



STUDIO TECNICO Per. Ind. Stefano Brioni

PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI

CIVILI – INDUSTRIALI – MT/BT

IMPIANTI TECNOLOGICI & FOTOVOLTAICI

C.F. BRNSFN89E22B157S - P.IVA 03412990982

E-mail pec stefano.brioni@pec.apisnet.it



RELAZIONE TECNICA

IMPIANTO ELETTRICO

☐ PRELIMINARE ☒ DEFINITIVO ☐ ESECUTIVO ☐ AS-BUILT

COMMITTENTE: **AMBRA S.R.L.**
Via Borgosatollo, 40/E
25124 Brescia (BS)
P.IVA: 01362050179

OGGETTO: **PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO NUOVA
SEDE CARROZZERIA AMBRA S.R.L.**

UBICAZIONE: **Via Padana Superiore SNC/Via Mandolossa 47**
IMPIANTO **25030 Roncadelle (BS)**

N° Progetto	329-1083
N° Iscrizione Albo Periti di Brescia	1479

Il Tecnico
Per.Ind. Stefano Brioni
(Timbro & Firma)



Borgosatollo (BS), 25/07/2024

File R-329-1083-01	Modello Relazione Tecnica	Revisione Rev.01_2019	Pagina 1 di 21
------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	--------------------------

INDICE

NORME DI RIFERIMENTO	3
CARATTERISTICHE GENERALI	4
MANUTENZIONE	4
SICUREZZA	5
CONTINUITA' DI SERVIZIO	5
SUDDIVISIONE DEI CIRCUITI	5
OGGETTO E SCOPO	5
CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI	6
DESCRIZIONE DEI LOCALI	6
FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA	6
TIPOLOGIA DELLE UTENZE IN OGGETTO	6
IMPIANTO DI TERRA	7
PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI	8
QUADRI ELETTRICI	10
NORMATIVA	10
DATI GENERALI	11
DISPOSITIVI DI MANOVRA	11
CARPENTERIA	11
COLLEGAMENTI DI POTENZA	12
COLLEGAMENTI AUSILIARI	12
ACCESSORI PER IL CABLAGGIO	13
SCHEMI	13
RELAZIONE SUL CALCOLO ESEGUITO	13
Calcolo delle correnti di impiego	13
Dimensionamento dei cavi	14
Integrale di Joule	15
Dimensionamento dei conduttori di neutro	16
Dimensionamento dei conduttori di protezione	17
Calcolo della temperatura dei cavi	18
Cadute di tensione	18
Scelta delle protezioni	19
Verifica di selettività	20
CONSIDERAZIONI FINALI	21

NORME DI RIFERIMENTO

L'impianto elettrico progettato secondo le caratteristiche indicate nella seguente relazione e nella documentazione allegata, rispetterà tutte le normative vigenti, anche se non espressamente menzionate, con particolare riferimento a:

- ❖ **Norme CEI 64-8** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
Parte 1: Oggetto, scopo e principi fondamentali;
Parte 2: Definizioni;
Parte 3: Caratteristiche generali;
Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza;
Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici;
Parte 6: Verifiche;
Parte 7: Ambienti e applicazioni particolari
- ❖ **Norme CEI 17-13** Quadri elettrici
- ❖ **Norme CEI 23-51** Quadri elettrici
- ❖ **Norme CEI 81-10** Protezione dalle scariche atmosferiche
- ❖ **Norme CEI 03** Compilazione dichiarazione di conformità

- ❖ **Legge 1/3/68 n.186** Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici.

- ❖ **Legge 18/10/77 n.791** Attuazione della direttiva CEE 72/23 relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico.

- ❖ **DM 1/2/86** Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili.

- ❖ **Legge 9/1/89 n.13** Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati.

- ❖ **DM 22/1/08 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.

- ❖ **D.L. 09/04/2008 n. 81** Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007 n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti.

CARATTERISTICHE GENERALI

Sono parte integrante del presente progetto i seguenti documenti:

Codice elaborato	Descrizione
R-329-1083-01	Relazione Tecnica
S-329-1083-02	TAV.00_Schema a Blocchi TAV.01_Quadro Power Center [QE.PWC] TAV.02 Quadro Generale Bassa Tensione [QE.GBT] TAV.03_Quadro Forni e Tinteggiatura [QE.FET] TAV.04 Quadro Mensa [QE.M] TAV.05_Quadro Uffici Piano Primo [QE.UP1] TAV.06_Quadro Uffici Piano Terra [QE.UPT] TAV.07_Quadro Quarantena e Muletti [QE.MUL] TAV.08_Quadro Bagni e Spogliatoi [QE.BSP] TAV.09_Quadro Aspiratore [QE.ASP]
P-329-1083-02	EL.01_Planimetria Cabina MT-BT EL.02_Planimetria Distribuzione EL.03_Planimetria Illuminazione Produzione EL.04_Planimetria FM Produzione EL.05_Planimetria FM Uffici EL.06_Planimetria Illuminazione Uffici

MANUTENZIONE

In base alla legislazione e normativa prevista l'impianto adeguato deve essere soggetto a regolare manutenzione ordinaria ed eventualmente straordinaria. In particolare si deve verificare il mantenimento nel tempo delle caratteristiche minime di funzionamento dei sistemi di protezione quali:

- Impianto di terra
- Conduttori di protezione
- Collegamenti equipotenziali principali e secondari
- Interruttori differenziali e magnetotermici
- Isolamento dei conduttori dell'impianto elettrico
- Mantenimento del grado di protezione IP in relazione al luogo di installazione
- Funzionamento apparecchi illuminanti di emergenza

SICUREZZA

L'impianto elettrico che verrà adeguato secondo le Leggi, le Norme tecniche relative e le indicazioni del presente progetto e sottoposto alla manutenzione prevista offre la sicurezza indicata dalla regola dell'arte applicabile.

CONTINUITA' DI SERVIZIO

Verrà installato all'interno del cabinato di trasformazione un UPS per il mantenimento dell'alimentazione della cella MT e del circuito di sgancio.

L'illuminazione di emergenza della cabina di trasformazione in caso di mancanza di tensione entrerà in funzione per mezzo di gruppi di batterie autonome.

Per quanto riguarda la carrozzeria, le zone identificate come "carrozzeria" e "forni e tinteggiature" saranno provviste di lampade per l'illuminazione ordinaria che in caso di mancanza di tensione verranno alimentate da un'unità soccorritore di emergenza (CPSS) funzionando al 10% della loro potenza nominale, svolgendo così la funzione di illuminazione di emergenza.

Oltre ai corpi illuminanti sopracitati verranno installati in prossimità delle uscite delle lampade di emergenza di tipo S.A. complete di pittogramma con l'indicazione della via di uscita più vicina.

Le altre zone dell'attività, la mensa, i bagni e gli uffici in caso di mancanza di tensione saranno dotate di lampade di emergenza che entreranno in funzione per mezzo di gruppi di batterie autonome.

Gli uffici saranno inoltre dotati di un UPS per l'alimentazione delle postazioni di lavoro.

SUDDIVISIONE DEI CIRCUITI

L'impianto elettrico sarà suddiviso in circuiti per facilitare l'esercizio, garantire una selettività nell'intervento in caso di guasto e facilitare le operazioni di manutenzione. Le utenze saranno quindi alimentate da propri circuiti che faranno capo ai quadri di distribuzione descritti negli allegati di progetto.

OGGETTO E SCOPO

Scopo dell'intervento sarà la realizzazione delle opere per la messa in servizio degli impianti elettrici della nuova sede della **AMBRA S.R.L.** sita in Via Padana Superiore/Via Mandolossa 47 nel comune di Roncadelle(BS).

Per ottemperare a ciò verranno eseguiti lavori di adeguamento alla cabina MT/BT esistente, come l'ampliamento del manufatto per rendere il locale di ricezione utente adatto alla posa di una nuova cella di ricezione MT conforme CEI 0-16, un nuovo trasformatore in resina MT/BT da $S_n=630\text{kVA}$, un nuovo quadro elettrico Power Center [QE.PWC] e altri componenti utili al funzionamento e alla manutenzione della cabina.

Nell'area all'esterno del capannone verranno realizzate linee interrate per l'alimentazione di diverse utenze, quali un autolavaggio, il gruppo di pompaggio per l'impianto antincendio, lampade montate su palo e alcune colonnine di ricarica per veicoli elettrici in parcheggi dedicati. Tutte queste utenze verranno alimentate dal quadro Power Center posato in cabina, dal quale verrà derivata anche la linea di alimentazione del quadro generale dell'attività posto nella zona carrozzeria.

File R-329-1083-01	Modello Relazione Tecnica	Revisione Rev.01_2019	Pagina 5 di 21
------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	--------------------------

L'attività all'interno si sviluppa in tale modo: una zona carrozzeria, una zona dedicata alla posa di macchinari atti alla verniciatura, un blocco uffici disposto su due piani, una mensa per i dipendenti, un blocco bagni/spogliatoi anch'esso per i dipendenti e dei locali posti sul retro dediti alla ricarica dei muletti e al ricovero delle batterie.

La distribuzione all'interno del capannone avverrà tramite una canala metallica 500x75mm completa di setto separatore e coperchio che percorrerà il perimetro della struttura con calate in tubo rigido sia pvc che metallico a seconda delle utenze da alimentare.

All'interno dei locali mensa, bagni e uffici le distribuzioni avverranno sottotraccia ove possibile e per mezzo di una canala posata nel controsoffitto per gli apparecchi posati a soffitto.

Ogni zona è alimentata da quadri elettrici derivati dal quadro generale della carrozzeria [QE.GBT], per i dettagli dei quadri elettrici si rimanda agli elaborati elencati a pagina 4 della presente relazione tecnica **"S-329-1083-02_TAV.XX"**

Per i dettagli grafici di come verranno distribuiti quadri elettrici ed utenze si rimanda alle planimetrie elencate a pagine 4 della presente relazione tecnica **"P-329-1083-02_EL.XX"**.

CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI

Il locale in oggetto è adibito a capannone industriale soggetta ai vigili del fuoco come da DPR 151/2011.

DESCRIZIONE DEI LOCALI

I locali oggetto di progetto sono adibito a carrozzeria.

FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA

Il contatore dell'energia elettrica è attualmente posizionato all'esterno in apposito locale misure all'interno della cabina MT/BT di trasformazione in accordo con l'ente erogatore.

TIPOLOGIA DELLE UTENZE IN OGGETTO

- Tensione Nominale Primaria	15 kV
- Tensione Nominale Secondaria	400 V
- Potenza Apparente Nominale	630 kVA
- Alimentazione Utenze	Alternata Trifase (3P+N)
- Potenza Assorbita	>100 kW
- Frequenza	50 Hz
- Tipo di sistema di distribuzione	TN-S

IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra è esistente e verrà adeguato come da allegati di progetto. Si rimanda agli elaborati **"P-329-1083-02_EL.01 Planimetria Cabina MT-BT"** per l'impianto di terra della cabina elettrica e **"P-329-1083-02_EL.02 Planimetria Distribuzione"** per la distribuzione dell'impianto di terra del capannone.

La norma CEI 64/8 definisce l'impianto di messa a terra come l'insieme dei dispersori, conduttori di terra, collettori (o nodi di terra), conduttori di protezione ed equipotenziali, destinati a realizzare la messa a terra di protezione.

La struttura e le parti costituenti l'impianto di terra sono illustrate nella seguente figura.

Le parti fondamentali dell'impianto sono:

- PE: conduttore di protezione;
- M: massa;
- ME: massa estranea;
- EQP: collegamento equipotenziale principale;
- EQS: collegamento equipotenziale supplementare;
- COL: collettore;
- CT: conduttore di terra;
- P: pozzetto;
- D: dispersore.

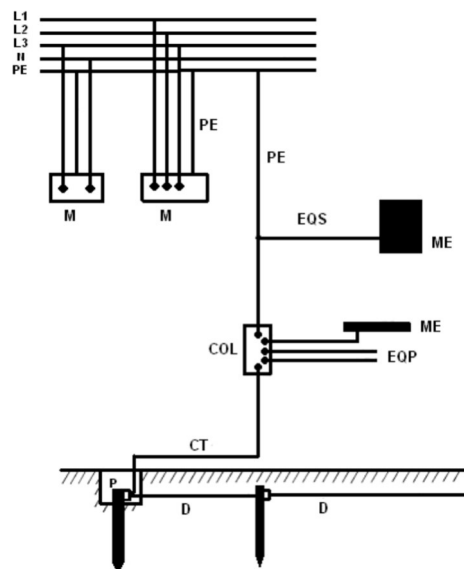
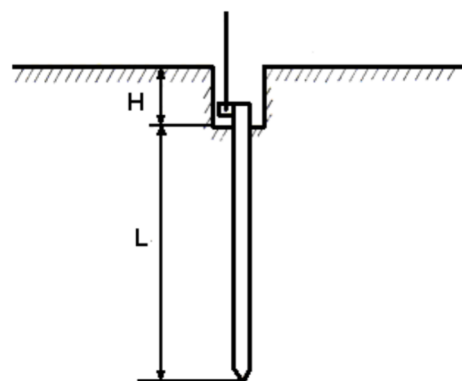


Fig. 1 Struttura dell'impianto di terra

Dispersori

I dispersori sono gli elementi costituenti l'impianto di terra posti a contatto con il terreno con lo scopo di realizzare il collegamento elettrico con la terra. Possono essere distinti in dispersori propri o intenzionali e dispersori di fatto, i primi vengono infissi nel terreno allo scopo di disperdere la corrente in occasione di un guasto a terra, mentre i secondi sono costituiti da corpi metallici immessi nel terreno per altri scopi, ma che collaborano, se opportunamente collegati, alla dispersione a terra della corrente. Tipici esempi di dispersori di fatto sono i ferri di armatura dell'edificio, i basamenti, i montanti di tralicci, ecc. I dispersori intenzionali più frequentemente impiegati sono:

- Il dispersore orizzontale, generalmente interrato fino ad una profondità di circa 1 m, costituito di nastri, di tondini o di conduttori cordati disposti in modo radiale, ad anello, a maglia o da una loro combinazione.
- Il picchetto di terra, comunemente interrato od infisso per una profondità superiore ad 1 m, costituito da un tubo, da una barra cilindrica o da altri profilati metallici.



Le norme CEI prescrivono delle sezioni indicative minime per i vari tipi di dispersori.

Conduttori di terra

Sono i conduttori che collegano i dispersori fra loro ed al collettore principale di terra; questi non sono in intimo contatto con il terreno, in caso contrario si parla di dispersore. La normativa richiede che siano utilizzati conduttori di terra in materiale metallico di sezione minima pari a:

- 16 mm² se protetti contro la corrosione;
- 25 mm² se realizzati in rame e non protetti contro la corrosione;
- 50 mm² se realizzati in ferro e non protetti contro la corrosione.

Collettore di terra

Si tratta di una sbarra, una piastra o semplicemente un morsetto a cui sono collegati i conduttori di terra, protezione, di equipotenzialità e, nel caso dei sistemi TN, il neutro o il PEN. La fig. 3 mostra un esempio di collettore di terra.



Fig. 3 Collettore di terra

Conduttori di protezione

Sono i conduttori che collegano le masse al collettore principale di terra e devono soddisfare, come tutti gli altri componenti dell'impianto elettrico i vari requisiti della norma CEI 64/8. La loro sezione deve essere tale da resistere agli sforzi meccanici, alla corrosione, alle sollecitazioni termiche prodotte dalle correnti di guasto a terra.

Conduttori equipotenziali

I conduttori equipotenziali sono destinati ad assicurare, mediante collegamento elettrico, l'equipotenzialità tra le masse e/o le masse estranee. Sono detti *principali* (EQP) quelli che collegano le masse estranee al collettore di terra e *supplementari* (EQS) gli altri.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI

Protezione contro i contatti diretti:

Le parti attive dovranno essere ricoperte da calotte o materiale isolante. I morsetti di collegamento dovranno essere posti in contenitori con grado di protezione IP≥2. Comunque la protezione contro i contatti diretti deve essere totale.

Protezione contro contatti indiretti:

Essendo l'impianto in oggetto di 1^a categoria (secondo classificazione Norma CEI 64-8 Art.22.1) con cabina di proprietà dell'utente, in base all'Art.413.1.3 della norma sopra citata, si è attuata la **protezione contro i contatti indiretti** prevista per il sistema **TN**.

Più precisamente l'impianto è stato previsto di tipo **TN-S** la cui definizione è la seguente:

- **T** collegamento a terra di un punto del sistema (nel nostro caso il neutro);

File R-329-1083-01	Modello Relazione Tecnica	Revisione Rev.01_2019	Pagina 8 di 21
------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	--------------------------

- **N** collegamento delle masse al punto del sistema elettrico collegato a terra;
- **S** conduttori di neutro e protezioni separati.

Nel rispetto di quanto sopra enunciato abbiamo praticamente operato come di seguito descritto.

Il **centro stella** del trasformatore, il conduttore **di protezione** ed il conduttore **di terra** sono stati collegati ad **un unico collettore di terra** (piastra metallica di rame) posizionata in ogni cabina di trasformazione.

Per la protezione dai contatti indiretti è stata soddisfatta la seguente condizione (CEI 68-4 Art. 413.1.3.3):

$$I_a \leq U_o Z_s$$

Dove:

U_o= valore efficace della tensione nominale, tra fase e terra, dell'impianto, in Volt;

Z_g= l'impedenza in Ohm dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

I_a= valore in ampere della corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione **entro 0.4 sec.** sui **circuiti terminali** che alimentano (tramite o senza prese a spine) componenti (apparecchiature) elettrici mobili, portatili o trasportabili o **entro 5 sec.** sui circuiti di **distribuzione** o sui circuiti terminali che alimentano **componenti (apparecchiature) elettrici fissi** (fatte salve le prescrizioni aggiuntive dell'art. 413.1.3.5 della norma CEI 64-8).

In pratica (verificate le correnti di corto circuito I_{cc} minime F-PE) per soddisfare la condizione sopracitata si è operato nel seguente modo:

a) protezione differenziale di gruppo tipo "G" o "S" con I_{Δn}=30 mA per tutti i circuiti "prese" in partenza dai quadri derivati (questa protezione è definita dalla Norma CEI 64-8 come protezione addizionale per i contatti diretti).

b) protezione differenziale di gruppo tipo "G" o "S" con I_{Δn}=30 mA per tutti i circuiti di illuminazione in partenza dai quadri derivati (questa protezione è definita dalla Norma CEI 64-8 come protezione addizionale per i contatti diretti).

c) protezioni differenziali con I_{Δn}=300 mA tipo "G", tipo "S" o con regolazione del ritardo d'intervento per i circuiti macchine, quadri tecnologici, quadri derivati, luci esterne in partenza dal quadro generale

Protezione contro le sovracorrenti:

La protezione delle condutture contro le sovracorrenti dovrà essere affidata a dispositivi quali interruttori magnetotermici o fusibili in grado da verificare le seguenti condizioni previste dalle Norme CEI 64-8 sez. 6.2.02-03-04:

corto circuito Potere di Interruzione superiore o uguale alla corrente di corto circuito presunta, I_{ccm} , nel punto di installazione e

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

sovraccarico

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_F \leq 1.45 I_z$$

QUADRI ELETTRICI**NORMATIVA**

I quadri nel loro complesso e nei singoli componenti devono essere progettati e costruiti in accordo con seguenti norme e raccomandazioni:

- IEC 439.1 (CEI 17.13.1)
- IEC 529(CEI 70.1)

I singoli componenti devono essere progettati e costruiti secondo:

- tabelle UNEL
- norme di riferimento specifiche

Tutti i componenti in materiale plastico devono essere rispondenti ai requisiti di autoestinguibilità a 960°C (30/30s) in conformità alle norme IEC 695.2.1. (CEI 50.11).

DATI GENERALI

Nella costruzione dei quadri devono essere prese in esame le diverse condizioni di servizio.

I quadri elettrici devono essere installati all'interno di locali chiusi oppure all'esterno ma con adeguato grado di protezione IP. La frequenza nominale è di 50Hz (+ - 2,5%). Le correnti nominali di corto circuito, previste per il quadro, devono essere quelle riportate sugli schemi relativi, la durata delle correnti di corto circuito deve essere assunta per 1 secondo. I quadri elettrici devono essere dimensionati secondo le caratteristiche meccaniche contenute nei disegni e computo metrico allegato.

DISPOSITIVI DI MANOVRA

Sono oggetto di preferenza apparecchiature che incorporino dispositivi principali del medesimo costruttore. Deve essere garantita una facile individuazione delle manovre da compiere, che devono essere pertanto concentrate sul fronte dello scomparto. All'interno deve essere possibile un'agevole ispezionabilità ed una facile manutenzione. Le distanze, i dispositivi e le eventuali separazioni metalliche devono impedire che interruzioni di elevate correnti di corto circuito o avarie notevoli possano interessare l'equipaggiamento elettrico montato in vani adiacenti. Devono essere in ogni caso garantite le distanze che realizzano i perimetri di sicurezza imposti dal costruttore delle apparecchiature. Tutti i componenti elettrici ed elettronici devono essere contraddistinti da targhette di identificazione conformi a quanto indicato dagli schemi. Deve essere previsto uno spazio pari al 20% dell'ingombro totale che consenta eventuali ampliamenti senza intervenire sulla struttura di base ed i relativi circuiti di potenza.

CARPENTERIA

La struttura dei quadri deve essere realizzata con montanti in profondità di acciaio e pannelli di chiusura in lamiera ribordata di spessore non inferiore a 15/10 o 10/10. I quadri devono essere chiusi su ogni lato e posteriormente, i pannelli perimetrali devono essere asportabili a mezzo di viti. I pannelli posteriori devono essere di tipo incernierato con cerniere a scomparsa. Le porte frontali devono essere corredate di chiusura a chiave, il rivestimento frontale deve essere costituito da cristallo di tipo temprato. I quadri o elementi di quadro costituenti unità a se stanti devono essere completi di golfari di sollevamento a scomparsa. Tutti i componenti elettrici devono essere facilmente accessibili dal fronte mediante pannelli avvitati o incernierati. Sul pannello anteriore devono essere previste feritoie per consentire il passaggio degli organi di comando. Tutte le apparecchiature devono essere fissate su guide o su pannelli fissati su specifiche traverse di sostegno. Gli strumenti e le lampade di segnalazione devono essere montati sui pannelli frontali.

Sul pannello frontale ogni apparecchiatura deve essere contrassegnata da targhette indicatrici che ne identificano il servizio. Tutte le parti metalliche del quadro devono essere collegate a terra (in conformità alle prescrizioni della norma CEI 17.13/1).

COLLEGAMENTI DI POTENZA

Le sbarre e i conduttori devono essere dimensionati per sopportare le sollecitazioni termiche e dinamiche corrispondenti ai valori della corrente nominale e per i valori delle correnti di corto circuito richiesti. Le sbarre devono essere completamente perforate e devono essere fissate alla struttura tramite supporti isolati a pettine. Questi supporti devono essere dimensionati e calcolati in modo tale da sopportare gli sforzi elettrodinamici dovuti al corto circuito.

Le sbarre devono essere in rame elettrolitico con punti di giunzione imbullonati predisposti contro l'allentamento. Le sbarre principali devono essere predisposte per essere suddivise in sezioni pari agli elementi di scomposizione del quadro. Le derivazioni devono essere realizzate in corda o in bandelle di rame flessibile inguainate con isolamento non inferiore a 3KV.

I conduttori devono essere dimensionati per la corrente nominale di ogni interruttore a prescindere della sua taratura e alimentare singolarmente ogni interruttore a partire dal sistema di sbarre sopra indicato. Per correnti nominali superiori a 160A i collegamenti devono essere in ogni caso realizzati con bandelle flessibili. Gli interruttori devono essere normalmente alimentati dalla parte superiore, salvo diversa esigenza di installazione: in tal caso dovrà essere prevista diversa soluzione. Deve essere studiato la possibilità di ammaraggio e collegamento elettrico di tutti i cavi entranti o uscenti dal quadro senza interposizione di morsettiere.

A tale riguardo normalmente i cavi di alimentazione si attesteranno direttamente ai morsetti dell'interruttore generale, provvisto di appositi copri morsetti, mentre non transiteranno in morsettiera i cavi uscenti con sezione superiore a 50 mm². Le sbarre devono essere identificate con opportuni contrassegni autoadesivi a seconda della fase di partenza così come le corde devono essere equipaggiate con anellini terminali colorati.

Tutti i conduttori sia ausiliari sia di potenza (salvo la prescrizione s.d.) si devono attestare a delle morsettiere componibili su guida, con diaframmi dove necessario, salvo diversa prescrizione, ad una sua sezione di cavo non inferiore a 6 mm².

COLLEGAMENTI AUSILIARI

Sono in condutture flessibili con isolamento pari a 3KV con le seguenti sezioni minime:

- 4 mm² per i T.A.
- 2,5 mm² per i circuiti di comando
- 1,5 mm² per i circuiti di segnalazione

Ogni conduttore deve essere completo di anellino numerato corrispondente al numero sulla morsettiera e sullo schema funzionale. Devono essere identificati i conduttori per i diversi servizi (ausiliari in alternata-circuiti di allarme-circuiti di comando-circuiti di segnalazione) impiegando conduttori con guaine colorate differenziate oppure ponendo alle estremità anelli colorati.

Devono essere consentiti due conduttori sotto lo stesso morsetto solamente sul lato interno del quadro. I morsetti devono essere del tipo per cui la pressione di serraggio sia ottenuta tramite una lamella e non direttamente dalla vite. I conduttori devono essere riuniti a fasci entro canaline o sistemi analoghi con coperchio a scatto. Tali sistemi devono consentire un inserimento di conduttori aggiuntivi in volume pari al 25% di quelli installati. Non è ammesso il fissaggio con adesivi.

ACCESSORI PER IL CABLAGGIO

Dovranno costituire titolo di preferenza accessori per l'alimentazione di apparecchiature modulari previsti dal costruttore degli stessi.

SCHEMI

Ogni quadro, anche il più semplice, deve essere corredato di schemi di potenza e funzionali rigorosamente aggiornati.

RELAZIONE SUL CALCOLO ESEGUITO

CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = P_d / (k_{ca} * V_n * \cos\varphi)$$

nella quale:

$k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;

$k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P \times \text{coeff}$$

nella quale coeff è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle (ΣP_d a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_d \times \tan\varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle (ΣQ_d a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos\varphi = \cos x (\arctan (Q_n/P_n))$$

DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

- a) $I_b \leq I_n \leq I_z$
- b) $I_f \leq 1,45 \times I_z$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Le sette tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 364-5-523 (1983);
- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento. La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{zmin} = I_n/k$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla I_z min. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A.

Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

INTEGRALE DI JOULE

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \times t = K^2 \times S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopracitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

Cavo in rame e isolato in PVC:	$K = 115$
Cavo in rame e isolato in gomma G:	$K = 135$
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G16:	$K = 143$
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	$K = 115$
Cavo in rame serie L nudo:	$K = 200$
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	$K = 115$
Cavo in rame serie H nudo:	$K = 200$
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	$K = 74$
Cavo in alluminio e isolato in G, G16:	$K = 87$

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G16:	K = 176
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G16:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G16:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
Cavo in alluminio e isolato in gomma G16:	K = 94

DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mmq;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mmq se il conduttore è in rame e a 25 mmq se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mmq se conduttore in rame e 25 mmq se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$S_f \leq 16 \text{ mm}^2$	$S_n = S_f$
$16 \leq S_f \leq 35 \text{ mm}^2$	$S_n = 16 \text{ mm}^2$
$S_f > 35 \text{ mm}^2$	$S_n = S_f/2$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$S_f \leq 16 \text{ mm}^2$	$S_n = S_f$
$16 \leq S_f \leq 35 \text{ mm}^2$	$S_n = 16 \text{ mm}^2$
$S_f > 35 \text{ mm}^2$	$S_n = S_f/2$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I_2 \times t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mm^2);
- I è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- K è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3. Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica;

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

CALCOLO DELLA TEMPERATURA DEI CAVI

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$

$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

esprese in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata. Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

CADUTE DI TENSIONE

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c.d.t(ib) = \max \left(\left| \sum_{i=1}^k \dot{Z}_{f_i} \cdot \dot{I}_{f_i} - \dot{Z}_{n_i} \cdot \dot{I}_{n_i} \right| \right)_{f=R,S,T}$$

con f che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con n che rappresenta il conduttore di neutro;

con i che rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km . La $cdt(I_b)$ è la caduta di tensione alla corrente I_b e calcolata analogamente alla $cdt(I_b)$.

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

SCELTA DELLE PROTEZIONI

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dell'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dalla utenza $I_{km\ max}$;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ($I_{mag\ max}$).

Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni.

La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I_2 * t \leq K_2 * S_2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

a) Le intersezioni sono due:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_a);
- $I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_b).

c) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$.

c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:

- $I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti e la I_z dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

VERIFICA DI SELETTIVITÀ

È verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente I_a di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;

- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nella valutazione si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

CONSIDERAZIONI FINALI

Nei punti precedenti, si è voluto evidenziare l'aspetto normativo e di sicurezza del progetto, considerando talvolta parametri massimi e talvolta parametri minimi, inerenti sia alla sicurezza delle persone e delle cose sia ad una logica del maggior vantaggio al minor costo. Una parte importante della affidabilità dell'impianto elettrico è affidata all'impresa installatrice ed infatti il D.M. 37/2008 ha introdotto alcuni obblighi relativi alla sicurezza degli impianti. Il committente deve affidare i lavori elettrici ad imprese abilitate, ai sensi della legge, salvo i lavori di manutenzione ordinaria. L'impresa installatrice deve rilasciare al termine dei lavori una dichiarazione di conformità dell'impianto alla regola dell'arte secondo il fax-simile e con gli allegati. L'impianto di terra, i dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche e gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione sono oggetto di una apposita denuncia e di verifiche biennali e/o quinquennali.

Il Tecnico

Per.Ind. Stefano Brioni
(Timbro & Firma)

