

CEI 11-35

GUIDA PER L'ESECUZIONE DI CABINE  
ELETTRICHE MT/BT DEL  
CLIENTE/UTENTE FINALE

seconda edizione

**Oggetto della guida sono le cabine in MT degli utilizzatori con max:**

**(con MT si intende tensione compresa fra 1 e 30 kV)**

**5 2 trasformatori potenza massima 2500 kVA a 20 kV cad;  
non funzionanti in parallelo.**

**La guida vuole fornire indicazioni e chiarimenti per la progettazione e realizzazione in conformità alle norme CEI.**

n **Per cabina si intende “un’area elettrica chiusa connessa soltanto a sistemi di I e II categoria”**

– **CEI 11-1 art. 1 nota 1**

n **Per area elettrica chiusa si intende :**

**Locale per l’esercizio degli impianti il cui accesso è consentito solo a persone autorizzate;**

**Accesso consentito tramite apertura di porte o rimozioni di barriere, sulle quali siano applicati segnali di pericolo, con l’uso di chiavi o attrezzi**

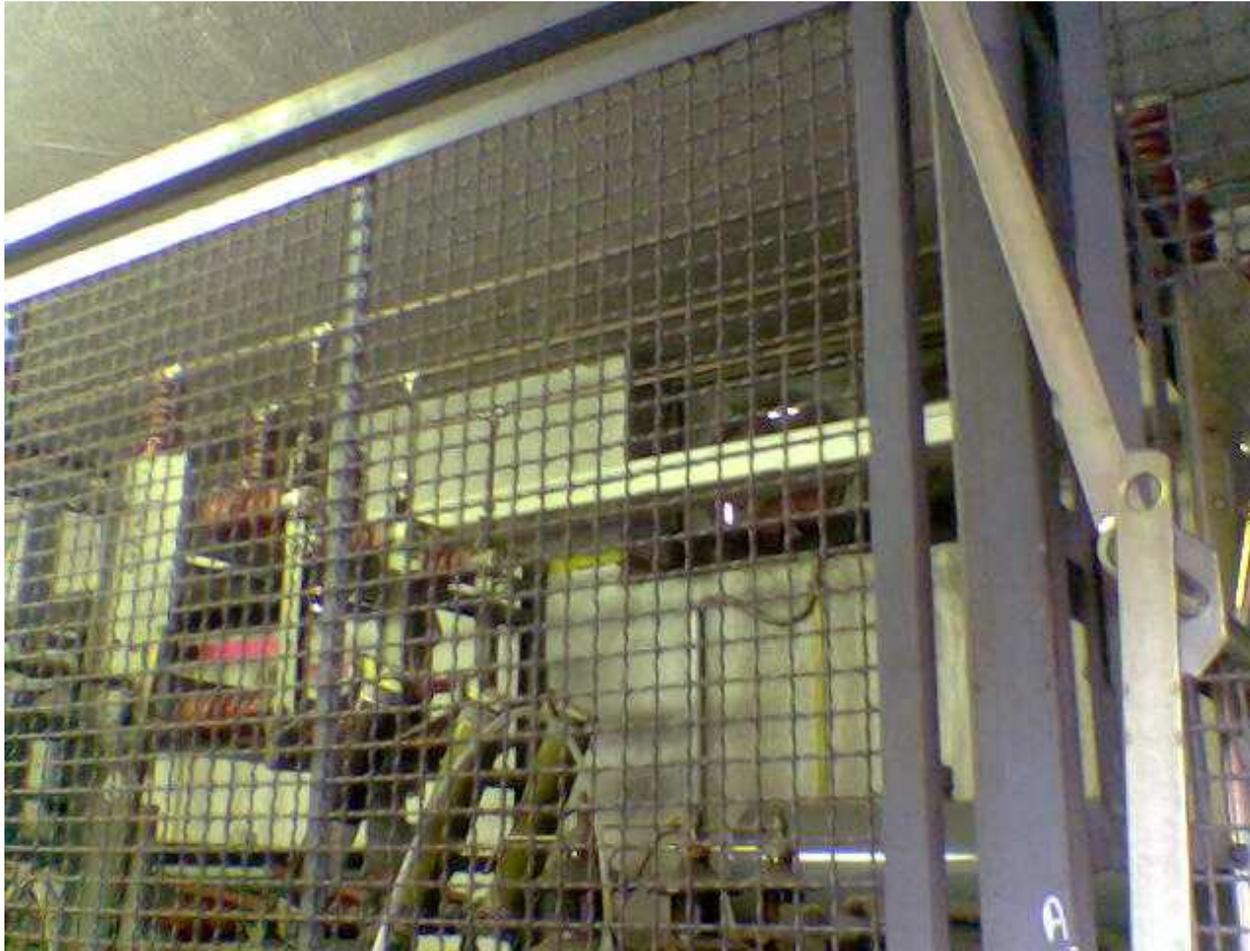
– **CEI 11-1 art 2.2.1**

**La guida CEI 11-35 non tratta:**

- n Gli impianti di terra (vedi guida CEI 11.37)**
- n Le cabine prefabbricate ( vedi norma di prodotto CEI EN 61330)**
- n Le cabine dei DISTRIBUTORI PUBBLICI**
- n Le cabine delle FERROVIE, NAVI, MINIERE**
- n Gli impianti di alta tensione (per AT si intende una tensione maggiore di 30 kV)**



**Tratta invece:**  
**n le cabine a giorno ( esempio di impianto a giorno )**



n **le cabine con apparecchiature prefabbricate** (norme CEI EN 62271-200 per i quadri MT e CEI EN 60439-1 per i quadri BT)



**L'attuale edizione si discosta dalla precedente per l'impostazione.**

- 5 Nel documento si è cercato di separare il più possibile la parte edile da quella elettrica, partendo dal locale e derminando con gli apparecchi.**
- 5 Si è ipotizzato che in base alle caratteristiche degli apparecchi, come dimensioni, ingombri, disposizione ecc,venga realizzato il progetto di massima .**
- 5 Successivamente dopo la scelta delle apparecchiature , come prestazioni,caratteristiche elettriche ecc,si proceda al progetto esecutivo e alla realizzazione.**

La guida comprende **11 allegati** (di cui 7 interessanti novità quali :

Guida CEI 11-35 II Ed. 2004-12 enti

- 5 **Caratteristiche principali di una cabina**
- 5 **Esempio di ventilazione di un locale batteria**
- 5 **Esempio di cartellonistica di cabina**
- 5 **Esempio di calcolo del fattore limite di precisione dei TA di protezione**
- 5 **cenni sulla mitigazione dei campi elettromagnetici**
- 5 **Simbologia di più frequente uso**
- 5 **Coordinamento selettivo delle protezioni**

## CRITERI DI PROGETTAZIONE DEL LOCALE

**I requisiti principali di un locale sono ad esempio:**

**5 la posizione**

**5 la accessibilità**

**5 gli spessori di pavimenti, pareti e solai**

**5 le eventuali fosse e/o serbatoi raccolta olio**

**5 la ventilazione naturale o meccanica**

**5 la illuminazione**

## CRITERI DI PROGETTAZIONE DEL LOCALE

**I locali delle cabine, a seconda delle disponibilità di spazio, possono dividersi in:**

- 5 Locale cabina isolato: quando è separato dall'edificio, realizzato in muratura tradizionale o prefabbricato**
- 5 Locale cabina compreso nella volumetria dell'edificio: quando viene inserito al piano interrato o piano terra e utilizza un locale già disponibile e predisposto**
- 5 Locale cabina in copertura: quando viene realizzato al piano superiore di un edificio**

## Aree di servizio del locale cabina

**Nel posizionare le apparecchiature all'interno di una cabina, bisogna verificare che siano rispettate le distanze delle aree di servizio, come corridoi, passaggi, accessi, percorsi per il trasporto materiale e vie di fuga.**

- n I passaggi devono avere una larghezza minima di 800 mm**
- n Lo spazio per l'evacuazione deve essere sempre almeno di 500 mm e libero da ostacoli (sporgenze di apparecchiature, porte del quadro aperte, ecc)**
- n Passaggi per montaggi e manutenzione, se posti dietro apparecchiature chiuse, necessitano di 500 mm**
- n Lunghezze vie di fuga al massime 20m (per cabine alimentate dal Distributore in MT)**
- n Numero di uscite in funzione alla lunghezza della via di fuga (una fino a 10m, due oltre)**
- n Per le alimentazioni ritenute essenziali dovrà essere prevista una sorgente ausiliaria**

**Vengono indicate le caratteristiche dei materiali delle strutture portanti e i rispettivi spessori per assicurare il valore di REI previsto**

**REI Caratteristica di resistenza al fuoco dell'elemento**  
**(Intervallo durante il quale conserva i suoi requisiti)**

**4 R resistenza meccanica-stabilità**

**4 E esposizione-tenuta**

**4 I isolamento termico**

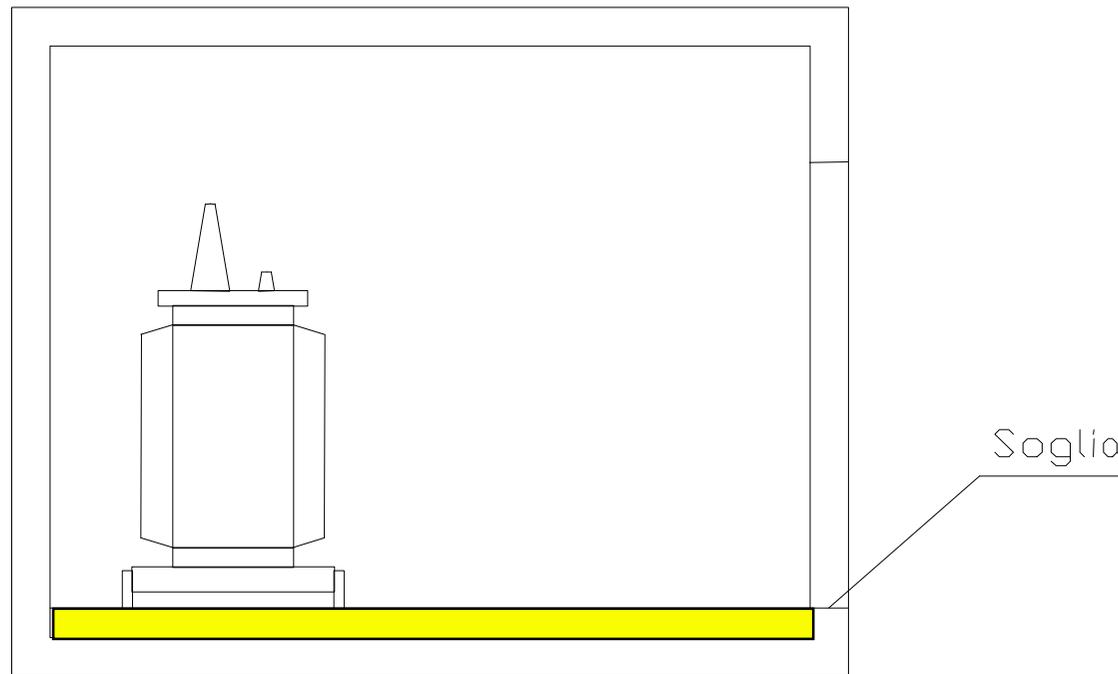
- 4 **Stabilità:** attitudine di un elemento a conservare la resistenza meccanica
  
- 4 **Tenuta:** attitudine di un elemento a non lasciar passare né produrre fiamme vapori o gas sul lato opposto di quello esposto al fuoco
  
- 4 **Isolamento:** attitudine di un elemento a ridurre la trasmissione de calore

## n **Caratteristiche dei trasformatori**

- 4 Secondo CEI EN 61100 (Norma di riferimento per i liquidi isolanti)**
- 4 Classificazione in base al punto di combustione:**
  - 4 O se inferiore o uguale a 300 °C**
  
  - 4 K se superiore a 300 °C**
  
  - 4 L punto di combustione non misurabile**
  
- 4 Classificazione in base al potere calorifico**
  - 1 se superiore o uguale 42 MJ/kg**
  - 2 se compreso tra 32 e 42 MJ/kg**
  - 3 se inferiore a 32 MJ/kg**

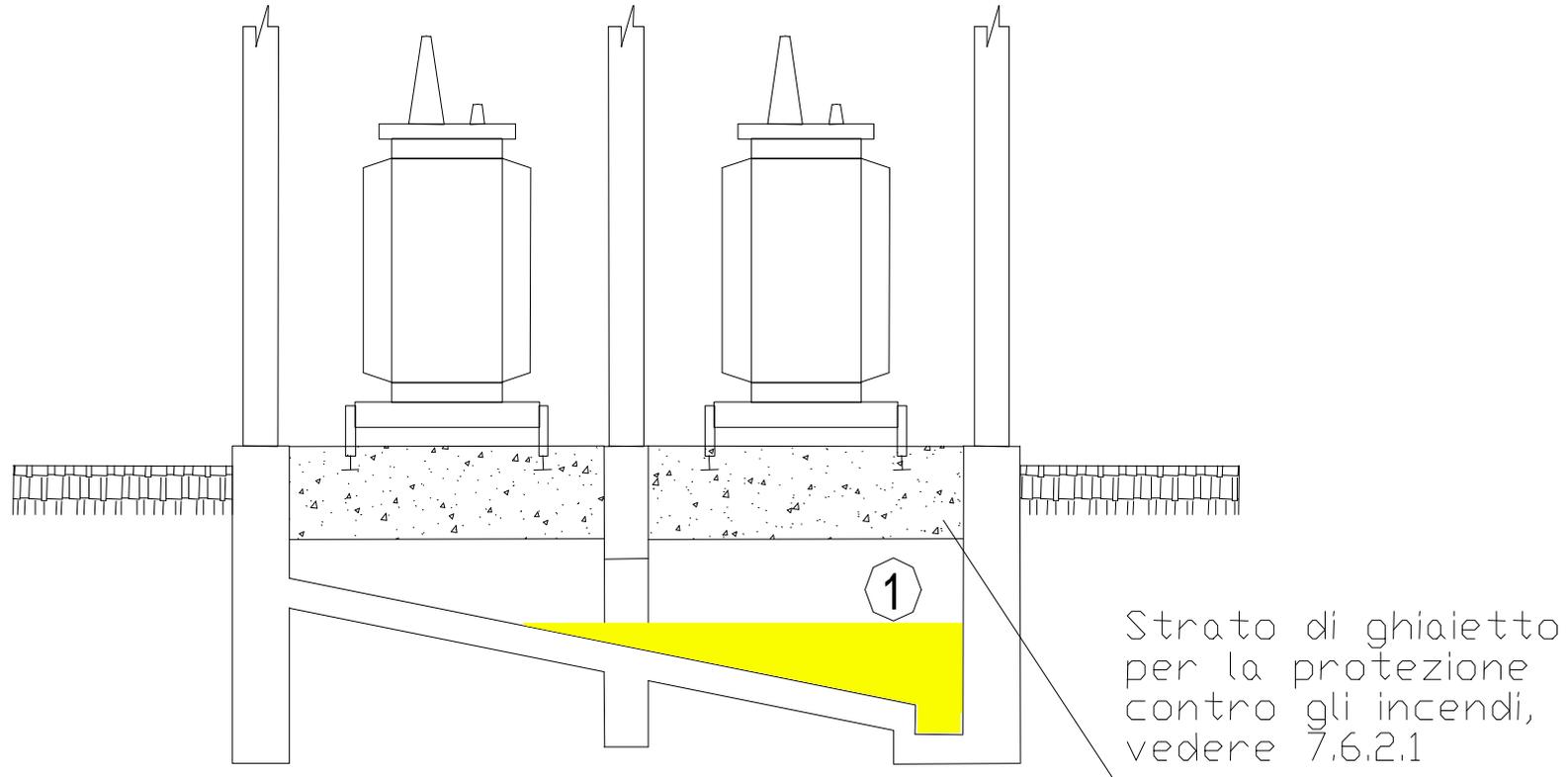
**Sono indicati i requisiti che dovrebbe possedere il locale cabina nel caso di incendio di trasformatori con diverse caratteristiche e cioè:**

- 4 REI minimo 60** per trasformatori fino a 1000kVA in olio tipo O
- 4 REI minimo 90** per trasformatori oltre 1000 kVA in olio tipo O1
- 4 REI minimo di 60** per trasformatori a secco in classe F0
  
- 4 nessuna particolare requisito** invece per trasformatori a secco in classe F1 o F2
  
- 4 nella cabina con trasformatori in liquido isolante non sono necessari ulteriori mezzi di protezione contro l'incendio, mentre devono essere previsti accorgimenti per contenere le perdite di liquido, al fine di non inquinare l'ambiente**



L'area gialla demarca il volume di tutto il liquido isolante,  
del trasformatore, fuoriuscito sul pavimento

DA NORMA CEI 11.1

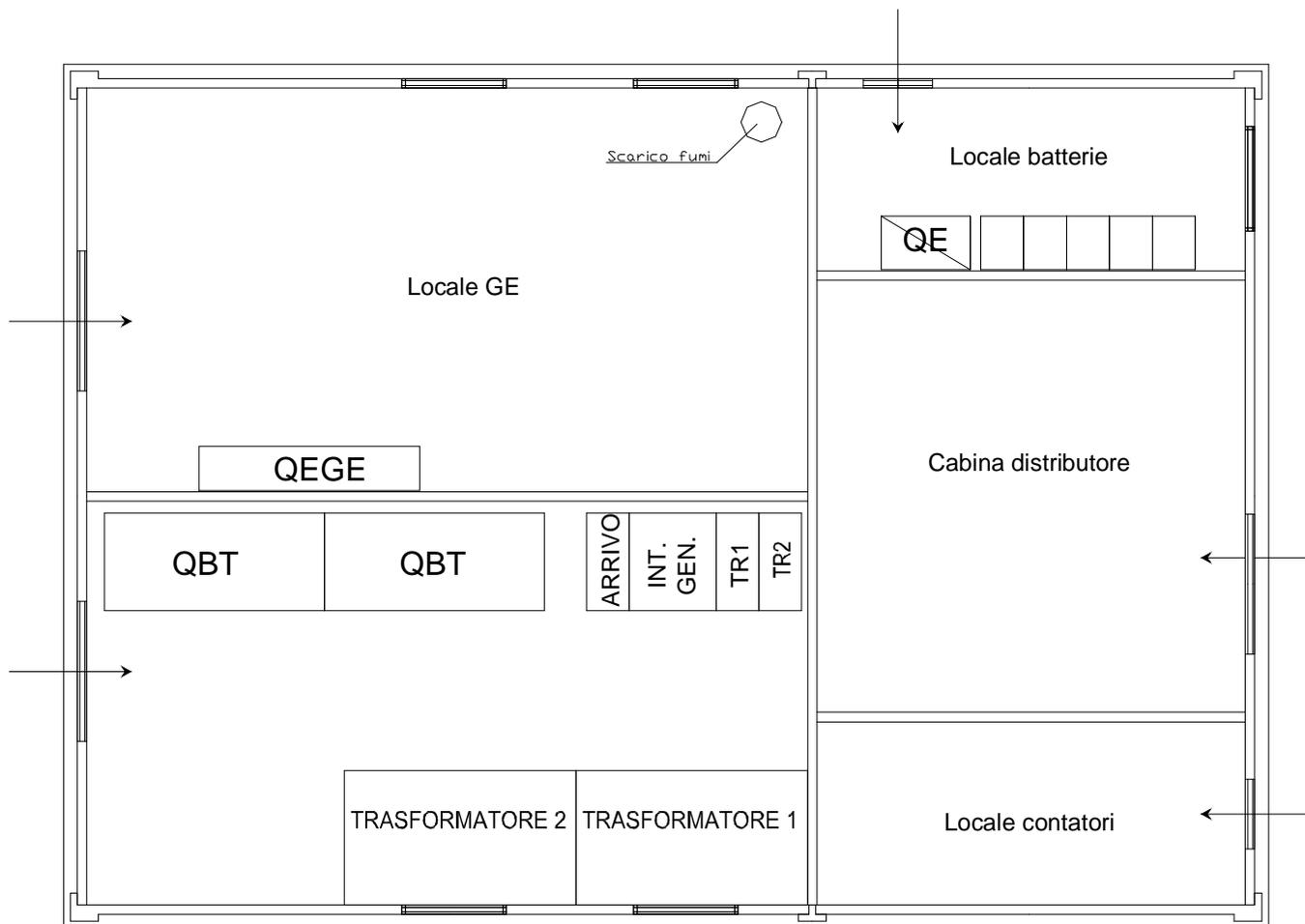


- ① Contenimento all'esterno:  
tutto il liquido del trasformatore di taglia maggiore oltre l'acqua piovana
- Contenimento all'interno:  
tutto il liquido del trasformatore di taglia maggiore

**Esempio di un manufatto in cemento armato prefabbricato ( secondo CEI EN 61300) destinato a contenere la parte elettrica di una cabina**



**ALLEGATO: A fig.A2**



NOTA: Si tenga presente che alcuni costruttori stabiliscono distanze minime tra quadri e pareti che devono essere rispettati

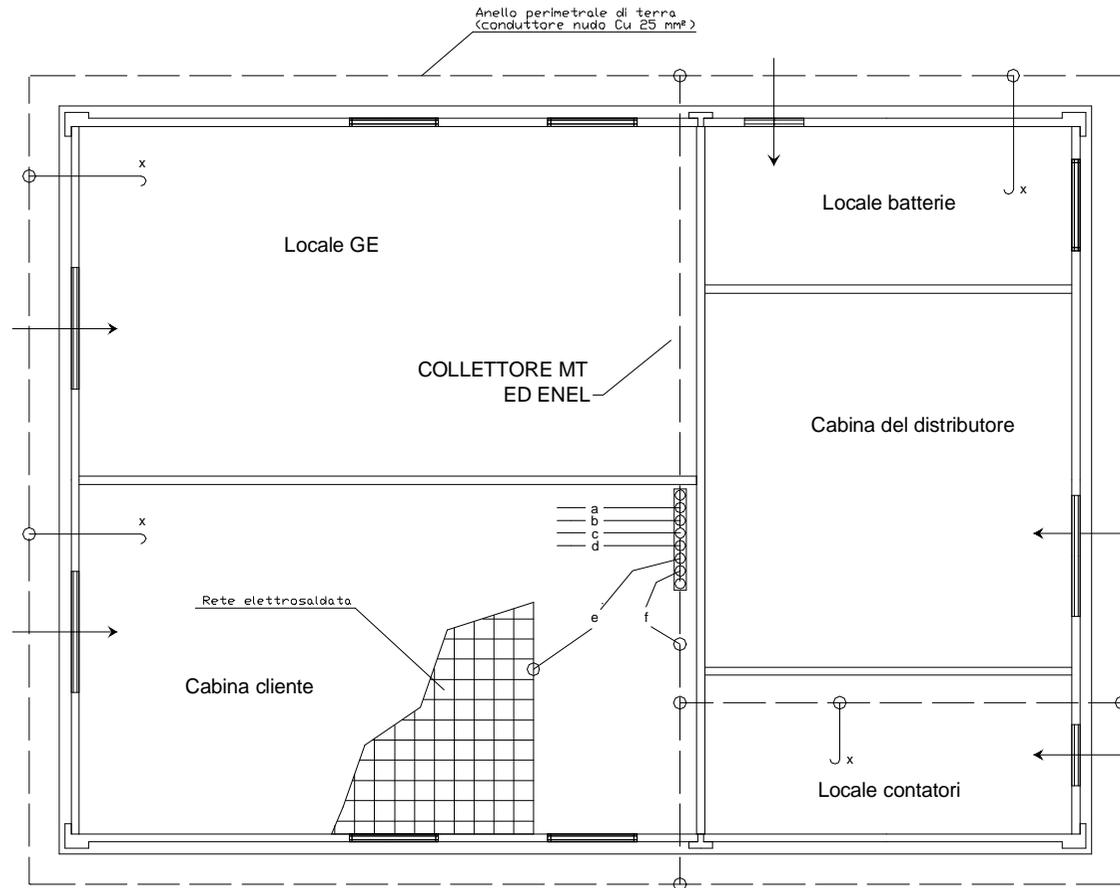
## Realizzazione dell'impianto di terra

**Dopo un richiamo alla norma CEI 11-1 ed alla Guida CEI 11-37, si danno delle indicazioni di massima riguardo la realizzazione degli impianti di terra relativi alle varie tipologie di cabine considerate e cioè :**

- 4 Cabina isolata**
  
- 4 Cabina compresa nella volumetria dell'edificio**
  
- 4 Cabina non compresa nella volumetria**

## Esempio di impianto di terra per una cabina isolata

- n **L'impianto di terra di cabina, anche se collegato al dispersore generale, è opportuno che sia integrato da un dispersore presso la cabina, per limitare i gradienti tensione**
- n **Sarebbe opportuno che il dispersore fosse realizzato con un anello perimetrale sotto la fondazione, integrato anche dai ferri di armatura**
- n **Gli elementi strutturali laterali già legati tra di loro andrebbero collegati alla rete elettrosaldata sottopavimento, per migliorare la equipotenzialità**
- n **Tutti gli elementi che concorrono alla realizzazione del dispersore (di fatto od intenzionali ) devono essere collegati al collettore della cabina**



**LEGENDA**

- a - Collegamento tra collettore di terra e impianto di terra dei locali diversi alla cabina
- b - Collegamento tra centrostella trasformatore 1 e collettore di terra
- c - Collegamento tra centrostella trasformatore 2 e collettore di terra
- d - Collegamento al distributore pubblico con modalità secondo richiesta
- e - Collegamento tra collettore di terra e rete elettrosaldata sotto fondazione
- f - Collegamento tra anello perimetrale di terra e collettore
- x - Richiami dell'anello perimetrale di terra per collegamenti alle masse

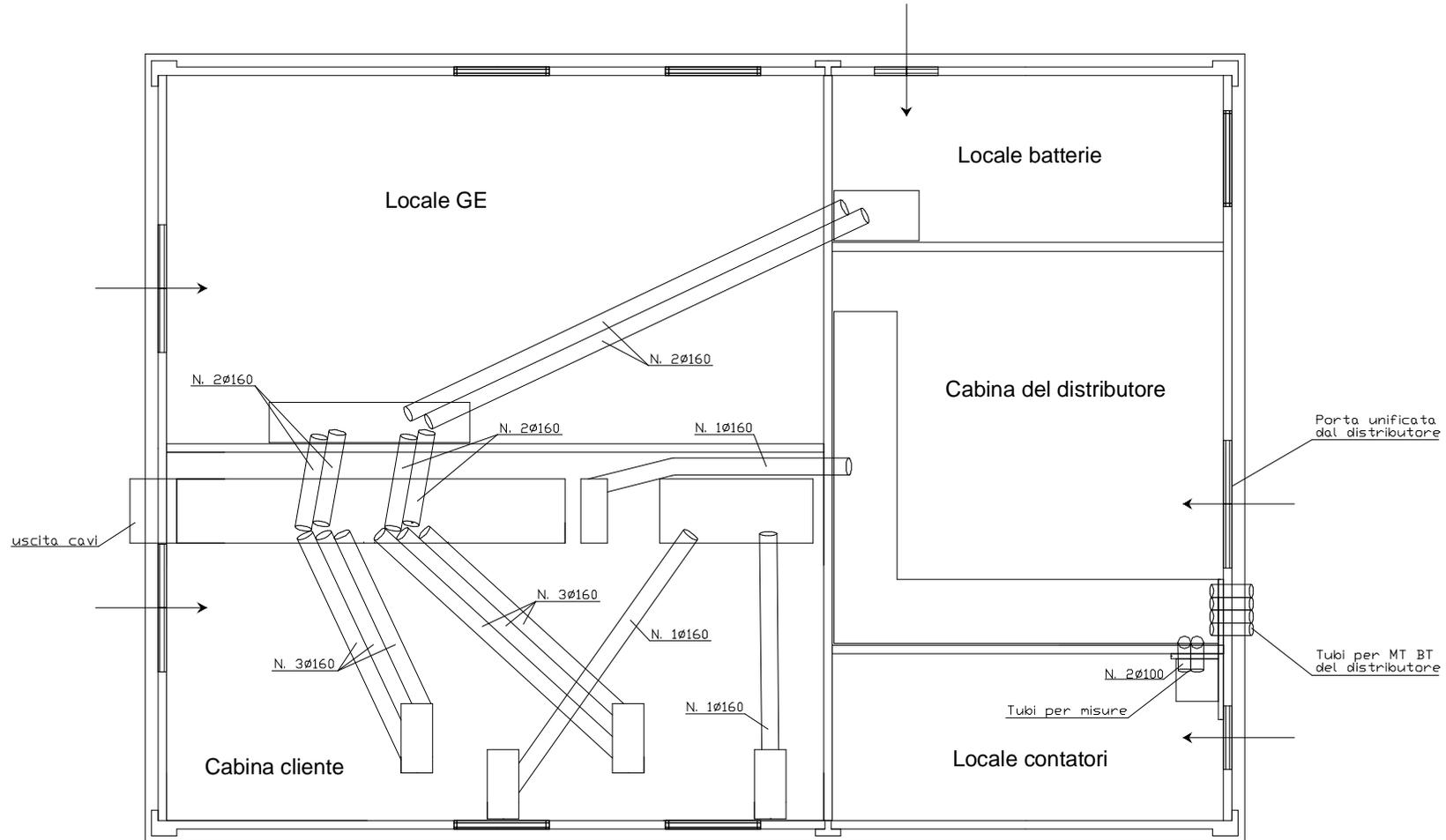
## Alcuni tipi di posa dei cavi , indicati nella Norma CEI 11-17, sono:

- 4 Utilizzo di un vano sottoquadro praticabile di circa 1,7 m:  
quando i cavi interrati entra /esci sono in numero elevato.**
  
- 4 Pavimento flottante di altezza circa 0,6 m:  
quando i cavi di connessione tra le apparecchiature sono numerosi**
  
- 4 Cunicoli :  
cavi contenuti in manufatti prefabbricati ( tubazioni, condotti, ) o  
realizzati in opera**
  
- 4 Passerelle:  
collegamenti realizzati utilizzando sistemi di sospensione a soffitto  
o a parete realizzati in materiale metallico o isolante**

**Per i cavi unipolari devono essere prese  
le seguenti precauzioni:**

Guida CEI 11-35 II Ed. 2004-12

- 4 vanno posati in modo che non siano danneggiati dalle sollecitazioni dovute alle correnti di corto circuito (minima distanza)**
- 4 la schermatura , o armatura , deve essere di tipo amagnetico e in, in caso di tensione di contatto superiore a quella ammessa, non deve essere accessibile.**
- 4 i cavi unipolari devono essere raggruppati in modo che i conduttori di fase siano inseriti nello stesso tubo ( se di tipo metallico)**
- 4 Si segnala che è ammessa la coesistenza dei cavi a tensione diversa (prima e seconda categoria) in quanto l'armatura o lo schermo dei cavi può essere considerata segregazione metallica**



Pozzetti con dimensioni secondo esigenza  
 cunicoli e pozzetti con profondità di circa cm 50  
 NOTA: non sono state indicate le eventuali fosse di raccolta dei fluidi isolanti

## Elementi di calcolo per la ventilazione

- n La guida considera due tipi di ventilazione:
  - n **naturale**
  - n **forzata**
- n Tra il trasformatore e le pareti vi devono essere almeno 200 mm di spazio per favorire la circolazione dell'aria

### **Aerazione naturale**

Vengono proposte due formule sintetiche presenti nella letteratura , per determinare l'apertura delle finestre di ingresso /uscita dell'aria

Per  $DT$  10°C e  $P$  in kW da dissipare con aerazione naturale la superficie in  $m^2$  è data da:

$S=0,33 P/\text{rad}^2H$  , dove

( $H$  interasse tra le aperture in m)

## **Aerazione forzata**

n La portata di aria necessaria , in m<sup>3</sup>/s, è data da  $Q=0,09 P$

**Ad esempio per un TR da 400 kVA con (P=5 kW) la superficie di aerazione naturale risulta di 2x1,65 m<sup>2</sup> e la portata d'aria per aerazione artificiale è di 0,44 m<sup>3</sup>/s**

**Utilizzando il metodo calcolo con l'effetto camino di cui alla CEI 31.35 si hanno aperture dello stesso ordine di grandezza**

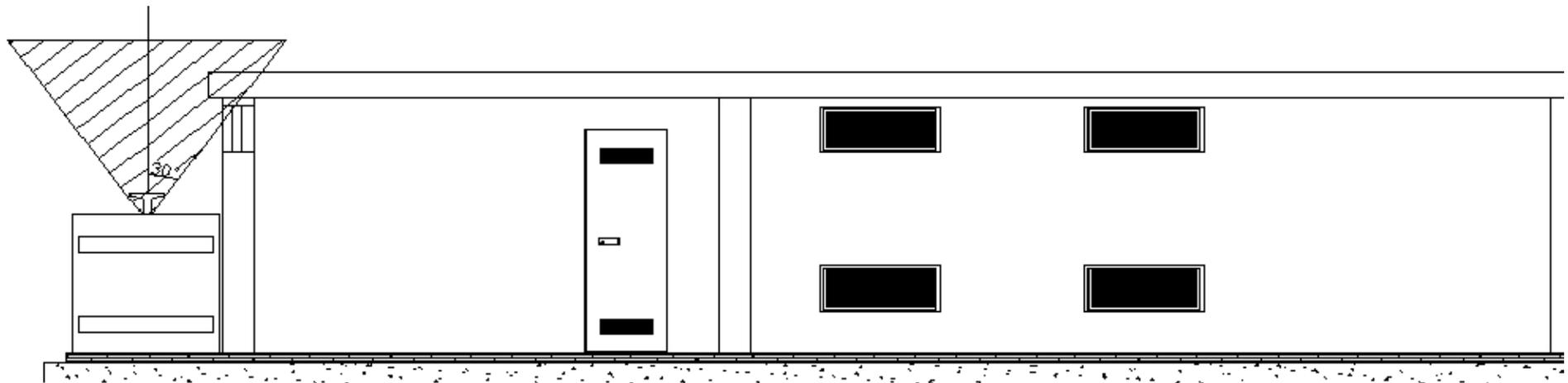
**Si possono utilizzare entrambi i sistemi di ventilazione, quella naturale con le 2 aperture di superficie tale da garantire la portata d'aria necessaria, ed inoltre l'aggiunta di un'aerazione forzata (attivata da termostato ambiente)**

### **Nota di attenzione per SF6:**

- n (L'ESAFLUORURO DI ZOLFO CONFORME ALLE CEI 10-7 NON è TOSSICO).**
  - n E' necessario però che la sua concentrazione rimanga al di sotto del 18%**
- 
- 4 Nei locali fuori terra è sufficiente la ventilazione naturale, con aperture disposte vicino al pavimento**
  - 4 I locali al di sotto del livello del suolo devono essere adatti per essere ventilati o previsti di ventilazione forzata , ( può essere omessa qualora la quantità di gas in pressione contenuto nella unità di maggiori dimensioni, rapportata alla pressione atmosferica, non supera il 10% del volume del locale)**

**n ATTENZIONE LE APERTURE DI AERAZIONE  
NON DEVONO ESSERE ATTESTATE SU:**

- 4 LUOGHI CON PERICOLO DI ESPLOSIONE  
CLASSIFICATI SECONDO LE CEI 31-30,**
- 4 LUOGHI CON POLVERI METALLICHE**



VISTA POSTERIORE

## **LOCALE BATTERIE**

**Nell'allegato B viene illustrato il metodo di calcolo teorico della ventilazione dell'eventuale locale batterie.**

## **ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE**

**L'illuminazione artificiale, quando prevista, dovrebbe garantire un livello di illuminamento di :**

- 4 200 lux nella sala apparecchiature secondo (UNI EN 12464-1)**
- 4 1 lux sulle Uscite di Sicurezza (UNI EN 1838)**

## Pulsante di sganci

**La guida giustifica il perché del suo utilizzo, anche se non obbligatorio, richiama l'attenzione sul fatto che è competenza del progettista decidere il suo impiego**

### **Nota di attenzione:**

**Accesso alla cabina permesso solo al personale autorizzato ed addestrato CEI 11-27 e tramite uso di attrezzi o chiavi CEI 11-1)**

## Criteri di scelta della parte elettrica

**Vengono indicate le principali caratteristiche nominali delle apparecchiature, come correnti, tensioni nominali e correnti di sovraccarico, per poi entrare nel merito delle modalità di impiego delle stesse**

## Criteri di scelta della parte elettrica

### **Sezionatore :**

**E' un dispositivo di sicurezza "Apparecchio in grado di assicurare nella posizione di aperto una distanza di isolamento tra parti in tensione. L'apparecchio è in grado di aprire e chiudere il circuito solo quando la corrente è già stata interrotta o stabilita."**

**E in grado di portare continuativamente la sua corrente nominale**

### **Sezionatore di terra :**

**E' un dispositivo di sicurezza "Apparecchio per la messa a terra delle parti di un circuito è capace si sopportare per un tempo determinato le correnti di corto circuito ma non è in grado di portare continuamente una determinata corrente "**

**Non viene definito con una corrente nominale**

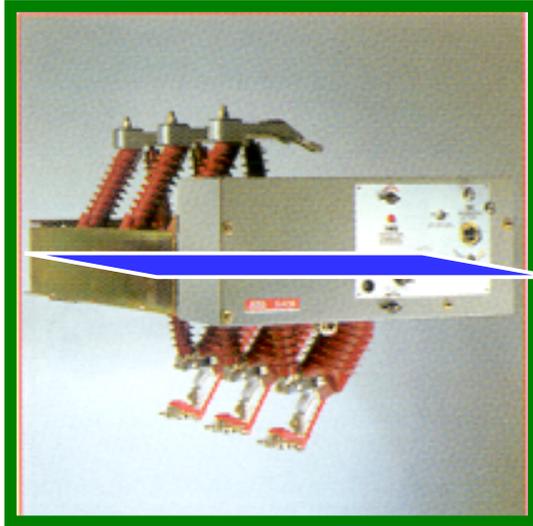
## Criteri di scelta della parte elettrica

### Interruttore di manovra:

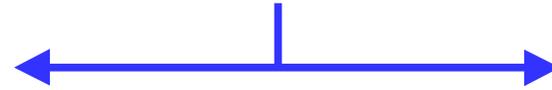
Apparecchio capace di stabilire la corrente di cortocircuito, portare ed interrompere la corrente **in condizioni normali del circuito** e sopportare per un tempo definito anche quelle di cortocircuito

### Attenzione:

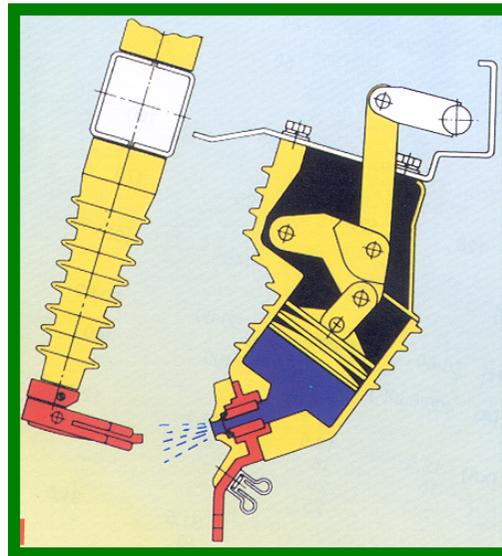
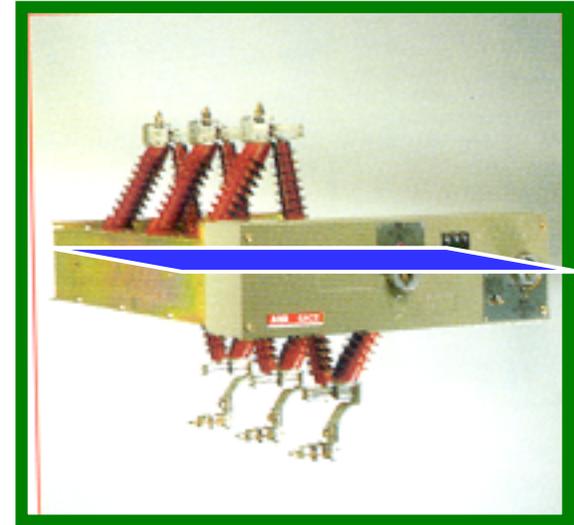
- 4 100 manovre elettriche alla corrente nominale
- 4 1000 manovre meccaniche ( senza corrente)
- 4 3 chiusure sotto corto circuito



Segregazione  
orizzontale tra celle  
+  
doppio sezionamento



Soluzione per  
quadro protetto





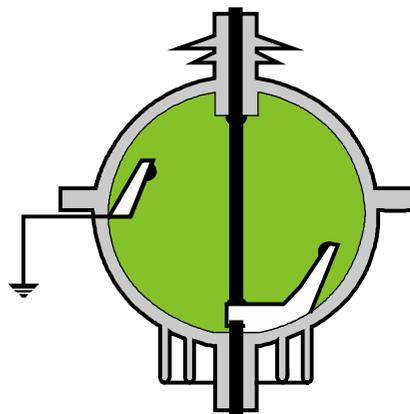
## Criteri di scelta della parte elettrica

### Interruttore di manovra sezionatore :

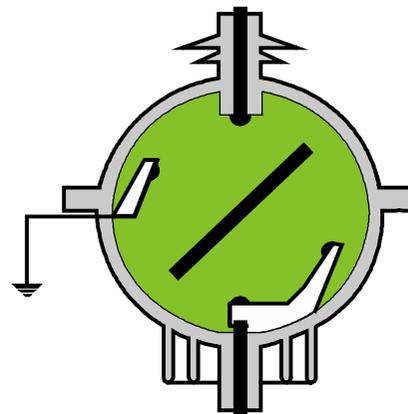
Apparecchio che oltre ad avere le caratteristiche dell'interruttore di manovra è in grado di assicurare , nelle condizioni di aperto, anche il sezionamento



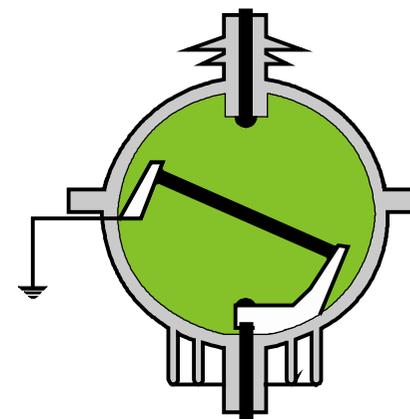
**IMS**



**chiuso**



**aperto**



**a terra**

### **Interruttori di manovra e fusibili (coordinato o combinato):**

**Sono costituiti da due apparecchi**

**5 una terna di fusibili**

**5 un interruttore di manovra**

**Ogni apparecchio è conforme alla propria norma di prodotto e sono associati in modo da unire le relative prestazioni (il fusibile interrompe la corrente di guasto prima che apra l'interruttore di manovra azionato dal percussore del fusibile stesso).**

**All'interruttore di manovra viene affidato il compito di operare sul circuito in condizioni normali e di stabilire la corrente di guasto, al fusibile quello di interrompere le sovracorrenti polifasi fino al valore della corrente di cortocircuito presunta.**



### **Interruttori di manovra e fusibili (coordinato o combinato):**

Sono costituiti da due apparecchi

5 una terna di fusibili

5 un interruttore di manovra

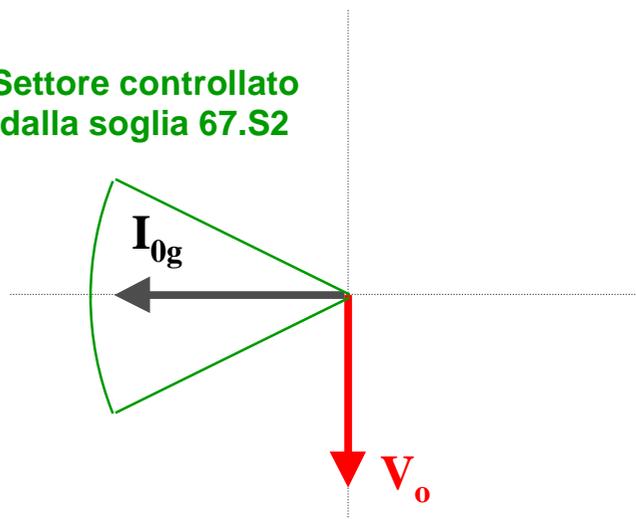
Ogni apparecchio è conforme alla propria norma di prodotto e sono associati in modo da unire le relative prestazioni

**(il fusibile interrompe la corrente di guasto prima che apra l'interruttore di manovra azionato dal percussore del fusibile stesso).**

All'interruttore di manovra viene affidato il compito di operare sul circuito in condizioni normali e di stabilire la corrente di guasto, al fusibile quello di interrompere le sovracorrenti polifasi fino al valore della corrente di cortocircuito presunta.

## Sistema a neutro isolato :

Settore controllato  
dalla soglia 67.S2



### Correnti capacitive.

Valori solitamente dichiarati

**100 - 300A.**

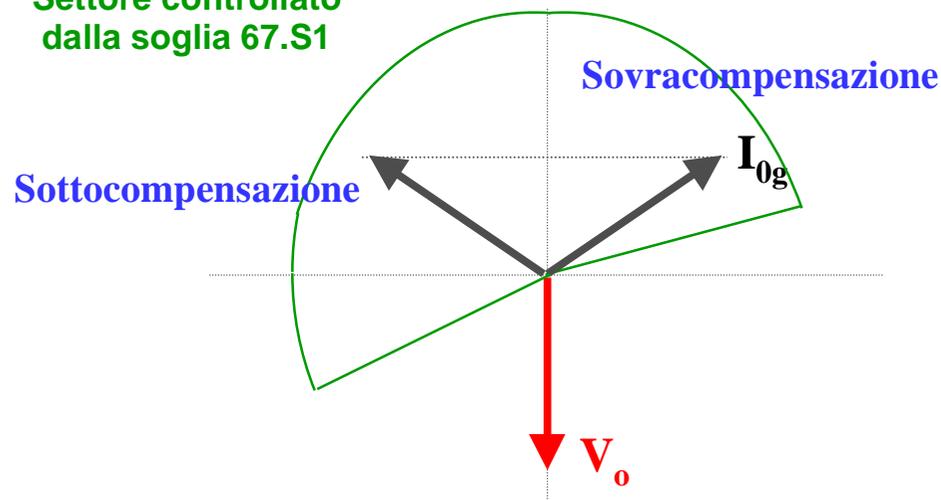
In alcuni compartimenti può  
raggiungere il valore di

**500 - 800A.**

In presenza di neutro compensato e in caso di manutenzione o guasto della bobina di Petersen, il Distributore garantisce la distribuzione in MT a neutro compensato per il 95% del periodo annuale (**18 giorni a neutro isolato**).

## Sistema a neutro compensato :

Settore controllato  
dalla soglia 67.S1



### Correnti prevalentemente resistive.

In presenza di compensazione totale la  
corrente di guasto a terra ha componente  
prevalentemente resistiva (**40-90A**).

## Considerazioni a riguardo di sezionatore e interruttore di manovra-sezionatore

**1 La funzione principale dell'interruttore di manovra sezionatore non è quella di interrompere le correnti di guasto.**

(la norma relativa non prevede valori specifici delle correnti di guasto interrotte)

**2 Le correnti di guasto possono variare secondo l'assetto della rete elettrica (gestita dal Distributore) e secondo la tipologia di guasto.**

(guasto a terra con corrente capacitiva di entità molto variabile, guasto bifase a terra con corrente di intensità variabile a secondo dei punti di guasto e con componente induttiva.

**4 La protezione fusibile potrebbe non intervenire correttamente in presenza di un doppio guasto di isolamento su linee differenti.**

(mancanza del coordinamento fusibile + IMS).

**5 Difficile e costoso realizzare un sistema di comando azionato mediante bobina di apertura.**

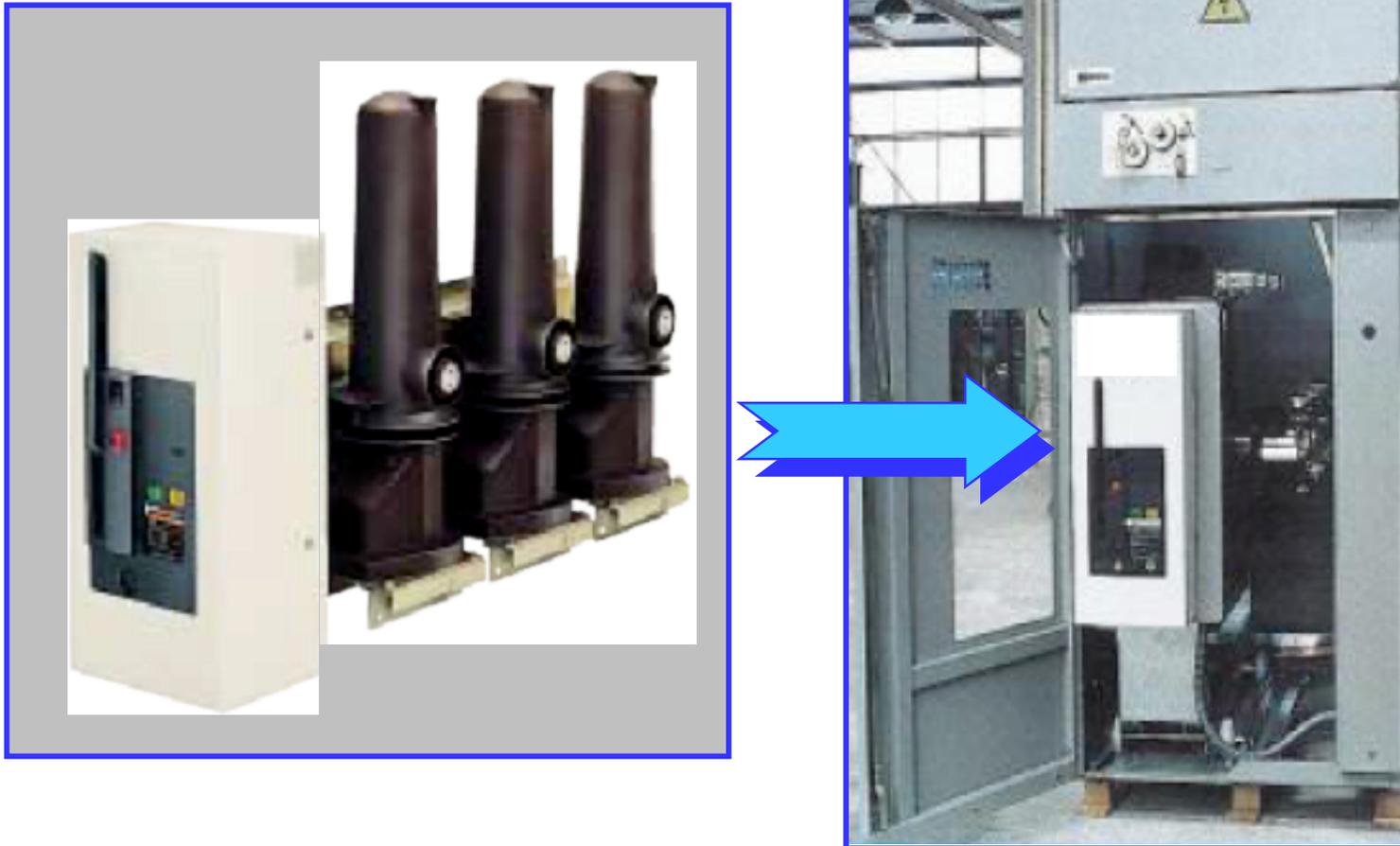
**La funzione di protezione è assoluta in tutte le condizioni nominali e di guasto dall'interruttore automatico.**

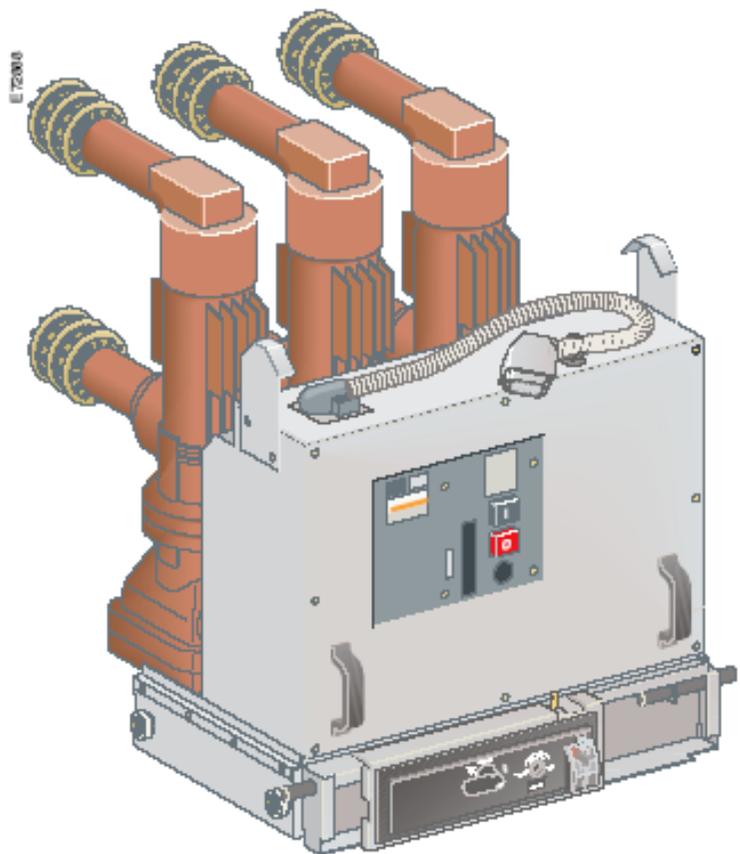
## Criteri di scelta della parte elettrica

### Interruttore :

**“Apparecchio capace di stabilire, portare e interrompere le correnti in condizioni normali del circuito ed inoltre di stabilire, portare per un determinato tempo ed interrompere correnti in condizioni anormali del circuito, come quelle di cortocircuito”**

**L'apparecchio interrompe tutte le sovracorrenti , fino alla corrente di cortocircuito, qualunque sia il tipo di guasto, polifase o monofase e non avendo limitazioni risulta la soluzione ideale per ogni tipo di messa terra delle reti.**

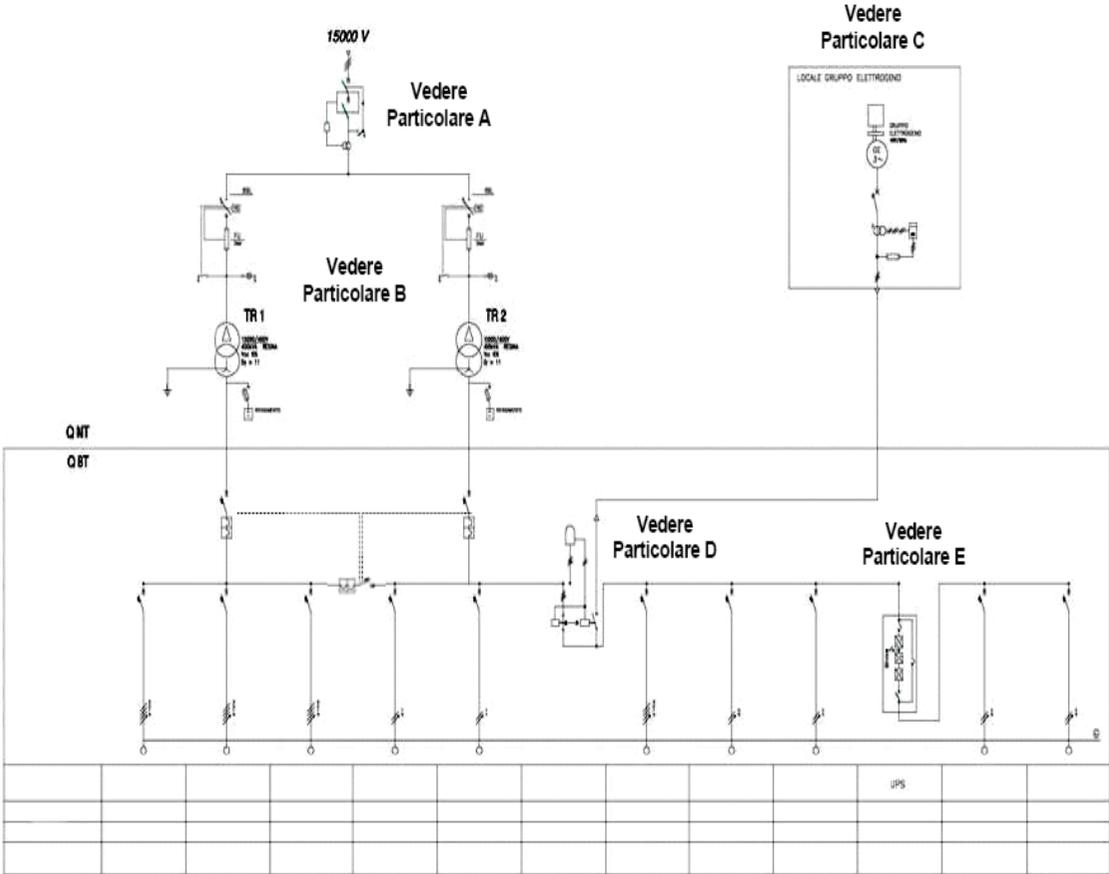




D.1 Esempio non esecutivo di schema unifilare di una cabina MT/BT

**Criteri di scelta della parte elettrica**

- 4 La guida fa cenno anche alle caratteristiche dei sistemi di rifasamento e alla loro modalità di installazione.
- 4 L'allegato D illustra lo schema unifilare tipico di un cabina con le principali apparecchiature



NOTA Date le dimensioni ridotte dello schema, per chiarezza si sono riportati i particolari ingranditi A, B, C, D ed E.

## Criteri di scelta della parte elettrica

### Saturazione dei TA di protezione:

L'allegato H della guida dopo aver fatto la trattazione teorica del fenomeno lo approfondisce con esempi pratici di verifica del comportamento della catena di protezione TA relè .

### Esempio di verifica del comportamento dell'insieme TA + RELE' e collegamento

Si supponga che il TA abbia le seguenti caratteristiche

- rapporto (A) 100/5  $I_p/I_s$
- classe di precisione 5P 30 ( $F_1=30$ )
- prestazione (VA) 2,5

**Si supponga che il RELE' abbia le seguenti caratteristiche :**

- **corrente nominale  $I_n$  (A) 5**
- **consumo (VA) 0,025 ( $R_r = 0,001W$ )**
- **tenuta termica 100  $I_n$  per 1 s**
- **regolazioni (tempo indipendente) da 0,1 a 24  $I_n$**

**Si supponga che il conduttore di collegamento abbia le seguenti caratteristiche :**

- **sezione (mm<sup>2</sup>) 2,5**
- **lunghezza (m) 6**
- **resistenza (W) 0,06 ( $R_c$  a 75 °C)**

**Calcolo fattore limite di precisione effettivo  $F'_I$** 

$$F'_I = F_I \times \frac{(VA)_T + (VA)_n}{(VA)_T + (VA)_C}$$

**$F'_I$  = Fattore limite di precisione effettivo**

**$F_I$  = Fattore limite di precisione nominale (30)**

**$(VA)_T$  = Potenza dissipata nel TA alla  $I_n$**

$$(R_{SN} \times I_{SN}^2) = 0,06 \times 5^2 = 1,5 \text{ VA}$$

**$(VA)_n$  = Prestazione nominale del TA (2,5 VA)**

**$(VA)_C$  = Carico effettivo alla  $I_n$  (relè e conduttori)**

$$(R_r + R_c) \times I_{SN}^2 = (0,001 + 0,06) \times 5^2 = 1,5 \text{ VA}$$

$$F'_1 = 30 \times (1,5 + 2,5) / (1,5 + 1,5) = 40$$

Con il fattore limite di precisione effettivo si può calcolare fino a che valore della corrente primaria il TA mantiene una risposta lineare, cioè non va in saturazione.

Nell' esempio indicato il valore è dato da :

**Calcolo fattore limite di precisione effettivo  $F'_1$**

$$F'_1 \times I_{np} = 40 \times 100 = 4000 \text{ A}$$



## Criteri di scelta della parte elettrica

### Simbologia di più frequente uso:

L'allegato K mette a confronto la simbologia ANSI, formata da codici numerici di uso diffuso nel settore elettrotecnico, con la relativa simbologia conforme alla norma europea CEI EN 60617-7

## Criteri di scelta della parte elettrica

### Simbologia di più frequente uso:

|     |  | Simboli DK5600 |
|-----|--|----------------|
| 51  | Massima corrente di fase temporizzata  | (51.1 e 51.2)  |
| 50  | Massima corrente di fase istantanea    | (51.2)         |
| 51N | Massima corrente di terra temporizzata | (51N)          |
| 50N | Massima corrente di terra istantanea   | (51N)          |
| 67  | Massima corrente direzionale di fase   |                |
| 67N | Massima corrente omopolare direzionale | (67.1 e 67.2)  |