparire i seguenti dati:

- nome e marchio del costruttore;
- marcatura CE e riferimento alla Norma CEI EN 60439-4;
- tipo e numero di identificazione;
- tensione nominale;

- corrente nominale;
- frequenza;
- massa (se superiore a 50 kg).

Un quadro ASC dev'essere previsto per funzionare con una temperatura ambiente compresa fra + 40 °C e – 25 °C ed avere un grado di protezione almeno IP44 (protezione contro l'accesso a parti pericolose con un filo e protezione contro gli spruzzi d'acqua), con tutte le porte chiuse e tutti i pannelli asportabili e le piastre di copertura montati. Se però è esposto a getti d'acqua, dovuti all'uso nel cantiere di manichette, è bene che il quadro presenti il grado IP45.

Si deve notare però che il grado di protezione minimo IP44 decade a IP20 quando le spine di tipo civile degli elettrodomestici sono inserite nelle prese civili dei quadri ASC con conseguente pericolo di corto circuito. Questo problema ha portato alla realizzazione di una nuova tipologia di quadri (vedi figura), equipaggiati di prese civili con calotta stagna, a garanzia del grado di protezione IP55 (superiore al minimo consentito) anche a spina inserita. Questa soluzione elimina tutte le derivazioni (i noti



Quadro elettrico per cantiere alimentato in bassa tensione installabile a parete, a cavalletto o su pallet. Il quadro è costituito da un robusto armadio realizzato in tecnopolimero bicomponente ed è dotato di una maniglia integrata multifunzione che ne permette la movimentazione anche da parte di una sola persona (quadro EnergyBox Palazzoli).

“alberi di natale”) e ripara l'operatore dal rischio di folgorazioni. Ogni quadro deve essere dotato all'entrata di un dispositivo di sezionamento e protezione. È opportuno che l'interruttore generale possa essere aperto, oltre che manualmente, anche tramite l'azionamento di un pulsante di emergenza.

Ogni linea in partenza dal quadro generale dev'essere sezionabile su tutti i conduttori attivi e protetta sia contro le sovracorrenti che contro i contatti indiretti.

Le apparecchiature interne all'armadio metallico sono singolarmente protette; il che consente di mantenere aperto il fondo dell'armadio per l'uscita dei cavi destinati alle utenze e per l'ingresso del cavo di alimentazione.

Quadri per uso domestico e similare

Per i quadri di potenza limitata, a tensione nominale non superiore a 440 V, destinati agli impianti civili e similari, le verifiche che il costruttore deve effettuare al termine dell'assemblaggio sono limitate a quelle riportate nella tabella di pagina seguente, purché:

- siano realizzati con involucri conformi alla Norma CEI 23-49;
- siano a posa fissa e adatti ad essere utilizzati a temperatura ambiente non superiore a 25 °C (occasionalmente fino a 35 °C);
- la *corrente nominale in entrata* (valore della corrente del dispositivo di protezione e manovra in entrata moltiplicato per il fattore di utilizzo ⁽³⁾) non sia superiore a 125 A;
- la corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione del quadro non superi i 10 kA o, alternativamente, il quadro sia protetto da un interruttore limitatore o da fusibili che limitano il valore di picco della corrente di cortocircuito a 15 kA.

La verifica della potenza dissipata (punto 2 in tabella) si effettua calcolando la potenza complessiva dissipata dai componenti installati nel quadro (somma delle potenze dissipate dai singoli dispositivi, desumibili in genere dai cataloghi) e controllando che essa sia minore della potenza dissipabile dall'involucro

⁽³⁾ Il fattore di utilizzo è il rapporto tra la corrente nominale in uscita (corrispondente alla somma delle correnti nominali di tutti i dispositivi di protezione e manovra posti in uscita dal quadro) e la corrente nominale del dispositivo di protezione in entrata; convenzionalmente può essere assunto pari a 0,85.

Verifiche da seguire sui quadri di distribuzione per uso domestico e similare con corrente d'entrata ≤ 125 A

- 1 - Controllo visivo per accertare la conformità del quadro agli schemi circuitali, ai dati tecnici ecc. e che i dati di targa siano completi.
- 2 - Verifica che la potenza totale dissipata dal quadro (P_{tot}) sia inferiore alla potenza massima dissipabile dall'involucro (P_{inv}): $P_{tot} < P_{inv}$.
- 3 - Verifica della resistenza d'isolamento mediante strumento in grado di fornire una tensione di almeno 500 V.
- 4 - Efficienza del circuito di protezione. Solo per involucri metallici si effettua un esame a vista e, se necessario, si esegue la prova della continuità del circuito di protezione.
- 5 - Verifica del corretto montaggio e cablaggio degli apparecchi nonché del funzionamento meccanico e di quello elettrico, se necessario.

nelle condizioni di installazione previste (valore che dev'essere indicato dal costruttore dell'involucro stesso).

Per i quadri con circuito d'ingresso monofase e corrente nominale ⁽⁴⁾ non superiore a 32 A, la Norma consente di ridurre ulteriormente le prove da effettuare al termine dell'assemblaggio che sono solamente quelle indicate ai punti 1 e 5 nella tabella.

Identificazione del quadro e documentazione

La targa del quadro (che può anche essere posta dietro una copertura mobile, ad esempio lo sportello) oltre al nome e marchio del costruttore e all'elemento di identificazione del quadro (tipo, numero, ecc.) deve riportare anche i seguenti dati:

- tensione nominale di funzionamento;
- corrente nominale, natura e frequenza della corrente;
- grado di protezione (se superiore a IP2XC).

Inoltre il costruttore del quadro deve fornire insieme all'apparecchiatura una documentazione comprendente:

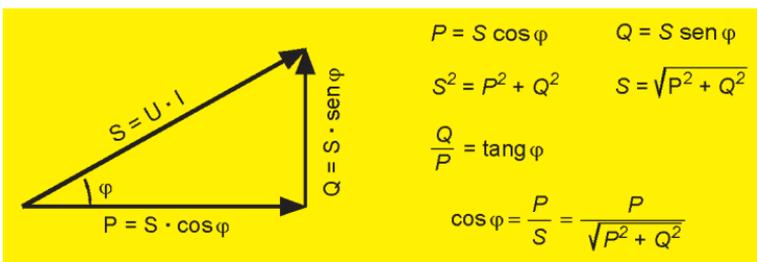
- dichiarazione di conformità alla regola dell'arte;
- schema unifilare e tabella dei dati tecnici dei componenti;
- relazione di verifica, indicante i calcoli effettuati per determinare la potenza totale dissipata dai componenti (per i quadri che richiedono la verifica della sovratemperatura).

⁽⁴⁾ La corrente nominale del quadro è il valore più basso tra la corrente nominale in entrata e la corrente nominale in uscita.

Generalità

Gli impianti elettrici devono essere dimensionati in relazione alla potenza apparente $S = U \cdot I$. In taluni utilizzatori (lampade ad incandescenza, forni a resistenza ecc.) tutta la potenza apparente assorbita è utilizzata come potenza attiva (P), mentre in altri utilizzatori (motori, saldatrici, lampade fluorescenti ecc.), parte della potenza apparente assorbita, detta potenza reattiva (Q), è utilizzata per eccitare i circuiti magnetici e non può quindi essere impiegata come potenza attiva per compiere lavoro.

Il rapporto tra la potenza attiva e la potenza apparente esprime il fattore di potenza $\cos \varphi$, ossia lo sfasamento esistente tra tensione e corrente quando l'utilizzatore assorbe potenza reattiva (vedi figura). Il fattore di potenza pertanto è uguale a 1 quando tutta la potenza apparente corrisponde alla potenza attiva ed è inferiore a 1 quando parte della potenza apparente è costituita da potenza reattiva e parte dalla potenza attiva.



Un apparecchio utilizzatore a basso fattore di potenza richiede alla rete più potenza apparente (e quindi più corrente) di quanto ne richiederebbe uno con fattore di potenza più elevato.

Per contenere le cadute di tensione e le perdite, occorre dimensionare gli impianti a monte dell'utenza tenendo conto anche della maggior corrente dovuta al basso fattore di potenza, con conseguenti maggiori oneri.

Per tali motivi gli Enti che forniscono l'energia elettrica prevedono maggiorazioni del prezzo dell'energia elettrica per basso fattore di potenza.

L'utente con fornitura dell'energia per usi diversi dall'abitazione è obbligato a rispettare le seguenti condizioni:

- il fattore di potenza istantaneo in corrispondenza del massimo carico e quello medio mensile non devono essere inferiori a 0,9; in caso contrario per forniture con potenza impegnata oltre un certo limite l'utente deve pagare l'ulteriore energia reattiva assorbita;
- se il fattore di potenza medio mensile risulta $< 0,7$ l'utente deve modificare l'impianto per riportare il $\cos\phi$ medio almeno a 0,7;
- in nessun caso l'impianto dell'utente deve erogare energia reattiva verso la rete dell'ente distributore.

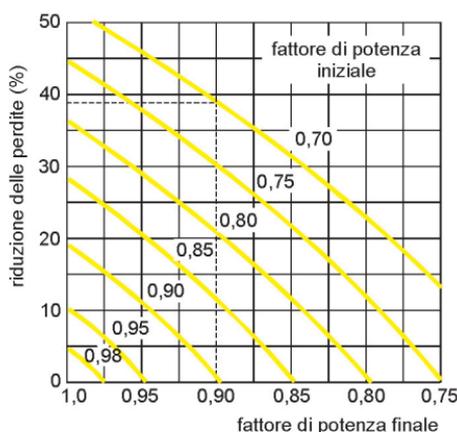
Ne deriva che la quota di energia reattiva assorbita $\leq 50\%$ dell'energia attiva prelevata (corrispondente ad un $\cos\phi > 0,9$) è gratuita, mentre per la quota parte successiva l'ente distributore effettua un addebito.

Vantaggi del rifasamento

Oltre ad evitare maggiorazioni sul costo del kilowattora, con il rifasamento si migliora il funzionamento degli impianti:

- diminuzione della corrente nelle linee e nei trasformatori;
- minori perdite nelle linee e nei trasformatori;
- riduzione delle sezioni delle linee;
- migliore sfruttamento della potenza dei trasformatori.

Il diagramma consente di determinare l'influenza del rifasamento sulla riduzione delle perdite di potenza ed energia di un impianto.



Esempio

- Potenza media prelevata dall'impianto: 50 kW
- Utilizzazione media mensile: 150 ore
- Consumo mensile: $50 \cdot 150 = 7500$ kWh
- Perdita nell'impianto (4%): $0,04 \cdot 7500 = 300$ kWh
- Il prodotto dei kWh persi per il costo dell'energia fornisce l'onere mensile dovuto al basso fattore di potenza al quale si deve aggiungere l'ulteriore onere per maggiorazione sul prezzo del kWh.

Potenza dei condensatori

Per elevare il $\cos\phi$ dal valore rilevato a quello desiderato, si deve installare una batteria di condensatori di potenza reattiva pari al prodotto della potenza attiva assorbita dall'impianto per i coefficienti della tabella.

Coefficienti K per il calcolo della potenza dei condensatori necessari per rifasare un impianto

Valori iniziali		Valori del $\cos\phi_r$ desiderati					
$\text{tg}\phi$	$\cos\phi$	0,85	0,9	0,92	0,95	0,98	1,00
1,64	0,52	1,02	1,16	1,22	1,31	1,44	1,64
1,56	0,54	0,94	1,07	1,13	1,23	1,36	1,56
1,48	0,56	0,86	1,00	1,05	1,15	1,28	1,48
1,40	0,58	0,78	0,92	0,98	1,08	1,20	1,40
1,33	0,60	0,71	0,85	0,91	1,00	1,13	1,33
1,27	0,62	0,65	0,78	0,84	0,94	1,06	1,27
1,20	0,64	0,58	0,72	0,77	0,87	1,00	1,20
1,14	0,66	0,52	0,65	0,71	0,81	0,94	1,14
1,08	0,68	0,46	0,59	0,65	0,75	0,88	1,08
1,02	0,70	0,40	0,54	0,59	0,69	0,82	1,02
0,96	0,72	0,34	0,48	0,54	0,64	0,76	0,96
0,91	0,74	0,29	0,42	0,48	0,58	0,71	0,91
0,86	0,76	0,24	0,37	0,43	0,53	0,65	0,86
0,80	0,78	0,18	0,32	0,38	0,47	0,60	0,80
0,75	0,80	0,13	0,27	0,32	0,42	0,55	0,75
0,70	0,82	0,08	0,21	0,27	0,37	0,49	0,70
0,65	0,84	0,03	0,16	0,22	0,32	0,44	0,65
0,59	0,86		0,11	0,17	0,26	0,39	0,59
0,54	0,88		0,06	0,11	0,21	0,34	0,54
0,48	0,90			0,06	0,16	0,28	0,48

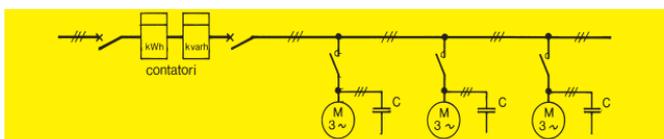
Esempio

- Potenza prelevata dall'impianto: 50 kW
- Valore rilevato, $\cos\phi = 0,72$
- Valore al quale si vuole rifasare: $\cos\phi = 0,90$ (coefficiente desunto dalla tabella 0,48)
- Potenza della batteria di condensatori: $Q = 50 \times 0,48 = 24$ kvar
- L'installazione della batteria apporta una variazione della potenza apparente da:
 $S = 50/0,72 = 69,4$ kVA a
 $S = 50/0,90 = 55$ kVA con una diminuzione di oltre il 20% della corrente.

Sistemi di rifasamento

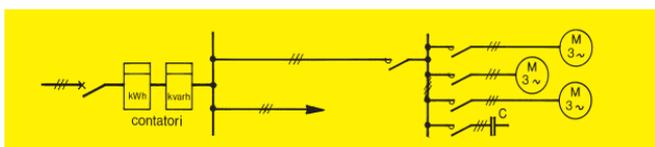
Distribuito

Consigliato per utilizzatori di grande potenza. Se il numero degli utilizzatori è elevato, può risultare poco economico.



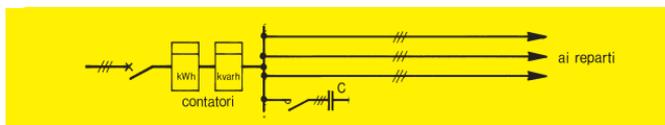
Per gruppi

Motori o utilizzatori di piccola o media potenza installati nello stesso reparto.



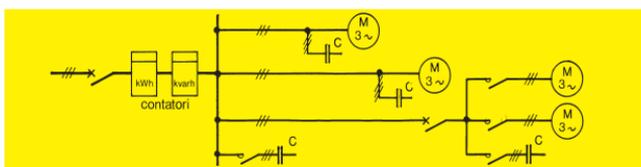
Centralizzato

Rifasamento globale dell'impianto. E' la forma più semplice, ma non riduce le cadute di tensione e le perdite nella parte di impianto a valle del punto di inserzione dei condensatori.



Misto

Rifasamento ripartito sugli utilizzatori di maggiore potenza ed in parte all'inizio di condutture che alimentano gruppi di utilizzatori.



Determinazione del $\cos\varphi$

Mediante misure

1 - Utilizzatore trifase

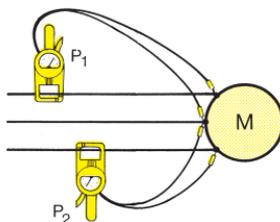
Con wattmetri a pinza inseriti in Aron definire la potenza attiva:

$$P = P_1 + P_2$$

Per sistemi simmetrici ed equilibrati, la potenza reattiva è data :

$$Q = \sqrt{3 (P_1 - P_2)}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$



Il diagramma di pagina 27 consente, attraverso l'indicazione dei wattmetri, di determinare il fattore di potenza istantaneo.

2 - Utilizzatori monofase

Con il wattmetro si può determinare la potenza attiva:

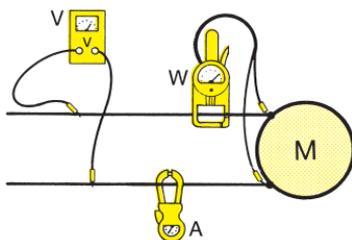
$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

mentre con il voltmetro e l'ampereometro si calcola la potenza apparente:

$$S = U \cdot I$$

da cui:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$



La determinazione del $\cos\varphi$ può avvenire in modo molto più semplice impiegando un analizzatore di rete che fornisce i valori di tensione, corrente, potenza e fattore di potenza.

Mediante le fatture

Se sono disponibili le fatture dell'energia il fattore di potenza medio si ricava calcolando il rapporto tra l'energia reattiva E_r e quella attiva E_a assorbita da cui, mediante la tabella seguente, si individua il $\cos\varphi$.

Determinazione del fattore di potenza attraverso la lettura dei contatori relativa al consumo mensile

E_r/E_a	$\cos\varphi$	E_r/E_a	$\cos\varphi$	E_r/E_a	$\cos\varphi$
0,11 ÷ 0,17	0,99	0,69 ÷ 0,71	0,82	1,16 ÷ 1,18	0,65
0,18 ÷ 0,23	0,98	0,72 ÷ 0,73	0,81	1,19 ÷ 1,21	0,64
0,24 ÷ 0,27	0,97	0,74 ÷ 0,76	0,80	1,22 ÷ 1,25	0,63
0,28 ÷ 0,31	0,96	0,77 ÷ 0,79	0,79	1,26 ÷ 1,28	0,62
0,32 ÷ 0,34	0,95	0,80 ÷ 0,81	0,78	1,29 ÷ 1,31	0,61
0,35 ÷ 0,38	0,94	0,82 ÷ 0,84	0,77	1,32 ÷ 1,35	0,60
0,39 ÷ 0,41	0,93	0,85 ÷ 0,86	0,76	1,36 ÷ 1,38	0,59
0,42 ÷ 0,44	0,92	0,87 ÷ 0,89	0,75	1,39 ÷ 1,42	0,58
0,45 ÷ 0,47	0,91	0,90 ÷ 0,92	0,74	1,43 ÷ 1,46	0,57
0,48 ÷ 0,49	0,90	0,93 ÷ 0,95	0,73	1,47 ÷ 1,50	0,56
0,50 ÷ 0,52	0,89	0,96 ÷ 0,97	0,72	1,51 ÷ 1,54	0,55
0,53 ÷ 0,55	0,88	0,98 ÷ 1,00	0,71	1,55 ÷ 1,58	0,54
0,56 ÷ 0,58	0,87	1,01 ÷ 1,03	0,70	1,59 ÷ 1,62	0,53
0,59 ÷ 0,60	0,86	1,04 ÷ 1,06	0,69	1,63 ÷ 1,66	0,52
0,61 ÷ 0,63	0,85	1,07 ÷ 1,09	0,68	1,67 ÷ 1,71	0,51
0,64 ÷ 0,66	0,84	1,10 ÷ 1,12	0,67	1,72 ÷ 1,75	0,50
0,67 ÷ 0,68	0,83	1,13 ÷ 1,15	0,66		

Esempio

Se il consumo reale è di 5000 kWh e 3400 kvarh, si deduce:

$$\frac{E_r}{E_a} = \frac{3400}{5000} = 0,68$$

Dalla tabella suddetta, in corrispondenza di tale valore, si rileva che $\cos\varphi = 0,83$.

Resistenze di scarica dei condensatori

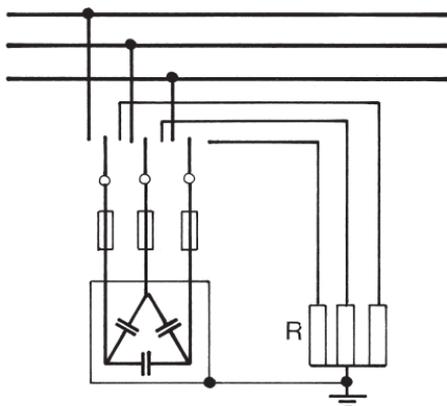
Ai fini della protezione contro i contatti diretti le norme stabiliscono che ciascun condensatore o batteria sia provvisto di un dispositivo che ne consenta la scarica in tempi brevi, mentre secondo il D.P.R. 547 tale obbligo si ha nel caso di condensatori di potenza superiore a 1 kvar.

Nel caso di condensatori permanentemente inseriti ai morsetti di un apparecchio, quest'ultimo può costituire un adeguato circuito di scarica (come ad esempio un motore) e pertanto tali dispositivi non sono richiesti.

La necessità di provvedere alla scarica dei condensatori si impone anche, negli impianti di rifasamento automatici, per evitare pericolose sovratensioni che potrebbero danneggiare i condensatori. Se infatti, come in genere avviene, i condensatori sono soggetti a disinserzioni e reinserzioni in brevi intervalli di tempo, nel passaggio tra una fase e l'altra non riescono a scaricarsi completamente per cui la reinserzione di un condensatore ancora carico può determinare sovratensioni elevate.

Qualora risulti necessario l'impiego delle resistenze di scarica, queste possono venir inserite in modo permanente ai morsetti del condensatore oppure solo al disinserimento del condensatore della rete.

Alcuni tipi di batterie di condensatori sono già dotati di resistori di scarica.



Esempio di collegamento delle resistenze di scarica. Esse vengono inserite automaticamente all'atto della disinserzione dei condensatori mediante commutatore.

Dispositivi di manovra e protezione

I dispositivi di manovra e protezione e i cavi di alimentazione delle batterie di condensatori vanno dimensionati, per una corrente almeno 1,43 volte la corrente nominale I_{nc} della batteria mentre la soglia di intervento istantaneo dell'interruttore dev'essere almeno $10 I_{nc}$. La corrente nominale assorbita dalla batteria di condensatori si calcola con le relazioni:

$$I_{nc} = Q_n / \sqrt{3} U_n \quad \text{per batterie trifasi}$$

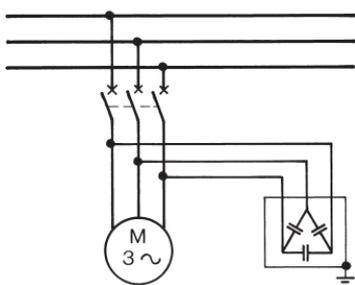
$$I_{nc} = Q_n / U_n \quad \text{per batterie monofasi}$$

essendo Q_n e U_n la potenza e la tensione nominale della batteria. Nella tabella sottostante sono indicate le sezioni dei cavi di collegamento delle batterie di condensatori, e le correnti nominali degli interruttori in relazione alla potenza della batteria stessa. Qualora la protezione sia affidata a fusibili, questi devono avere una corrente nominale pari al doppio di quella della batteria. I contattori devono essere dimensionati con una corrente termica circa doppia della corrente nominale della batteria.

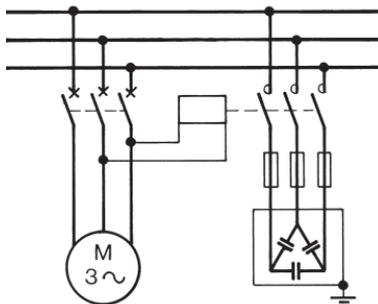
Sezione minima dei conduttori di collegamento delle batterie di condensatori e corrente nominale dell'interruttore di protezione e manovra (per $U_n = 400 V$)

Potenza della batteria (kvar)	Sezione dei conduttori		Corr. nomin. interruttore (A)
	XPR - XLPE	PVC	
10	2,5	2,5	25
15	2,5	4	32
20	4	6	50
25	6	10	63
40	10	16	100
50	16	25	125
60	25	35	125
75	35	50	160
80	35	50	200
100	50	70	250
125	70	95	320
150	95	150	320
175	120	185	400
200	150	240	500

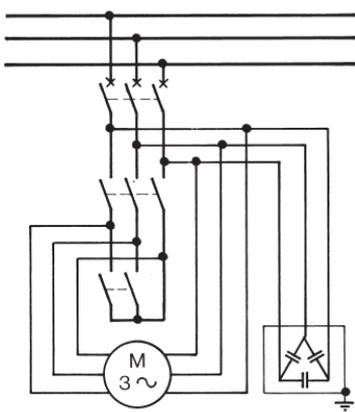
Esempi di schemi per rifasamento



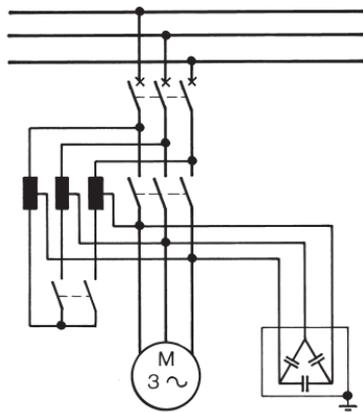
Avviamento diretto a piena tensione.



Avviamento diretto a piena tensione ed inserzione indiretta del condensatore.

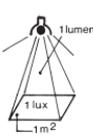


Avviamento a tensione ridotta con commutatore stella-triangolo.



Avviamento con tensione ridotta con autotrasformatore.

Grandezze caratteristiche

Grandezza	Rappres.	Ordini di grandezza
<p>FLUSSO LUMINOSO Quantità di luce emessa in ogni secondo dalla lampada. <i>Unità:</i> lumen (lm) <i>Simbolo:</i> Φ</p>		<p>Lampade a incandescenza: 40 W - 350 lm; 60 W - 630 lm. Tubi fluorescenti: 36 W - 3600 lm; 58 W - 4800 lm.</p>
<p>INTENSITA' LUMINOSA Parte del flusso luminoso emesso in una determinata direzione e nell'unità dell'angolo solido. <i>Unità:</i> candela (cd) <i>Simbolo:</i> I</p>		<p>Lampade a incandescenza: 100 W - 100 cd. Lampada tubolare fluorescente 58 W: 320 cd.</p>
<p>ILLUMINAMENTO Flusso luminoso che colpisce una superficie di dimensione unitaria (un metro quadro). <i>Unità:</i> lux (lx) (lumen/m²) <i>Simbolo:</i> E</p>		<p>Uffici, scuole: 250 ÷ 500 lx. Grandi magazzini: 500 ÷ 1000 lx. Industrie di precisione: 1000 ÷ 2000 lx.</p>
<p>EFFICIENZA LUMINOSA Rapporto tra il flusso luminoso emesso (Φ) e la potenza elettrica assorbita (P) in watt. <i>Unità:</i> lumen x watt (lm/W) <i>Simbolo:</i> η</p>		<p>Lampade a incandescenza: 40 W, 10 lm/W; 60 W, 12 lm/W. Tubi fluorescenti: 36 W, 65 lm/W; 58 W, 70 lm/W.</p>
<p>LUMINANZA Intensità luminosa emessa da una sorgente di luce o da un oggetto in una certa direzione per unità di superficie della sorgente o dell'oggetto. <i>Unità:</i> candela/m² (cd/m²) <i>Simbolo:</i> L</p>		<p>Lampade a incandescenza: 100 ÷ 2000 cd/cm². Lampade fluorescenti: 0,3 ÷ 1,30 cd/cm². Oggetti in tinta chiara: 100 ÷ 1000 cd/m² (buona illuminazione); 2 ÷ 20 cd/m² (scarsa illuminazione).</p>

Elementi per una razionale illuminazione

Nel progettare un impianto di illuminazione si procede come segue:

- stabilire i livelli di illuminamento dei locali in base alle attività svolte, considerando l'uniformità, la prevenzione dell'abbagliamento, la resa dei colori;
- scegliere il tipo di illuminazione in base alle esigenze dei locali;
- scegliere il tipo di lampada considerando l'efficienza luminosa;
- scegliere il tipo di apparecchio di illuminazione in relazione al suo rendimento.

Nelle suddette scelte tenere conto dei costi di impianto, di manutenzione (ad esempio, ricambio delle lampade) e dei consumi energetici.

Illuminamento

Costituisce uno dei più importanti elementi da prendere in esame; un adeguato valore dell'illuminamento in relazione alle caratteristiche e destinazione dell'ambiente consente infatti all'occhio di percepire con rapidità e sicurezza, senza fatica i particolari che interessano.

Poiché generalmente il valore dell'illuminamento non è lo stesso in ogni punto dell'ambiente, ma varia da un minimo ad un massimo e inoltre decresce nel tempo a causa del decadimento delle lampade e dell'insudiciamento degli apparecchi, nei calcoli ci si riferisce all'*illuminamento medio mantenuto*, E_n : valore dell'illuminamento che dev'essere sempre garantito, grazie ad interventi manutentivi sugli apparecchi illuminanti e di sostituzione delle lampade guaste o con efficienza eccessivamente ridotta.

Nella tabella sono riportati i livelli di illuminamento medio mantenuto *consigliabili*.

I livelli più elevati possono essere raggiunti anche integrando l'illuminazione diffusa con fonti locali concentrate sugli oggetti da osservare. L'illuminazione localizzata deve essere comunque coordinata con quella generale e non può sostituirsi ad essa.

L'illuminamento medio orizzontale va misurato ad un'altezza di 0,85 m dal pavimento; quello delle vie di passaggio a 0,2 m dal pavimento; quello del posto di lavoro all'altezza del compito visivo specifico.

Livelli di illuminamento medio mantenuto consigliabili

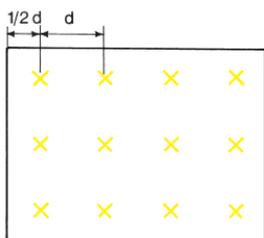
Tipo, attività' o compito visivo	En	Ra
Zone di traffico e aree generali all'interno di edifici		
Aree di circolazione e corridoi	100	40
Scale (pianerottoli principali), ascensori, tappeti mobili	150	40
Rampe e binari di carico	150	40
Uffici e magazzini		
Archiviatura, copiatura, aree di circolazione	300	80
Scrittura, dattilografia, elaborazione dati	500	80
Disegno tecnico	750	80
Postazione CAD	500	80
Aree di passaggio nei magazzini	20	40
Aree di magazzini con presenza di personale, archivi	200	60
Vendite al dettaglio		
Area di vendita	300	80
Casse	500	80
Tavolo di imballaggio	500	80
Locali di pubblico spettacolo		
Ingressi, saloni	100	80
Guardaroba	200	80
Biglietteria	300	80
Ristoranti ed hotel		
Reception	300	80
Cucina	500	80
Ristorante, sala da pranzo	200	80
Biblioteche		
Aree per scaffali	200	80
Area di lettura	500	80
Edifici scolastici		
Aule scolastiche	300	80
Sale di lettura	500	80
Aule per disegno tecnico	750	80
Aule di educazione tecnica e laboratori	500	80
Laboratori di informatica	300	80
Aule comuni e aula magna	200	80

Uniformità di illuminamento

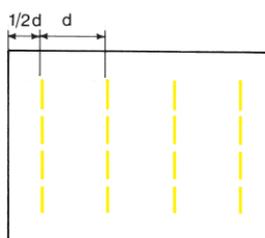
Per assicurare un buon livello di comfort visivo il rapporto tra l'illuminamento minimo delle zone circostanti e l'illuminamento massimo della zona di lavoro E_{min}/E_{max} (detto fattore di uniformità) non deve essere minore di:

- 0,8 sulla superficie di ogni compito visivo;
- 0,5 sulla superficie del locale che racchiude aree con identico compito visivo.

Inoltre sulle superfici dei locali di lavoro, che non sono sede del compito visivo, il valore medio dell'illuminamento non dev'essere minore di 1/3 del valore medio dell'illuminamento della zona, sede del compito visivo, che richiede l'illuminamento più elevato. Il fattore di uniformità dipende dall'entità del flusso luminoso riflesso dalle superfici del locale e dalla distribuzione degli apparecchi di illuminazione. Per ottenere un'accettabile uniformità di illuminazione occorre distribuire con uniformità gli apparecchi di illuminazione e limitare l'interdistanza tra gli apparecchi stessi.



Lampade ad incandescenza o lampade a scarica a gas nel bulbo.



Lampade tubolari fluorescenti.

L'interdistanza massima per un dato apparecchio, compatibile con l'uniformità sopra indicata, è desumibile dal rapporto tra l'interdistanza stessa e l'altezza di montaggio degli apparecchi rispetto al piano di lavoro; rapporto fornito dai costruttori di apparecchi di illuminazione.

L'uniformità d'illuminamento può essere determinata empiricamente misurando l'illuminamento mentre ci si sposta dalla verticale sotto le singole lampade (illuminamento massimo) alle zone intermedie fra due o più fonti di luce (illuminamento minimo).

Equilibrio delle luminanze

Una distribuzione equilibrata delle luminanze nel campo visivo ha una notevole importanza ai fini dell'efficienza della visione e per prevenire l'abbagliamento e l'affaticamento visivo.

In generale si può affermare che quando i valori di luminanza in gioco sono piuttosto bassi, è preferibile che il contrasto tra la luminanza dell'oggetto da vedere e quella della zona immediatamente ad essa circostante non sia molto accentuato. Con livelli elevati di luminanza è invece preferibile che il contrasto in parola sia piuttosto accentuato.

Prevenzione dell'abbagliamento

L'abbagliamento è un disturbo visivo che si può verificare quando:

- nel campo visivo si vengono a trovare sorgenti luminose od oggetti illuminati la cui luminanza ha un valore troppo elevato;
- il contrasto tra la luminanza di una sorgente luminosa o di un oggetto illuminato e la luminanza dell'ambiente circostante è troppo accentuato.

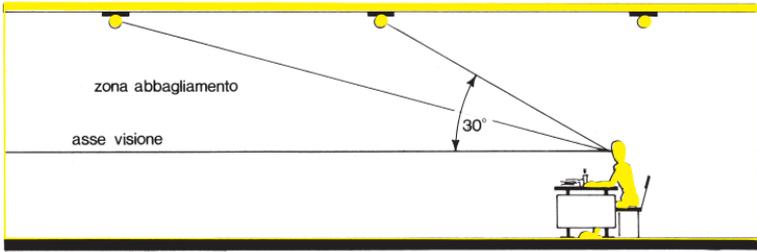
L'abbagliamento può essere provocato da luce riflessa o direttamente dai centri luminosi.

L'*abbagliamento da luce riflessa* è provocato dalla riflessione dei raggi luminosi da parte di oggetti o superfici. Per ridurre gli effetti, è necessario:

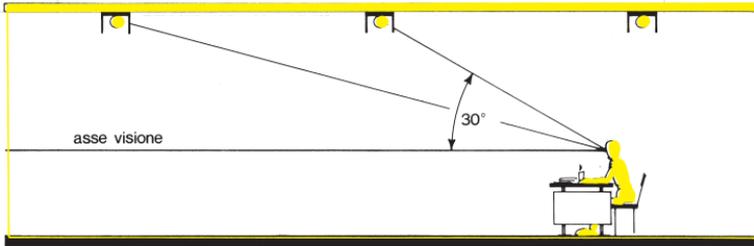
- adottare apparecchi d'illuminazione caratterizzati da ottica ben controllata;
- disporre e schermare opportunamente i centri luminosi.

Particolare attenzione deve essere posta, ad esempio, nell'illuminazione degli specchi per il trucco dei camerini dei teatri affinché sia priva di abbagliamento.

L'*abbagliamento provocato direttamente dai centri luminosi* si può verificare quando nel campo visivo entrano direttamente uno o più centri luce aventi caratteristiche ottico-fotometriche non adatte oppure non ben ubicati. Tale tipo di abbagliamento dipende, oltre che dalle caratteristiche ottico-fotometriche degli apparecchi d'illuminazione, anche da altri parametri, quali le dimensioni del locale, l'altezza d'installazione e le dimensioni degli apparecchi e loro disposizione nel locale (vedi figura nella pagina seguente).



errato



corretto

E' evidente che quanto più il locale è basso e lungo, tanto più numerosi sono i centri luce che possono rientrare nel campo visivo.

Condizione essenziale per mantenere entro limiti accettabili l'abbagliamento diretto provocato dagli apparecchi d'illuminazione è l'adeguato controllo della loro luminanza nelle varie direzioni di emissione.

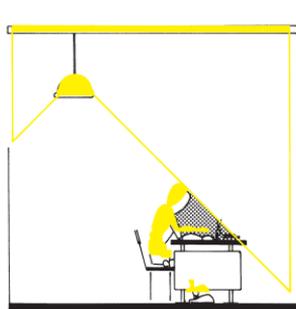
Per valutare l'entità dell'abbagliamento è opportuno utilizzare i "diagrammi di luminanza limite" forniti dai costruttori.

Effetto d'ombra

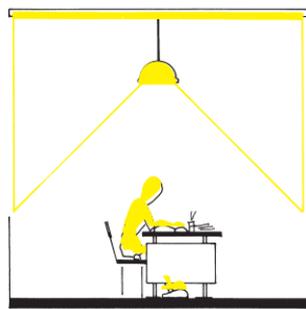
Una distribuzione bene equilibrata delle ombre costituisce un elemento molto importante per l'apprezzamento del rilievo e della profondità dell'ambiente.

Ai fini del conseguimento di una distribuzione bene equilibrata delle ombre si deve assicurare un'opportuna direzionalità del flusso luminoso tenendo presente che:

- nel caso di illuminazione solo diffusa, cioè proveniente da tutte le direzioni, si verifica l'assenza totale di ombre;
- nel caso di luce proveniente da una sola direzione le ombre sono molto dure; evitare quindi ombre sul piano di lavoro,
- un buon equilibrio tra la componente di luce diffusa e la componente di luce proveniente da una determinata direzione preferenziale assicura la migliore percezione della forma e del rilievo. Ciò si ottiene mediante: adozione di apparecchi d'illuminazione caratterizzati da un'adatta emissione di flusso; razionale ubicazione degli stessi apparecchi di illuminazione.



errato



corretto

Resa dei colori

La fedele riproduzione dei colori degli oggetti illuminati dipende dalle caratteristiche delle lampade. Per classificare la qualità della luce è stato definito l'indice di resa del colore (R_a): quanto più elevato è l'indice, tanto migliore è la resa cromatica (vedi tabella nella pagina seguente). Sotto questo aspetto le lampade ad incandescenza e quelle alogene sono le migliori, mentre i tubi fluorescenti presentano un indice R_a compreso, secondo i tipi, tra 65 e 95. Oltre il valore 90 la resa cromatica è molto vicina a quella della luce solare e si addice perciò a musei, teatri (palcoscenico) biblioteche, esposizioni, centri commerciali e altre applicazioni in cui il colore o la gradevolezza ambientale rivestono un'importanza fondamentale.

La temperatura di colore influisce invece sulla tonalità della luce, condizionando la scelta delle lampade in funzione del tipo di ambiente e dell'attività svolta.

Indice di resa cromatica e corrispondenti gruppi di resa del colore delle sorgenti luminose

Indice di resa del colore (Ra)	Tipi di lampade	Gruppo di resa del colore
Ra > 90	A incandescenza; alogene	1A
80 ≤ Ra ≤ 90	Fluorescenti	1B
60 ≤ Ra < 80	Fluorescenti; ad alogenuri metallici	2
40 ≤ Ra < 60	A vapori di mercurio	3
20 ≤ Ra < 40	Al sodio	4

Una luce a bassa temperatura di colore viene detta "calda" poiché si associa a sensazioni di calore. La luce ad alta temperatura di colore, detta "fredda", la si apprezza invece negli ambienti a elevato valore d'illuminamento.

Classificazione dalle lampade in base alla temperatura di colore della luce emessa

Colore appartenente della luce	Temperatura (K)	Sigla normalizzata
Calda	< 3000	W (Warm)
Intermedia	3000 ÷ 5300	I (Intermediate)
Fredda	> 5300	C (Cold)
Sui cataloghi dei costruttori si possono trovare anche le seguenti classificazioni:		
bianca (o standard)	4 000 K	
bianchissima (o extra bianca)	4 500 K	
luce diurna	6 500 K	

Tipi di lampada

Potenze (W)	Flusso luminoso (lm)	Efficienza luminosa (lm/W)	Caratteristiche
Ad incandescenza			
15 ↓ 1000	115 ↓ 19000	8 ↓ 19	Ingombro limitato. Durata 1000 ore. Bassa efficienza luminosa. Illuminazione generale o localizzata per abitazioni o negozi.
Ad incandescenza con alogeni			
5 ↓ 100 400 ↓ 2000	350 ↓ 3100 1000 ↓ 44 000	18 ↓ 25 13 ↓ 22	Ingombro limitato. Durata 3000 ore. Alta efficienza luminosa. 1 - Per illuminazione localizzata (alimentazione a 6 -24 V). 2 - Illuminazione generale e direzionale.
Tubolari fluorescenti (diametro del tubo 26 mm)			
15 ↓ 65	120 ↓ 15300	50 ↓ 90	Ingombro notevole (lunghezze: 590 - 1200 - 1500 mm). Importante, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente da illuminare, scegliere la giusta tonalità di luce per non falsare i colori. Consultare i costruttori.
A luce miscelata (incandescenza e vapori di mercurio)			
250 ↓ 1000	20 000 ↓ 100 000	70 ↓ 90	Ingombro ridotto. Forniscono una buona luce, con radiazioni rosse, tipiche delle lampade ad incandescenza.

Potenze (W)	Flusso luminoso (lm)	Efficienza luminosa (lm/W)	Caratteristiche
A vapori di mercurio			
50 ↓ 1000	1800 ↓ 58000	30 ↓ 55	Ottima efficienza luminosa, buona resa dei colori. Dimensioni di ingombro ridotte. Nessuna limitazione nella posizione di funzionamento. Rispetto alle tubolari fluorescenti sono disponibili con gamme di potenza elevate.
Ad alogenuri metallici			
35 ↓ 2000	24 000 ↓ 300 000	50 ↓ 95	Elevata efficienza luminosa. Ottima resa cromatica. Dimensioni di ingombro ridotte. Durata 4000 - 6000 ore.
Al sodio a bassa pressione			
20 ↓ 150	1800 ↓ 26 000	67 ↓ 170	Elevatissima efficienza luminosa. Dimensioni di ingombro ridotte. Durata 7000 - 9000 ore. La luce emessa è di tipo monocromatico (gialla): i colori dei corpi illuminati risultano sfavorevolmente alterati. Illuminazione di svicoli stradali, gallerie, situazioni di pericolo. Ottime per zone nebbiose.
Al sodio ad alta pressione			
50 ↓ 1000	4000 ↓ 130 000	65 ↓ 120	Ottima efficienza luminosa, dimensione di ingombro ridotte. Durata circa 12 000 ore. Utilizzabili in alternativa alle lampade a vapori di mercurio quando sono richiesti elevati illuminamenti e si intende ridurre la potenza installata.

Apparecchi di illuminazione

Gli apparecchi di illuminazione svolgono alcune funzioni essenziali: controllano il flusso luminoso della lampada dirigendolo nelle direzioni desiderate; evitano l'abbagliamento schermando la lampada o riducendone la luminanza; proteggono la lampada nei confronti sia degli agenti ambientali (acqua, vapori, polveri ecc.), che potrebbero danneggiare la lampada e i circuiti, sia dai danneggiamenti di carattere meccanico, garantendo la sicurezza elettrica funzionale e quella contro i contatti accidentali diretti delle persone con parti attive accessibili, e contro gli incendi che potrebbero verificarsi nell'ambiente in seguito a scintille e archi elettrici dovuti a guasti nel circuito di alimentazione della lampada.

Distribuzione del flusso luminoso

Ciascun tipo di apparecchio di illuminazione è caratterizzato da una particolare distribuzione del flusso luminoso in quanto controlla il flusso emesso dalla sorgente indirizzandolo, accentuandolo, smorzandolo o addirittura schermandolo solo nelle direzioni volute.

In base alla distribuzione del flusso luminoso gli apparecchi di illuminazione si classificano in:

Diffusori: quando diffondono la luce in tutte le direzioni. Sono costituiti da involucri opalini (in vetro o materiale plastico). Diminuiscono la luminanza della lampada attenuando l'abbagliamento, ma assorbono parte del flusso emesso (20 ÷ 50%).

Riflettori: quando riflettono, mediante superfici speculari (alluminio brillantato, vetro argentato, lamiere smaltate ecc.) la luce emessa dalla lampada indirizzandola entro un angolo che varia in funzione del tipo di apparecchio: molto piccolo, nel caso dei proiettori, molto grande (150° ÷ 160°) per i riflettori diffondenti.

Rifrattori: quando la luce, attraversando uno schermo trasparente, è deviata dalla sua direzione angolare. In relazione alle scanalature o prismi prodotti sullo schermo trasparente si può controllare la diffusione della luce e quindi la direzione del fascio luminoso.

Tipo di illuminazione

Il tipo di illuminazione che gli apparecchi consentono di realizzare può essere:

- *diretto*: il flusso luminoso emesso dall'apparecchio di illuminazione è diretto esclusivamente verso il basso;
- *semidiretto*: il flusso luminoso è diretto prevalentemente verso il basso, in minima parte verso l'alto;
- *diffuso*: il flusso luminoso è distribuito uniformemente attorno all'apparecchio;
- *misto*: il 45% del flusso verso il basso, il 40% verso l'alto;
- *semiindiretto*: prevale l'illuminazione verso l'alto;
- *indiretto*: il flusso luminoso è diretto solo verso l'alto.

Richiedere ai costruttori le curve fotometriche che indicano la distribuzione spaziale della luce.

Protezione contro i contatti indiretti

In relazione al tipo di protezione che assicurano contro i contatti indiretti, gli apparecchi sono classificati in:

Classe 0 - se provvisti solamente di isolamento funzionale, tale da assicurare il normale funzionamento dell'apparecchio ed assicurare la protezione contro le tensioni di contatto. Sono previsti per tensioni non superiori a 50 V in corrente alternata e 75 V in corrente continua. Non richiedono la messa a terra.

Classe I - se provvisti di isolamento funzionale. Devono essere collegati a terra.

Classe II - se provvisti di isolamento speciale. Non dispongono di morsetto di messa a terra. Impiegabili in alternativa a quelli di classe I quando non risulta possibile o conveniente la messa a terra. Sono distinguibili dagli altri apparecchi attraverso il seguente simbolo riportato sull'involucro.



Indipendentemente dal tipo è importante che l'apparecchio rechi la marcatura CE nonchè il marchio ENEC, valido in campo europeo per contraddistinguere gli apparecchi di illuminazione realizzati a regola d'arte (il numero 03 indica gli apparecchi costruiti in Italia).



Apparecchi di classe III: la protezione contro i contatti indiretti si basa sulla alimentazione a bassissima tensione di sicurezza. Non sono provvisti di morsetto di messa terra e vengono contrassegnati con il simbolo indicato a lato.



Si osserva che gli apparecchi predisposti per il montaggio direttamente su superfici normalmente infiammabili devono recare il contrassegno indicato a lato.



Fattore di manutenzione

Nel tempo l'illuminamento si riduce sia per il decadimento naturale del flusso luminoso emesso dalle lampade, sia a causa dell'insudiciamento delle lampade o degli schermi degli apparecchi. Per tener conto di questo aspetto il valore di illuminamento viene maggiorato in base a un coefficiente denominato *fattore di manutenzione (M)* che rappresenta il rapporto tra l'illuminamento medio mantenuto richiesto e quello medio fornito dalle lampade (talvolta si fa riferimento al fattore di decadimento che è il reciproco del fattore di manutenzione).

Il fattore di manutenzione è fortemente influenzato dal tipo sistema di manutenzione adottato (programmato o non programmato). Per gli impianti a luce diretta o prevalentemente diretta la tabella seguente riporta valori indicativi di M. Per impianti a luce indiretta, i valori della tabella vanno moltiplicati per 0,8, a meno che non si provveda a ridurre gli intervalli di manutenzione, in modo correlato al grado di impolveramento del locale.

Fattore di manutenzione M, per impianti a luce diretta o prevalentemente diretta

Grado di impolveramento del locale	Fattore di manutenzione M		
	Lampada ad incandescenza senza o con alogeni	Lampada al mercurio e al sodio	Lampade ad alogenuri
Minimo	0,85	0,75	0,65
Medio	0,70	0,65	0,55
Elevato	0,60	0,50	0,45

Fattore di utilizzazione

Nel dimensionamento degli impianti di illuminazione si deve tenere conto anche del fattore di utilizzazione ossia del rapporto tra il flusso totale emesso dalle sorgenti luminose e il flusso utile (diretto o indiretto) che investe il piano di lavoro o la zona da illuminare. I valori del fattore di utilizzazione sono ricavati sperimentalmente, tenendo conto di vari elementi:

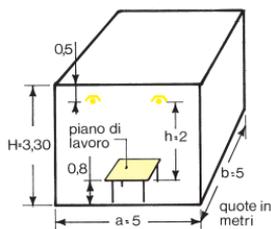
- caratteristiche degli apparecchi di illuminazione (e quindi del tipo di illuminazione), in base alla loro distribuzione del flusso luminoso e al loro rendimento (rapporto tra il flusso emesso dall'apparecchio e quello della lampada);
- indice del locale K che tiene conto delle dimensioni del locale da illuminare e dell'altezza delle lampade dal piano di lavoro;
- potere riflettente di pareti, soffitti, pavimenti e arredamenti.

I costruttori di apparecchi di illuminazione forniscono tabelle del tipo riportato sotto dalle quali si può desumere il coefficiente di utilizzazione in funzione del tipo di apparecchio e dell'indice del locale K .

Tabella 12 - Esempio di tabella fornita dal costruttore dell'apparecchio di illuminazione per determinare il fattore di utilizzazione (U) dell'apparecchio (una plafoniera con 2 tubi fluorescenti da 36 W) in base all'indice del locale "K"

Fattore di riflessione	Pavimento	30%				
	Soffitto	70%			50%	
	Pareti	50%	30%	10%	50%	30%
Indice del locale K	0,60	0,39	0,36	0,32	0,38	0,34
	0,80	0,47	0,41	0,39	0,44	0,41
	1,00	0,51	0,47	0,42	0,49	0,45
	1,25	0,55	0,50	0,48	0,52	0,49
	1,50	0,59	0,54	0,52	0,55	0,53
	2,00	0,62	0,60	0,56	0,59	0,56
	2,50	0,65	0,62	0,59	0,60	0,58
	3,00	0,68	0,64	0,63	0,62	0,61
	4,00	0,70	0,69	0,66	0,66	0,63
	5,00	0,73	0,71	0,70	0,67	0,65

Calcolo illuminotecnico per interni

Sequenza dati da prefissare o calcolare	Esempio per un piccolo laboratorio artigiano	
<p>E - Livello di illuminamento (lux) che si desidera ottenere. Vedere tabella illuminamenti consigliati.</p>	Livello di illuminazione previsto: 250 lux	
<p>S - Superficie del locale (m²). $S = a \cdot b$.</p>	$5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$	
<p>K - Indice del locale. Tiene conto della superficie e dell'altezza delle lampade dal piano di lavoro (h) o dell'altezza del locale (H).</p>	<p>Per luce diretta, semindiretta e mista:</p> $K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$ <p>Per luce indiretta o semi-indiretta:</p> $K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 H \cdot (a + b)}$	$\frac{5 \times 5}{2 \cdot (5 + 5)} = 1,25$
<p>U - Fattore di utilizzazione. Dipende dal sistema di illuminazione, dalle caratteristiche degli apparecchi, dal fattore di riflessione delle pareti, soffitto e pavimento.</p>	Viene desunto da tabelle fornite dalle ditte che producono lampade e apparecchi di illuminazione.	In relazione all'indice del locale K ai coefficienti di riflessione di pareti e soffitto (30%) e al tipo di apparecchio il costruttore fornisce come fattore di utilizzazione il valore $U = 0,58$

(segue)

<p>M - Fattore di manutenzione. Tiene conto del deprezzamento fotometrico degli apparecchi e dell'invecchiamento delle lampade.</p>	<p>elevato 0,85 - 0,75</p> <p>medio 0,75 - 0,65</p> <p>minimo 0,65 - 0,55</p>	<p>Si prevede una manutenzione elevata $M = 0,80$</p>
<p>↓</p> <p>Φ - Flusso luminoso totale (lumen). Φ_L - Flusso emesso da una singola lampada (lumen). n - numero di lampade.</p>	<p>↓</p> $\Phi = \frac{E \cdot S}{U \cdot M}$ $n = \frac{\Phi}{\Phi_L}$	<p>↓</p> <p>$\Phi = (250 \times 25) / (0,58 \times 0,80) = 13\,470 \text{ lm}$ Adottando lampade fluorescenti tubolari da 36 W, ammesso che il flusso sia di 34 000 lm, si ha:</p> $n = \frac{13\,470}{3400} = 4 \text{ lam.}$
<p>↓</p> <p>P - Potenza assorbita dall'impianto (W). P_L - Potenza assorbita da una singola lampada.</p>	<p>↓</p> $P = P_L \cdot n$	<p>↓</p> <p>Ammesso che ogni lampada da 36 W assorba 45 W per tenere conto del reattore, si ha: $P = 45 \times 4 = 180 \text{ W}$</p>

■ Avvertenze

Il metodo si applica per ogni tipo di sorgente luminosa. Attenzione alla uniforme distribuzione del flusso luminoso: se L è la distanza tra le lampade, in corrispondenza di una parete la distanza della prima lampada dev'essere $L/2$. Se il numero determinato attraverso il calcolo non consente una regolare distribuzione delle sorgenti luminose, si arrotonda in eccesso.

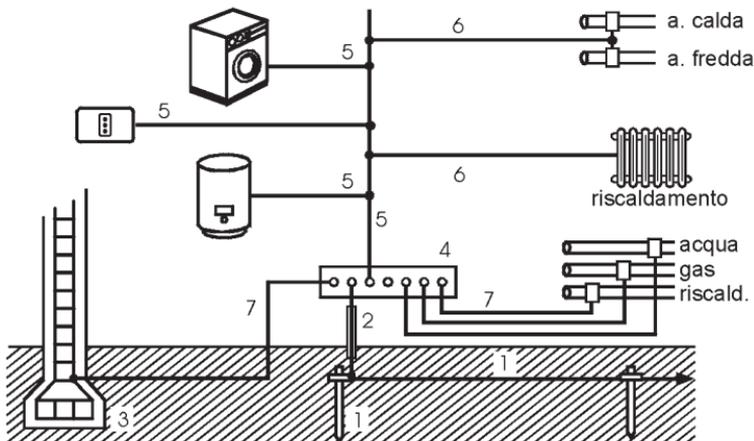
Nel caso si adottino lampade a scarica, nel calcolo della potenza assorbita dall'impianto tenere conto anche della potenza assorbita dall'apparecchiatura ausiliaria.

Ad impianto ultimato controllare il livello di illuminamento ottenuto. Effettuare diverse misurazioni e poi fare la media.

Generalità

In ogni impianto utilizzatore l'impianto di terra dev'essere preferibilmente unico. Ad esso devono essere connessi tutti i conduttori che realizzano la messa a terra di protezione e la messa a terra di funzionamento. Elementi principali dell'impianto di terra sono:

- 1 - dispersore artificiale (DA): corpo metallico in intimo contatto col terreno, formato da corde, nastri, piastre, picchetti (tondi, tubi, profilati) appositamente predisposti;
- 2 - conduttore di terra (CT): collega il dispersore al collettore di terra (gli eventuali tratti nudi e a contatto col terreno sono considerati parte del dispersore);
- 3 - dispersore naturale (di fatto) (DN): può essere costituito da ferri d'armatura del calcestruzzo, pilastri e tralici metallici, rivestimenti metallici dei cavi ecc.;
- 4 - collettore (nodo) principale di terra (MT), elemento al quale connettere i conduttori di terra, protezione, equipotenziali;
- 5 - conduttori di protezione (PE) per il collegamento delle masse al collettore di terra;
- 6 - conduttori equipotenziali supplementari (EQS) per il collegamento delle masse estranee ai conduttori di protezione (esempio: nei locali da bagno);
- 7 - conduttori equipotenziali principali (EQP) per il collegamento delle masse estranee al collettore di terra.



Dispensore

Gli elementi che costituiscono il dispersore, devono sopportare le correnti di guasto senza danni, in particolare di natura termica ed elettromeccanica, ed inoltre devono presentare un'adeguata solidità in modo da mantenere la loro efficienza nel tempo. I requisiti richiesti ai dispersori sono i seguenti:

- robustezza meccanica adeguata per resistere alle sollecitazioni derivanti dalle operazioni di installazione e a quelle dovute all'assestamento del terreno;
- buona continuità dei collegamenti elettrici tra i vari elementi;
- resistenza all'aggressione chimica del terreno;
- non devono costituire causa di corrosione per altre strutture interrate alle quali sono collegati metallicamente.

Gli elementi del dispersore interrati orizzontalmente devono essere, possibilmente, posti ad una profondità non inferiore a 0,5 m. Le giunzioni tra i vari elementi e tra il conduttore di terra devono essere effettuate con saldatura forte od autogena oppure con appositi morsetti o manicotti in grado di assicurare un buon contatto elettrico e di sopportare eventuali sforzi meccanici. Le giunzioni devono essere protette contro la corrosione.

Come elementi del dispersore possono essere utilizzati anche:

- ferri di armatura del calcestruzzo delle fondazioni;
- strutture metalliche interrate adatte allo scopo;
- le tubazioni metalliche dell'acquedotto privato, le guaine di piombo, le armature e i rivestimenti metallici di cavi purché vi sia il consenso dell'esercente dell'acquedotto o del proprietario delle condutture e vengano date adeguate disposizioni in base alle quali il responsabile degli impianti elettrici sia informato di ogni modifica che si intenda apportare alle tubazioni e condutture stesse e che può influenzare il loro corretto uso come dispersori.

Dimensioni minime

Le Norme CEI per gli impianti a bassa tensione raccomandano come dimensioni minime degli elementi costituenti il dispersore, installati in terreni non particolarmente aggressivi, quelle riportate nella tabella di pagina seguente.

Dimensioni minime e materiali dei dispersori

Tipo	Dimensioni minime	Acciaio zincato a caldo ⁽¹⁾	Acciaio rivestito di rame	Rame
Piastra	spessore	3	(²)	3
Nastro	sezione (mm ²) spessore (mm)	100 3	50 (²)	50 3
Tondino massiccio	sezione (mm ²)	50	(²)	35
Conduttore cordato	sezione (mm ²) ø filo element. (mm)	50 1,8	(²)	35 1,8
Picchetto a tubo	ø esterno (mm) spessore (mm)	40 2	(²)	30 3
Picchetto massiccio	ø (mm)	20	15 (³)	15
Picchetto in profilato	dimensione trasversale (mm) spessore (mm)	50 5	(²)	50 5

N.B. I valori indicati sono validi per dispersori installati in terreni non particolarmente aggressivi.

(¹) È ammesso anche l'acciaio non zincato, purché con spessore aumentato del 50% e con sezione minima di 100 mm².

(²) Tipi e dimensioni non considerati dalla Norma CEI 64-8.

(³) Spessore del rivestimento in rame:
100 mm se realizzato con deposito elettrolitico;
500 mm se realizzato per trafilatura.

Conduttori di terra

I conduttori di terra possono essere costituiti da fili, corde, piattine, tubi e simili. Sono ammessi anche elementi strutturali purché inamovibili e con caratteristiche analoghe a quelle richieste per i conduttori di terra normali. Le giunzioni devono avere caratteristiche analoghe a quelle indicate per gli elementi del dispersore. Negli impianti a bassa tensione i conduttori di terra devono avere una sezione non inferiore a quella indicata nella tabella. Per la posa si deve tener presente che:

1 - I conduttori di terra devono essere protetti contro la corrosione e i danneggiamenti di carattere meccanico. Se interrati ed aventi solo lo scopo di collegamento tra i vari elementi del dispersore, devono essere isolati o posati entro un tubo isolato.

Il tratto di collegamento dal dispersore al collettore di terra, è opportuno sia protetto con un tubo in PVC, in particolare in prossimità dell'uscita dal suolo e per almeno 30-40 cm all'esterno.

2 - Il conduttore di terra dev'essere posato, fin dove è possibile, in modo che sia visibile e ispezionabile. Nell'attraversamento di pareti è opportuno utilizzare tubi di plastica o gres.

3 - È opportuno che il conduttore di terra sia installato con il percorso più breve evitando curve troppo strette.

Sezioni minime (S_t) dei conduttori di terra

	Protetti meccanicamente		Non protetti meccanicamente
Protetti contro la corrosione ⁽¹⁾	se $S \leq 16$ se $16 < S \leq 35$ se $S > 35$	$S_t = S$ $S_t = 16$ $S_t = S/2$	16 mm ² se in rame 16 mm ² se in ferro zincato ⁽²⁾
Non protetti contro la corrosione	25 mm ² 50 mm ²	se in rame se in ferro zincato ⁽²⁾	
<p>S - sezione del conduttore di fase; S_t - sezione del conduttore di terra.</p> <p>⁽¹⁾ In ambienti non particolarmente aggressivi dal punto di vista chimico, il rame ed il ferro zincato si considerano protetti contro la corrosione anche se non sono provvisti di guaina.</p> <p>⁽²⁾ Zincatura secondo la Norma CEI 7-6 oppure rivestimento equivalente.</p>			

Conduttore di protezione (PE)

La funzione di conduttore di protezione può essere svolta da:

- 1 - anime di cavi multipolari;
- 2 - conduttori nudi o cavi unipolari facenti parte o meno, con i conduttori attivi, della stessa conduttura;
- 3 - rivestimenti metallici e armature di cavi, tubi protettivi e canali metallici, purché: la conduttanza sia almeno uguale a quella del corrispondente conduttore di protezione, la loro continuità elettrica sia assicurata per costruzione o mediante adatte connessioni e sia garantita la protezione contro i danneggiamenti (nel caso di tubi e canali è opportuno che tali caratteristiche sia-no dichiarate dal costruttore);
- 4 - involucri metallici di apparecchiature costruite in fabbrica (condotti sbarre, quadri ecc.) purché oltre a presentare le caratteristiche indicate al punto 3, consentano la connessione di altri conduttori di protezione nei punti predisposti per le derivazioni.

I conduttori di protezione e gli elementi utilizzati per tale funzione devono essere protetti contro il danneggiamento meccanico, chimico, elettrochimico e le sollecitazioni elettrodinamiche. Le connessioni devono essere accessibili per ispezioni e prove. Sui conduttori di protezione non devono essere inseriti dispositivi di interruzione.

I conduttori di protezione possono essere disposti con percorsi diversi da quelli dei conduttori di fase. Nei sistemi TN e IT è opportuno tuttavia che il conduttore di protezione sia incorporato nella stessa conduttura (per ridurre l'impedenza del circuito di guasto).

Negli impianti alimentati in bassa tensione la sezione dei conduttori di protezione dev'essere determinata facendo riferimento alla sezione del conduttore di fase, come indicato nella tabella riportata nella pagina seguente.

Si devono collegare all'impianto di terra tramite i conduttori di protezione:

- gli alveoli di terra delle prese a spina;
- gli apparecchi di illuminazione di classe I indipendentemente dalla loro altezza dal piano di calpestio (e quindi anche se installati a soffitto);

Sezioni minime (S_p) dei conduttori di protezione

Sezione S dei conduttori di fase dell'impianto (mm^2)	Sezione minima S_p del relativo conduttore di protezione (mm^2)
$S < 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S_p = S/2$

1) Quando la sezione ricavabile dalla relazione $S_p = S/2$ non risulta di valore unificato è ammesso adottare la sezione unificata più prossima a quella calcolata.

2) I valori della tabella sono validi soltanto se il conduttore di protezione è costituito dallo stesso materiale del conduttore di fase, diversamente la sezione del conduttore dev'essere calcolata in modo da avere conduttanza equivalente:

$$S'_p = S_p \cdot \rho'/\rho$$

dove: S_p è la sezione indicata sopra per conduttori di materiale uguale a quello dei conduttori di fase (resistività ρ) e S'_p e ρ' sono la sezione e la resistività del materiale scelto per il conduttore di protezione.

3) Se il conduttore di protezione deve servire più circuiti utilizzatori il valore di S_p dev'essere determinato facendo riferimento al conduttore di fase di sezione maggiore. Ad esempio se si hanno più dorsali con conduttori di fase di 4 e 6 mm^2 il conduttore di protezione deve avere una sezione non inferiore a 6 mm^2 .

4) Quando il conduttore di protezione non fa parte della stessa condotta dei conduttori di fase, la sua sezione dev'essere:

- $\geq 2,5 \text{ mm}^2$ se è prevista una protezione meccanica;
- $\geq 4 \text{ mm}^2$ se non è prevista una protezione meccanica.

- le custodie metalliche di apparecchiature ed utilizzatori elettrici ad installazione fissa;
- le masse estranee, ossia gli elementi metallici che non fanno parte dell'impianto elettrico ma che presentano una resistenza verso terra $< 1000 \Omega$;
- controsoffittature metalliche che sopportano cavi unipolari privi di guaina o apparecchi elettrici in classe I;
- canali e tubi protettivi metallici che portano cavi non a doppio isolamento (i vari tratti di canali e tubi protettivi devono inoltre essere in buon contatto elettrico tra loro).

Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali hanno lo scopo di ridurre le tensioni di contatto, che si possono verificare in caso di guasto (e in particolare in caso di inefficienza dei dispositivi di interruzione) o a causa di potenziali introdotti da elementi metallici in contatto con il terreno o con altre strutture metalliche non controllabili.

I collegamenti equipotenziali consentono, inoltre, di ridurre la resistenza complessiva dell'impianto di terra e quindi di aumentare la sicurezza dell'impianto.

I conduttori utilizzati per i collegamenti equipotenziali, distinti in conduttori equipotenziali principali EQP e in conduttori equipotenziali supplementari EQS, devono presentare la sezione minima riportata in tabella.

I conduttori EQP connettono al collettore (nodo) principale di terra le tubazioni metalliche entranti nell'edificio (acqua, gas ecc.) le tubazioni dei servizi (riscaldamento, condizionamento, aria compressa), le parti strutturali metalliche dell'edificio.

I conduttori EQS svolgono la stessa funzione, collegando masse e masse estranee ai nodi secondari, in prossimità dei circuiti terminali, in quanto non sempre i collegamenti principali possono assicurare l'equipotenzialità.

Sezioni minime dei conduttori equipotenziali

Conduttori equipotenziali	Sezione conduttore di protezione principale PE (mm ²)	Sezione conduttore equipotenziale (mm ²)
Principale EQP	≤ 10 = 16 = 25 > 35	6 10 16 25
Supplementare EQS: a) Collegamento massa-massa; b) Collegamento massa-massa estranea.	a) EQS ≥ PE di sezione minore b) EQS ≥ 1/2 della sezione del corrispondente conduttore PE In ogni caso la sezione del conduttore EQS dev'essere: ≥ 2,5 mm ² se è prevista una protezione meccanica; ≥ 4 mm ² se senza protezione meccanica.	

Collettore o nodo principale di terra

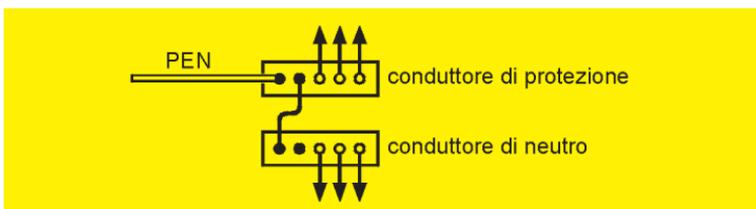
In ogni impianto devono essere predisposti uno o più collettori di terra costituiti da sbarre e morsettiere.

In prossimità del collettore e possibilmente combinato con questo, dev'essere previsto un dispositivo di sezionamento del conduttore di terra, manovrabile solo con attrezzo, per permettere le verifiche. In pratica è sufficiente che il conduttore di terra sia connesso al collettore mediante morsetto a vite oppure mediante capocorda e bullone.

Conduttore di protezione + neutro (PEN)

Nei sistemi di distribuzione TN il conduttore di protezione può assolvere anche la funzione del conduttore neutro (conduttore PEN) purché:

- il conduttore sia fisso e di sezione non inferiore a 10 mm^2 se in rame e 16 mm^2 se in alluminio;
- sul conduttore non siano inseriti dispositivi di sezionamento e comando né organi di protezione che lo possano interrompere;
- nella sezione di impianto che utilizza il conduttore PEN non siano installati dispositivi differenziali (che non potrebbero svolgere la loro funzione);
- il conduttore PEN sia isolato per la tensione nominale del sistema verso terra (tensione fase-neutro);
- se in un punto dell'impianto il conduttore neutro e quello di protezione vengono separati (sistema TN-S) a valle del punto di separazione non possono più essere riuniti in un unico conduttore;
- nel punto di separazione devono essere previsti sbarre o morsetti separati per i conduttori di neutro e i conduttori di protezione; il PEN dev'essere connesso alla sbarra o al morsetto al quale è collegato il conduttore di protezione.



Generalità

Un'ampia normativa CEI ne disciplina la realizzazione e le prove di accettazione. I requisiti generali di sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico sono contemplate dalle norme CEI che recepiscono documenti CENELEC di armonizzazione e le pubblicazioni IEC.

Norme specifiche riguardano gli aspirapolvere, i lavapavimenti, i ferri da stiro e le presse per stirare, i frigoriferi, i congelatori, gli apparecchi per la cura della pelle e per massaggio, le macchine per lavare ed asciugare la biancheria, le lavastoviglie, le cucine, i forni elettrici ed i fornelli, i macinacaffè e polverizzatori, gli scaldacqua e i riscaldatori di liquidi, i condizionatori ed i ventilatori, le stufe elettriche, i tritarifiuti, i rasoi, le tosatrici ed apparecchi analoghi, ecc.

Altre norme riguardano i televisori, le apparecchiature e i sistemi di alta fedeltà ecc.

Qualsiasi apparecchio elettrodomestico realizzato secondo le norme CEI, deve recare la marcatura CE. Inoltre può essere assoggettato al regime del marchio di qualità.

Gli elettrodomestici, come del resto le apparecchiature elettroniche per uso domestico e quelle per illuminazione e lampade fluorescenti, non devono dar luogo a disturbi elettromagnetici. Questi ultimi fenomeni possono alterare il funzionamento di un apparecchio, di un dispositivo o di un sistema.

Per *compatibilità elettromagnetica* si intende l'idoneità di un dispositivo, di un apparecchio o di un sistema, a funzionare nel proprio ambiente in modo soddisfacente, senza risentire dei disturbi presenti nell'ambiente e senza immettere nello stesso disturbi elettromagnetici inaccettabili. Se gli apparecchi rispondono a questi requisiti sono muniti di un marchio internazionale per la compatibilità elettromagnetica (EMC).



La regolamentazione al riguardo è contenuta nel D.Lgs. 12 novembre 1996, n. 615. Esso è completato dalla circolare 29 maggio 1997 recante alcune indicazioni nell'ambito delle funzioni di controllo per evitare turbative del mercato.

Le problematiche tecniche relative alla compatibilità elettromagnetica sono studiate dal Comitato Tecnico (CT) del CEI 210. Le norme pubblicate al riguardo sono numerosissime.

Consumi energetici

La Commissione Europea ha predisposto apposite direttive affinché i costruttori di elettrodomestici fissi forniscano agli acquirenti indicazioni sui consumi di energia elettrica dei loro prodotti. A tal fine è stata studiata l'*etichetta informativa* contenente tutti quei dati che consentono al consumatore raffronti tra le varie marche ai fini di una oculata scelta.

La gamma degli apparecchi che dovrebbero essere muniti dell'*etichetta informativa* è molto vasta e comprende gli scaldacqua, i forni, i frigoriferi, i congelatori, le lavatrici, le lavastoviglie, ecc.

L'*etichetta informativa* fornisce varie indicazioni.

Attraverso frecce multicolore e lettere (dalla A alla G), indica il consumo di ogni macchina. Le lettere A, B o C indicano un'ottima o buona efficienza energetica e quindi consumi assai contenuti. Le altre lettere invece indicano apparecchi meno efficienti.

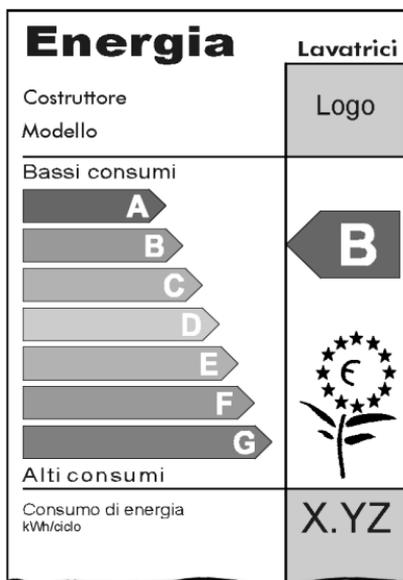
A lato è riportata la parte dell'*etichetta* relativa ai consumi. Altre indicazioni riguardano talune caratteristiche, variabili da apparecchio ad apparecchio.

Così, ad esempio, per le lavatrici viene precisato: efficacia di lavaggio e di centrifugazione, consumo di acqua e livello di rumorosità.

Naturalmente i valori riportati in etichetta sono desunti da norme di carattere europeo (EN) per evitare arbitrarie interpretazioni.

Nei documenti di armonizzazione sono previste severe sanzioni per i costruttori e gli importatori che trasgrediscono le disposizioni contenute nei relativi decreti.

Nelle pagine che seguono sono indicate le caratteristiche dei principali elettrodomestici agli effetti dell'installazione e degli accorgimenti per ridurre i consumi nel corso del servizio ordinario.

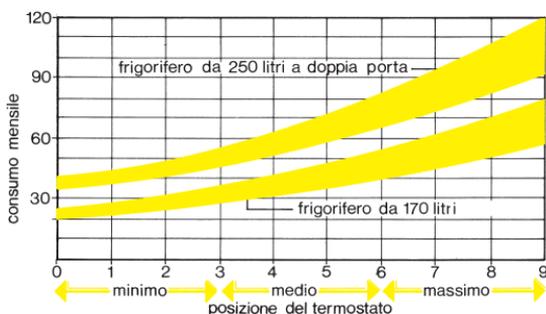


Frigoriferi a compressore

Potenza e consumi con temperatura ambiente + 25 °C e cella principale a + 5 °

Capacità (l)	130 ÷ 160	160 ÷ 200	200 ÷ 250	250 ÷ 400
Potenza (W)	100 ÷ 130	120 ÷ 140	130 ÷ 160	200 ÷ 300
Consumo mensile (kWh)	30 ÷ 40	35 ÷ 45	45 ÷ 50	50 ÷ 100

Risparmi energetici



– I consumi indicati nella tabella si riferiscono a frigoriferi sempre chiusi e con termostato in posizione di minimo. Se posto nella posizione medio o massimo i consumi aumentano rapidamente (vedi diagramma).

– Disporre l'elettrodomestico nel punto più fresco del locale, mai vicino a termosifoni e fornelli.

– Limitare l'apertura delle porte e non introdurre cibi caldi.

– Assicurarsi della buona tenuta delle guarnizioni.

– Se l'apparecchio non è munito di sbrinatori automatici, evitare che lo spessore della brina superi i 5 mm, l'accumulo di ghiaccio sulle pareti aumenta i consumi e riduce la vita dell'apparecchio.

– Evitare depositi di polvere sul condensatore per facilitare lo scambio termico tra interno ed esterno.

Frigoriferi ad assorbimento

In genere di piccola capacità. Sono silenziosi ma consumano di più di quelli a compressore. Usati, in genere, come frigo-bar negli alberghi.

Lavabiancheria

Carico (Kg)	Potenza (kW)	Consumo per lavaggio (kWh)
3	1,5	2,0
5	2,2	3,0

Lavastoviglie

Carico in 12 coperti	Potenza (kW)	Consumo per lavaggio (kWh)
12	2	1,8
12	3	2,5

Risparmi energetici

- Utilizzare l'elettrodomestico per carichi completi.
- Per la lavabiancheria scegliere accuratamente il programma: se troppo lungo danneggia i tessuti ed aumenta i consumi.
- Per le lavastoviglie usare programmi "economici", previsti per carichi poco sporchi che consentono un risparmio del 10%.

Scaldacqua

Capacità (l)	Potenza (kW)	Consumo (kWh)
50	1000	3,0
80	1200	4,2
100	1500	6,0

Risparmi energetici

Il consumo indicato nella tabella indica l'energia assorbita per portare la temperatura dell'acqua da 15 a 70 °C.

- Notevoli dispersioni di energia: uno scaldacqua da 80 litri tenuto a 60 °C, senza prelevare acqua, disperde circa 2 kWh al giorno senza contare quelli necessari per scaldare l'acqua.
- Installarlo in zona non ventilata ed il più vicino possibile ai punti di prelievo dell'acqua calda per evitare dispersioni nelle tubazioni.
- Possibilmente, non tenerlo costantemente inserito, meglio utilizzarlo nelle ore notturne, quando la richiesta di energia da parte dell'utenza è minore.

Condizionatori

Potenzialità frigorifera (frigorie/ore) ⁽¹⁾	Volume ambiente (m ²)	Potenza assorbita (kW)
500 ÷ 800	40 ÷ 50	0,4 ÷ 0,7
800 ÷ 1200	60 ÷ 70	0,6 ÷ 0,8
1200 ÷ 1500	80 ÷ 100	0,75 ÷ 1,5
1500 ÷ 3000	100 ÷ 150	1,0 ÷ 1,8
4500		3

(¹) Una frigorifera riduce la temperatura di 1 m³ d'aria di circa 3 °C.

Risparmi energetici

- Installarli in posizioni non soleggiate ed in modo che l'aria circoli liberamente sia dalla parte di ventilazione esterna, sia dalla parte interna.
- Dalla parte interna evitare di porre davanti tendaggi o simili; dalla parte esterna evitare ostacoli a distanza inferiore a 2 metri.
- Non regolare il termostato al massimo, ma in modo da ottenere una differenza tra esterno ed interno di non più di 5 °C.
- Accertarsi che la serranda d'aria esterna sia normalmente chiusa in modo che l'aria trattata sia solo quella dell'ambiente. Aprire la serranda solo nel caso che l'aria dell'ambiente sia viziata (fumo).
- Tenere abbassate le tapparelle o le persiane nelle ore di esposizione solare.
- Pulire regolarmente il filtro d'aria.
- Accertarsi che le fessure delle griglie di ventilazione non siano ostruite nella parte esterna da depositi polverosi o corpi estranei.

Ordini di grandezza delle potenze assorbite dagli elettrodomestici

Tipo di apparecchio	Funzionamento	Potenza assorbita (W)
Asciugacapelli	◆	200 ÷ 300
Aspirapolvere	●	150 ÷ 300
Aspiratori centrifughi	●	40 ÷ 80
Bistecchiera	■	600 ÷ 1000
Cappe filtranti o aspiranti	●	60 ÷ 100
Coltello elettrico	●	100 ÷ 150
Cucina elettrica (a 2 o 3 piastre)	■	3000 ÷ 3500
Ferri da stiro	■	300 ÷ 700
Frullatori	●	100 ÷ 200
Girarrosto	◆	700 ÷ 1500
Lucidatrici	●	300 ÷ 400
Macchina per caffè	◆	800 ÷ 1000
Macinacaffè	●	60 ÷ 100
Piastra elettrica	■	600 ÷ 1200
Riscaldatore ad immersione per bagni	■	1500 ÷ 2000
Spazzola elettrica	●	50 ÷ 60
Spremiagrumi	●	40 ÷ 60
Stufa elettrica	■	1000 ÷ 2000
Tostapane	■	500
Tritaghiaccio, grattuggia, affettatrice	●	150 ÷ 200
Tritatutto	●	500 ÷ 600
Ventilatore	●	20 ÷ 80

I valori variano in relazione alle prestazioni.

- A resistenza
- A motore
- ◆ A motore e resistenza

Generalità

L'articolo 7 del D.M.37/98 prescrive che al termine dei lavori l'impresa installatrice rilasci la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati nel rispetto delle norme CEI.

Con tale documento l'impresa dichiara e sottoscrive, tra l'altro, di aver controllato l'impianto ai fini della sicurezza e della funzionalità con esito positivo.

A tale scopo dichiara di aver eseguito le verifiche attenendosi alle prescrizioni delle norme CEI e alle disposizioni di legge. Sono previste severe sanzioni amministrative a carico degli inadempienti.

Le verifiche degli impianti elettrici utilizzatori a bassa tensione sono regolate dalla Norma CEI 64-8/6 la quale prescrive che l'impianto elettrico sia soggetto a:

- *verifica iniziale* durante l'installazione (per quanto praticamente possibile) e al suo completamento o dopo la realizzazione di integrazioni o modifiche, prima di essere messo in servizio;
- *verifiche periodiche* per controllare che l'impianto e i suoi componenti si trovino in condizioni soddisfacenti per il loro uso.

Al termine delle verifiche deve essere redatto un rapporto sui risultati di tali verifiche

Le operazioni tramite le quali si accerta la rispondenza dell'impianto alle prescrizioni normative sono raggruppabili in due sezioni: esame a vista e prove consistenti nell'effettuazione di misure, mediante appropriati strumenti o prove di funzionalità.

Verifiche iniziali

Le verifiche iniziali hanno lo scopo di accertare la rispondenza dell'intero impianto elettrico alle prescrizioni normative.

Nel caso di ampliamenti o di modifiche di impianti esistenti, le verifiche devono accertare che tali ampliamenti o modifiche, oltre ad essere conformi alle prescrizioni normative, non compromettano la sicurezza delle parti non modificate dell'impianto. I risultati dell'esame a vista e delle prove devono essere registrati sul rapporto di verifica.

Il tecnico che effettua le verifiche iniziali deve avere a disposizione il progetto o gli schemi e i documenti indicanti:

- il tipo e la composizione dei circuiti (punti di utilizzo serviti,

- numero e dimensione dei conduttori, tipo di canalizzazioni);
- le caratteristiche necessarie per l'identificazione dei dispositivi che svolgono le funzioni di protezione, isolamento e commutazione e loro disposizione;
 - note di calcolo in base alle quali sono stati scelti i conduttori (e le rispettive sezioni) e i dispositivi di protezione (e relativa corrente nominale o di regolazione);
 - correnti di cortocircuito presunte e potere di interruzione dei dispositivi di protezione.

Esame a vista

L'esame a vista è preliminare a qualsiasi altra prova e deve essere effettuato, per quanto necessario, con impianto elettrico fuori tensione. Tale esame deve accertare, avvalendosi anche della documentazione, che i componenti dell'impianto elettrico siano:

- conformi alle prescrizioni di sicurezza (ciò può essere accertato dall'esame di marchi, certificazioni, dichiarazioni di conformità rilasciate dai costruttori);
- scelti correttamente e installati in conformità alle norme e alle istruzioni del costruttore;
- non danneggiati visibilmente in modo tale da comprometterne la sicurezza.

L'esame a vista deve almeno comprendere, per quanto applicabile, la verifica di quanto segue:

- sistemi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, quali barriere, distanze di sicurezza, tipi di involucri in relazione alle condizioni ambientali, adozione di interruttori differenziali, impianto di terra, componenti in classe II o con isolamento equivalente, protezioni per separazione elettrica;
- presenza di sistemi di protezione contro gli effetti termici (ustioni), quali la non accessibilità dei componenti elettrici in grado di raggiungere temperature elevate;
- presenza di sistemi di protezione contro la propagazione del fuoco: barriere tagliafiamma o di tamponamento di eventuali aperture per il passaggio dei cavi e di altre precauzioni, cavi non propaganti l'incendio, a bassa emissione di fumi e gas tossici ecc.;

- scelta dei conduttori per quanto concerne la loro portata, sezione e caduta di tensione (secondo le note di calcolo del progettista);
- scelta e taratura dei dispositivi di protezione e di segnalazione (secondo le note di calcolo del progettista);
- presenza e corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e di comando;
- idoneità delle apparecchiature e delle misure di protezione contro le influenze esterne;
- identificazione dei conduttori di neutro e di protezione;
- connessione dei dispositivi di comando unipolari ai conduttori di fase;
- presenza di schemi, di cartelli monitori e di informazioni analoghe;
- identificazione dei circuiti, dei fusibili, degli interruttori, dei morsetti ecc.;
- idoneità delle connessioni e della loro realizzazione (in caso di dubbio, è opportuno misurare la resistenza elettrica delle connessioni che dovrebbe risultare inferiore alla resistenza elettrica di 1 m del conduttore di sezione minore collegato);
- presenza ed adeguatezza dei conduttori di protezione, compresi i conduttori per il collegamento equipotenziale principale e supplementare;
- agevole accessibilità degli organi di manovra all'operatore;
- agevole accessibilità dell'impianto per interventi operativi e di manutenzione;
- sfilabilità dei conduttori dai tubi protettivi (se richiesto).

Prove strumentali

Dopo l'esame a vista devono essere effettuate le seguenti prove che vanno condotte, per quanto applicabili, possibilmente, nella sequenza indicata.

Nel caso qualche prova indichi la presenza di un difetto, tale prova e ogni altra prova precedente che possa essere stata influenzata dal difetto segnalato devono essere ripetute dopo l'eliminazione del difetto stesso.

I metodi di prova descritti nel seguito costituiscono metodi di riferimento; è ammesso l'uso di altri metodi di prova, purché essi forniscano risultati ugualmente validi.

Continuità dei conduttori di protezione e dei conduttori equipotenziali principali e supplementari

Allo scopo viene utilizzato uno strumento multifunzione, oppure uno strumento specifico con un ohmmetro, in grado di erogare una corrente di prova non inferiore a 0,2 A con una tensione a vuoto in corrente continua o alternata compresa tra 4 e 24 V.

Si deve verificare la continuità dei conduttori di protezione PE e PEN, dei conduttori equipotenziali principali (EQP), supplementari (EQS) e del conduttore di terra. Ad esempio per un edificio civile la misura di continuità si effettua:

- tra il collettore di terra (MT) ed il ponticello che collega tra loro le tubazioni metalliche destinate alla distribuzione dell'acqua potabile, del riscaldamento o del gas;
- tra il collettore di terra e gli alveoli di terra delle prese a spina;
- tra il collettore di terra e l'involucro metallico degli apparecchi utilizzatori;
- tra l'alveolo di terra delle prese e il morsetto posto sul tubo dell'acqua nel locale adibito a bagno.

La prova ha il solo scopo di verificare la continuità dei conduttori (non la loro resistenza) che pertanto risulta non verificata quando la corrente erogata dallo strumento risulta inferiore a 0,2 A.

Misure di isolamento

Sezionato l'impianto (interruttore generale aperto) si misura la resistenza di isolamento:

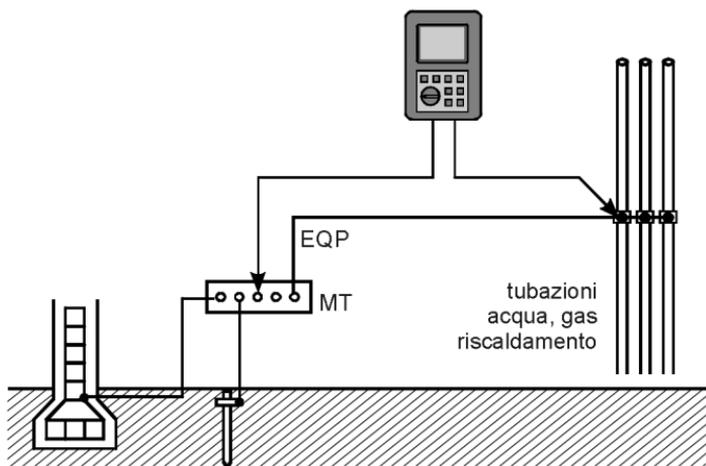
- a) tra ogni conduttore attivo o tra tutti i conduttori attivi collegati insieme (se praticamente possibile) e il conduttore di protezione PE connesso a terra;
- b) tra i conduttori attivi (prova consigliata).

Negli impianti di dimensioni limitate la prova viene eseguita all'origine, ossia in prossimità del punto di consegna dell'energia.

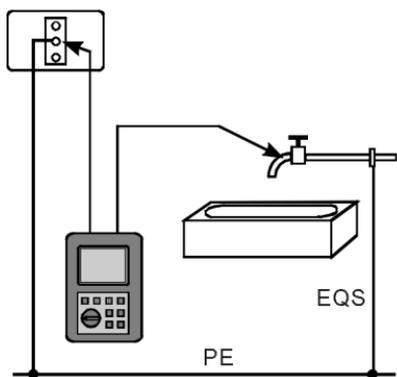
Negli impianti complessi i valori di resistenza misurati all'origine dell'impianto possono risultare inferiori a quelli di tabella. È opportuno allora suddividere l'impianto in gruppi di circuiti e ripetere la misura per ciascun gruppo.

Si tenga presente che:

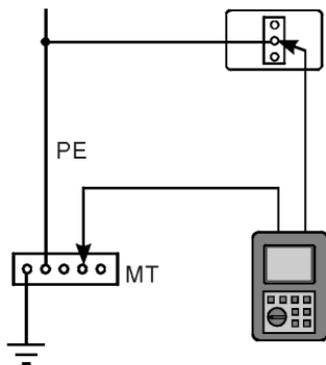
- prima dell'esecuzione delle prove si devono disinserire tutti gli apparecchi utilizzatori;
- nei sistemi TN-C il conduttore PEN è considerato come facen-



a



b



c

Verifiche di continuità.

a - Tra il collettore di terra (MT) e i collegamenti equipotenziali principali (EQP).

b - Tra l'alveolo di terra di una presa e il morsetto di uno dei collegamenti equipotenziali nel locale adibito a bagno.

c - Tra il collettore di terra (MT) e l'alveolo di terra di una presa o la massa di un apparecchio utilizzatore.

te parte della terra per cui la misura è eseguita tra i conduttori attivi e il conduttore PEN

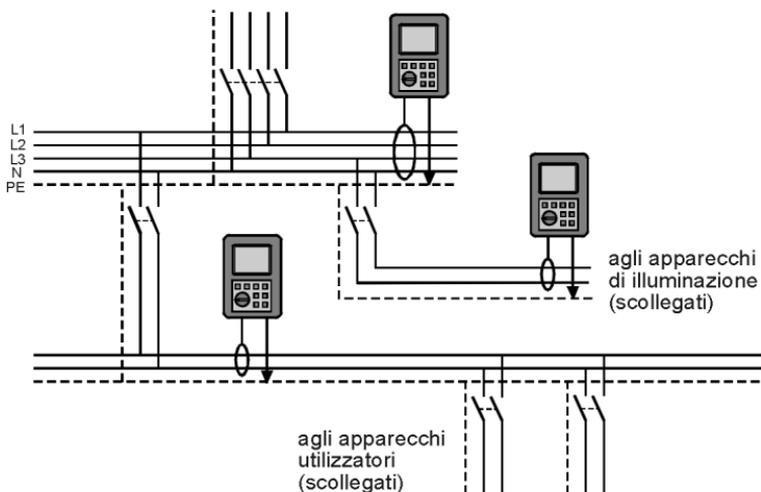
– se qualche componente dell'impianto può influenzare la prova, o essere danneggiato, deve essere disinserito. Se non è possibile disinserirlo la tensione di prova può essere ridotta sino a 250 V c.a. per il relativo circuito, ma la resistenza di isolamento deve avere almeno il valore di 1 M Ω ;

I valori minimi della resistenza di isolamento sono indicati nella tabella seguente in relazione alla tensione del circuito.

Per le misure si utilizza uno strumento multifunzione con megaohmmetro in grado di fornire i valori della tensione di prova richiesti con un carico di 1 mA.

Minimi valori della resistenza di isolamento

Tensione nominale del circuito (V)	Tensione di prova (V)	Resistenza di isolamento (M Ω)
Sistemi SELV e PELV	250	$\geq 0,5$
Fino a 500 V	500	$\geq 1,0$
Oltre 500 V	1 000	$\geq 1,0$



Misura della resistenza di isolamento.

Verifica della protezione per separazione elettrica

La prova, da effettuare nel caso che la protezione contro i contatti diretti e indiretti sia attuata mediante sistemi SELV e PELV, deve verificare che la resistenza di isolamento tra le parti attive del circuito alimentato tramite trasformatore di sicurezza (o sorgente con analoghe caratteristiche) e quelle di altri circuiti, non sia inferiore a quella indicata nella tabella di pagina precedente. Le misure devono essere eseguite con i criteri indicati per la misura della resistenza di isolamento.

La misura deve verificare:

- nei sistemi SELV, la separazione tra le parti attive del circuito separato da quelle di altri circuiti e dalla terra;
- nei sistemi PELV, la separazione tra le parti attive del circuito separato da quelle di altri circuiti;

Nel caso di protezione mediante separazione elettrica (con trasformatore ordinario), la separazione delle parti attive del circuito separato da quelle di altri circuiti e dalla terra.

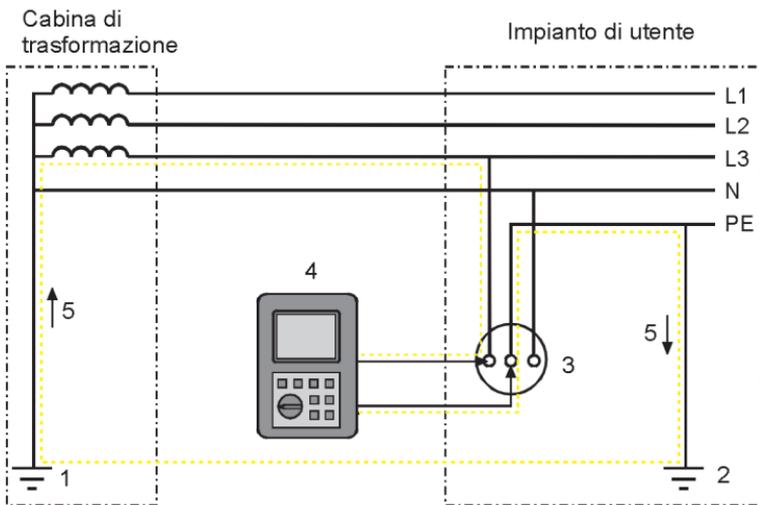
Verifica della protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

Per i sistemi TT tale condizione deve essere verificata con la misura della resistenza dell'impianto di terra R_A e con il controllo delle caratteristiche del dispositivo di protezione che devono essere tali da soddisfare la relazione $R_A \leq 50/I_a$ (v. pag. 63). Per i sistemi TN si deve effettuare la misura dell'impedenza dell'anello di guasto e verificare che le caratteristiche del dispositivo di protezione consentano di soddisfare la relazione $Z_s \leq U_0/I_a$ (v. pag. 64).

Per i dispositivi differenziali la verifica si effettua mediante esame a vista e con prova di funzionamento. Per i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti invece si controlla a vista la corrente nominale o di regolazione per gli interruttori automatici, la corrente nominale per i fusibili e le caratteristiche di intervento.

Misura della resistenza di terra

Per gli impianti installati in edifici collocati in aree densamente popolate, risulta difficile reperire spazi per infiggere le sonde ausiliarie richieste dal metodo voltamperometrico.



Impiego del looper tester ⁽¹⁾ per la misura della resistenza di terra.

1 - Dispensore di terra della cabina di trasformazione ente distributore. Per semplicità rappresentativa è stato indicato solamente il secondario del trasformatore dal quale escono le linee destinate alla distribuzione: tre fasi (L1 - L2 - L3) e neutro (N).

2 - Dispensore di terra dell'utente.

3 - Presa a spina dell'impianto utilizzatore collegato al proprio impianto di terra.

4 - Strumento di misura.

5 - Flusso di corrente attraverso il terreno. Il circuito si chiude attraverso il conduttore della fase L3, lo strumento di misura il conduttore PE dell'utente, la terra dell'utente e quella della cabina.

Per tale motivo, la norma CEI 64-8/6 ammette per i sistemi di distribuzione TT la misura della resistenza di terra tramite l'analisi del circuito di guasto.

A tal fine si utilizza uno strumento denominato loop tester.

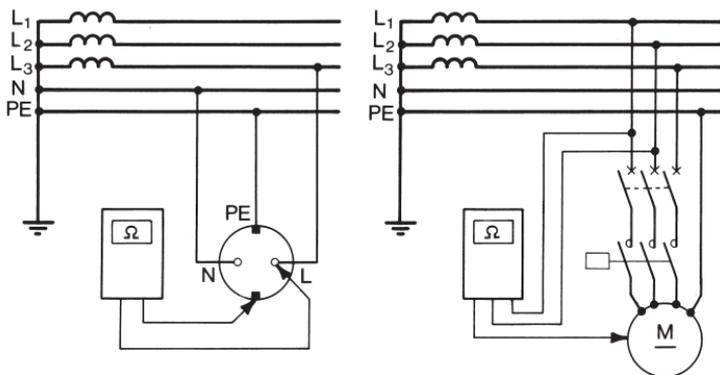
⁽¹⁾ E' uno strumento per la misura della resistenza globale dell'anello di guasto, comprensiva della resistenza di terra dell'utente e della resistenza di terra del neutro dell'ente distributore dell'energia elettrica. Pertanto lo strumento fornisce (direttamente) un valore della resistenza di terra dell'utente in eccesso (in quanto comprendente anche la resistenza di terra del distributore), ma a favore della sicurezza.

Misura dell'impedenza dell'anello di guasto mediante loop tester

La misura può essere effettuata in maniera rapida utilizzando un loop tester. La figura illustra un paio di esempi di come effettuare la misura con tale strumento.

È necessario tuttavia tenere sempre ben presente che questi strumenti consentono di rilevare esclusivamente il valore della resistenza del circuito di guasto, anziché l'impedenza, per cui la misura fornisce risultati corretti e può quindi essere accettata solo quando si è certi che l'anello di guasto è prevalentemente resistivo.

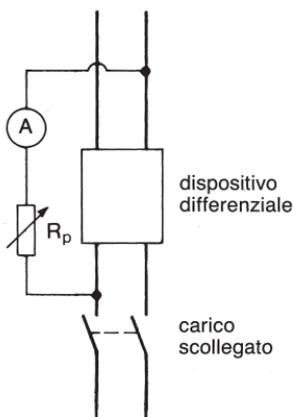
In linea di massima i loop tester possono essere utilizzati in impianti di bassa potenza (non superiore a 160 kVA) e quando nell'impianto sono presenti cavi di sezione non superiore a 95 mm².



Verifica dell'intervento degli interruttori differenziali

La Norma CEI 64-6 indica tre metodi di prova per la verifica del valore della corrente di intervento degli interruttori differenziali. Nella figura di pagina seguente è riportato lo schema di principio del metodo che prevede il collegamento di una resistenza variabile R_p a cavallo del dispositivo differenziale, su conduttori attivi diversi.

Si aumenta quindi la corrente riducendo il valore della resistenza variabile. La corrente I_d alla quale interviene il dispositivo differenziale non deve superare il valore della corrente nominale differenziale I_{dn} del dispositivo di protezione.



Schema di principio per la verifica del tempo di intervento dei differenziali.

È raccomandabile la disinserzione del carico. Se il carico è inserito, si deve accertare che la sua corrente di dispersione sia trascurabile.

Prova di polarità

Consiste nell'individuazione strumentale del conduttore di neutro per verificare che nessun dispositivo di interruzione unipolare si trovi installato su tale conduttore (quando ciò è vietato).

Nei circuiti monofasi (fase-neutro) il conduttore di neutro si individua misurando la tensione verso terra di entrambi i conduttori: il neutro è quello che presenta una tensione prossima a zero.

Nei circuiti trifasi si misura la tensione tra quello che si suppone essere il neutro e ognuno degli altri tre: se l'intuizione è corretta, le tre misure danno un valore pressoché costante; altrimenti una di esse sarà inferiore e consentirà di individuare il neutro.

Prove di funzionamento

Le unità costituite da diversi componenti, come le apparecchiature prefabbricate, i motori e i relativi ausiliari, i comandi e i blocchi devono essere sottoposti a una prova di funzionamento per verificare che essi siano montati, regolati ed installati in accordo con le prescrizioni normative.

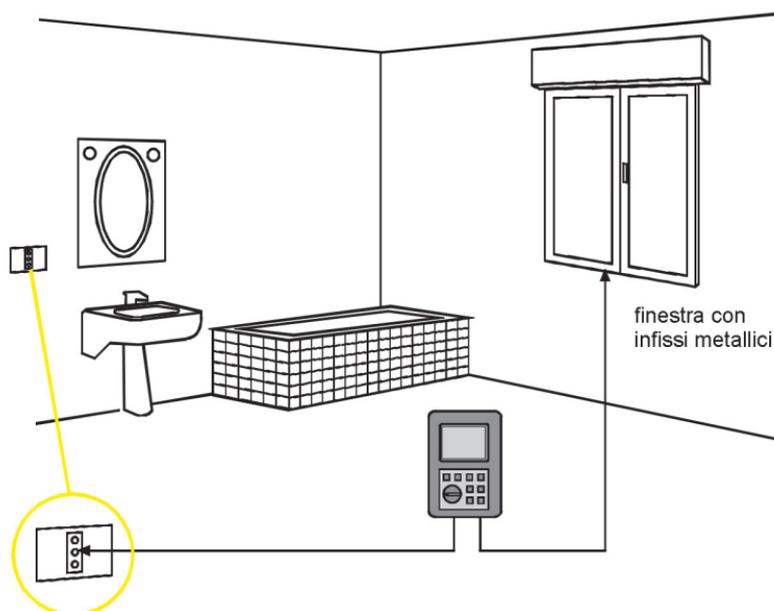
I dispositivi di protezione devono essere sottoposti a prove di funzionamento, se necessario, per verificare che siano stati installati e regolati in modo appropriato.

Individuazione delle masse estranee

Lo stesso metodo utilizzato per la misura della resistenza di terra è applicabile per l'individuazione delle masse estranee come indicato dallo schema di inserzione sottostante.

Le masse estranee, sono quelle parti conduttrici che non fanno parte dell'impianto elettrico, ma che sono suscettibili di introdurre il potenziale di terra. Per verificare che una struttura metallica debba essere considerata una massa estranea (e quindi debba essere collegata a terra mediante un conduttore equipotenziale) si deve misurare la sua resistenza verso terra.

Il valore limite al di sotto del quale la struttura risulta una massa estranea è stato fissato dalle norme in 1000 ohm per gli ambienti ordinari e in 200 ohm per i locali a maggior rischio elettrico, quali i cantieri, i locali ad uso agricolo e gli ambienti ad uso medico.



Impiego del loop tester per la ricerca di masse estranee.

Rapporto a seguito della verifica iniziale

Al termine della verifica iniziale, deve essere preparato e consegnato al committente un rapporto di prova che deve indicare l'oggetto della verifica, insieme con l'esito dell'esame a vista e dei risultati di prova.

Ogni difetto od omissione rilevato durante la verifica deve essere eliminato prima della consegna dell'impianto da parte dell'installatore.

In caso di verifica iniziale o di modifica o di aggiunta a un impianto esistente, il rapporto può contenere le opportune raccomandazioni per le riparazioni e i miglioramenti.

Verifiche periodiche

Quando è richiesta la verifica periodica dell'impianto deve essere eseguita con la finalità di accertare che l'impianto non risulti danneggiato o deteriorato in modo da ridurne la sicurezza, ovvero la presenza di difetti e lo scostamento dai requisiti richiesti dalla normativa.

La verifica periodica deve comprendere un esame a vista approfondito dell'impianto integrato dalle opportune prove, indicate per la verifica iniziale, che possono essere effettuate per campionamento, includendo almeno:

- la misura della resistenza di isolamento;
- la prova di continuità dei conduttori di protezione;
- la verifica che le prescrizioni per la protezione contro i contatti indiretti siano soddisfatte;
- la prova funzionale dei dispositivi di protezione differenziale e dei dispositivi di controllo.

Evidentemente nell'effettuare la verifica dovrebbero essere tenuti in considerazione i risultati e le raccomandazioni di precedenti rapporti, se disponibili, e prese tutte le precauzioni per assicurare che la verifica non causi pericolo alle persone e agli animali o danni alle apparecchiature anche se il circuito risulta guasto.

Le verifiche periodiche possono essere sostituite, nel caso di impianti elettrici di grandi industrie, da un adeguato e sicuro regime di sorveglianza e di manutenzione continuo degli impianti e dei loro componenti attuato da parte di persone esperte.

Frequenza della verifica periodica

La frequenza della verifica periodica di un impianto deve essere determinata considerando il tipo di impianto e componenti, il suo uso e funzionamento, la frequenza e la qualità della manutenzione e le influenze esterne a cui l'impianto è soggetto.

La Norma CEI 64-8/6 suggerisce un intervallo di tempo di alcuni anni, (per esempio 4 anni) con le eccezioni seguenti che, a causa del maggiore rischio, possono richiedere intervalli di tempo più brevi:

- posti di lavoro o luoghi in cui esistano rischi di degrado, di incendio o di esplosione;
- posti di lavoro o luoghi in cui coesistano impianti di alta e di bassa tensione;
- luoghi ai quali abbia accesso il pubblico;
- cantieri;
- impianti di sicurezza (per esempio illuminazione di sicurezza)

Per gli edifici residenziali possono essere considerati adeguati intervalli di tempo maggiori (per es. 10 anni).

Si osservi che in qualche caso l'intervallo di tempo è stabilito da prescrizioni di carattere legislativo.

In ogni caso sarebbe opportuno che il responsabile della verifica indicasse nel rapporto l'intervallo per la successiva verifica periodica.

Rapporto delle verifiche periodiche

A seguito della verifica periodica di un impianto esistente, deve essere preparato un rapporto periodico. Tale documentazione deve includere i dettagli di quelle parti dell'impianto e delle limitazioni della verifica coperte dal rapporto, insieme con una registrazione dell'esame a vista, che includa ogni difetto nonché il risultato delle prove.

Il rapporto periodico può contenere le raccomandazioni per la riparazione e il miglioramento, se opportuno, tale da portare l'impianto conforme alla presente norma.

Aspetti generali

Al termine dei lavori di installazione di un nuovo impianto o di trasformazione, ampliamento, manutenzione straordinaria di un impianto esistente, l'impresa installatrice deve rilasciare al committente la dichiarazione di conformità alla regola dell'arte di quanto realizzato sulla base del modello, riportato nell'Allegato I del D.M. 37/08, che, essendo un modello, non vincola all'impiego di un prestampato identico.

La dichiarazione di conformità deve essere sottoscritta dal titolare o legale rappresentante dell'impresa installatrice e, congiuntamente, dal responsabile tecnico in possesso dei requisiti tecnico-professionali.

Nel caso delle imprese installatrici artigiane, il titolare si identifica con il responsabile tecnico.

La dichiarazione è intestata al committente dell'impianto, che può essere anche l'impresa edile esecutrice per gli edifici.

Alcune osservazioni meritano di essere fatte, soprattutto in merito alle differenze riscontrabili rispetto a modello richiesto dalla precedente legge 46/90.

Tipologia dell'intervento

Oltre al tipo di intervento (nuovo impianto, trasformazione ecc.) deve essere indicata la potenza massima impegnabile, valore che se supera il limite di 6 kW, impone l'obbligo del progetto da parte di un professionista.

Norme tecniche rispettate

La "legenda" stampata sul retro del modulo richiede l'indicazione delle norme seguite sia per impianti con progetto redatto da un professionista sia per impianti con progetto redatto dal responsabile tecnico; per cui chi redige la dichiarazione di conformità è tenuto a rilevare tali riferimenti anche dalle eventuali documenti di progetto.

Pressoché sempre occorre fare riferimento alla Norma CEI 64-8; integrata da altre, nel caso ad esempio di impianti comprendenti protezioni contro i fulmini o realizzati in luoghi con pericolo di esplosione o altro ancora.

Progetto

Allorché si dichiara di aver rispettato un progetto devono essere indicati nome, cognome e qualifica del progettista che l'ha fir-

mato e, ove questo sia un professionista, anche gli estremi di iscrizione all'albo professionale.

Allegati obbligatori

La *relazione con le tipologie dei materiali utilizzati* deve contenere, per i prodotti soggetti a norme, la dichiarazione di rispondenza alle stesse, completata con riferimenti a marchi, certificati di prova ecc. rilasciati da istituti autorizzati. Per gli altri prodotti (da elencare) il firmatario deve dichiarare che trattasi di materiali, prodotti e componenti conformi alle norme di sicurezza. La relazione deve dichiarare inoltre la loro idoneità rispetto all'ambiente di installazione.

Lo *schema di impianto realizzato*, è la descrizione schematica dell'impianto, della sua consistenza e della tipologia dell'installazione.

Nei casi di trasformazione, ampliamento e manutenzione straordinaria di impianti già esistenti, si devono inserire i *riferimenti ad altre dichiarazioni di conformità precedenti* già esistenti o a dichiarazioni di rispondenza.

Impieghi della dichiarazione di conformità

La dichiarazione di conformità entra in possesso del proprietario o del responsabile dell'impianto. Costui può averla ricevuta direttamente dall'impresa installatrice (nel caso sia stato lui il committente dei lavori), oppure dall'impresa edile che ha costruito o ristrutturato l'edificio. Questo documento diviene per lui indispensabile ai seguenti scopi:

- 1) Ritenere (fino a prova contraria) l'impianto o quanto in esso realizzato conforme alla regola dell'arte.
- 2) Richiedere al Comune il rilascio dell'agibilità (ove questa non sia già stata presente al momento dei lavori e solo in caso di impianto nuovo o completamente rifatto).
- 3) Completare la pratica per la richiesta di allacciamento elettrico o di aumento della potenza impegnata che richieda interventi sugli impianti o, comunque, se superiore a 6 kW. In questi casi coppia della dichiarazione di conformità, esclusi i relativi allegati obbligatori, va consegnata al distributore o al venditore di energia elettrica entro 30 giorni dall'allacciamento. Se il distribu-

tore di energia non riceve copia della dichiarazione di conformità entro il termine stabilito o dall'avvenuto aumento della potenza impegnata, è autorizzato a sospendere la fornitura.

4) Attestare formalmente, in caso di cessione a qualsiasi titolo dell'immobile, che gli impianti elettrici in esso presenti sono stati realizzati a regola d'arte.

5) (Limitatamente ai luoghi di lavoro) effettuare la denuncia dell'impianto di terra, dell'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche e/o dell'impianto elettrico in zone con pericolo di esplosione, in conformità a quanto prescritto dal D.P.R. 462/01

Consegna allo sportello unico

Il D.M. 37/08 stabilisce che, in caso di rifacimento o installazione di nuovi impianti in edifici per i quali è già stato rilasciato il certificato di agibilità, l'impresa installatrice deve depositare, entro 30 giorni dalla conclusione dei lavori, presso lo sportello unico per l'edilizia del Comune ove ha sede l'impianto, la dichiarazione di conformità completa di tutti gli allegati.

A sua volta, lo sportello unico per l'edilizia inoltra copia della dichiarazione di conformità alla CCIAA territorialmente competente (in relazione al Comune in cui ha sede l'impresa installatrice).

Sanzioni a carico dell'installatore

Premesso che se una dichiarazione di conformità non comprende tutti i dati richiesti dal D.M. 37/08 essa perde di valore, l'articolo 15 del D.M. 37/08 prevede le seguenti sanzioni a carico dell'impresa installatrice:

– sanzione amministrativa da 100,00 a 1000,00 € in caso di violazione degli obblighi inerenti la dichiarazione di conformità (corretta redazione, consegna committente ecc.). L'entità della cifra va commisurata alla grandezza e complessità dell'impianto, nonché al grado di pericolosità e ad altre circostanze obiettive.

– Sanzione amministrativa da 1000,00 a 10.000,00 € per violazione degli obblighi previsti dal D.M. 37/08 a carico dell'installatore, primo fra tutti l'obbligo di realizzare a regola d'arte gli interventi e le verifiche. Anche in questo caso l'entità della cifra va

commisurata alla tipologia dell'impianto, al grado di pericolosità e alle altre circostanze obiettive.

– Sospensione temporanea dell'iscrizione dell'impresa dal Registro delle imprese o dall'Albo delle imprese artigiane in caso di grave violazione, reiterata 3 volte, delle norme relative alla sicurezza degli impianti.

Nei casi più gravi di falsa attestazione da parte dell'imprenditore, si applica l'articolo 21 della legge 241/90 che richiama l'articolo 483 del Codice Penale, attinente la "falsità ideologica commessa dal privato in atto pubblico". La sanzione prevista arriva a un massimo di 2 anni di reclusione.

Sanzioni penali in caso di infortunio

In caso di infortunio correlabile alla presenza di un impianto realizzato non a regola d'arte, l'installatore può essere chiamato a rispondere di lesioni personali colpose (art. 590 del Codice Penale) o di omicidio colposo (art. 589 del Codice Penale).

Impianti in luoghi di lavoro

Per gli impianti installati in luoghi di lavoro, gli installatori che violano le norme di salute e di sicurezza sul lavoro (anche installando, trasformando, ampliando o mantenendo impianti elettrici senza osservare la regola dell'arte) sono puniti dall'articolo 57, comma 3 del D.Lgs. 81/08 con l'arresto fino a 3 mesi o con l'ammenda da 1000,00 a 3000,00 €.

Nullità dei contratti irregolari

Se un'impresa, pur non essendo abilitata, stipula un contratto con un committente per una delle tipologie di intervento previste dal D.M. 37/08, tale contratto, ai sensi dell'articolo 1418 del Codice Civile risulta essere nullo.

La nullità del contratto può essere fatta valere solo dal committente, che ha anche diritto di richiedere un congruo risarcimento dei danni subiti.

DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ DELL'IMPIANTO ALLA REGOLA DELL'ARTE

Il sottoscritto
 titolare o legale rappresentante dell'impresa (ragione sociale)
 operante nel settore con sede in via
 n° comune (prov.) tel.

P. IVA
 iscritta nel registro delle imprese (D.P.R. 7/12/1995 n. 581)
 della Camera C.I.A.A. di
 iscritta all'Albo Provinciale delle imprese artigiane (L. 8.8.1985, n. 443) di n°
 esecutrice dell'impianto (descrizione schematica):

inteso come: nuovo impianto; trasformazione; ampliamento; manutenzione straordinaria;
 altro (1)

Nota - Per gli impianti a gas specificare il tipo di gas distribuito: canalizzato della 1^a - 2^a - 3^a famiglia: GPL da recipienti mobili; GPL da serbatoio fisso.
 Per gli impianti elettrici specificare la potenza massima impegnabile

commissionato da:, installato nei locali siti nel Comune di:
 (prov.) via n°
 scala interno di proprietà (nome, cognome, o ragione sociale e indirizzo)

in edificio adibito ad uso: industriale, civile commercio altri usi;

DICHIARA

sotto la propria responsabilità, che l'impianto è stato realizzato in modo conforme alla regola dell'arte, secondo quanto previsto dall'art. 6, tenuto conto delle condizioni di esercizio e degli usi a cui è destinato l'edificio, avendo in particolare:

rispettato il progetto redatto ai sensi dell'art. 5 da (2)

- seguito la normativa tecnica applicabile all'impiego (3);
- installato componenti e materiali adatti al luogo di installazione (artt. 5 e 6);
- controllato l'impianto ai fini della sicurezza e della funzionalità con esito positivo, avendo eseguito le verifiche richieste dalle norme e dalle disposizioni di legge.

Allegati obbligatori:

- progetto ai sensi degli artt. 5 e 7 (4);
- relazione con tipologie dei materiali utilizzati (5);
- schema di impianto realizzato (6);
- riferimento a dichiarazioni di conformità precedenti o parziali, già esistenti (7);
- copia del certificato di riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali.

Allegati facoltativi (8):

.....

DECLINA

ogni responsabilità per sinistri a persone o a cose derivanti da manomissione dell'impianto da parte di terzi, ovvero da carenze di manutenzione o riparazione.

data Il responsabile tecnico Il dichiarante
 (timbro e firma) (timbro e firma)

AVVERTENZE PER IL COMMITTENTE: responsabilità del committente o del proprietario, art. 8 (9)
 Il sottoscritto:committente dei lavori di chiara di aver ricevuto copia della
 presente dichiarazione corredata dagli allegati indicati
 data firma

Testo della legenda pubblicata a corredo del modello della dichiarazione di conformità

- 1) Come esempio nel caso di impianti a gas, con "altro" si può intendere la sostituzione di un apparecchio installato in modo fisso.
- 2) Indicare: nome, cognome, qualifica e, quando ne ricorra l'obbligo ai sensi dell'articolo 5, comma 2, estremi di iscrizione nel relativo Albo professionale, del tecnico che ha redatto il progetto.
- 3) Citare la o le norme tecniche e di legge, distinguendo tra quelle riferite alla progettazione, all'esecuzione e alle verifiche.
- 4) Qualora l'impianto eseguito su progetto sia variato in opera, il progetto presentato alla fine dei lavori deve comprendere le varianti realizzate in corso d'opera. Fa parte del progetto la citazione della pratica prevenzione incendi (ove richiesta).
- 5) La relazione deve contenere, per i prodotti soggetti a norme, la dichiarazione di rispondenza alle stesse, completata, ove esistente, con riferimenti a marchi, certificati di prova ecc. rilasciati da istituti autorizzati.
Per gli altri prodotti (da elencare) il firmatario deve dichiarare che trattasi di materiali, prodotti e componenti conformi a quanto previsto dagli articoli 5 e 6. La relazione deve dichiarare l'idoneità rispetto all'ambiente di installazione.
Quando rilevante ai fini del buon funzionamento dell'impianto, si devono fornire indicazioni sul numero o caratteristiche degli apparecchi installati e installabili [ad esempio per il gas: 1) numero, tipo e potenza degli apparecchi; 2) caratteristiche dei componenti il sistema di ventilazione dei locali; 3) caratteristiche del sistema di scarico dei prodotti della combustione; 4) indicazioni sul collegamento elettrico degli apparecchi, ove previsto].
- 6) Per schema dell'impianto realizzato si intende la descrizione dell'opera come eseguita (si fa semplice rinvio al progetto quando questo è stato redatto da un professionista abilitato e non sono state apportate varianti in corso d'opera). Nel caso di trasformazione, ampliamento e manutenzione straordinaria, l'intervento deve essere inquadrato, se possibile, nello schema dell'impianto preesistente. Lo schema citerà la pratica prevenzione incendi (ove richiesto).
- 7) I riferimenti sono costituiti dal nome dell'impresa esecutrice e dalla data della dichiarazione.
Per gli impianti o parti di impianti costruiti prima dell'entrata in vigore del presente decreto, il riferimento a dichiarazioni di conformità può essere sostituito dal rinvio a dichiarazioni di rispondenza (art. 7, comma 6).
Nel caso che parte dell'impianto sia predisposto da altra impresa (ad esempio ventilazione e scarico fumi negli impianti a gas), la dichiarazione deve riportare gli analoghi riferimenti per dette parti.
- 8) Esempio: eventuali certificati dei risultati delle verifiche eseguite sull'impianto prima della messa in esercizio o trattamenti per pulizia, disinfezione ecc.
- 9) Al termine dei lavori l'impresa installatrice è tenuta a rilasciare al committente la dichiarazione di conformità degli impianti nel rispetto delle norme di cui all'art. 7.
Il committente o il proprietario è tenuto ad affidare i lavori di installazione, di trasformazione, di ampliamento e di manutenzione degli impianti di cui all'art. 1 ad imprese abilitate ai sensi dell'art. 3.

Palazzoli

Via F. Palazzoli, 31 - 25128 Brescia - Italy
Tel. + 39 030 2015.1 - Fax +39 030 2015.217
www.palazzoli.com