

# TECNOLOGIE E SISTEMI AVANZATI PER LA NAUTICA

## IMPIANTI ELETTRICI DI BORDO

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

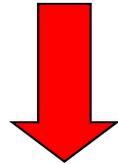
**Impianto elettrico di bordo** è un impianto elettrico installato a bordo di un altro sistema ingegneristico mobile rispetto alla terra ferma.

Impianti elettrici di bordo sono presenti su aerei, treni, navi, satelliti, ecc.

La caratteristica di mobilità rende, nella maggior parte dei casi, il **sistema elettrico di bordo indipendente dai sistemi terrestri.**

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

Il sistema elettrico navale è un ***sistema isolato***, essendo indipendente dal sistema elettrico terrestre.



In un impianto elettrico navale i sub-sistemi

- Generazione
- Distribuzione
- Utilizzazione

sono tutti presenti

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

L'energia elettrica è indispensabile per il corretto funzionamento della nave (*marcia, sicurezza, confort*).

## ESEMPI:

- Propulsione
- Apparecchiature quali radar, girobussola, ecoscandaglio, sonar, ecc..
- Impianti di condizionamento, impianti di illuminazione, impianti di svago per le navi da crociera, ecc..



La realizzazione dell'impianto elettrico di bordo non è semplice a causa delle caratteristiche del sistema in cui l'impianto deve essere realizzato.

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

- La nave è un **sistema elettrico isolato**.

## ***IN CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO NORMALE:***

La potenza nominale di alcuni carichi è confrontabile con quella dei singoli generatori.

La rete elettrica è vulnerabile. In particolare nella fase di avviamento di grossi motori, ci sono fluttuazioni di tensione e frequenza all'interno della rete.

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

- La nave è un **sistema elettrico isolato**.

## ***IN CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO ANORMALE:***

A differenza dei normali impianti elettrici di terraferma non vi è possibilità, in caso di mancata alimentazione, di rimediare con la commutazione su altre dorsali della rete.

La rete elettrica di bordo costituisce un sistema elettrico indipendente caratterizzato da brevi distanze tra la sorgente di energia e gli utilizzatori. A causa della ridotta distanza tra generatori ed utenze, le impedenze delle linee (che limitano le correnti di corto circuito) sono basse.

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

- La nave ha uno **spazio disponibile ridotto** e presenta un **limite sul peso trasportabile**.
  - Lo spazio disponibile per la realizzazione dell'impianto elettrico e l'installazione delle apparecchiature è angusto.
  - Il peso delle apparecchiature elettriche non può essere eccessivo (vincoli sulla scelta del numero e della taglia dei generatori).

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

- La nave presenta **condizioni ambientali sfavorevoli** (*alto grado di umidità dovuta all'ambiente marino; temperature esterne molto alte o molto basse* ).
  - La buona conservazione del materiale isolante costituente le varie apparecchiature elettriche è minacciata.
  - Le temperature di lavoro dei generatori e dei motori elettrici possono essere molto elevate, con conseguente degrado delle prestazioni.

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

- La nave è un **sistema mobile**.
  - Le diverse parti dell'impianto elettrico sono sottoposte a forti sollecitazioni meccaniche (ad esempio vibrazioni dovute al movimento proprio della nave o ai motori primi)

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

Per tutte le ragioni suddette, il sistema elettrico a bordo deve garantire:

- **AFFIDABILITA' dei COMPONENTI:**  
corretto funzionamento delle apparecchiature nel tempo;
- **AFFIDABILITA' dell'IMPIANTO:**  
continuità dell'alimentazione delle apparecchiature elettriche (o almeno di quelle essenziali alla sicurezza della nave).

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

## **AFFIDABILITA' dei COMPONENTI**

Le apparecchiature elettriche devono essere speciali.

E' necessario impiegare materiale elettrico particolarmente robusto, adatto all'ambiente di bordo.

Le apparecchiature devono essere collegate allo scafo con sistemi smorzanti e devono avere una manutenzione semplice e ridotta.

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

## **AFFIDABILITA' dell'IMPIANTO**

Oltre ad una appropriata scelta dei componenti, la scelta di particolari soluzioni impiantistiche permettono il raggiungimento di elevati livelli di affidabilità in termini di continuità dell'alimentazione.

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

## I REGISTRI NAVALI

Gli impianti elettrici navali sono soggetti a **specifiche di progetto particolari** che si distinguono da quelle degli impianti terrestri.

I regolamenti dei vari **registri navali** forniscono le prescrizioni per le prove ed i parametri richiesti in termini di prestazioni a cui le apparecchiature elettriche dovranno rispondere.

# Caratteristiche degli impianti elettrici a bordo delle navi

**I Registri navali sono enti di che rilasciano il certificato di classificazione** che è il documento che attesta che una nave è stata progettata e costruita in conformità con i regolamenti/criteri previsti dalla Società di Classificazione stessa e pertanto è autorizzata all'attività per la quale è stata concepita.

In Italia esiste il Registro Italiano Navale (RINA)



# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

L'impianto elettrico a bordo di una nave può essere suddiviso in tre parti fondamentali:

➤ **Impianto principale**

➤ **Circuiti ausiliari**

➤ **Impianti speciali**

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

## ➤ **Impianto principale**

E' costituito dai servizi essenziali di nave:

- **impianto di propulsione** (se elettrica);
- **circuiti dedicati** a funzionalità prioritarie di bordo e caratteristiche della tipologia di nave.

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

## ➤ **Impianto principale**

### Impianto di propulsione

La propulsione elettrica avviene tramite una o più eliche ognuna delle quali è messa in rotazione attraverso un albero dall'energia meccanica proveniente da un motore elettrico.

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

## ➤ **Impianto principale**

Circuiti dedicati a specifiche funzionalità

Esempi:

**nave gasiera:** circuiti dedicati al pompaggio o alla compressione dei gas

**navi cargo:** circuiti dedicati al comando dei dispositivi di movimentazione carichi

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

## ➤ **Circuiti ausiliari**

Sono i circuiti di ausilio all'impianto principale della nave.

Prevedono:

- un sottosistema di produzione,
- un sottosistema di distribuzione,
- un sottosistema di utilizzazione.

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

## ➤ Circuiti ausiliari

### Sottosistema di produzione

E' costituito da uno o più centrali elettriche che forniscono energia all'intero impianto elettrico in:

- servizio *normale*,
- servizio di *sosta nel porto*
- servizio di *emergenza*.

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

## ➤ Circuiti ausiliari

### Sottosistema di distribuzione

E' costituito da una rete di *distribuzione primaria* e da una rete di *distribuzione secondaria*.

La distribuzione è in derivazione (a tensione costante). Generatori e utenti sono collegati in parallelo.

Gli utenti sono alimentati alla stessa tensione ed assorbono correnti proporzionali alla potenza utilizzata.

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

## ➤ **Circuiti ausiliari**

### Sottosistema di utilizzazione

Comprende i motori con i relativi dispositivi di avviamento (utenze forza) e l'illuminazione (utenze luce).

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

## ➤ **Impianti speciali**

Impianti che alimentano utenti che non si possono classificare né forza né luce.

### Esempi

impianti per alimentare utenti che richiedono una alimentazione diversa da quella dei circuiti ausiliari: girobussole, radar ( frequenza = 400 Hz)

impianti per i quali si è sviluppata una particolare tecnica sebbene richiedano lo stesso tipo alimentazione dell'impianto ausiliario (impianti telefonici, impianti antincendio, apparati per Radio Telecomunicazione, ecc.)

# Classificazione delle utenze a bordo della nave

Una distinzione prevista per le utenze elettriche a bordo di una nave è quella che divide i carichi in:

- **Carichi normali**
- **Carichi di emergenza**

# Classificazione delle utenze a bordo della nave

## ➤ Carichi di emergenza

Sono quelli la cui **alimentazione** e il cui **corretto funzionamento vanno garantiti in condizioni di emergenza** poiché svolgono funzioni indispensabili per la sicurezza dell'imbarcazione:

- sistema di propulsione,
- sistemi di controllo dei motori e di comando dei timoni
- sistemi antincendio,
- allarmi,
- sistemi di comunicazione e di aiuto alla navigazione,
- luci di emergenza.
- carichi per confort e sicurezza passeggeri ( sistema di condizionamento o di aspirazione acque)

# La frequenza a bordo

I sistemi elettrici a bordo delle navi adottano una frequenza di 60 Hz (prevalentemente) o di 50 Hz.

Vantaggi tecnici della 60 Hz rispetto alla 50 Hz:

- maggiore impedenza dei cavi;
- riduzione del peso e dell'ingombro delle macchine elettriche;
- motori più veloci;

# Classificazione degli impianti elettrici a bordo delle navi

L'impianto elettrico a bordo di una nave può essere suddiviso in tre parti fondamentali:

➤ **Impianto principale**

Impianto di propulsione

Circuiti dedicati

➤ **Circuiti ausiliari**

Sottosistema di produzione

Sottosistema di distribuzione

Sottosistema di utilizzazione

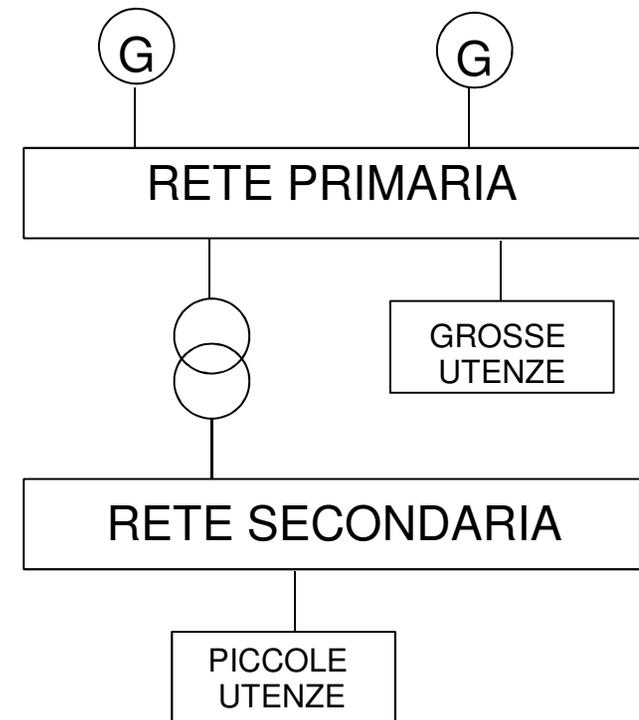
➤ **Impianti speciali**

Impianto per alimentare utenze speciali

# Sottosistema di distribuzione

In generale il sottosistema di distribuzione prevede:

- **una rete di distribuzione primaria:** alimenta attraverso la centrale (in cui sono presenti i generatori) la sottostazione di trasformazione e le grosse utenze;
- **una rete di distribuzione secondaria:** alimenta attraverso la sottostazione le piccole utenze.



**Schema a blocchi**

# Sottosistema di distribuzione

In particolare:

- **la rete di distribuzione primaria** è alimentata dalla centrale elettrica principale

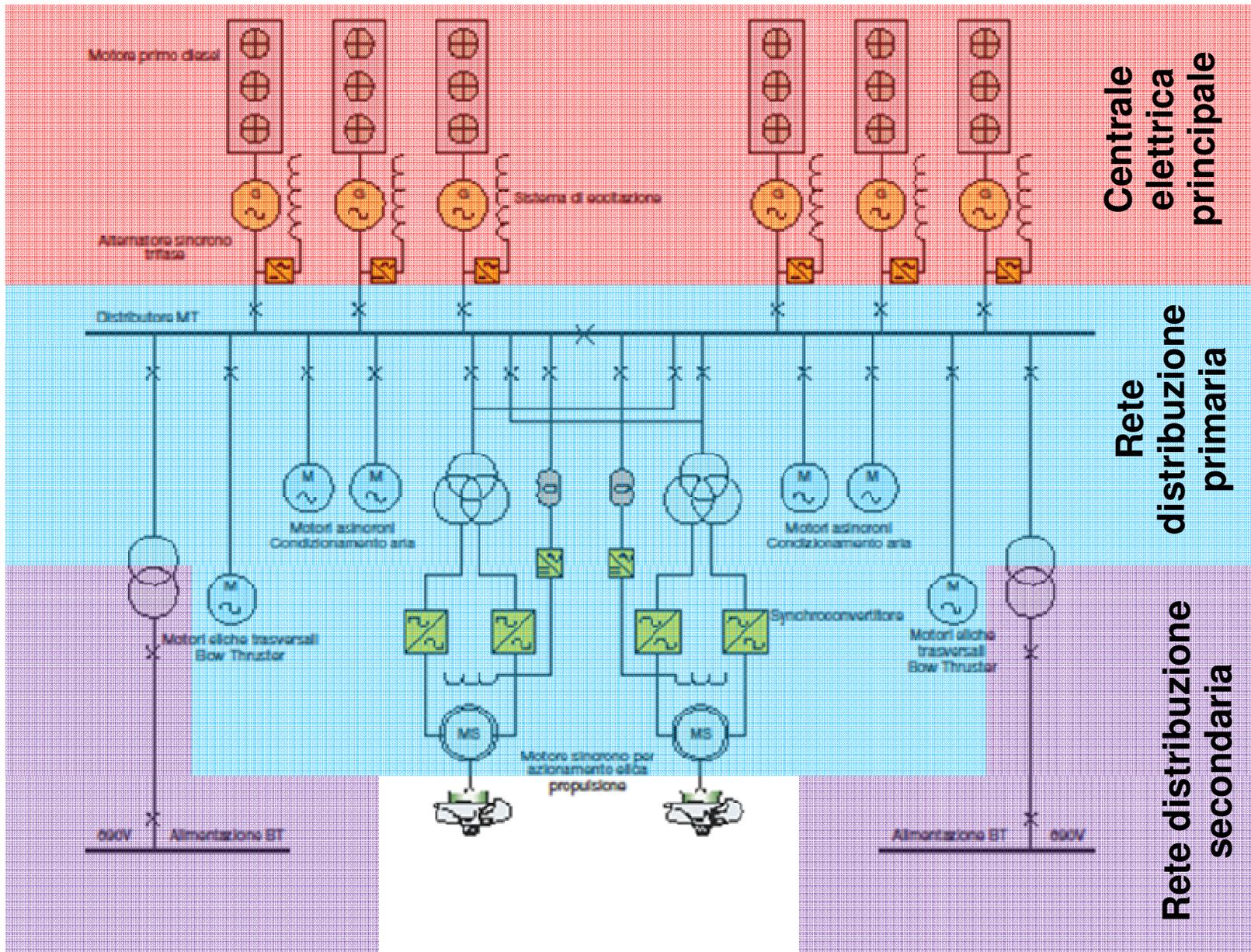
La **centrale elettrica principale** è costituita da gruppi di generazione - il quadro elettrico principale o di centrale (Power Center) - apparecchiature di controllo.

Il Power Center è generalmente suddiviso in due o più sezioni, ognuna facente capo ad un gruppo di generazione, al fine di garantire la possibilità di un'alimentazione ridondante per i carichi

- **la rete di distribuzione secondaria** è alimentata da trasformatori che prelevano energia dalla rete di distribuzione primaria

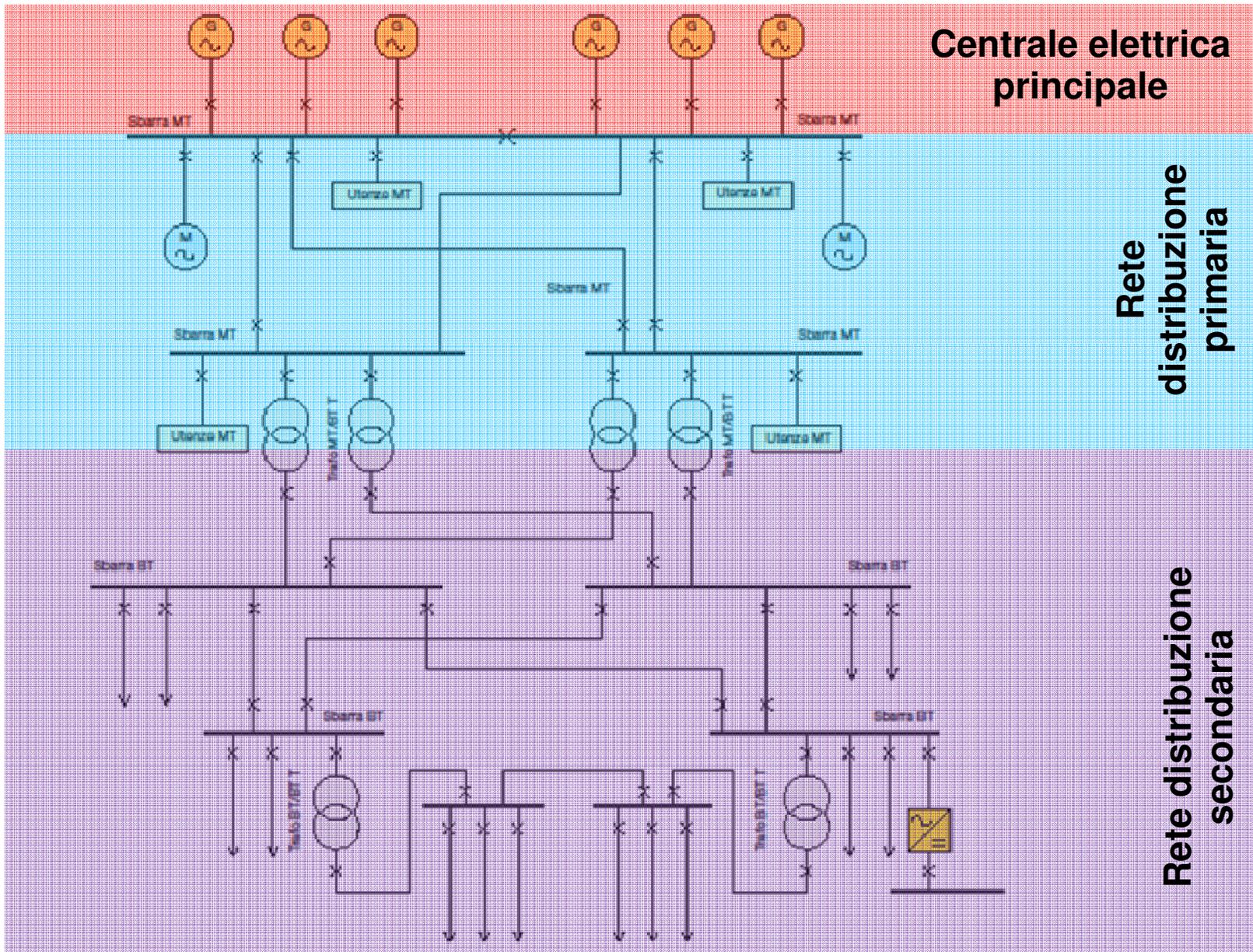
# Sottosistema di distribuzione

## Esempio 1: Schema unifilare



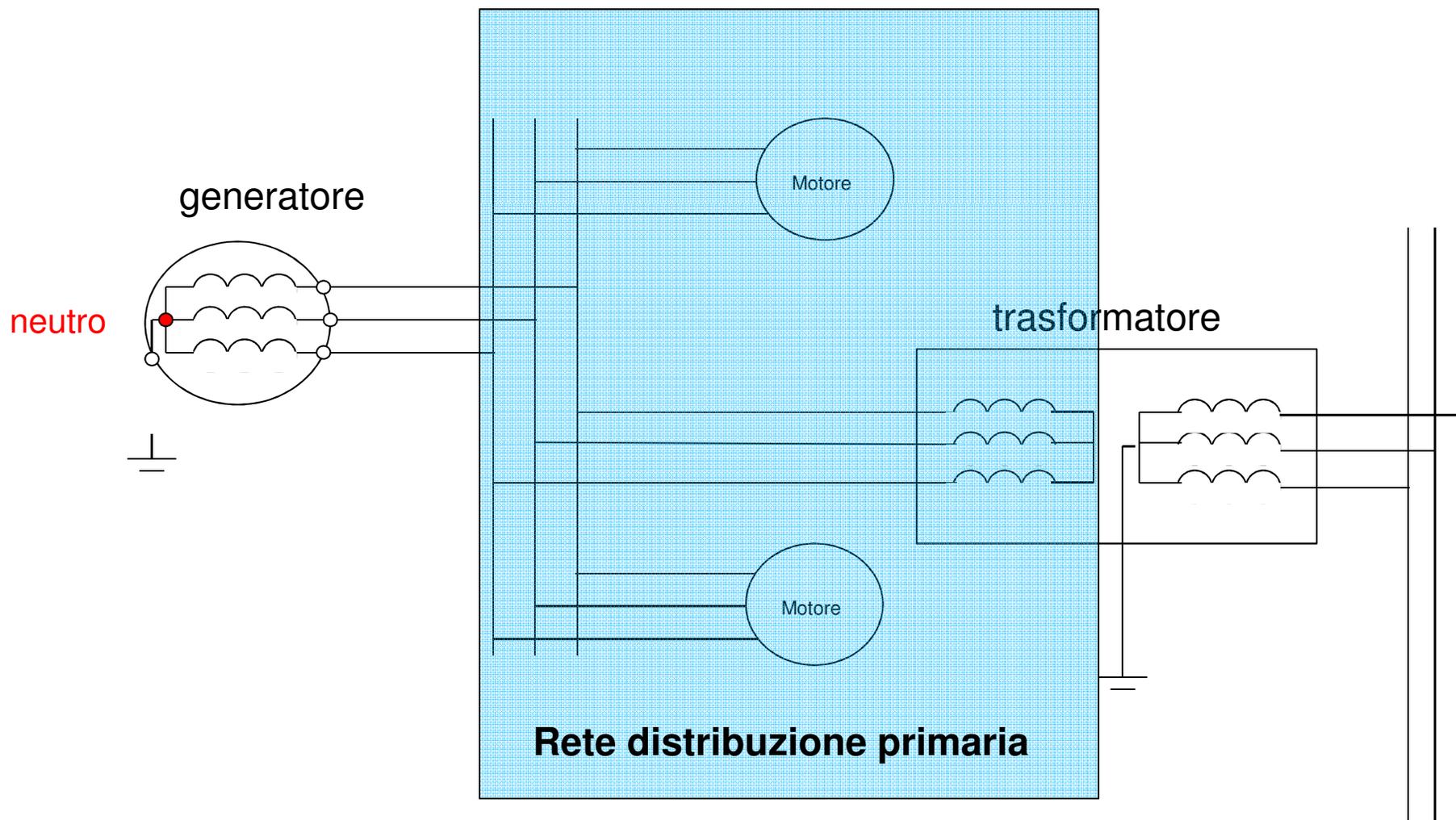
# Sottosistema di distribuzione

## Esempio 2: Schema unifilare



# Rete di distribuzione primaria

La rete primaria è una rete **trifase a tre conduttori** con **neutro isolato**



# Rete di distribuzione primaria

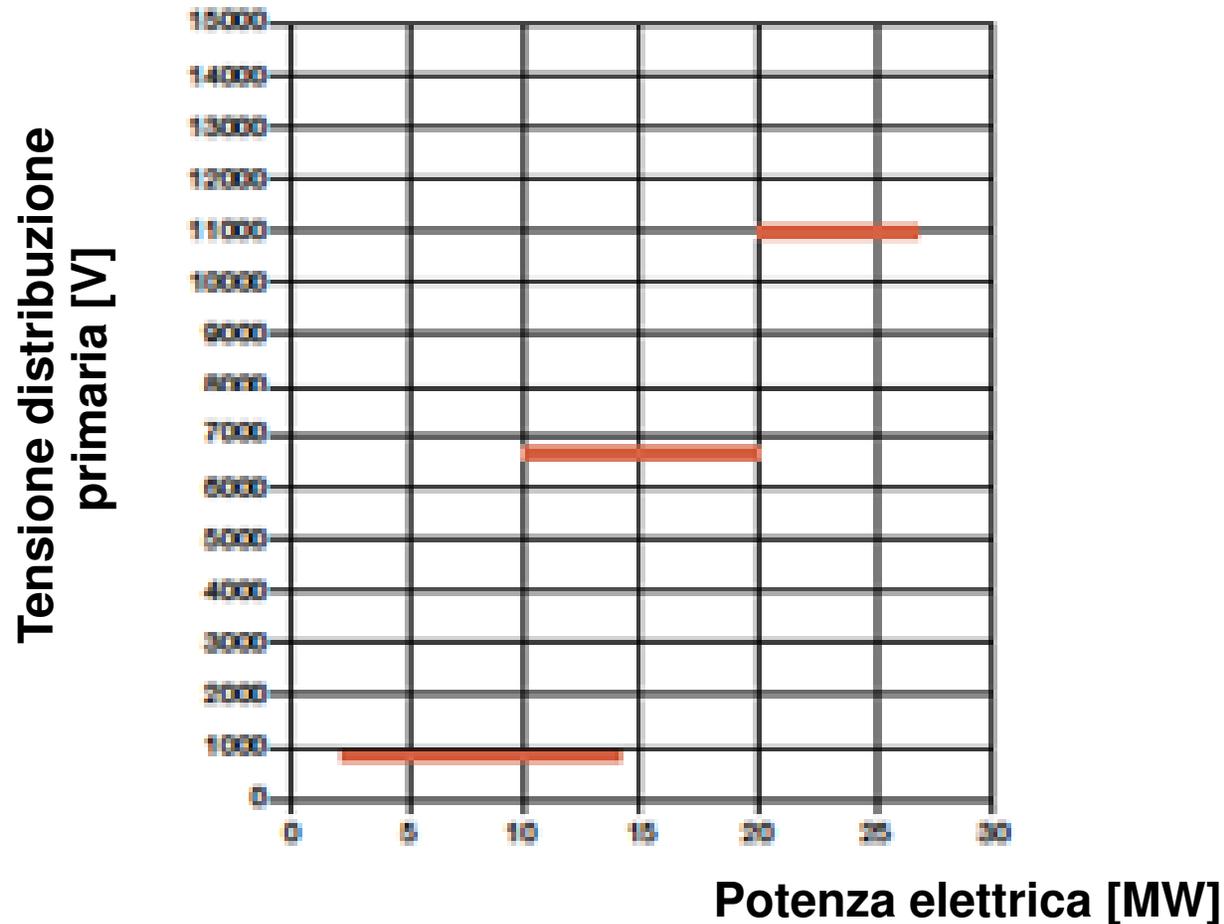
Il **valore della tensione di distribuzione primaria** dipende dalla potenza complessiva di bordo:

|                                      |   |                     |  |   |                      |
|--------------------------------------|---|---------------------|--|---|----------------------|
| $P_{\text{gen}} > 20 \text{ MW}$     | } | $V = 11 \text{ kV}$ | $P_{\text{gen}} [10 - 20 \text{ MW}]$              | } | $V = 6.6 \text{ kV}$ |
| $P_{\text{motori}} > 400 \text{ kW}$ |   |                     | $P_{\text{motori}} \text{ fino a } 300 \text{ kW}$ |   |                      |

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| $P_{\text{gen}} \text{ fino a } 12 \text{ MW}$ | } | $V = 440 \text{ o } 690 \text{ V}$ |
| Generazione e distribuzione normalmente in BT  |   |                                    |

# Rete di distribuzione primaria

Il **valore della tensione di distribuzione primaria** dipende dalla potenza complessiva di bordo:

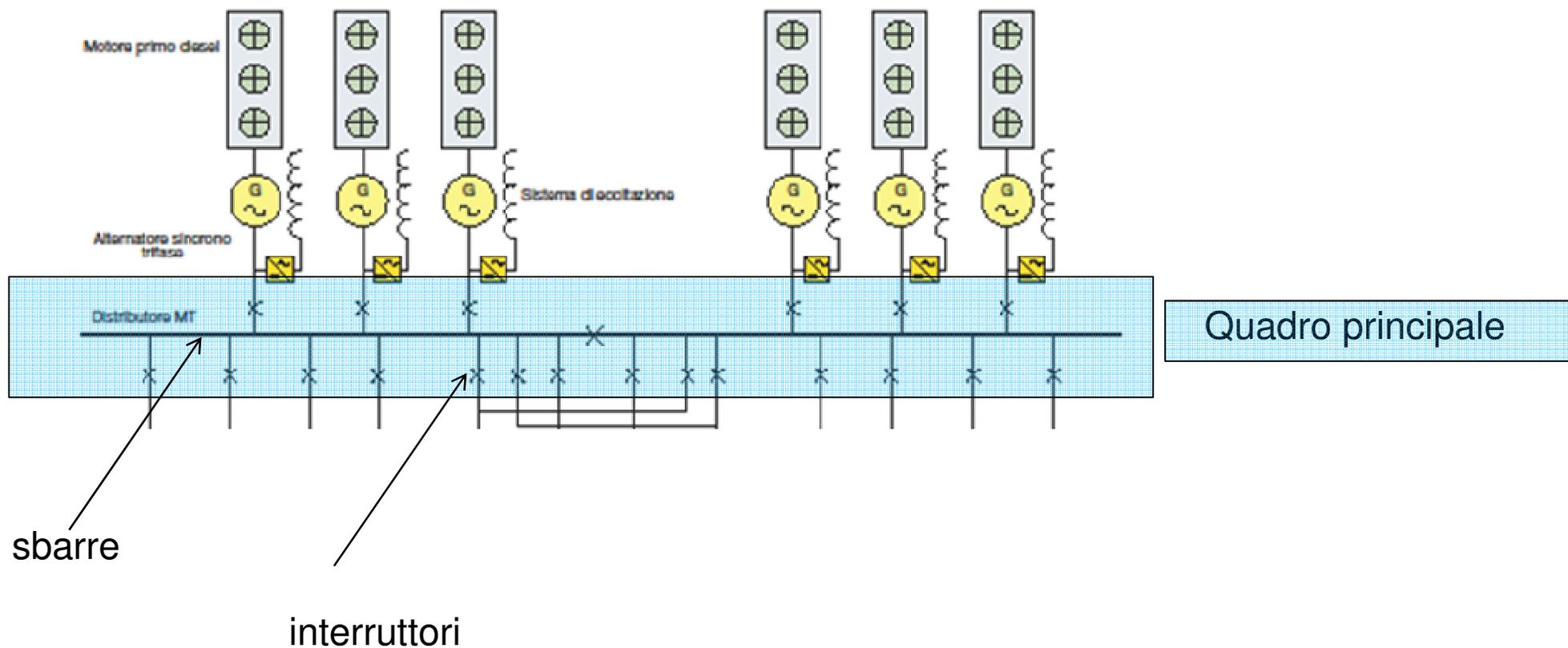


# Quadri elettrici di centrale

- Il quadro elettrico di centrale realizza il collegamento tra generatori e linee di distribuzione agli utenti.
- Si hanno quadri nelle centrali principali (quadri principali) e nelle centrali di emergenza (quadri d'emergenza)
- Il quadro comprende:
  - i sistemi di sbarre
  - gli interruttori di macchina, di parallelo sbarre, di distribuzione agli utenti, di collegamento alle altri centrali,
  - la strumentazione per il comando e controllo della produzione e distribuzione

# Quadri elettrici di centrale

Esempio 1: schema unifilare del quadro principale



# Quadri elettrici di centrale

- Il quadro è composto da un certo numero di armadi affiancati costituiti da un telaio di profilati metallici e da pannelli metallici di copertura.
- Gli strumenti di misura sono montati nelle celle alte, i pulsanti ed i comandi al centro, gli interruttori in basso.

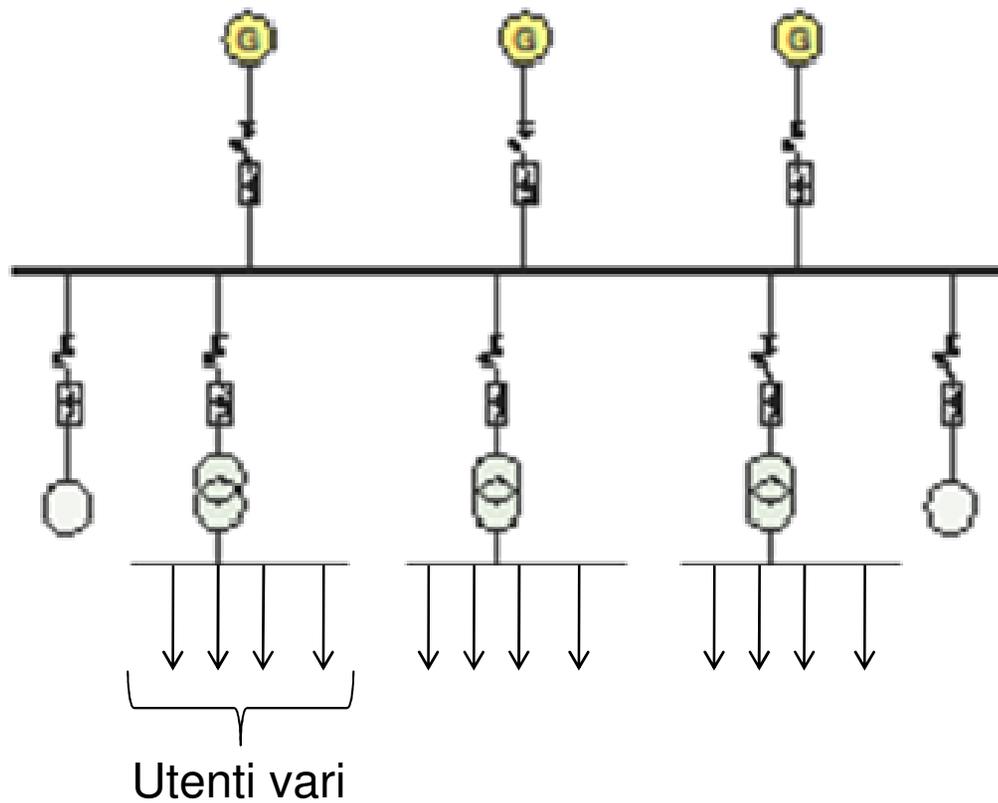


# Quadri elettrici di centrale

- Il quadro ha un corridoio posteriore per l'ispezione degli elementi non accessibili
- Le sbarre passano in alto lungo gli armadi, con discese verticali agli interruttori, le linee di distribuzione escono dal basso
- Un schema elettrico unifilare (sinottico) indica schematicamente i collegamenti realizzati nel quadro

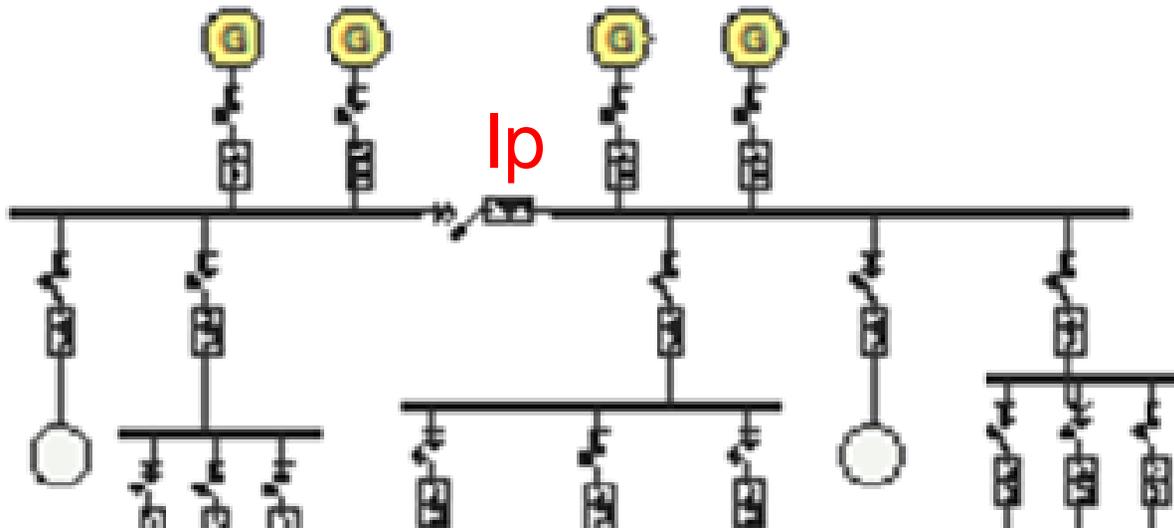
# Schemi unifilari dei quadri principali

## a) Schema con unico sistema di sbarre



# Schemi unifilari dei quadri principali

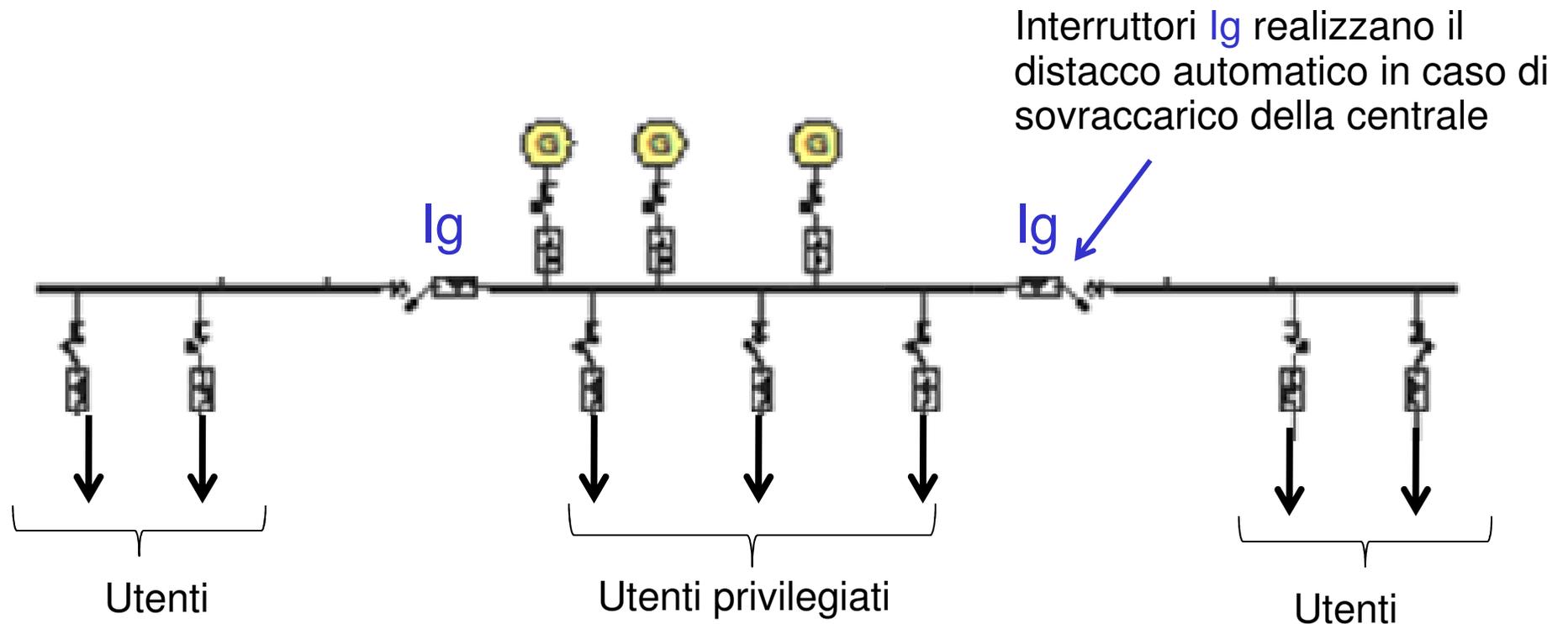
## b) Schema con due sistemi di sbarre



- $I_p$  interruttore di parallelo
- Generatori suddivisi tra i due sistemi in modo che una sezione faccia da riserva all'altra

# Schemi unifilari dei quadri principali

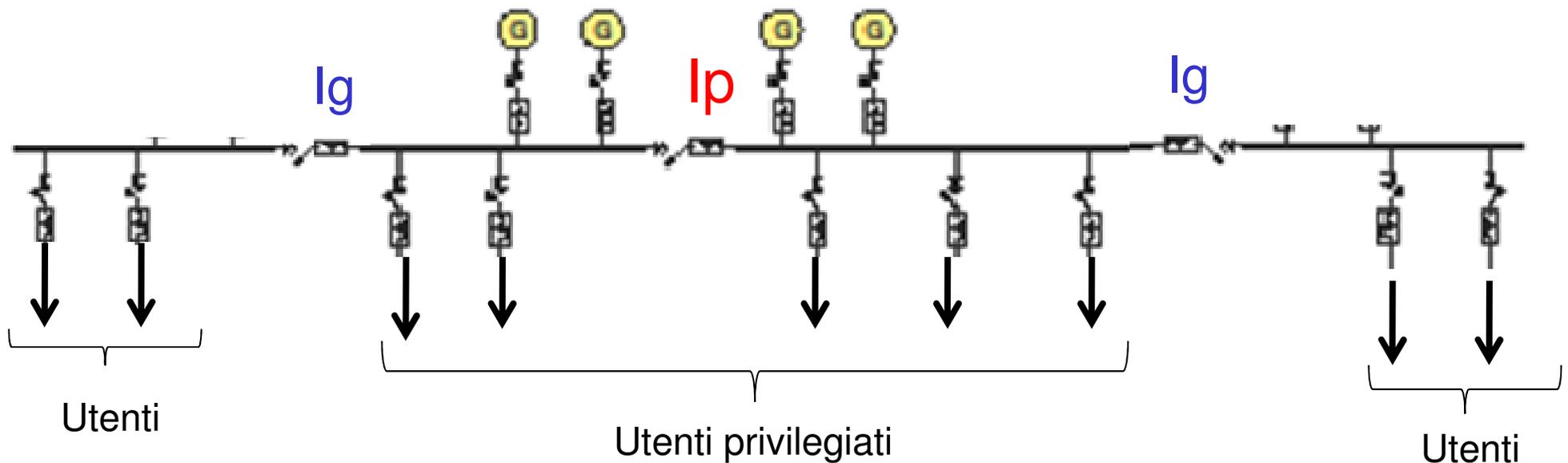
## c) Schema con sbarra principale e sbarre ausiliari



- Generatori collegati alla sbarra principale da cui partono le linee delle utenze privilegiate
- Sbarre ausiliare da cui partono le linee per i servizi non essenziali.

# Schemi unifilari dei quadri principali

## d) Schema con due sbarre principali e sbarre ausiliari



- Ottenuto dalla composizione delle configurazioni b) e c)
- Assicura la massima continuità di servizio
- Facile manutenzione del quadro che è suddiviso in più sezioni indipendenti

# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

La rete di distribuzione primaria presenta schemi unifilari diversi in relazione alle esigenze di progettazione. Tali schemi possono essere genericamente racchiusi in tre schemi a blocchi, in funzione del tipo di nave e della potenza installata:

*Schema radiale semplice*

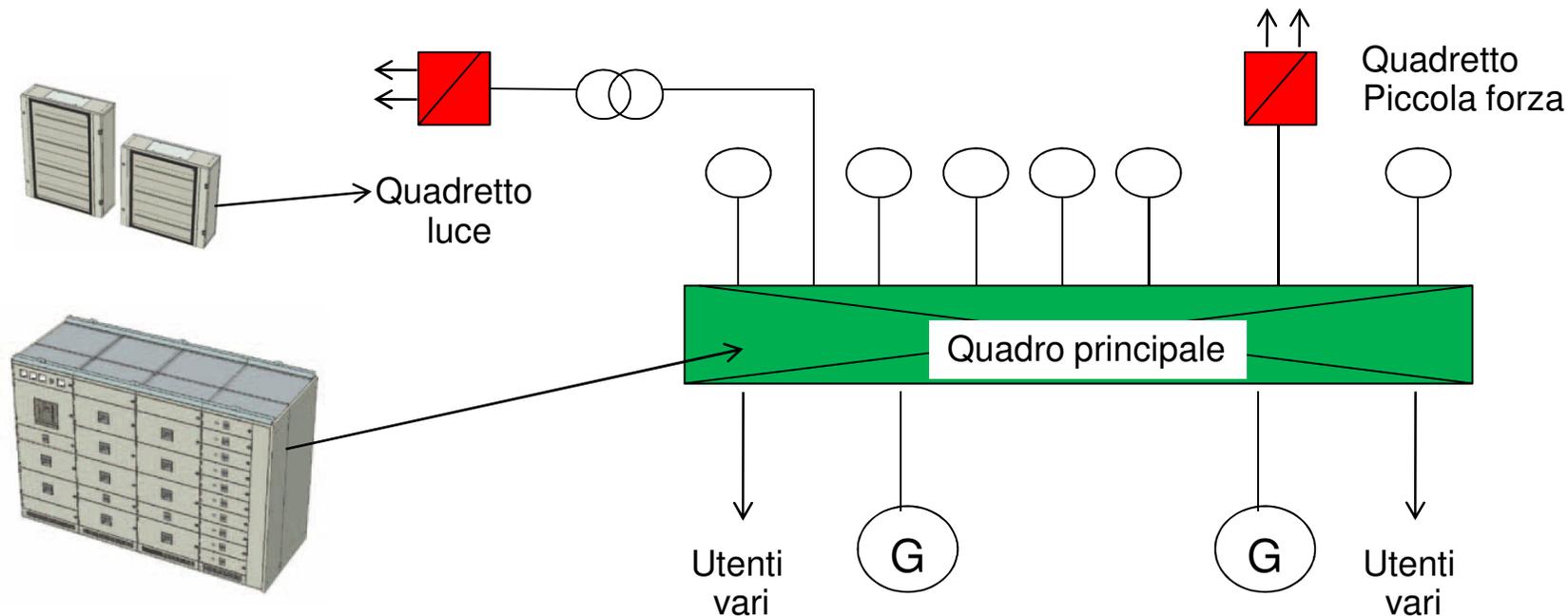
*Schema radiale con sottoquadri*

*Schema radiale con sottostazioni*

# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

## Schema radiale semplice

- Il quadro di centrale alimenta direttamente tutti gli utenti ciascuno con la propria linea derivata dalle sbarre del quadro



- Soluzione semplice ed adatta a impianti di potenza modesta (Potenza installata fino a 500 kW)

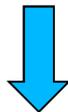
# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

## Schema radiale semplice

- **Quadro:** ha di norma un solo sistema di sbarre dal quale partono le linee dei singoli utenti e dei quadretti di luce e forza motrice. Contiene praticamente tutti gli interruttori di bordo

E' il punto più delicato dell'impianto in quanto tutta l'energia transita dall'unico sistema di sbarre. Un guasto al sistema di sbarre pone fuori servizio tutta la rete

- **Cablaggio:** ogni utente ha la propria linea di alimentazione.



notevole il numero e l'estensione dei cavi  
notevole il peso e l'ingombro dei cavi

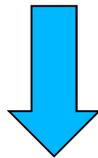
# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

## Schema radiale semplice

- Selettività delle protezioni

Per selettività si intende la capacità del sistema di protezione di escludere, a seguito di un guasto, soltanto la parte in avaria mantenendo continuità di esercizio al resto dell'impianto.

Lo schema radiale semplice garantisce la massima selettività



Un guasto ad un utente o alla sua linea di alimentazione non si ripercuote sugli altri

# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

## Schema radiale semplice

**Vantaggi:** facile sorveglianza  
comoda esecuzione delle manovre  
(tutte le apparecchiature sono nel quadro principale)

**Svantaggi:** elevato numero delle linee  
scarsa affidabilità (tutta l'energia passa per un solo sistema di sbarre)

# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

## Schema radiale composto con sottoquadri o sottostazioni (SSE)

**Sottoquadri** nodi di smistamento che ricevono energia dalle sbarre di centrale e la distribuiscono radialmente agli utenti ubicati nelle vicinanze

**Sottostazioni** nodi di smistamento di maggiore importanza (rispetto ai sottoquadri) che ricevono energia dalle sbarre di centrale ed alimentano tutti gli utenti che sono ubicati nella zona servita dalla sottostazione stessa, mediante sottoquadri.

La nave è suddivisa in zone di servizio, corrispondenti in genere a quelle antincendio, ciascuna alimentata da una propria sottostazione

La **sottostazione** è sistemata in un locale proprio - Il **sottoquadro** è sistemato dove trova posto.

# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

## Schema radiale con sottoquadri o sottostazioni (SSE)

### Vantaggi:

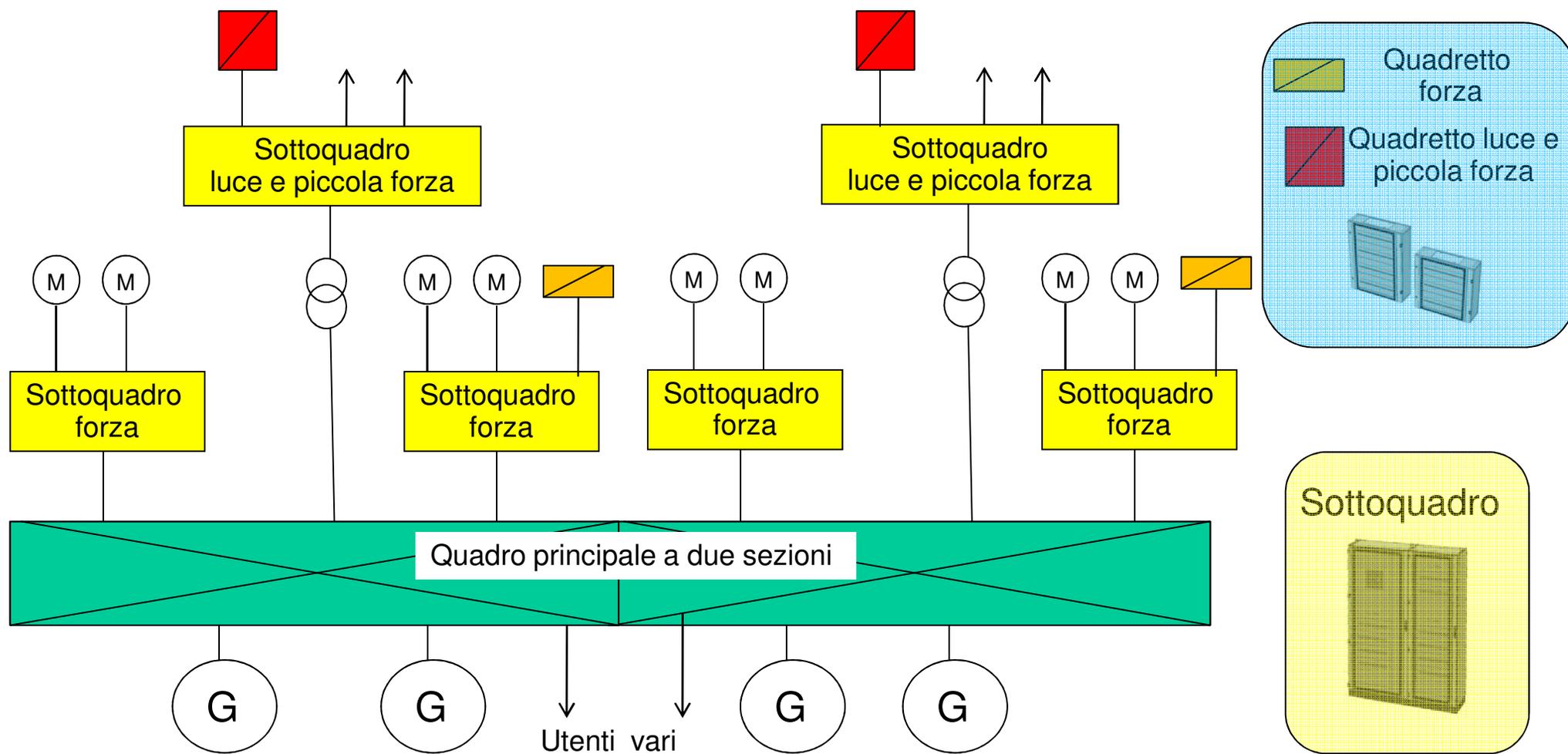
- Minor numero di linee che partono dal quadro principale
- Migliore sfruttamento dei cavi tenendo conto della contemporaneità degli utenti alimentati dallo stesso sottosquadro
- Per aumentare la continuità il quadro principale è suddiviso in due sezioni indipendenti (due sistemi di sbarre).  
Il guasto su un sistema di sbarre non mette fuori servizio tutto l'impianto.

### Svantaggi:

- Minore selettività rispetto allo schema radiale semplice.  
Il guasto alla linea di un sottoquadro mette fuori servizio tutti gli utenti del sottoquadro

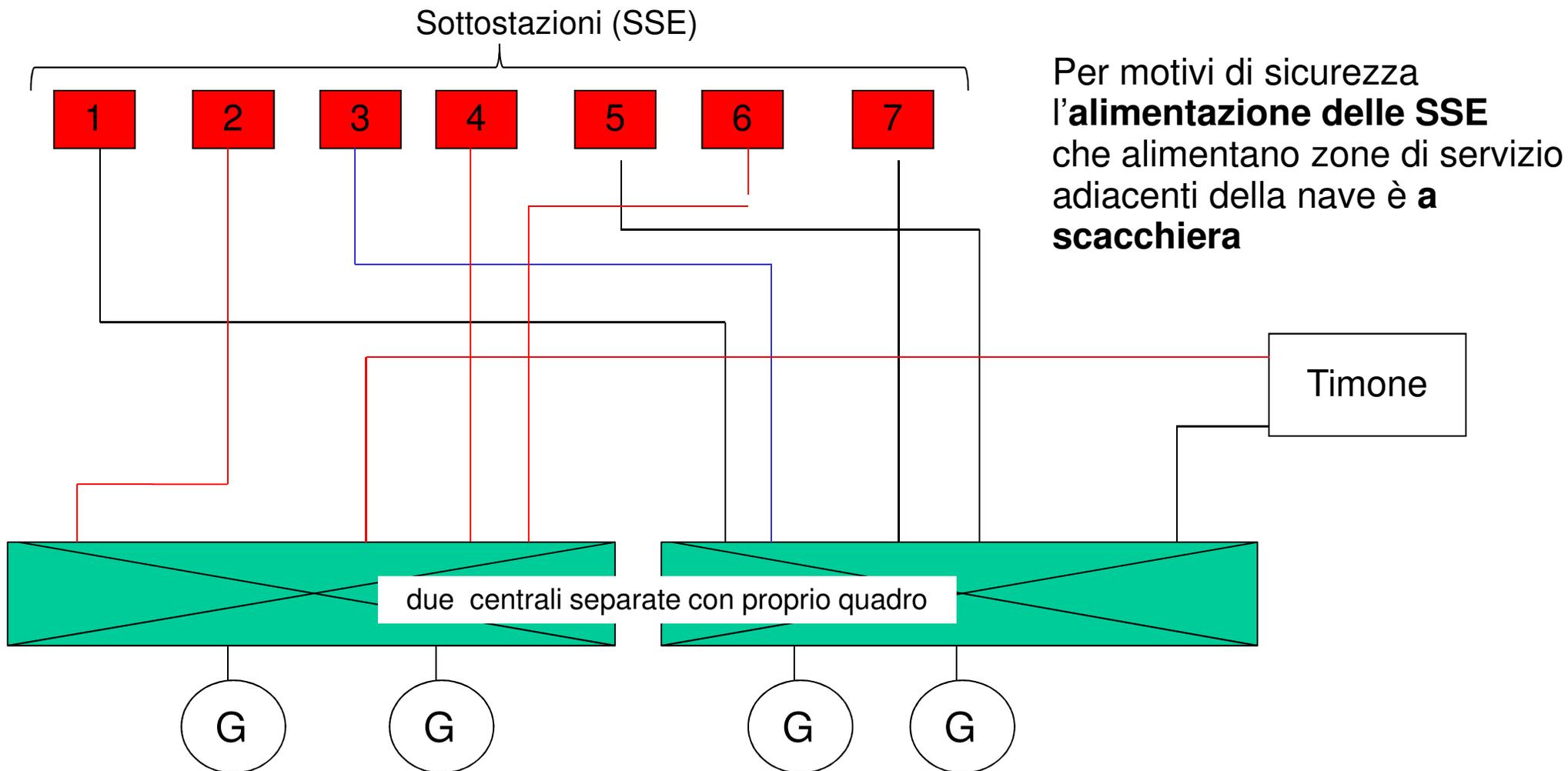
# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

Esempio di schema di distribuzione radiale con sottoquadri



# Schemi a blocchi della rete di distribuzione primaria

## Esempio di schema di distribuzione radiale con sottostazioni



# Alimentazione di riserva nella rete di distribuzione primaria

Le **reti di distribuzione primaria** hanno schemi a blocchi diversi in funzione del tipo di nave e della potenza installata:

*Radiale semplice*

*Radiale con sottoquadri*

*Radiale con sottostazioni*

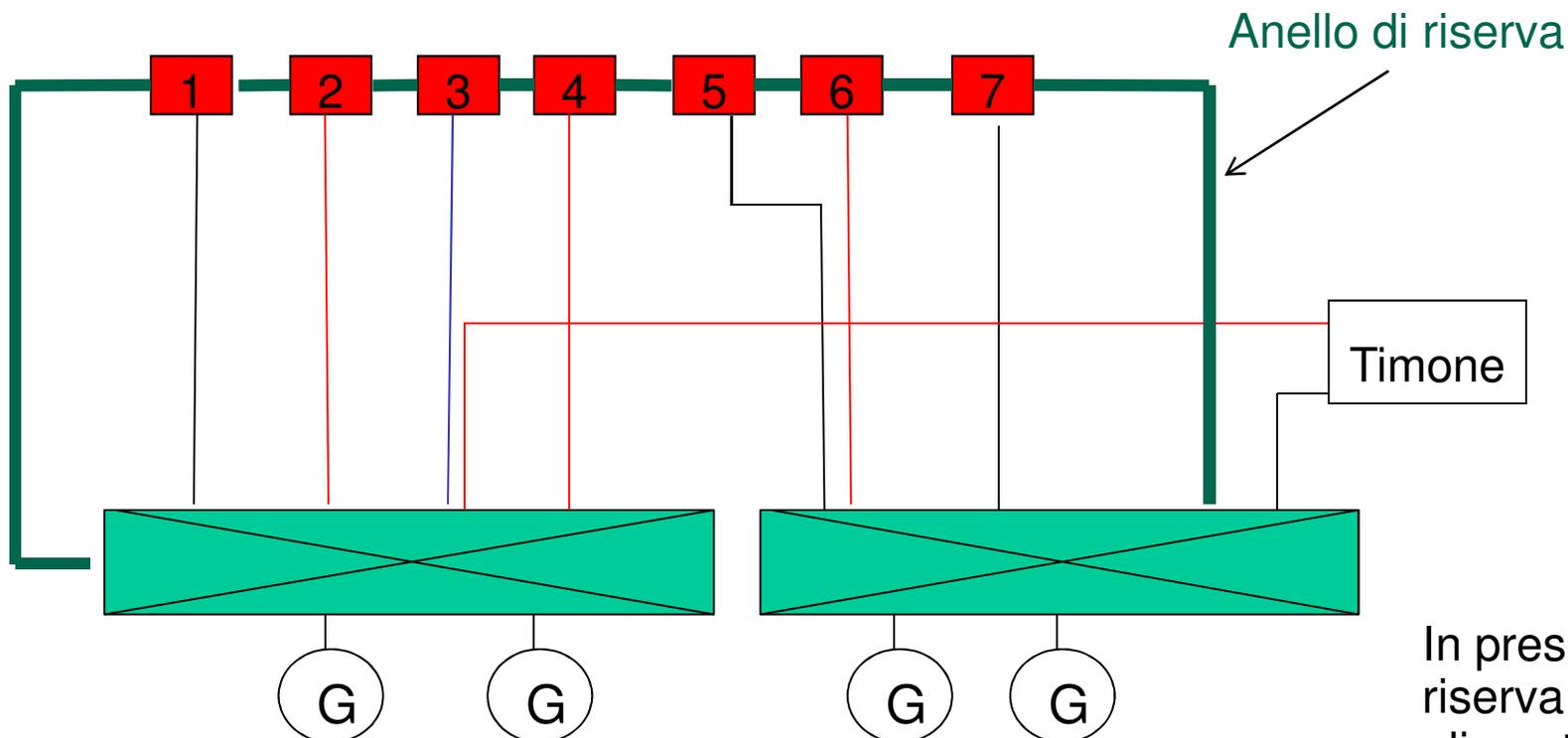
A questi schemi fondamentali possono essere aggiunti i collegamenti per **l'alimentazione di riserva** che possono essere:

- ✓ *Ad anello chiuso di riserva*
- ✓ *Ad anello aperto di riserva*

# Alimentazione di riserva nella rete di distribuzione primaria

## Schema con anello di riserva chiuso

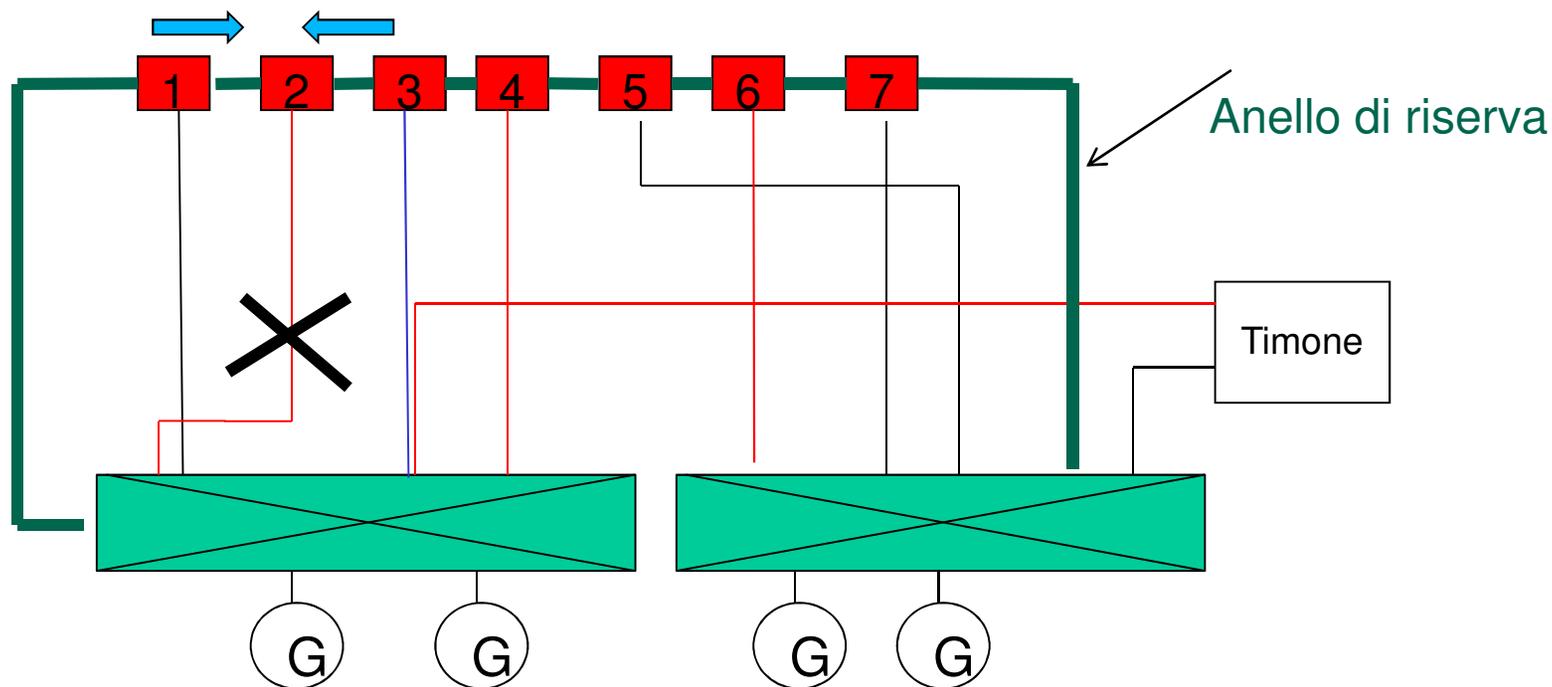
Lo schema prevede un anello di riserva che parte da una centrale principale o da un sistema di sbarre dell'unica centrale, collega successivamente tutte le SSE e arriva fino all'altra centrale o all'altro sistema di sbarre.



In presenza dell'anello di riserva le SSE non sono alimentate a scacchiera.

# Alimentazione di riserva nella rete di distribuzione primaria

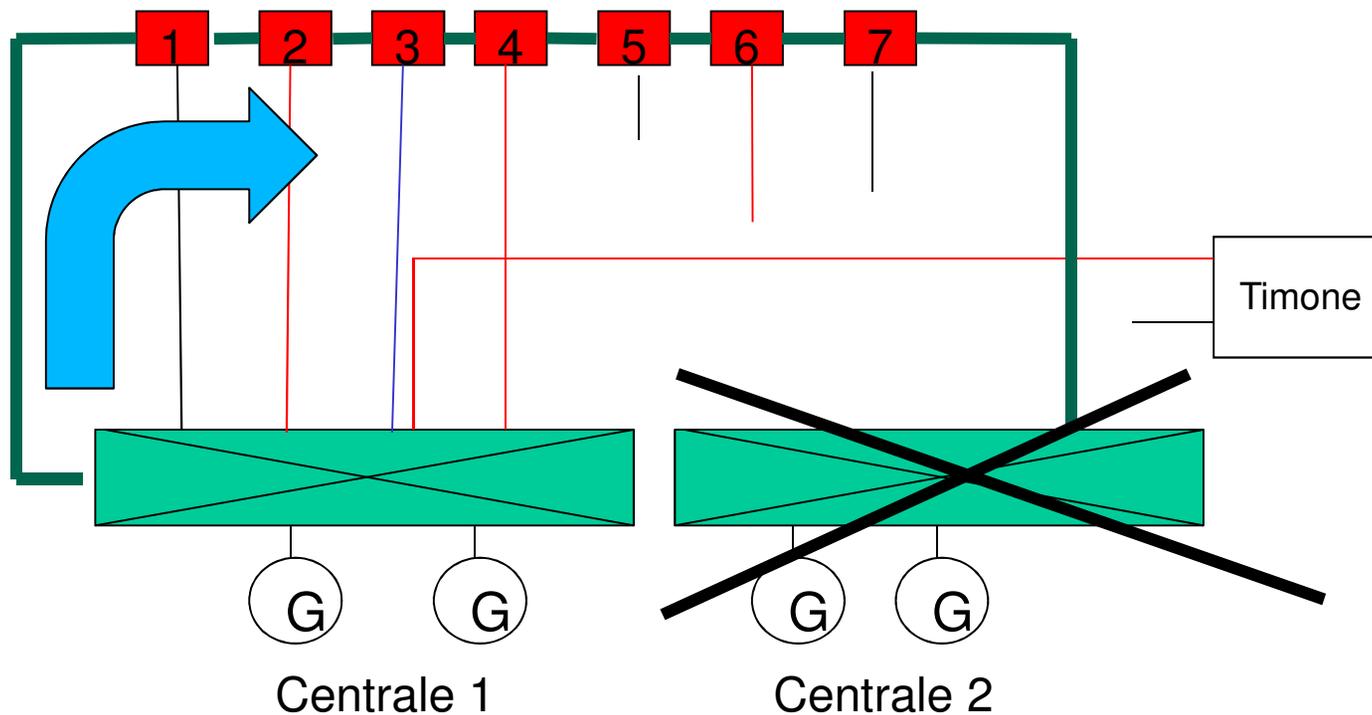
## Schema con anello di riserva chiuso



In caso di avaria alla linea di alimentazione di una SSE questa può essere alimentata dalle SSE adiacenti attraverso l'anello di riserva.  
Ad esempio se si guasta collegamento QP-SSE2, la SSE2 viene alimentata da SSE1 e da SSE3

# Alimentazione di riserva nella rete di distribuzione primaria

## Schema con anello di riserva chiuso



Esempio:  
Guasto Centrale 2



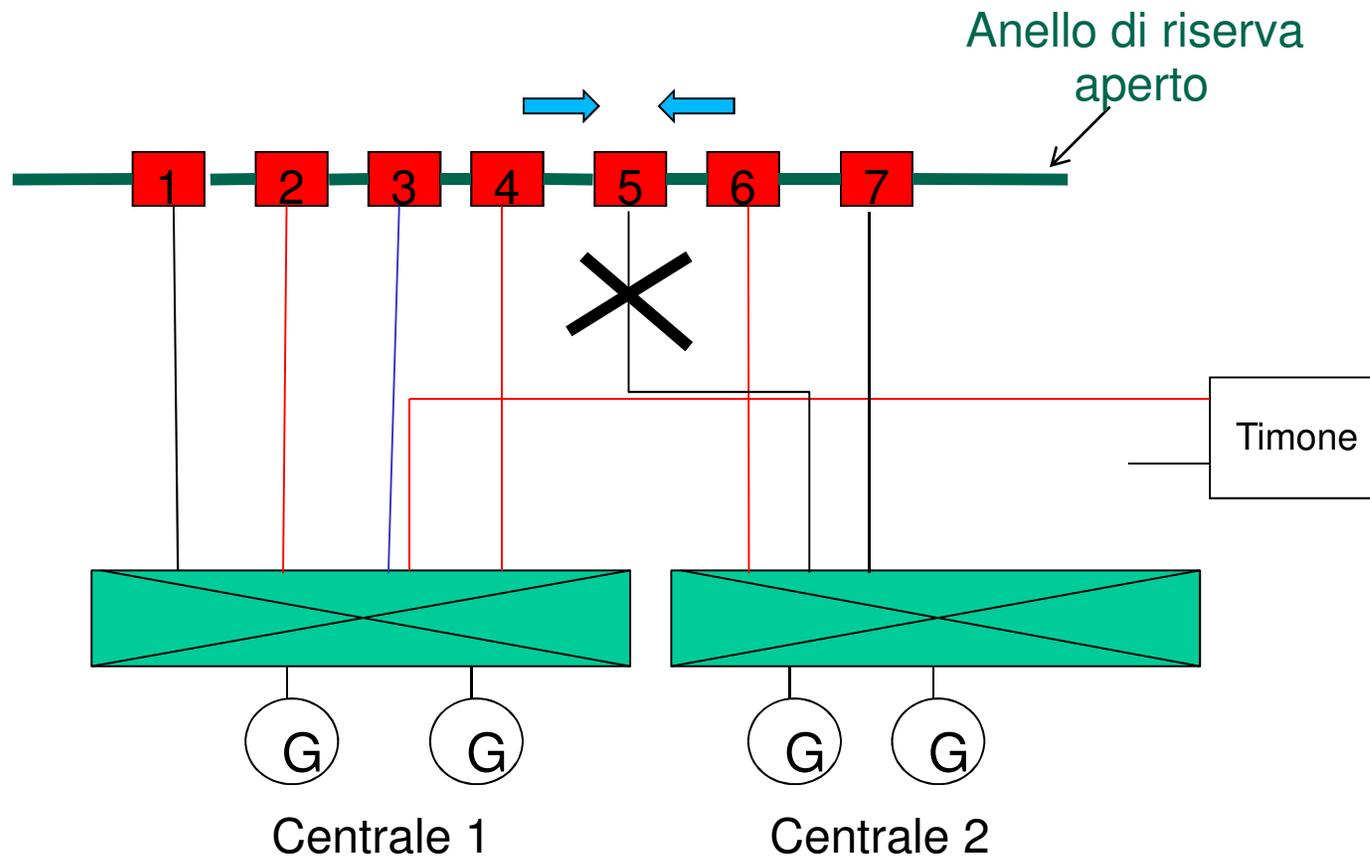
SSE 5-6-7 alimentate  
da Centrale 1 grazie  
con anello di riserva.

In caso di guasto ad un sistema di sbarre o ad una centrale, tutte le SSE da esso derivate possono essere alimentate, almeno parzialmente, dall'altro sistema di sbarre o dall'altra centrale attraverso l'anello di riserva.

# Alimentazione di riserva nella rete di distribuzione primaria

## Schema con anello di riserva aperto

Uno schema più semplice prevede collegamenti di riserva solo tra le SSE. In questo caso si parla di anello di riserva aperto



# Sottosistema di distribuzione

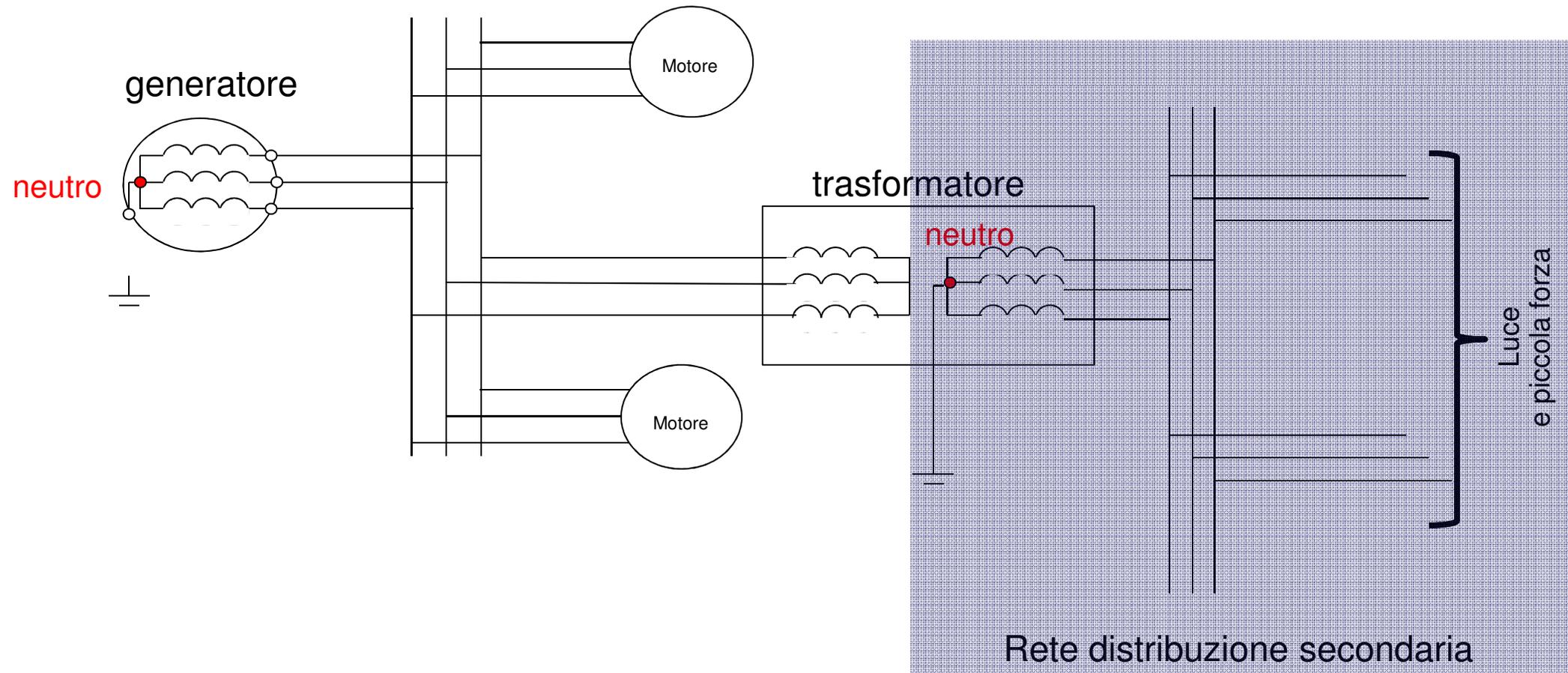
Abbiamo già detto che il sottosistema di distribuzione è costituito da:

- Rete di distribuzione primaria
- Rete di distribuzione secondaria

# Rete di distribuzione secondaria

La rete secondaria comprende i collegamenti tra il secondario dei trasformatori e gli utilizzatori (luce e piccola forza motrice).

Il **neutro** di questa rete (centro stella trasformatore) è connesso a terra.



# Rete di distribuzione secondaria

**Il valore della tensione della distribuzione secondaria** varia da nave a nave.

Valori tipici utilizzati sono stati: 115, 120, 127, 220 e 230 V.

Le soluzioni più comuni adottate per la rete di distribuzione secondaria sono:

- 1) Rete monofase a 120 V con due conduttori isolati
- 2) Rete monofase a tre conduttori, con neutro collegato a massa attraverso il punto medio del trasformatore. Il sistema consente due valori di tensione 230 V (fase-fase) e 115 V (fase-neutro)
- 3) Rete trifase a quattro conduttori (neutro collegato a terra). Il sistema consente due valori di tensione 220 V (fase-fase) e 127 V (fase-neutro). E' possibile alimentare motori trifase di piccola potenza. Forni cucine stufe alla tensione trifase o monofase concatenata 220 V e contemporaneamente i circuiti luce alla tensione di 127 V.

# Rete di distribuzione secondaria

Ultimamente a causa dei continui aumenti della stazza e quindi della potenza richiesta a bordo, si è passati a **valore di tensione della distribuzione secondaria** superiori ed in particolare ad una distribuzione trifase a 440 V, 690 V ed in alcuni rari casi anche a 1000 V.

Questo ha comportato alcuni vantaggi:

- parziale contenimento dei valori delle correnti di guasto,
- riduzione delle sezioni dei cavi e quindi riduzione di pesi ed ingombri,
- riduzione delle cadute di tensione con conseguente aumento delle lunghezze ammissibili dei cavi

La distribuzione finale di bassa tensione è realizzata con tensioni più basse 400V/230V ottenute tramite trasformatori BT/BT.

# Rete di distribuzione secondaria

La norma **IEC 60092 “Electrical installations in ships - part 201: System design – General”** indica i valori raccomandati di tensione in funzione del tipo di carico da alimentare (cucine, riscaldamento, illuminazione, prese a spina, ecc.)

**IMPORTANTE:** Questa norma è la più importante nel settore elettrico; ad essa fanno riferimento la maggior parte dei registri navali nella definizione dei requisiti che devono avere gli impianti elettrici delle navi.



Registro Italiano Navale (RINA) : Italiano

# Rete di distribuzione secondaria

Dalla rete di distribuzione primaria vengono alimentati gli impianti speciali

- Per l'alimentazione di carichi che hanno speciali requisiti di continuità dell'alimentazione è prevista l'alimentazione in c.c. a 24/28V.  
Per questi carichi è normalmente prevista una batteria di accumulatori che è in grado di alimentare, per brevi periodi, il carico elettrico anche in assenza dell'alimentazione da parte delle centrali elettriche
- In ambienti per i quali sussiste un elevato rischio elettrico per le persone è possibile prevedere l'alimentazione dei carichi elettrici in c.a. a 24 e 48 V.
- L'alimentazione dei carichi che richiedono una frequenza speciale (400 Hz) è ottenuta a partire dal sistema a 50 o 60 Hz attraverso dispositivi in tecnica elettronica (convertitori statici).

Esempi di utenze speciali a 400 Hz: apparati del sistema di combattimento di navi militari, strumentazione di bordo

# Quadri elettrici di distribuzione

## ✓ Quadri di distribuzione (sottoquadri)

Rappresentano il secondo livello di distribuzione e possono essere realizzati con involucro in materiale plastico o metallico. Sono generalmente equipaggiati con interruttori scatolati e apparecchi modulari. Solitamente sono installati in prossimità delle utenze,

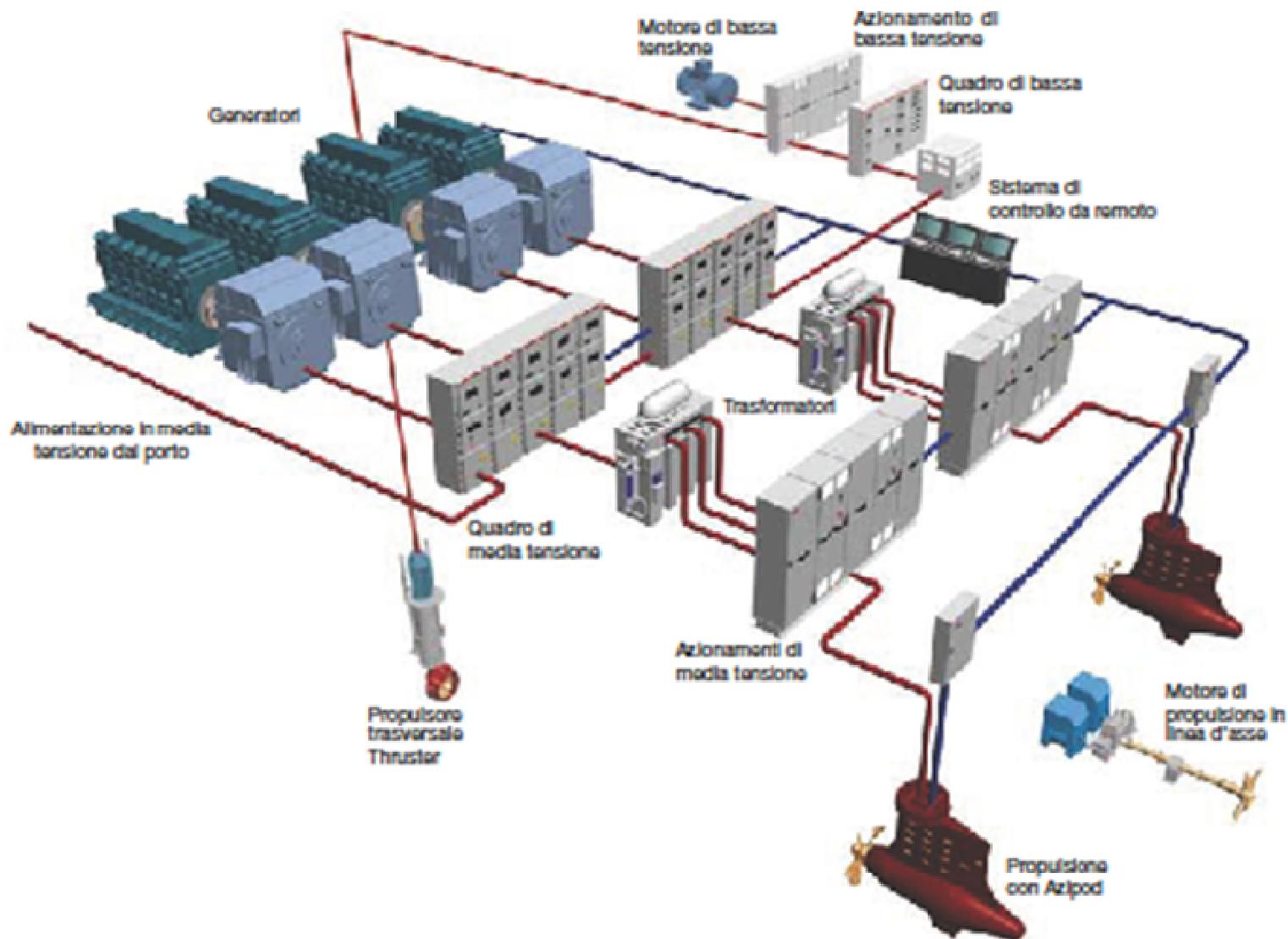


## ✓ Quadretto di distribuzione

I quadri terminali contengono le protezioni per l'ultimo livello di distribuzione (es. comando luce, prese utenze, utenze civili ecc.).

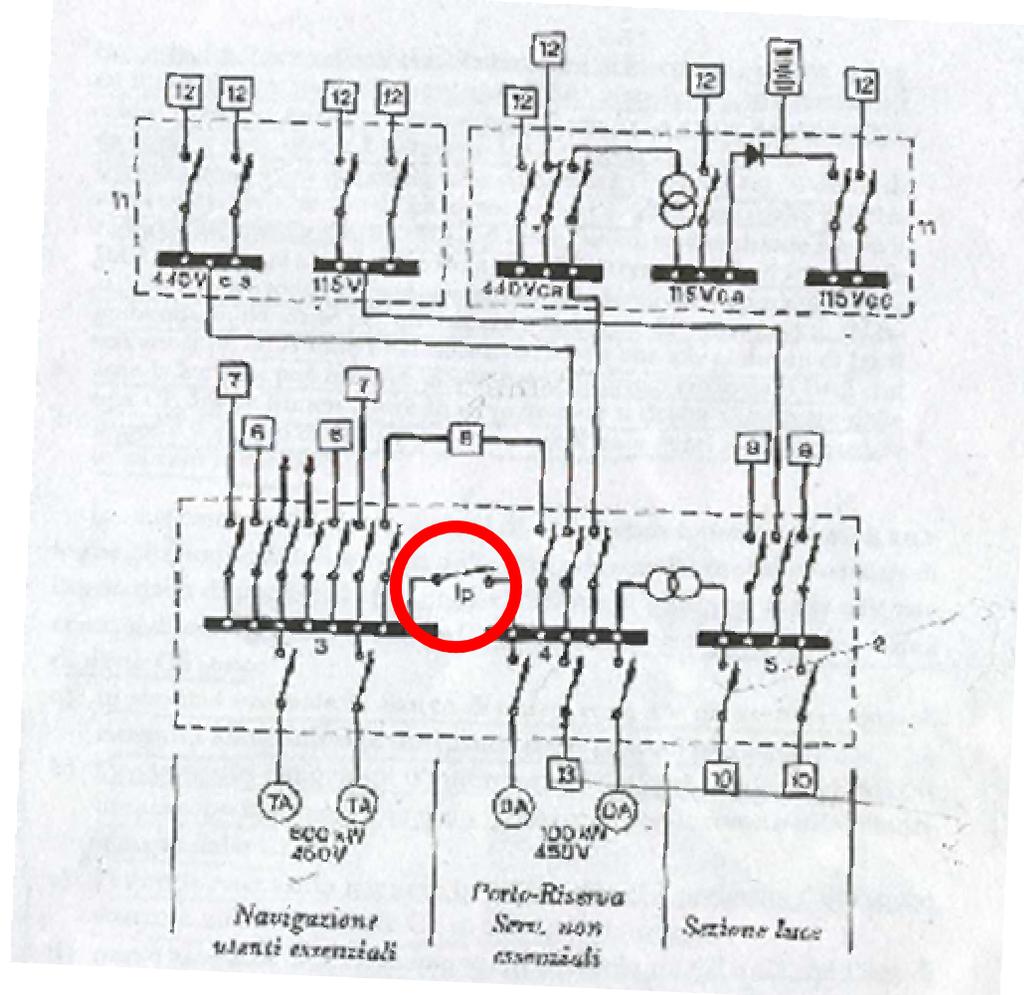


# Esempio di impianto navale



# Schemi dei quadri principali

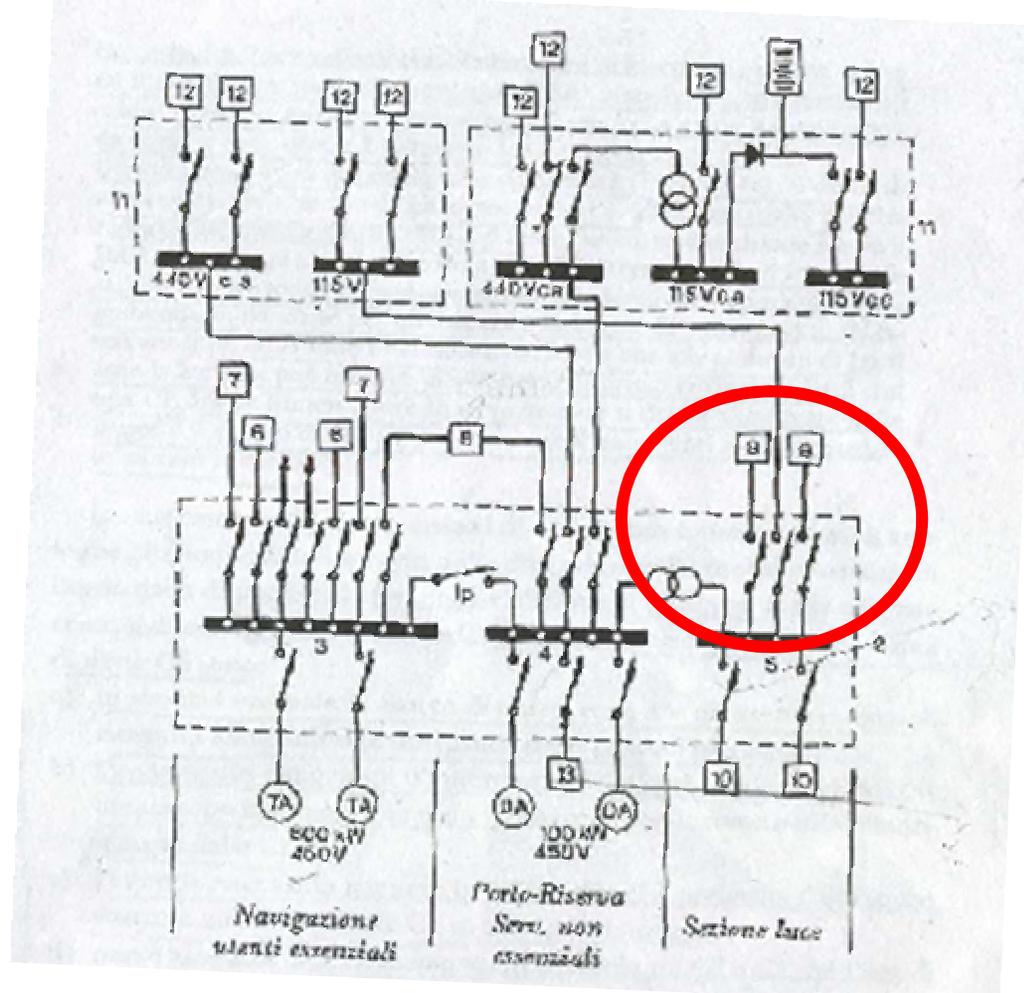
## Schema generale di impianto per una turbocisterna



Quadro principale suddiviso in due sezioni con interruttore di parallelo

# Schemi dei quadri principali

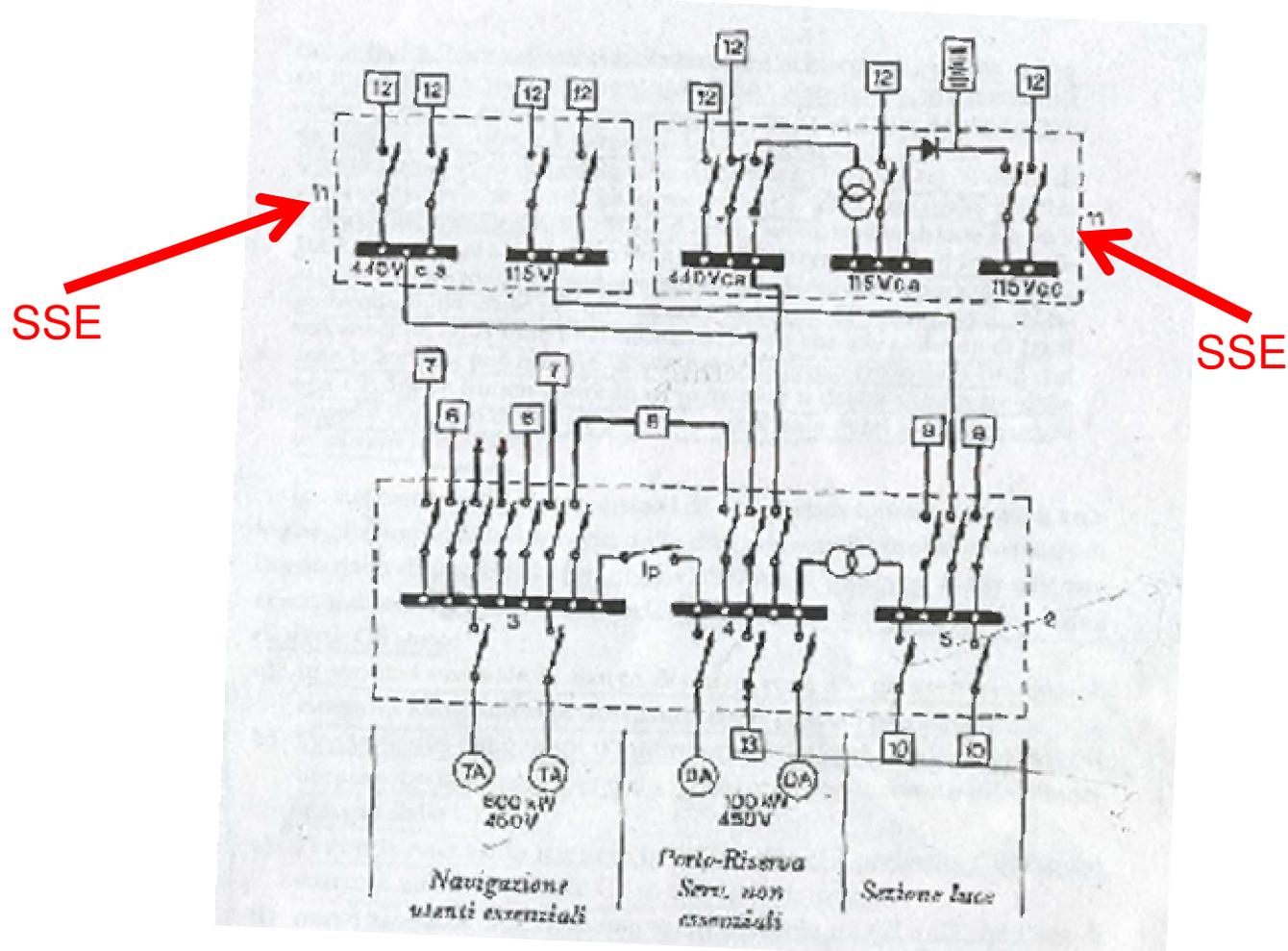
## Schema generale di impianto per una turbocisterna



Presenza di una sezione per il servizio luce a tensione ridotta sul quadro principale

# Schemi dei quadri principali

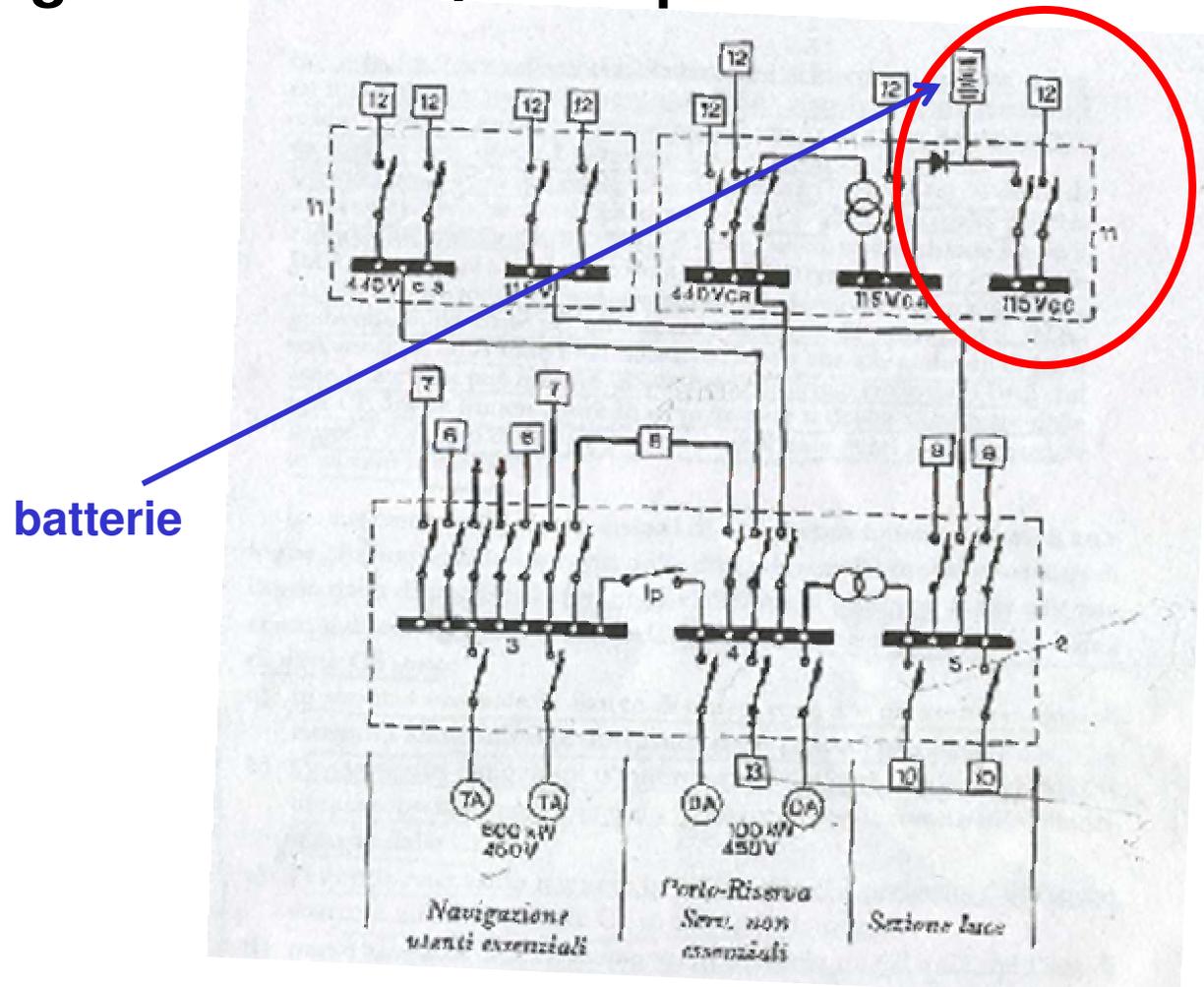
## Schema generale di impianto per una turbocisterna



Distribuzione con due tipi di SSE e vari sottoquadri

# Schemi dei quadri principali

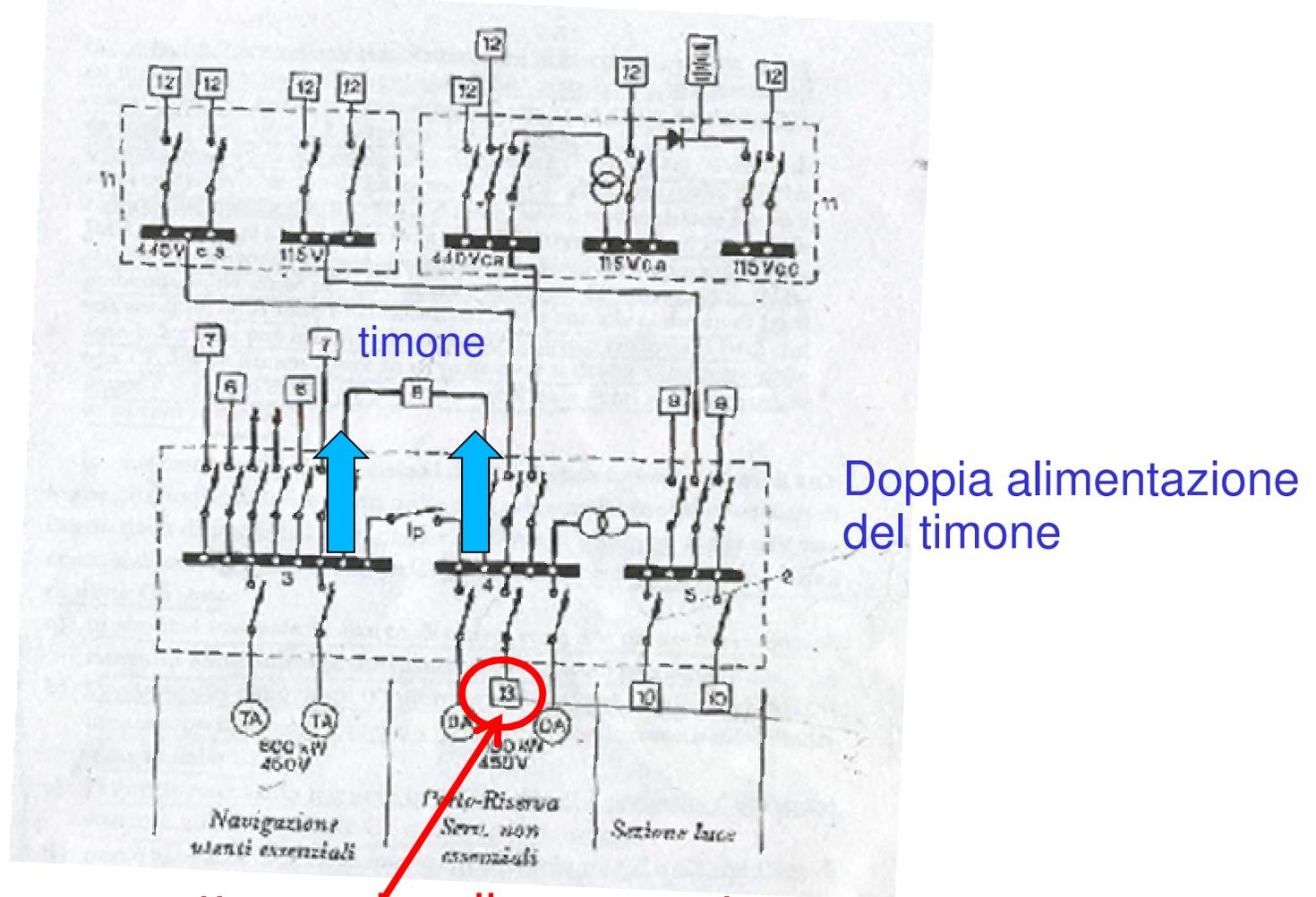
## Schema generale di impianto per una turbocisterna



SSE con sbarre a 115 V in c.c per utenti speciali e per la ricarica delle batterie

# Schemi dei quadri principali

## Schema generale di impianto per una turbocisterna



sottoquadro di presa a terra

## Riassumendo...

### **Un impianto elettrico navale è costituito da:**

- Una o più centrali elettriche principali (CP)
- Rete di distribuzione primaria
- Rete di distribuzione secondaria

### INOLTRE

l'impianto elettrico, in accordo con le prescrizioni dei registri navali, prevede anche :

- Centrale di emergenza
- distribuzione di emergenza



**Alimentazione di emergenza**

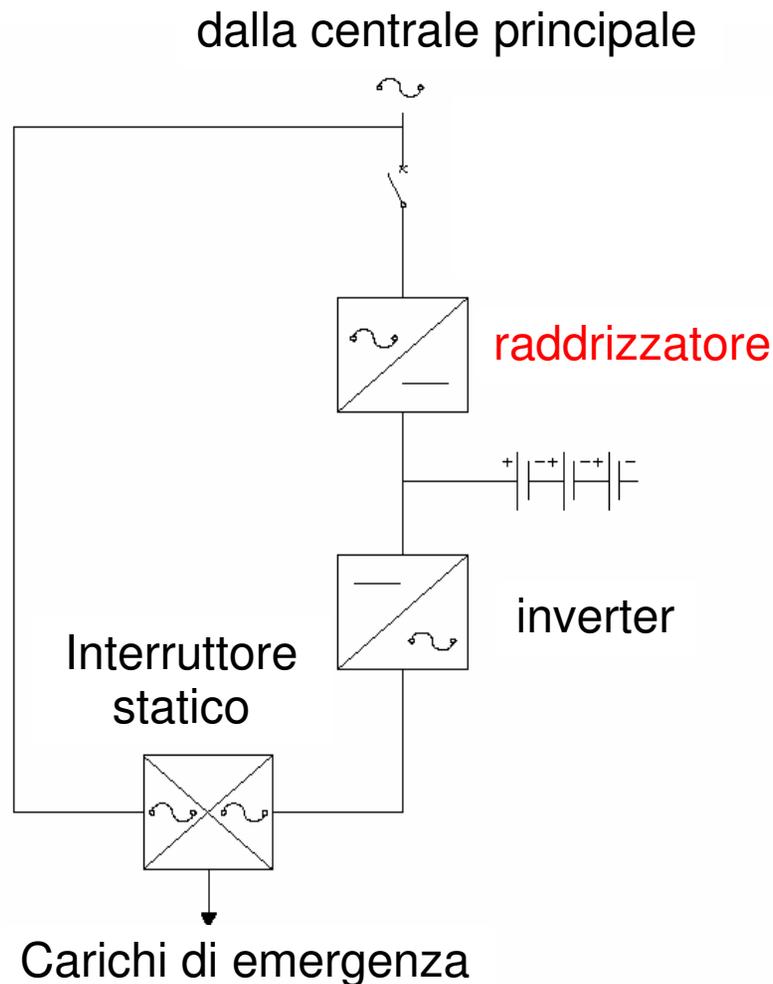
# Alimentazione di emergenza

Una **stazione elettrica di emergenza** posizionata in altra zona rispetto alla centrale elettrica di bordo, solitamente su uno dei ponti alti e comunque sopra la linea di galleggiamento è prevista per alimentare i carichi di emergenza

Tale stazione è costituita da un gruppo autonomo diesel-generatore (detto elettrogeno di emergenza) in BT (440V o 690V), con taglia di qualche MW.

# Alimentazione di emergenza

Un **sistema di accumulatori** (batterie) è presente per disporre di energia anche durante il tempo di avviamento dell'elettrogeno di emergenza.



In normale funzionamento un **raddrizzatore** ha il compito di fornire alle batterie di accumulatori l'energia necessaria per mantenere la carica massima.

# Alimentazione di emergenza

In caso di malfunzionamento della centrale principale

- 1) i carichi essenziali sono alimentati immediatamente dal pacco batterie;
- 2) si avvia il gruppo diesel-generatore di emergenza
- 3) una sequenza di controllo automatica provvede a commutare sul quadro d'emergenza i carichi essenziali.

# Alimentazione di emergenza

## Collegamenti di emergenza

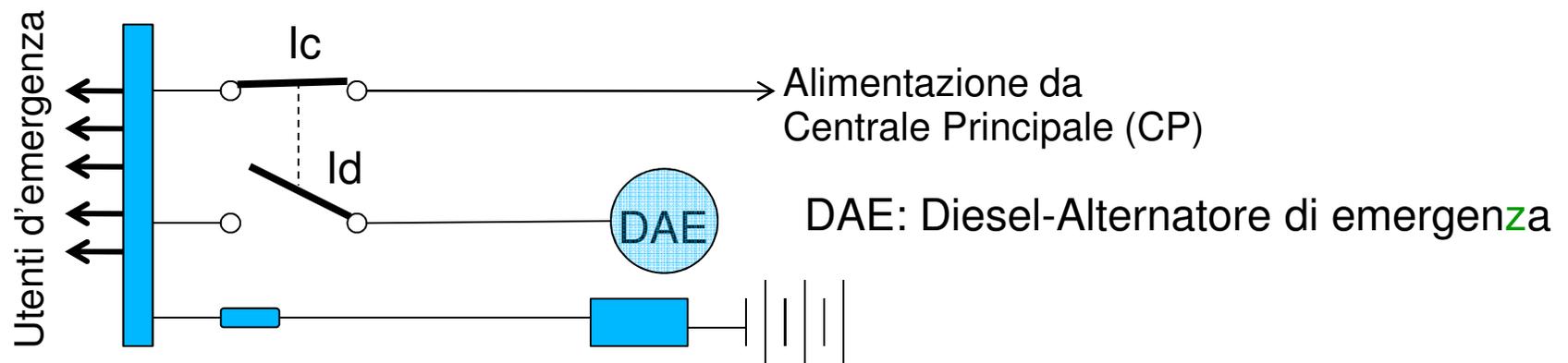
Gli utenti di emergenza sono alimentati da collegamenti provenienti dal quadro di emergenza detti collegamenti di emergenza.

La **distribuzione di emergenza** è realizzata con *schemi radiale semplice*, sia per utenti che hanno la sola alimentazione dalla centrale di emergenza, sia per quelli con doppia alimentazione (sia alimentazione da centrale di emergenza che alimentazione da centrale principale).

# Alimentazione di emergenza

## Distribuzione di emergenza

- Esempio



Gli interruttori  $I_c$  ed  $I_d$  sono interbloccati:

se è aperto l'uno è chiuso l'altro e viceversa evitando il parallelo tra CP e CE (centrale di emergenza)

Funzionamento normale



$I_c$  chiuso e  $I_d$  aperto  
(alimentazione da CP)

Funzionamento in emergenza

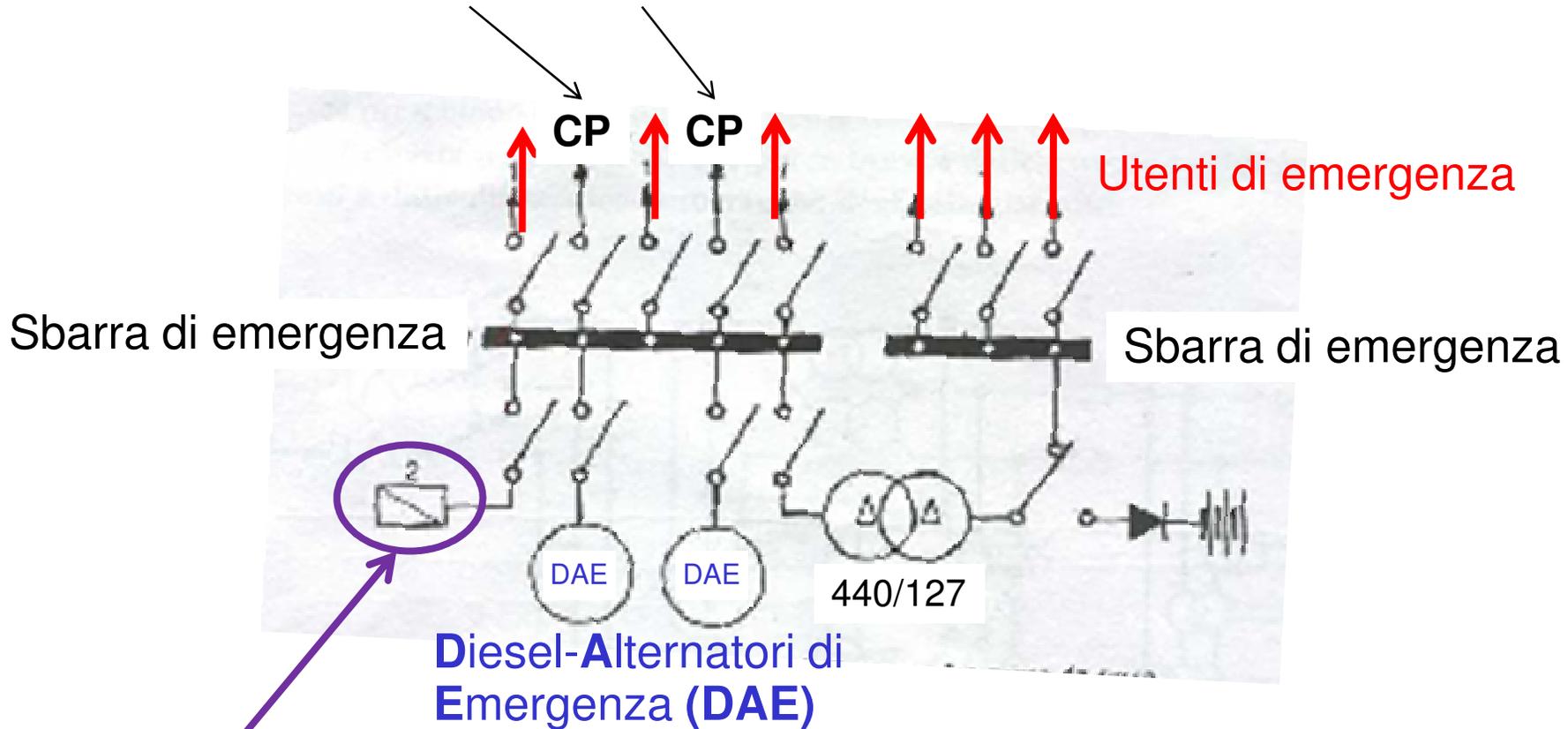


$I_c$  aperto  $I_d$  chiuso  
(alimentazione da CE)

# Alimentazione di emergenza

- Esempio centrale d'emergenza turbonave "Raffaello"

**CP:** collegamento con la centrale principale



sottoquadro  
di presa a terra

# Alimentazione da terra

In porto la fornitura di energia elettrica proviene direttamente dalla banchina

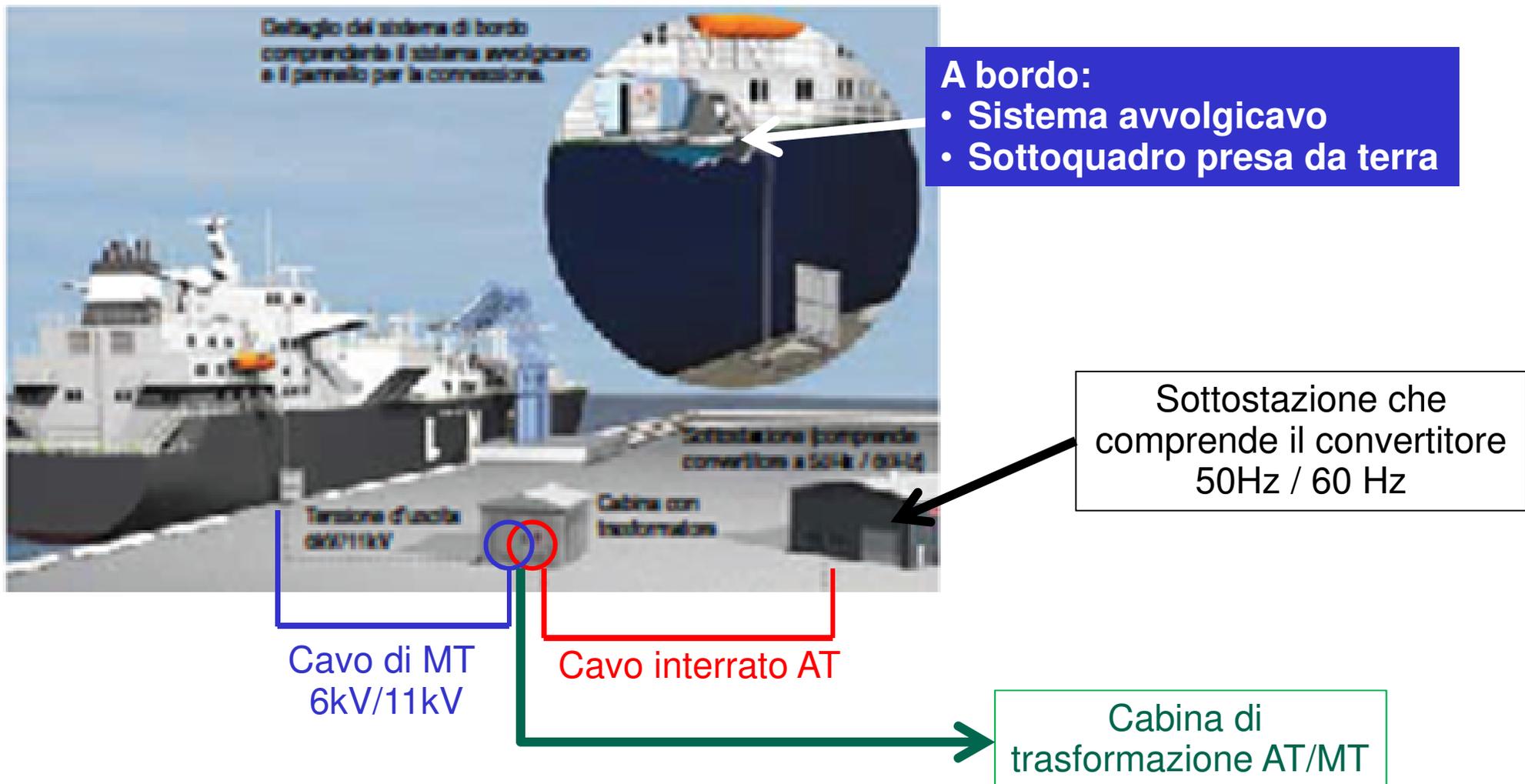
Sulla base di vincoli ambientali è previsto che in porto le navi spengano i propri motori diesel sospendendo quindi la generazione elettrica e si colleghino alla rete terrestre tramite una presa resa disponibile in porto.

Questa procedura definita High-Voltage Shore Connection (HVSC) consente di ridurre le emissioni inquinanti delle navi durante la permanenza nella baia, migliorando la qualità dell'aria nelle zone portuali e in quelle circostanti.

Per dare un'idea dell'impatto ambientale, una grande nave da crociera ferma in porto per 10 ore, se alimentata da terra, evita di bruciare fino a 20 tonnellate metriche di carburante, equivalenti a 60 tonnellate metriche di anidride carbonica non emesse in atmosfera, ovvero le emissioni annue di 25 automobili.

# Alimentazione da terra

In porto la fornitura di energia elettrica proviene direttamente dalla banchina



# Alimentazione da terra

Il sottoquadro presa da terra è ubicato di solito nella centrale di emergenza ed è collegato alle sbarre di emergenza

In porto l'energia elettrica passa da terra al sottoquadro presa da terra, da questo alle sbarre di emergenza e da queste attraverso i collegamenti con le centrale principale ai quadri principali e quindi alle utenze

## Schema quadretto presa da terra

