

Consumo ora italiano: 320 000 GW/h anno

-> Di cui:

- 40 000 GW/h fatti da eolico e fotovoltaico;
- Restante: nucleare di altri paesi.

### Trasformatore:

-> DEF: dispositivo che data una corrente e una tensione in ingresso, a parità di potenza, ne cambia valore in uscita.

-> Esempio: trasformatore del cellulare;

-> Rendimento del 90-97%.

-> Alzando la tensione ho meno perdita perché la potenza dissipata (persa durante un trasporto) è:  $P_{diss} = R * I^2$ ; => A parità di resistenza, devo diminuire la corrente per avere meno corrente dissipata => elevo la tensione.

- Esiste un limite di macchina => Necessito più trasformatori.

? Perché non posso fare il passaggio direttamente??

-> L'ultimo trasformatore è di 20 000-> 400 o 15 000->400

? Perché oggi viviamo in un mondo di corrente alternata?

- La corrente continua non si può trasportare.
- L'alternata è la più semplice da generare.

-> Alla base di tutte le macchine elettriche c'è la legge di Faraday:  $e = \frac{-d\phi}{dt}$ ;

? Come riprodurre un motore di corrente alternata? (Esperimento di Faraday)

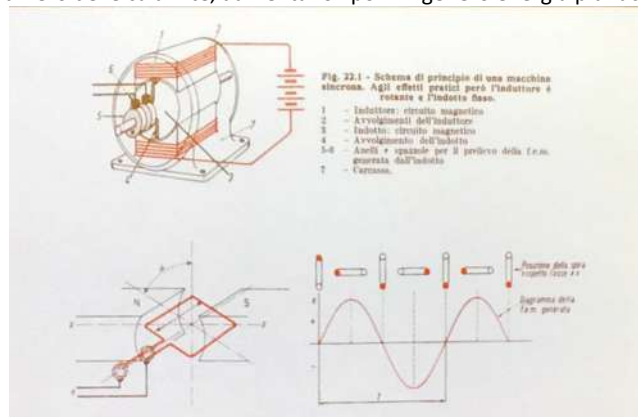
-> Ingredienti:

- Rullino della macchina fotografica;
- Filo;
- Lampadina albero di natale.

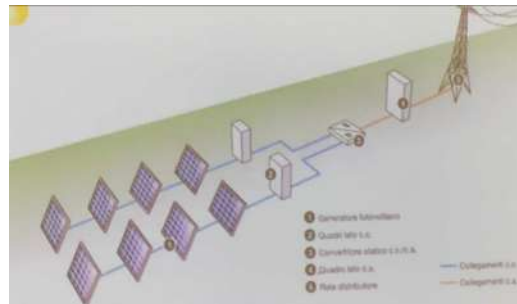
-> Procedimento:

1. Avvolgiamo il filo attorno al rullino;
2. Collegiamo ai terminali del filo la lampadina;
3. Agitiamo il rullino con all'interno un magnete per far illuminare la lampadina.

-> All'aumentare del numero delle calamite, aumentano i poli => genero energia più facilmente.



### Impianto fotovoltaico:



-> I pannelli fotovoltaici sono diodi drogati.

3. Inverter: trasforma la corrente da continua in alternata.

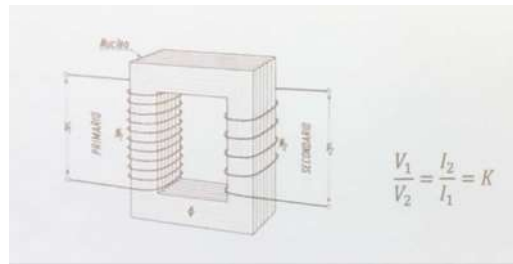
CALAMITE

$$f = \frac{n}{60}$$

## Trasformatori:



-> Trasformatore ad olio, a Torino.



-> Elevato rendimento dato dal fatto che è una macchina statica.

-> Torino, c'è n'è uno molto grosso, è lì dal 1884. È stato tra i primi in Italia. Venne utilizzato per far luce nella sala da ballo del Re a Volada.

Si consideri la legge di Faraday  $e = -\frac{d\phi}{dt}$

Nel caso di flusso alternato sinusoidale di valore massimo  $\phi_M$ , la variazione avviene tra i valori  $+\phi_M$  e  $-\phi_M$ .

Il valore medio  $E_m$  della f.e.m. indotta è pari a:

$$E_m = \frac{\phi_M - (-\phi_M)}{T/2} = \frac{2\phi_M}{T/2} = \frac{4\phi_M}{T} = 4f\phi_M$$

Il rapporto tra valore efficace e valore medio di una grandezza alternata sinusoidale vale 1,11; perciò  $E = 1,11 E_m$ .

$$E = 1,11 \cdot 4f\phi_M = 4,44f\phi_M$$

Negli avvolgimenti primario e secondario si hanno rispettivamente le f.e.m.:

$$E_1 = N_1 E = 4,44f\phi N_1$$

$$E_2 = N_2 E = 4,44f\phi N_1$$

da cui:  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$

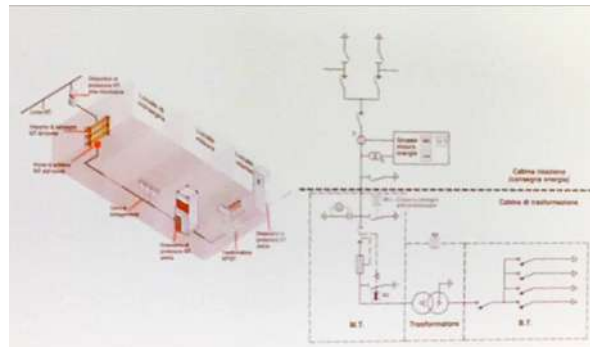
Non essendoci perdite negli avvolgimenti:  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K$

*NOTE MANUSCRITTE:*  
 - Fattore di forma  
 - # SPIRE SU VOLGIMENTO PRIMARIO...  
 - ... SECONDARIO

-> Il fattore di forma (1,11) è importantissimo nel mondo della corrente:

- Più si discosta da questo valore, la sinusoide creata, più il prodotto che genera la sinusoide è un prodotto difettoso (sono presenti delle norme europee).
- L'energia elettrica, per l'UE, è considerata come un bene nobile. Questo dev'essere conforme alla produzione.

## Fornitura e distribuzione:



-> Comprare energia elettrica in media tensione conviene: costa meno (ma poi va trasformata).

- Sotto i 100 KW conviene fare la cabina (con ammortamento di 10 anni).
- Sopra i 100 KW conviene comprare l'energia in alta tensione;

Com'è fatta una cabina elettrica?

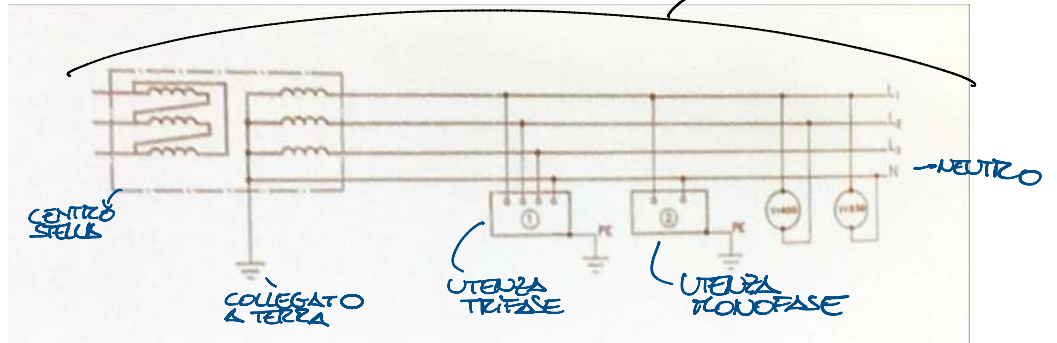
- PUNTO DI CONSEGNA: locale fisso, catastale nome della persona, ma utilizzato da Enel;
  - CONCATORI: è un secondo locale che ha i contatori. Sia Enel che io possiamo chiamare.
  - LOCALE DELL'UTENTE FINALE: contiene:
    - o Il quadro di media tensione. A questo arriva il cavo di media tensione. Contiene gli interruttori.
- > Ci sono altri interruttori: di bassa tensione, di massa.

## Elettro-mappa-mondo:

-> Ogni colore rappresenta una differente tensione di distribuzione;

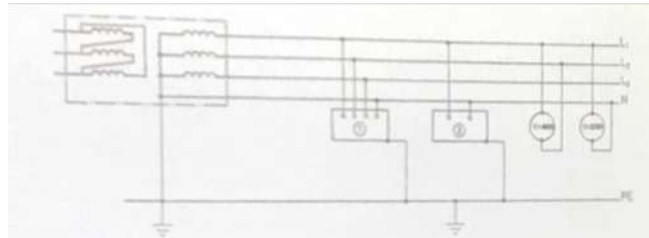
-> I paesi in giallo hanno un sistema di distribuzione, mentre il resto del mondo un altro.

## SISTEMA TT:



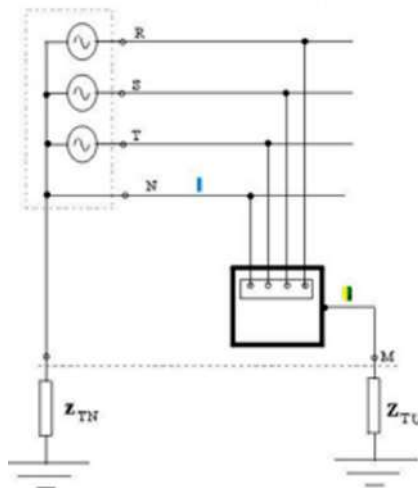
- Sistema con il quale arriva la corrente a casa.
- Misurando la tensione tra due fasi qualunque = 400 V (tensione di linea);
- Misurando tensione tra fase e neutro => ottengo una fase 3 volte minore.
  - Utenza monofase: per esempio la casa. Abbiamo tre tipi di potenza: 3 KW, 4,2 Kw, 6KW (Attico, mega attico)
- Sistema TT: Terra-Terra
- DEF: rappresenta il sistema con cui viene mandata la corrente a casa a tutte le utenze che necessitano poca corrente.

## Sistema TN-S:



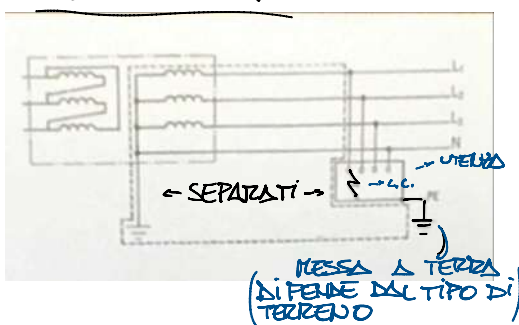
- Il 5 filo viene posto per rendere equipotenziali tutte le masse → Sistema di sicurezza.
- TN: il neutro è collegato a terra; le varie masse sono collegate al neutro, e quindi a terra.
- Vedremo dopo la differenza.

## Sistema IT:

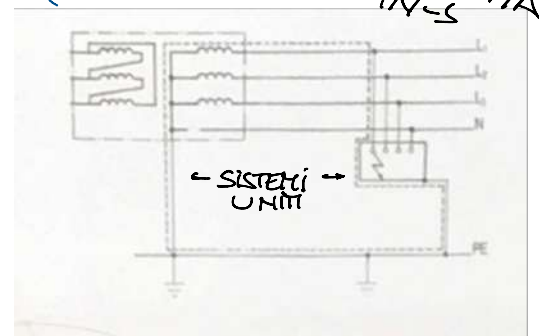


- A livello mondiale esiste una terza possibilità.
- IT: Isolato Terra (anche se non è isolato)
- Il trasformatore non viene isolato a terra, ma viene posta tra la terra e il trasformatore un'induttanza.
- L'impedenza assorbe brusche variazioni di corrente. Questo garantisce maggior disponibilità di servizio: se salta la corrente per un attimo, l'impedenza rallenta la perdita di corrente e se questa deve tornare => non si ha perdita di continuità

## SISTEMA TT:



Δ BBIAMO CORRENTI TALTENTE ELEVATE CHE SCATTA SUBITO IL SALVAVITA SISTEMA TN-S



VERIFICA TENSIONI TASSO DI CONTATTO.  
 Verifica lo stato le aziende che usano TN ogw 3 ANNI

## GUASTI:

→ LA COSA TRATTEGGIATA CADUTA SOLO SE C'È IL C.C. NELL'UTENZA

- > Con il TN i due sistemi sono uniti. Se salta la corrente in un sistema nell'altro si fulminano.
- > Sopra 100 KW di potenza installata si usa TN;
- > Sotto i 100 KW di potenza si ha TT.

- > Dal punto di vista giuridico bisogna mettere il TT per utenze medio-basse.
- > Abbiamo visto le modalità di distribuzione dell'energia elettrica in Italia.

## Le diseducazioni della progettazione elettrica:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z;$$

$$I_f \leq 1,45 I_Z;$$

IMPIANTO ELETTRICO: composto da generatore, utilizzatore e interruttori che mi permettono di aprire e chiudere il circuito.

-> Commentiamo le disequazioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z;$$

$I_B$ : Corrente di impiego (quella di cui ho bisogno).

-> La tensione è data, compresa in un range fisso.

-> LA  $I_B$  sta alla capacità del progettista.

- Non dipende dai dati di targa.
- Deve tener conto dei fattori di utilizzo e dei fattori di contemporaneità.
  - o Fattori di contemporaneità: mi dice quanti utilizzatori possono funzionare insieme.
  - o Fattori di utilizzo: determinano quanto mi utilizzano ogni utilizzatore.

$I_Z$ : portata del cavo.

-> Data la  $I_B$  scelgo di conseguenza il cavo.

$I_n$ : corrente nominale del dispositivo di manovra e protezione.

-> L'interruttore deve avere una corrente nominale maggiore di  $I_B$  ma minore di  $I_Z$  del cavo (perché lo deve proteggere).

-> Faccio una buona scelta tantopiù la  $I_n$  è vicino a  $I_Z$ , perché quella volta in cui passa più corrente supportata dall'interruttore ma bassa ancora per il filo => salta

✦ 1 centimetro d'aria tiene 1000V.

-> Possiamo ignorare la seconda relazione perché ci dice quando intervengono le squadre nel caso in cui salti la corrente.

Utilizzatori	Fattore di utilizzazione	Numero di utilizzatori	Fattore di contemporaneità
Motori asincroni trifasi da 0,5 a 3 kW	0,75	da 1 a 10	0,65
		da 11 a 25	0,55
		da 26 a 50	0,45
		oltre 50	0,40
Motori asincroni trifasi da 3 a 10 kW	0,7	da 1 a 10	0,75
		da 11 a 25	0,65
		da 26 a 50	0,50
		oltre 50	0,45
Motori asincroni trifasi da 10 a 50 kW	0,8	da 1 a 5	0,85
		da 6 a 10	0,70
		da 11 a 20	0,55
		oltre 20	0,50
Forni (a resistenze e ad induzione)	1	qualsiasi	1
Saldatrici elettriche	1	da 1 a 5	0,50
		da 6 a 10	0,45
		da 10 a 20	0,40
		oltre 20	0,30
Campante	0,8	1	0,50
		2	0,40
		oltre 2	0,30

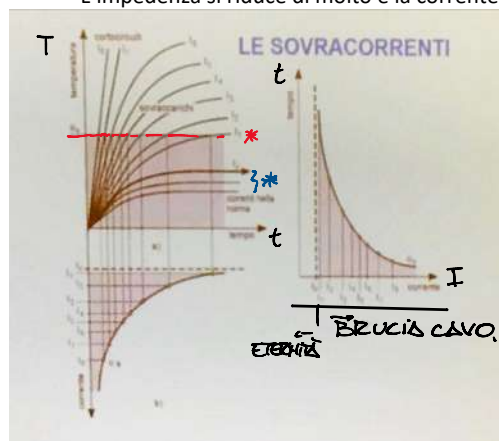
## Le sovracorrenti:

SOVRACCARICO: sovracorrente che si manifesta in un circuito elettricamente sano.

-> Esempio: attacchiamo più corrente di quella messa a disposizione dal circuito.

CORTOCIRCUITO: è un guasto per cui due fili vengono a contatto tra di loro.

- L'impedenza si riduce di molto e la corrente si alza di molto.



-> Cavo PVC di ha 30 anni di vita utile, se utilizzati sempre a 70° (ma non accade mai, per questo chiamiamo i cavi di casa "dormienti").

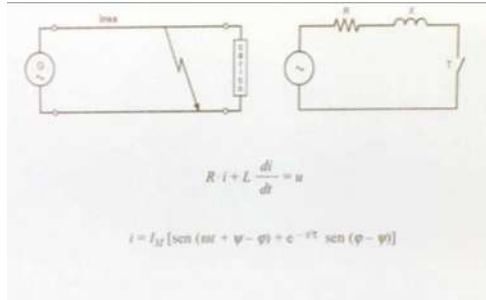
-> Il problema dei cavi è che l'isolante fonde a 180°.

- \* : lavoriamo ad una corrente più bassa di Z.
- \* : punto di non ritorno, il cavo si rovina.
- \* : caso del phon.

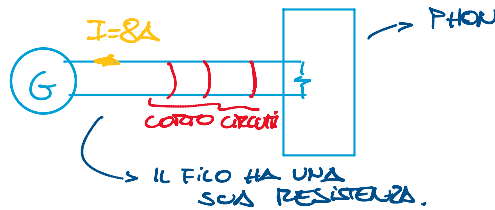
=> Per correnti inferiori a z => il cavo dura un'eternità. Se supero z il cavo ha una vita minore.

T: TEMPERATURA.  
t: TEMPO

# PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO:



-> Quando accade un cortocircuito per Kirchhoff si sdoppia definitivamente.

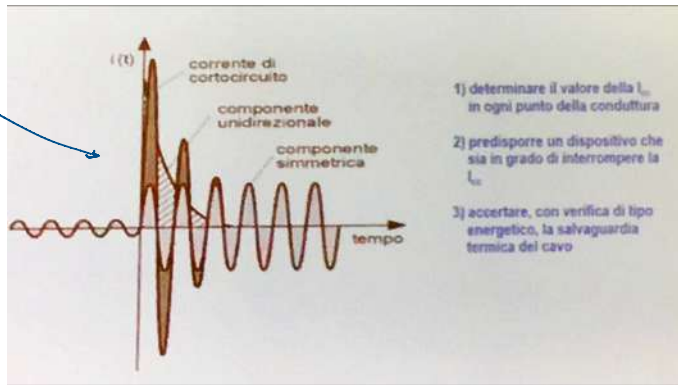


-> Il corto circuito è staccare la resistenza a valle e lasciare che l'unica resistenza sia il cavo.

? Come calcoliamo la corrente?

-> Equazione di Kirchhoff alle correnti:  $R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = u$

L Sol. EQ. DIFFERENZIALE:  $i = I_M [\sin(\omega t + \psi - \phi) + e^{-t/\tau} \sin(\psi - \phi)]$   
 GRAFICAMENTE



=> La corrente di corto circuito ha situazione per gioire nel primo periodo.

## Protezione

contro il corto circuito.

RESISTIVITÀ

$$\rho \frac{l}{S} i^2 dt = S \rho c d\theta$$

-> Considerando il fenomeno adiabatico, tutta l'energia elettrica se ne va in calore.

-> Utilizzata per comprendere che corrente passa attraverso i corpi.

$$\int_0^{i_1} i^2 dt = c S^2 \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta}{\rho}$$

$$\rightarrow \rho = \rho_0 (1 + \alpha \theta)$$

$$\int_0^{i_1} i^2 dt = \frac{c S^2}{\rho_0} \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta}{1 + \alpha \theta}$$

$$\int_0^{i_1} i^2 dt = \frac{c S^2}{\alpha \rho_0} \ln \frac{1 + \alpha \theta}{1 + \alpha \theta_0}$$

-> Sostituendo  $\alpha \theta$ ,  $\theta_f$ : TEMP. LIMITE CAVO

$$\Rightarrow k^2 = \frac{c}{\alpha \rho_0} \ln \left( \frac{1 + \alpha \theta_f}{1 + \alpha \theta_0} \right) \Rightarrow \int_0^{i_1} i^2 dt \leq k^2 S^2$$

Resistività: dipende dal materiale, non è vero che è costante sempre.

-> Varia a seconda della temperatura.

Testa: temperatura limite.

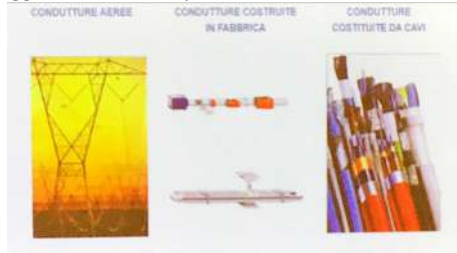
Cavallotto al centototale.

FUNE DI GUARDIA: cavo che garantisce un'ombrello di 60m

## Le condutture:

CONDUTTURA: È l'insieme delle condutture

-> DEF: viene definita conduttura l'insieme costituito dai conduttori elettrici e dagli elementi che ne assicurano l'isolamento, il fissaggio e l'eventuale protezione meccanica.



Tipologia di posa ammesse dalla Norma CEI 64-8: lo stesso cavo, in diverse posizioni, ha diverse portate.

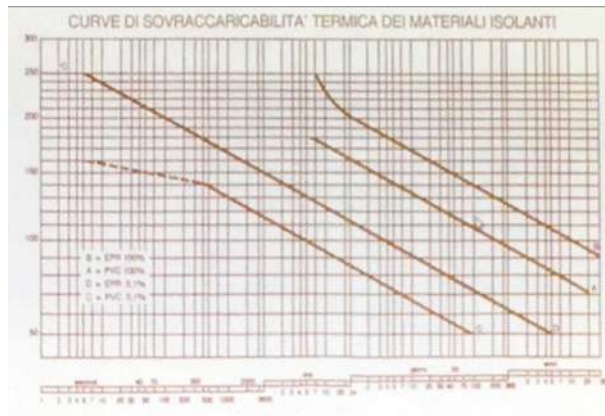
*La portata del cavo è diversa a seconda del tipo di conduttura.*

- Cavo interrato perde il 40% di portata perché il ricambio dell'aria nel tubo è lento e questo penalizza la portata.

Struttura dei cavi:



## Vita convenzionale:



## Tipologia dei cavi:

Categoria	Norme CEI	Note
Non specificata	-	Trattasi di cavi non resistenti al fuoco, non normalizzati e praticamente in disuso in Italia
Non propagante la fiamma	20-35	Realizzati con isolanti autoestinguenti, bruciano se sottoposti a fiamma, ma la combustione si estingue dopo pochi centimetri e la fiamma si spegne
Non propagante l'incendio	20-22	Come nel caso precedente gli isolanti sono autoestinguenti e mantengono questa caratteristica anche se i cavi sono raccolti in fasci e fortemente riscaldati
A basso sviluppo di gas e fumi tossici	20-38	Gli isolanti oltre ad avere le caratteristiche di cui sopra, durante la combustione sviluppano quantità modeste di gas tossici e vapori corrosivi
Resistente al fuoco	20-39 e 20-45	Gli isolanti sono di tipo minerale e pertanto incombustibili (CEI 20-39) oppure con mescola elastomerica (CEI 20-45); questi cavi possono continuare a funzionare per un tempo anche rilevante durante un incendio

-> Se i cavi bruciano, le persone muoiono per i fumi emanati dai cavi.

🔪 le prove di resistenza al fuoco comprendono prove di resistenza meccanica che prevedono lo schiacciamento con una latra di marmo del cavo, la quale simula la caduta di calcinacci.

### CONDUTTURE: esempio riepilogativo

Il primo tracciato del cavo è quello tra il quadro generale e l'uscita dell'edificio A; tale percorso, tutto interno all'edificio A, si sviluppa all'interno di un cunicolo in muratura, ricavato nel pavimento.

Questa tipologia di posa viene identificata nella tabella 52C della Norma CEI 64-8 con il n°43: "cavi unipolari con guaina e multipolari posati in cunicoli aperti o ventilati con percorso orizzontale o verticale" e la portata dei cavi viene indicata nella tabella CEI UNEL 35024/1.

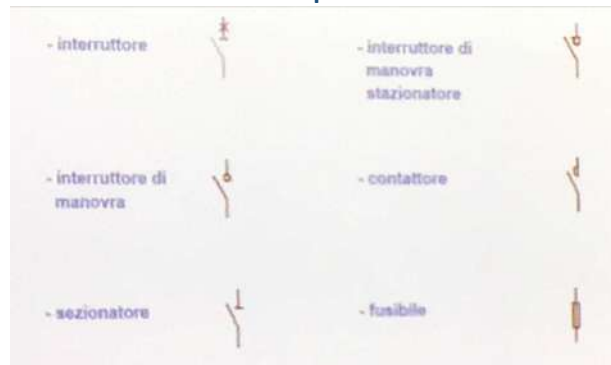


Posa n°43

Dall'esame della tabella si evince che una trave di cavi, con sezione 240 mm<sup>2</sup> ed isolamento EPR/HEPR ha portata 607A.

Sono pertanto sufficienti due trave di cavi (607 x 2 = 1.214 A) per soddisfare il requisito  $I_0 \geq 1200$  A.

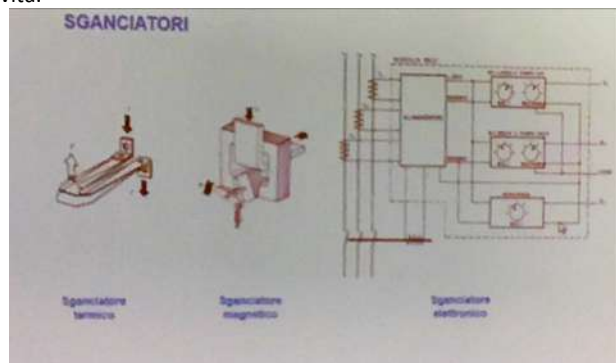
## Apparecchiature di manovra e protezione:



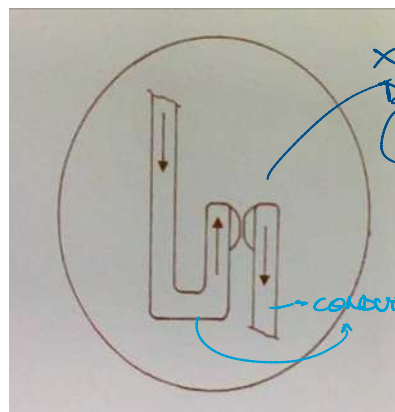
- Interruttore automatico: ha dentro due dispositivi di sgancio (termico e magnetico)  
-> Apparecchio di manovra e protezione in grado di portare e interrompere sia le correnti nominali che di corto circuito.

Sedentività: si ritardano le aperture degli interruttori degli obbiettivi a monte per verificare quelli a valle.

- Interruttori di manovra: portano solo correnti nominali;
- Sezionatori: oggetti che vengono aperti/chiusi dalle persone per fare lavori su impianti tecnici delle linee. Perché non ci fidiamo di agire sulla corrente.
- Interruttore di manovra e sezionatore: è un misto;
- Contattore: oggetto utilizzato dalle automazioni, è caratterizzato da una sola posizione di riposo quando permane l'assenza di corrente.
- Fusibile: scatola in cui metto un filo che ha più bassa temperatura di fusione rispetto al filo => Funziona come salva vita.



-> CAMERA D'ARZO??



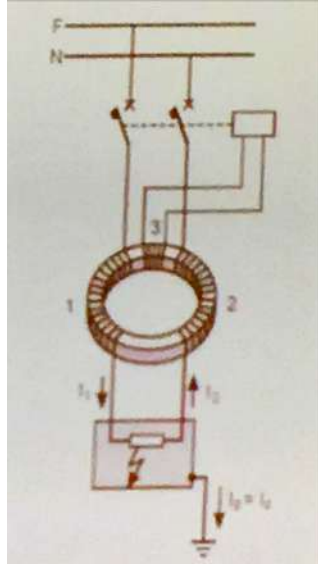
X LEGGE OHM SI DISTANZA PIU' AUTOMAT. (MAGGIOR DISTANZA MAGGIORE È LA CORRENTE)

CONVITORI

Grafico del campo della corrente di intervento.



## Protezione differenziale:



-> Per questo ci sono tanti morti.

Si realizza la protezione differenziale di un impianto, di un apparecchiatura, circuito, rilevando mediante l'interruttore differenziale, la corrente  $I_d$  ad aprendo automaticamente il circuito quanto viene superato un valore di soglia prestabilito.

La corrente differenziale  $I_d$  è la somma vettoriale delle correnti che circolano nei conduttori attivi (neutri compreso) di un circuito elettrico.

-> Funziona grazie alla legge di Faraday.

-> Avvolgo 100 spiare in senso orario e altre 100 in senso antiorario.

-> In condizioni normali entrano 100 A ed escono 100 A, perché quando entrano nella turbina uno esce un flusso magnetico, quando escono dalla turbina 2 generano lo stesso flusso magnetico che si equilibrio => La bobina tre non lo sente.

-> Nel caso di corto circuito (Se scappano dalla bobina 2 degli ampere) i due flussi magnetici non si equilibrano => la bobina 3 sente una fem e quindi stacca il generatore.

? Perché le persone ancora muoiono?

-> In Italia si contano 24 milioni e mezzo di abitazioni. 5 milioni di italiani non hanno mai fatto interventi a casa dagli anni '90.

-> ai restanti 19 milioni è stato chiesto chi l'ha fatto l'adattamento. Il 30% delle persone ha fatto "self-made".