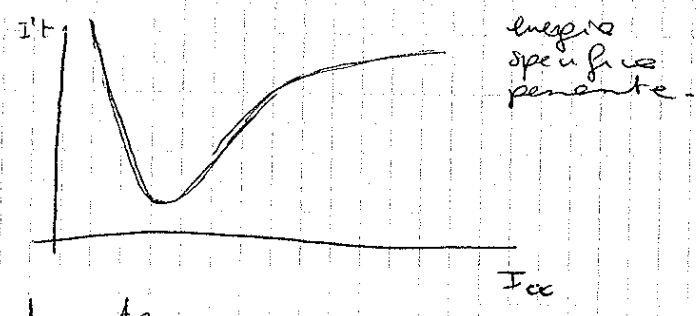
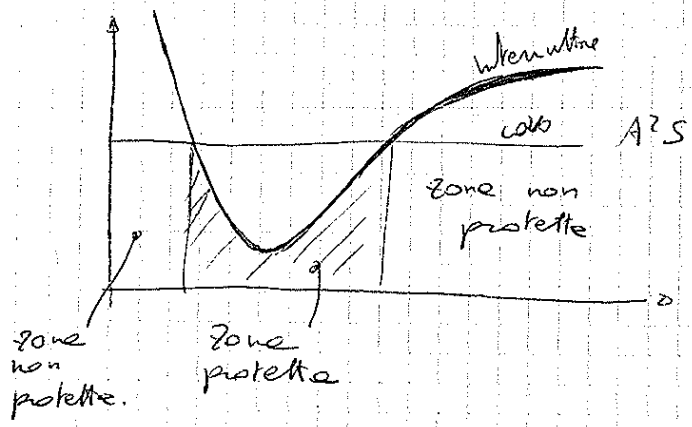


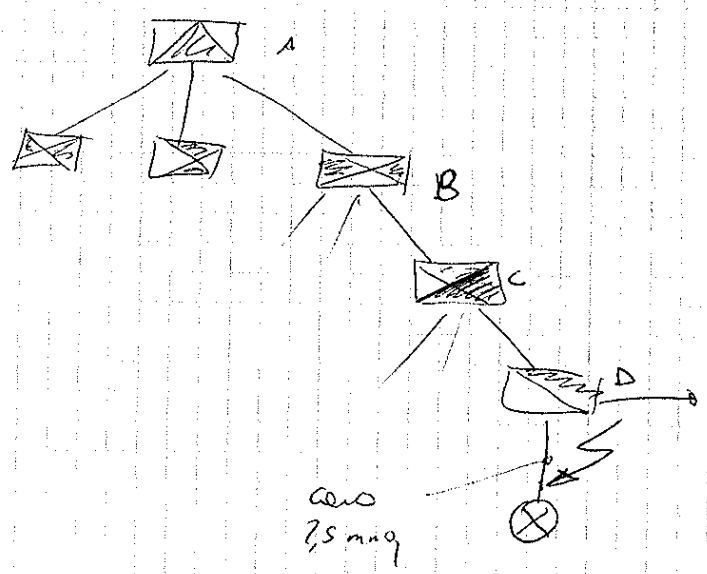
Analizziamo l'energia di penna:



In teoria meno energia penna, meglio è.
 Le scelte di un cavo non è indipendente delle scelte dell'interruttore



Consideriamo il seguente caso

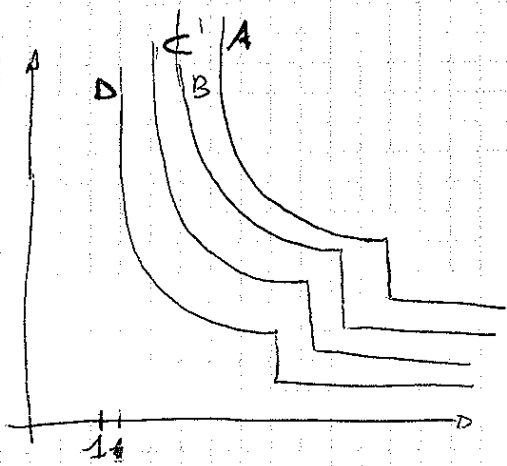


deve avere un interruttore che protegge il cavo da 2,5 mmq.

Protezione delle condutture

Abbiamo un cavo che assorbe la corrente I_b . Il cavo deve avere una portata $I_z > I_b$. La corrente I_n deve essere inferiore a I_z .

Il caso migliore è $I_z = 1,45 I_n = I_f$
 Le norme vogliono che $I_f \leq 1,45 I_z$



In questo caso si ha un impianto selettivo.

Se sposta le curve il cavo deve essere protetto. (Se pensa troppa energia il cavo si preda un'energia troppo alta e si rompe).

Per capire se un interruttore è selettivo

si guarda il catalogo.

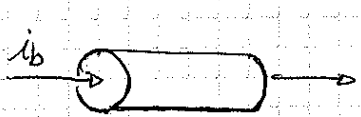
Gli interruttori possono essere suddivisi in:

- sganciatore fisso
- sganciatore regolabile

interr. 160 R 100

sganciatore 160 A ~~sganciatore~~ reli' R 100 A

Per lo stesso interruttore trovano famiglie di caratteristiche diverse e seconde dello sganciatore.



protezione delle condutture.

L'interruttore protegge la conduttura

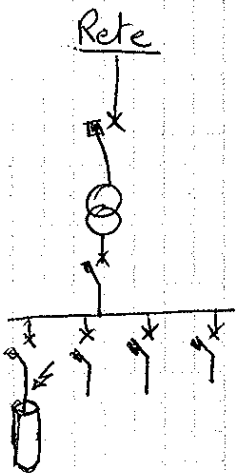
$$\text{se } \left. \begin{matrix} I_n \\ I_z \end{matrix} \right\} \leq I_z - K_1 K_2 I_{z0}$$

↳ portata del cavo

corrente regolata

I_{z0} portata del cavo alla temperatura di 30°C .

Se I_n (I_z) che I_z devono essere calcolate alle effettive condizioni ambientali di temperatura.



Dovrà assicurare la protezione contro i sovraccarichi, ma anche contro i corti circuiti.

Se c'è corrente di cc. la corrente è elevata e circola per la durata dell'apertura dell'interruttore. L'energia ^{spec.} max emmissibile dipende dalle sezioni e dell'isolante.

In generale l'energia specifica emmissibile è

$$k^2 S^2$$

$$S = \text{sez. in mm}^2$$

$$k = 115 \text{ (PVC)} \text{ o } 143 \text{ (gomma)}$$

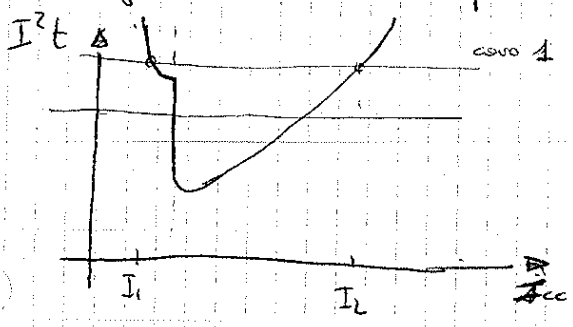
l'energia specifica del cavo va confrontata con l'energia specifica associata passore dell'interruttore.

$$\int_0^{t_g} R i^2(t) dt$$

supponiamo che R sia costante.

L'energia specifica per unità di resistenza è $\int_0^{t_g} i^2(t) dt \approx I^2 t$

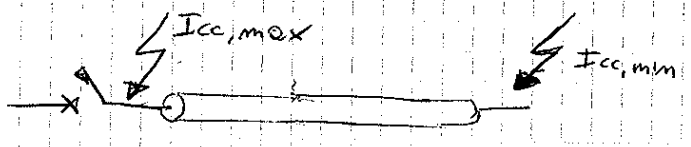
I: valore della corrente presunte di corto circuito. In questo caso lo sporcamento è imposto dallo sgranatore magnetico.



R tempo per sganciare è costante.

Se il cavo 1: la curva si tocca in due punti (I1 e I2). Nell'intervallo tra I1 e I2 l'energia specifica associata passore dell'interruttore è inferiore a k'I².

All'esterno di I1 e I2 il cavo non è protetto.



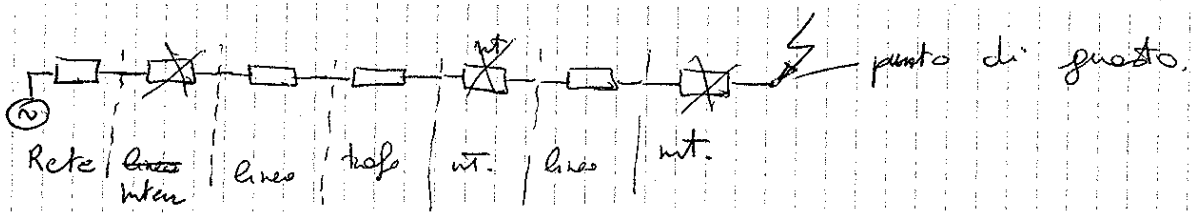
Dobbiamo essere sicuri che $I_{cc,max} \leq I_2$ e $I_{cc,min} \geq I_1$.

Per quanto riguarda Icc,min la norma dice che se il cavo è protetto contro il sovraccarico esiste anche la protezione contro Icc,min.

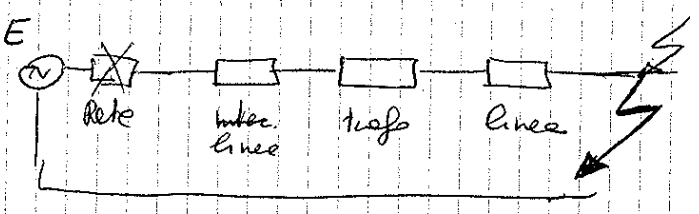
Casi in cui si può omettere la prot. termica:

- linee alimentate una utenza di sicurezza (proibita) sganc. termico)
- con impianti di sollevamento (proibita prot. termica)
- se non si può essere sovraccarico

Verifica dello Icc,max.



trascuriamo impedenza interruttori

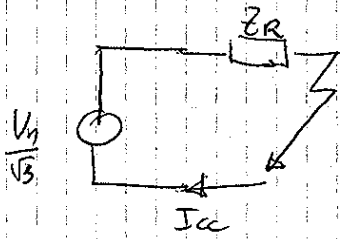


$$E = 1,1$$

il gestore può fornire la corrente di cc. o la potenza di c.c.

La potenza di c.c. = $\sqrt{3} V_n \cdot I_{cc}$ [MVA] = S_{cc}

Se ho I_{cc} ho anche Z_{cc} .



$$Z_R = \frac{V_n}{\sqrt{3} I_{cc}}$$

se non ci vengono dati
modulo e fase di I_{cc}
ipotizziamo $\cos \varphi = 0,15$

Quando non sappiamo nulla ipotizziamo $Z_R = 0$.

Trovo I_{cc} e Z_{cc} conoscendo V_{cc} . Se conosco la potenza trovo
la resistenza.

Facendo i conti si trova la I_{cc} .

Mano e meno che ci allontaniamo dalla rete la I_{cc} decresce.

Trovate la $I_{cc, max}$ verifico che sia inferiore a I_2 .

In generale ho una rete organizzata su più livelli.



Devo proteggere l'ultima linea.

Devo assicurare la selettività degli
interuttori.

- selettività logica: se i due interruttori possono comunicare tra loro. Per motivi di sicurezza l'interruttore a monte e un tempo max per cui intervenire (interruttori di una certa consistenza).

Gli interruttori si dividono in classe A e B (selettivi^(B), non selettivi^(A))
Con i non selettivi si può regolare la selettività.

Interruttori differenziali: proteggono contro i difetti di isolamento. Hanno una corrente nominale I_b (corrente di intervento nominale) che è la corrente per cui sicuramente l'interruttore interviene in un tempo definito. La corrente di non intervento è $\frac{1}{2} I_b$.

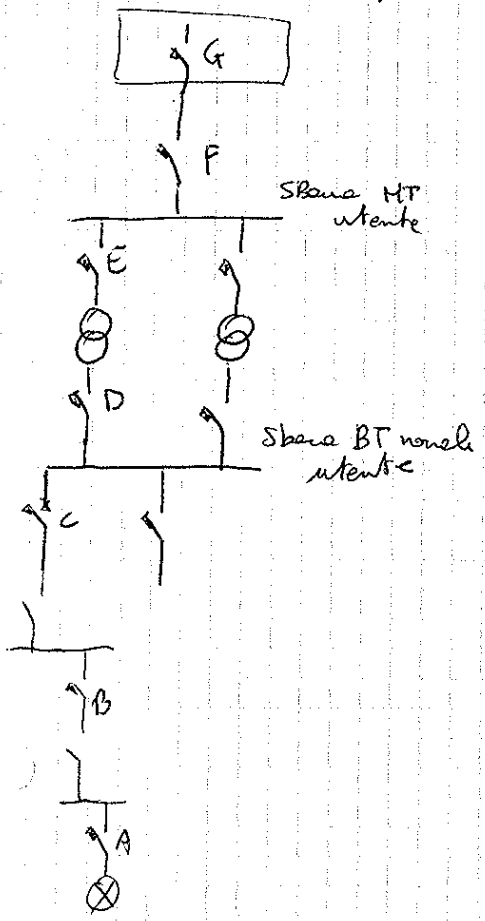
~~L'elemento debole~~

L'elemento debole è la molla. Una molla non usata si indebolisce la molla è quindi destinata a perdere la sua capacità. Il rimedio è il pulsante di test sull'interruttore.

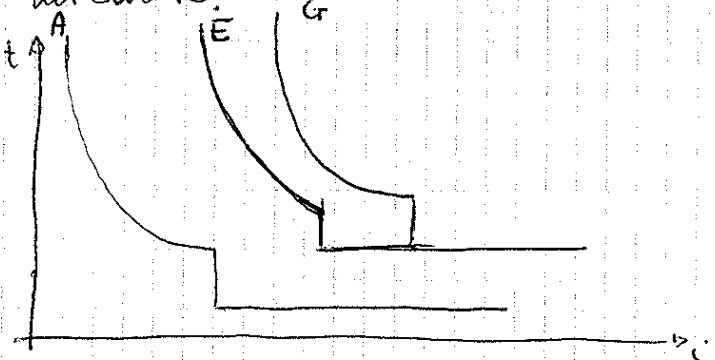
Negli ospedali le norme prevedono il tempo minimo di intervento. Se il tempo di intervento è superiore a quello previsto bisogna sostituire il differenziale.

Coordinamento delle protezioni:

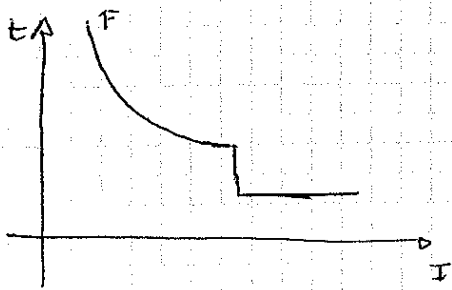
Punto di consegna



Ci sono 7 interruttori. Non si riesce a farli tutti selettivi. Dobbiamo fare il piano di selettività. Analizziamo le curve di intervento.



Tra le curve A e G ci devono essere le curve di tutti gli altri interruttori. L'interruttore F ha degli obblighi da rispettare in particolare!



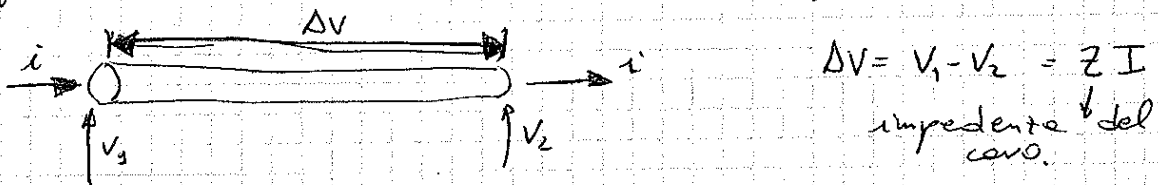
Se non ha una curva delle extracorrenti del trasformatore che interseca la curva magnetica l'interruttore scatta. In questo caso non si riesce ad inserire in rete il trafe.
E' perciò necessario che la curva d'intensità dell'interruttore non intersechi la curva di inserzione del trafe.

Protezione di back-up se il potere d'interruzione di un interruttore non è più sufficiente per interrompere la corrente di c.c. e non ammettono l'inserimento a monte di un interruttore in grado di proteggere gli interruttori ed i quadri a valle.

Dimensionamento dei conduttori

Sono necessarie 3 verifiche:

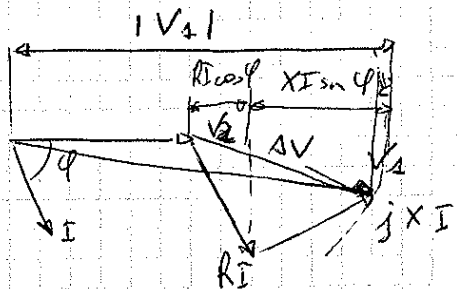
- 1) dimensionamento in corrente ($I_b < I_z$ $\begin{matrix} I_b \text{ corrente di servizio} \\ I_z \text{ portata del cond.} \end{matrix}$)
- 2) dimensionamento in tensione (la caduta di tensione deve essere inferiore al valore massimo $\Delta V \leq \Delta V_{max}$)



$\Delta V = V_1 - V_2 = Z I$
impedenza del cavo.

La nostra tensione iniziale (V_1) è quella in uscita dal trafe. Il cavo si trova al termine della distribuzione terziaria. Il V_2 è fine distr. terziaria. ΔV non deve essere maggiore del 4%.

Per effettuare i calcoli si usa la caduta di tensione induttiva.



$E + RI \cos \phi + XI \sin \phi = |\Delta V|$

E è molto piccolo e lo si può trascurare.

$|\Delta V|$ è la caduta di tensione induttiva

- 3) Coordinamento cavo interruttore, cioè $I^2 t < k^2 S^2$

Tutti i 3 devono essere soddisfatti.

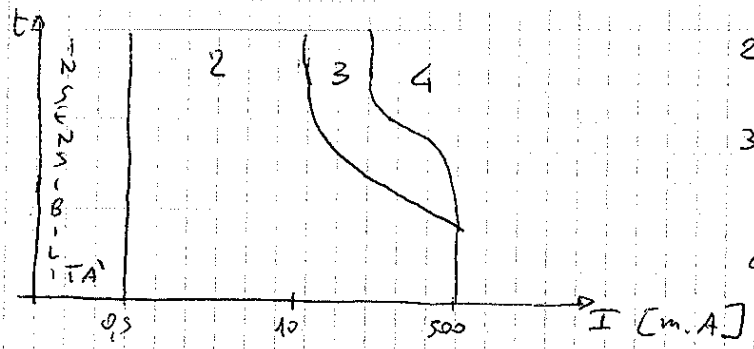
Un altro criterio è la standardizzazione. Si cerca di utilizzare non più di 3-4 sezioni di cavo. Lo stesso per i quadri e per gli interruttori e per ~~le~~ quadri. L'impianto non è una mostra delle soluzioni che si possono applicare.

Protezione delle persone

Se succede un guasto l'impianto non deve mettere in pericolo le persone.

Cosa succede se passa corrente in una persona?

Esistono zone di pericolosità



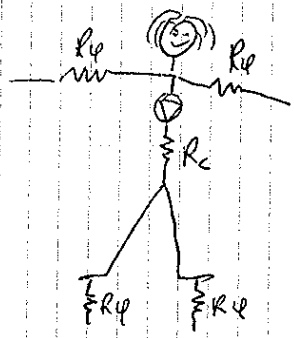
Curve di pericolosità in AC.

- 2: fastidi anche rilevanti, ma senza effetti rilevanti
- 3: contrazioni muscolari involontarie e reversibili senza danni organici finché non c'è tetanizzazione
- 4: effetti fisiologici pericolosi (fibrillazione ventricolare e ustioni).

È più pericolosa l'alternata o la continua? È più pericolosa l'alternata perché il corpo umano non riesce ad adattarsi. La frequenza peggiore è 50 Hz.

Corrente	effetto
0,5 mA	sopportabile per tempi indeterminati
10 mA	probabilità nulla di fibrillazione
30 mA	sopportabilità per $t < 300$ ms (tempo apertura di un interruttore).

Il percorso della corrente ^{nel corpo} non è rilevante



A frequenza industriale giocano le resistenze. Le resistenze vanno a seconda del contatto (es: mano-mano = $2 R_p$). Nella condizione peggiore la resistenza del corpo è R_b .