

1. PREMESSA	2
2. IMPIANTI MECCANICI	3
2.1 Calcolo impianti idrico-sanitari	3
2.1.1 Reti di adduzione	3
2.1.2 Reti di scarico	6
3. IMPIANTI ELETTRICI	13
3.1 Calcoli illuminotecnici	13
3.2 Scelta e dimensionamento delle linee di distribuzione	15
3.3 Criterio di scelta del numero delle linee	15
3.4 Calcolo della corrente d'impiego	15
3.5 Scelta del conduttore in funzione della portata	16
3.6 Scelta del conduttore in funzione della caduta di tensione	16
3.7 Protezioni delle linee	19
3.8 Protezione da sovraccarico	19
3.9 Protezione da cortocircuito	20
3.9.1 Calcolo della corrente di cortocircuito	20
3.9.2 Scelta del dispositivo di protezione	21
3.10 Selettività	22
3.11 Protezione dai contatti indiretti	23
3.12 Sistemi a bassa tensione	23
3.12.1 Protezione dai contatti indiretti nei sistemi TT	23
3.13 Omologazione e verifiche degli impianti di terra	24

1. PREMESSA

La seguente relazione di calcolo riguarda gli impianti meccanici ed elettrici relativi all'intervento di ristrutturazione della scuola dell'infanzia e primaria ubicata in Via don Giocondo Cabodi 2 nel Comune di Varisella (TO).

In particolare sono riportati i seguenti argomenti:

- calcolo impianti sanitari
- calcoli illuminotecnici
- scelta e dimensionamento delle linee di distribuzione.

2. IMPIANTI MECCANICI

2.1 CALCOLO IMPIANTI IDRICO-SANITARI

2.1.1 RETI DI ADDUZIONE

Nel calcolo degli impianti di adduzione, le condizioni di esercizio più gravose si verificano, con i valori di pressione ammessi, in corrispondenza della portata massima contemporanea.

Per portata massima contemporanea si intende il valore massimo della portata contemporaneamente disponibile per tutte le utenze servite da una distribuzione o per una parte esse, per tutta la durata del periodo più critico (periodo di punta)

I valori delle portate massime contemporanee servono a dimensionare le tubazioni e gli altri componenti di una rete di distribuzione.

Il metodo più utilizzato per il calcolo delle portate massime contemporanee è quello detto delle unità di carico (UC).

Unità di carico è il valore, assunto convenzionalmente, che tiene conto della portata di un punto di erogazione, delle sue caratteristiche dimensionali e funzionali e della sua frequenza d'uso.

Ad ogni punto di erogazione corrisponde un determinato valore di unità di carico.

Il dimensionamento deve essere tale da garantire le condizioni affinché l'apparecchio posto nelle condizioni più sfavorevoli di utilizzazione sia alimentato con il prescritto valore di portata durante i periodi nei quali nella rete si verificano le richieste di punta.

Il dimensionamento delle tubazioni e degli altri componenti deve essere fatto sulla base della conoscenza dei singoli dati:

- portata massima contemporanea per ogni tronco e per l'intera rete;
- pressione utilizzabile;
- massime velocità ammissibili.

Il calcolo della pressione utilizzabile è la sommatoria di :

- pressione dinamica da garantire all'utenza posta nella condizione più sfavorevole;
- differenza di quota fra il punto di alimentazione e detta utenza;
- perdita di pressione nelle tubazioni in corrispondenza della portata massima contemporanea.

Portate nominali e pressioni dei rubinetti di erogazione per apparecchi sanitari ed altri impieghi

Apparecchio	Portata	Pressione minima
	L/s	kPa
Lavabi	0,10	50
Bidet	0,10	50
Vasi a cassetta	0,10	50
Vasca da bagno	0,10	50
Doccia	0,10	50
Lavello da cucina	0,10	50

Unità di carico (UC) per le utenze degli edifici ad uso pubblico e collettivo

Apparecchio	Acqua fredda	Acqua calda	Totale
Lavabo	1.50	1.50	2.00
Vasca	1.50	1.50	2.00
Doccia	3.00	3.00	4.00
Vaso con cassetta	3.00	3.00	4.00
Vuotatoio a cassetta	5.00	–	5.00
Lavello da cucina	3.00	3.00	4.00

Determinazione della portata massima contemporanea con il metodo delle unità di carico (UC), acqua calda e fredda.

Facendo la sommatoria delle utenze contemporanee si ottiene il totale delle UC attraverso le quali, nella tabella seguente, si ottiene il valore della portata necessaria a soddisfare la contemporaneità delle utenze in esame.

Unità di Carico UC	Portata l/s	Unità di Carico UC	Portata l/s	Unità di Carico UC	Portata l/s
6	0.30	40	1.62	200	4.95
8	0.40	50	1.90	225	5.35
10	0.50	60	2.20	250	5.75
12	0.60	70	2.40	275	6.10
14	0.68	80	2.65	300	6.45
16	0.78	90	2.90	400	7.80
18	0.85	100	3.15	500	9.00
20	0.93	120	3.65	600	10.00
25	1.13	140	3.90	700	11.00
30	1.30	160	4.25	800	11.90
35	1.46	180	4.60	900	12.90

Dal valore ottenuto della portata, utilizzando la tabella sotto riportata, è possibile effettuare la valutazione dei diametri delle tubazioni di adduzione e delle rispettive perdite di carico.

Diametro	DN	Diametro interno mm	Velocità m/s	Perdita di carico Pa/m
1/2"	16	sino a 16.5	0.7	588
3/4"	20	21.9	0.9	672
1"	25	27.7	1.2	869
1" ¼	32	36.1	1.5	963
1" ½	40	42.1	1.7	1015
2"	50	53.4	2.0	1038
2" ½	65	68.5	2.3	1004
3"	80	80.75	2.4	896
4"	100	105.5	2.5	707

2.1.2 RETI DI SCARICO

Criteri di progettazione

Il deflusso dell'acqua deve avvenire per gravità e non occupare l'intera sezione dei tubi, per non generare pressioni e depressioni superiore al valore di 250 Pa.

Al reintegro dell'aria trascinata dal deflusso dell'acqua nelle colonne e nei collettori provvede la ventilazione primaria.

Unità di scarico

Il dimensionamento di un sistema di scarico dipende in primo luogo dalla portata massima di acque usate da smaltire.

Il metodo di calcolo adottato è quello delle unità di scarico delle quali sono di seguito riportati i valori.

Il metodo consiste nell'assegnazione ad ogni apparecchio che scarica nel sistema un valore (unità di scarico US) assunto in una scala arbitraria che rappresenta l'effetto prodotto dall'apparecchio stesso.

L'effetto è determinato oltre che dalla portata dell'apparecchio anche dalle sue caratteristiche geometriche, dalla sua funzione e dalla probabile contemporaneità del suo uso con quello di altri apparecchi.

L'introduzione delle unità di scarico rende omogenei, e quindi sommabili, valori altrimenti eterogenei.

Le diramazioni

Le diramazioni devono convogliare l'acqua di scarico degli apparecchi alle colonne senza originare pressioni idrostatiche e senza che lo sbocco nelle colonne provochi perturbazioni nel flusso discendente dell'acqua.

La portata in una diramazione è la somma delle portate che si scaricano dagli apparecchi ad essa collegati.

Il calcolo della portata massima transitante in una diramazione è di tipo probabilistico.

Il metodo di calcolo delle US permette il dimensionamento delle diramazioni assicurando le condizioni volute di funzionamento.

Le colonne

La portata massima probabile in una colonna è funzione sia della portata totale che vi si riversa sia del numero di diramazioni che vi si connettono.

Il diametro di una colonna viene calcolato sulla base della somma delle US di tutte le diramazioni connesse alla colonna stessa.

Il diametro rimane uguale dalla base alla sommità.

Il flusso laminare d'acqua che lambisce la colonna non deve essere perturbato dal flusso d'acqua proveniente dalle diramazioni.

Questo è assicurato se la portata proveniente dalle diramazioni connesse alla colonna in un tratto di tre metri non supera un valore prestabilito. Qualora questo valore limite fosse superato, occorre aumentare il diametro della colonna per adeguarla alla maggiore portata.

In caso di spostamenti dell'asse della colonna superiori a 45° rispetto alla verticale, la colonna va suddivisa in tante parti quanti sono i corrispondenti tratti verticali e orizzontali. Procedendo dall'alto, il primo tratto verticale va dimensionato come sopra indicato. Il susseguente tratto orizzontale va dimensionato come un collettore in funzione anche della pendenza realizzabile. Il successivo tratto verticale va dimensionato come indicato prima, con l'avvertenza di verificare che il suo diametro, in ogni caso, non sia inferiore a quello del tratto orizzontale che lo precede. Analogamente si procede per gli eventuali tratti successivi.

I collettori

Il dimensionamento del collettore è effettuato in funzione della portata d'acqua convogliata dalle colonne ad esso collegate. Con il metodo delle US si ricorre ai prospetti riportati in appendice E.

I collettori vanno installati con una pendenza nel senso del movimento dell'acqua fino al recapito esterno tale da mantenere entro un campo predeterminato la velocità di deflusso.

La velocità minima è di circa 0,6 m/s per evitare la separazione delle sostanze solide trascinate.

La velocità massima è quella compatibile colla natura del materiale componente i collettori per evitare fenomeni di abrasione.

Per evitare fenomeni di turbolenza oltre al corretto dimensionamento vanno seguite le raccomandazioni riportate nelle modalità di posa a proposito degli innesti delle colonne.

La ventilazione primaria

La ventilazione primaria ha la duplice funzione di collaborare al mantenimento dell'equilibrio delle pressioni nel sistema di scarico e di consentire un'efficace areazione per ostacolare la formazione di muffe e funghi.

Il risultato si ottiene mettendo tutte le colonne di scarico in diretta comunicazione con l'esterno. In caso di necessità è ammesso riunire le colonne in uno o più collettori prima dell'uscita all'esterno.

In questo caso, i collettori devono avere sezione uguale o maggiore alla somma delle colonne che vi fanno capo.

Valore di unità di scarico (US) per apparecchio

Apparecchio	Unità' di scarico
Vasca (con o senza doccia)	2
Doccia (per un solo soffione)	2
Lavabo	1
Bidet	2
Vaso con cassetta	4

Diramazioni di scarico

Massimo numero di unità di scarico (US) in relazione al diametro

Diametro	Carico totale US
40	3
50	6
65	12
80	20*
100	160
125	360
150	620
200	1400

* Con non più di 2 vasi.

Colonne di scarico

Massimo numero di unità di scarico (US) in relazione al diametro, al numero dei piani ed al carico in US delle diramazioni comprese in un intervallo di 3 metri

Diametro	sino 3 piani	oltre 3 piani	massimo carico
50	10	24	6
65	20	42	9
80	30*	60*	16**
100	240	500	90
125	540	1100	200
150	960	1900	350
200	2200	3600	600
250	3800	5600	1000
300	6000	8400	1500

* Con non più di 6 vasi

* Con non più di 2 vasi

Collettori suborizzontali di scarico

Velocità dell'acqua in relazione al diametro ed alla pendenza

Diametro mm	Velocità m/s pendenza			
	0,5%	1%	2%	4%
50	0,31	0,44	0,62	0,88
65	0,34	0,49	0,68	0,98
80	0,38	0,54	0,76	1,08
100	0,44	0,62	0,88	1,24
125	0,49	0,69	1,08	1,39
150	0,54	0,76	1,24	1,52
200	0,62	0,88	1,29	1,75
250	0,69	0,98	1,39	1,96
300	0,75	1,07	1,47	2,06

Massimo numero di unità di scarico (US) in relazione al diametro ed alla pendenza

Diametro mm	Carico US pendenza		
	1%	2%	4%
50	-	21	26
65	-	24	31
80	20	27	36
100	180	216	250
125	390	480	575
150	700	840	1000
200	1600	1920	2300
250	2900	3500	4200
300	4600	5600	6700

3. IMPIANTI ELETTRICI

3.1 CALCOLI ILLUMINOTECNICI

La formula per il calcolo del numero degli apparecchi necessari in un impianto è:

$$n_{app} = \frac{E_{med} \times (a \times b)}{C_m \times C_u \times \Phi}$$

Dove:

E_{med} = illuminamento medio richiesto in lux

C_m = coefficiente di manutenzione

Φ = flusso delle lampade, in lumen, per ogni apparecchio

C_u = coefficiente di utilizzazione che si ricava dalla tabella sotto in corrispondenza delle caratteristiche di riflessione delle superfici del locale e dell'indice del locale (K)

Il coefficiente K del locale è dato da

$$K = \frac{a \times b}{h_u \times (a + b)}$$

Dove:

a = larghezza del locale

b = lunghezza del locale

h = altezza di installazione degli apparecchi

h_u = distanza degli apparecchi dal piano utile

Coefficienti di utilizzazione (x1000)							
RIFLESSIONI DEL LOCALE							
(soffitto, fregio, pareti,piano di lavoro)							
K	8773	7773	7771	7553	7551	7731	5551
0,6	428	424	398	364	351	324	349
0,8	489	483	449	423	405	380	403
1,00	536	528	487	470	448	424	444
1,25	577	567	519	513	484	463	479
1,50	606	594	540	544	509	490	503
2,00	647	633	568	589	545	530	538
2,50	673	656	585	618	565	553	557
3,00	690	672	595	638	578	568	570
4,00	709	689	605	660	592	584	583
5,00	721	699	611	674	599	593	589
10,00	746	721	621	705	615	610	603
20,00	760	733	627	724	624	621	611

3.2 SCELTA E DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE DI DISTRIBUZIONE

Un impianto è essenzialmente costituito dalle linee che collegano il punto di consegna dell'energia elettrica con gli apparecchi utilizzatori, permettendone il funzionamento.

Tutte le altre componenti dell'impianto assolvono il compito di assicurare alle linee la possibilità di svolgere la loro funzione con sicurezza e con continuità.

Nel seguito vengono esposti i criteri più comuni per stabilire il numero e il tipo più idonei di linee di alimentazione; inoltre vengono esposte le Norme che ne regolano le modalità di posa, le protezioni e il dimensionamento.

3.3 CRITERIO DI SCELTA DEL NUMERO DELLE LINEE

Tutte le linee devono essere protette da appositi dispositivi situati nei quadri di distribuzione; se una linea alimenta più carichi è evidente che in caso di disattivazione per intervento del dispositivo di protezione o per manutenzione, aggiunte o modifiche, tutti i carichi vengono messi fuori servizio; pertanto il criterio fondamentale di scelta del numero di linee che assicura la massima continuità del servizio è quello di alimentare ciascun carico con una propria linea.

Con questa soluzione viene assicurata anche la massima sicurezza, per la possibilità di adottare le protezioni più idonee e per ciascun tipo di carico ed evitare interferenze tra i vari carichi. Nella pratica è opportuno avvicinarsi il più possibile a questa soluzione teorica, compatibilmente con esigenze di spazio e di oneri economici.

3.4 CALCOLO DELLA CORRENTE D'IMPIEGO

Il valore efficace della corrente di impiego può essere calcolato conoscendo il valore efficace della tensione nominale V del sistema espresso in volt, la potenza totale P dei carichi che la linea deve alimentare espressa in watt e il fattore di potenza medio $\cos\varphi$, attraverso la relazione

$$I_b = \frac{K_u \cdot P}{k \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

in cui k vale 1 nel caso di circuiti monofase oppure nel caso di circuiti trifase e K_u è il coefficiente di utilizzazione, cioè un fattore di correzione che tiene conto di quanto effettivamente viene usato il carico rispetto alle sue potenzialità.

Se si tratta di linee non terminali, comunemente chiamate linee di distribuzione, nel senso che alimentano più linee derivate che potrebbero essere non tutte di tipo terminale, il fasore, il cui

modulo è il valore efficace della I_b può essere calcolato come somma dei fasori dei valori efficaci delle correnti circolanti nelle linee derivate da quella in esame.

Anche in questo caso può essere introdotto un fattore correttivo, un coefficiente di contemporaneità K_c , qualora le varie linee derivate non siano contemporaneamente utilizzate.

Si ottiene così:

$$\bar{I}_c = K_c \cdot \sum_j \bar{I}_{ldj}$$

3.5 SCELTA DEL CONDUTTORE IN FUNZIONE DELLA PORTATA

Per dimensionare il conduttore in funzione della sua portata occorrerà scegliere la sua sezione in modo tale che la portata I_z che ne deriva, cioè il valore efficace della massima corrente che vi può fluire in regime permanente, sia non inferiore al valore di I_b precedentemente acquisito.

Il calcolo di I_z è basato su considerazioni esclusivamente termiche ed è legato al fatto che tanto è maggiore la temperatura dell'isolante, tanto è minore la durata della vita dello stesso.

Per l'isolante PVC le norme CEI stabiliscono una temperatura, in regime termico, ammissibile di 70 °C, a cui corrisponde una durata di circa 20 anni.

La portata I_z di un cavo è la corrente, genericamente costante, che fa raggiungere all'isolante la massima temperatura ammissibile.

La temperatura dell'isolante per un cavo che abbia raggiunto il regime termico dipende, in modo approssimato, dai seguenti fattori: il tipo di conduttore, la corrente che attraversa il cavo, il tipo di posa del cavo, la temperatura ambiente e la presenza di altri conduttori nelle vicinanze. Il calcolo della portata dei cavi in regime permanente può essere fatta con le tabelle indicate nelle norme CEI UNEL 35024/1 e CEI UNEL 35024/2.

3.6 SCELTA DEL CONDUTTORE IN FUNZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE

Per un corretto impiego degli utilizzatori è necessario che essi funzionino al valore di tensione nominale per la quale sono previsti.

Per tale motivo si deve verificare che la caduta di tensione lungo la linea non assuma valori troppo elevati.

Le norme CEI stabiliscono per ciascun apparecchio utilizzatore la massima caduta di tensione ammessa, che per la stragrande maggioranza dei medesimi è del 4% (un'importante eccezione è la caduta di tensione ammessa nel caso di lampade fluorescenti pari al 3%).

La caduta di tensione di una linea può essere trovata mediante appositi diagrammi oppure in

modo analitico attraverso le formule riportate. Per un generico conduttore possiamo scrivere:

$$\Delta V_f = I_b \cdot [r \cdot \cos \Phi_c + x \cdot \sin \Phi_c] \cdot l + \frac{l^2 \cdot (r^2 + x^2)}{2 \cdot V_f}$$

Nei sistemi trifase equilibrati il valore della caduta di tensione, rispetto al valore della tensione concatenata, diventa:

$$\Delta V_{tr f} = \sqrt{3} \Delta V_f$$

Nei sistemi monofase la caduta di tensione totale si ottiene sommando la caduta di tensione nella fase con quella nel neutro.

$$\Delta V_{mon} = 2 \Delta V_f$$

I valori di r e di x sono riportati nella tabella seguente.

**Resistenza e reattanza specifica dei cavi unificati
(tabella UNEL 35023-70)**

Sezioni nominali in mm ²	Cavi unipolari		Cavi multipolari	
	Resistenza al metro r Ω/m	Reattanza al metro x Ω/m	Resistenza al metro r Ω/m	Reattanza al metro x Ω/m
1	22,1	0,176	22,5	0,125
1,5	14,8	0,168	15,1	0,118
2,5	8,91	0,155	9,08	0,109
4	5,57	0,143	5,68	0,101
6	3,71	0,135	3,78	0,0955
10	2,24	0,119	2,27	0,0861
16	1,41	0,112	1,43	0,0817
25	0,889	0,106	0,907	0,0813
35	0,641	0,101	0,654	0,0783
50	0,473	0,101	0,483	0,0779
70	0,328	0,0965	0,334	0,0751
95	0,236	0,0975	0,241	0,0762
120	0,188	0,0939	0,191	0,0740
150	0,153	0,0928	0,157	0,0745
185	0,123	0,0908	0,125	0,0742
240	0,0943	0,0902	0,0966	0,0752
300	0,0761	0,0895	0,0780	0,0750
400	0,0607	0,0876	0,0625	0,0742
500	0,0496	0,0867	0,0512	0,0744
630	0,0402	0,0865	0,0417	0,0749

N.B. – Valori riferiti alla temperatura di 80° C

Sezioni dei conduttori di fase e di neutro

Circuito	Sezione Fase, Sf	Sezione Neutro, Sn
bifase	$S_f \geq 1,5 \text{ mm}^2$	$S_n = S_f$
trifase	$S_f \geq 1,5 \text{ mm}^2$	$S_n = S_f$, se $S_f < 16 \text{ mm}^2$
		$S_n \geq 16 \text{ mm}^2$, se $S_f \geq 16 \text{ mm}^2$

3.7 PROTEZIONI DELLE LINEE

Le protezioni delle linee costituiscono la parte essenziale di un impianto elettrico sia per garantirne il regolare funzionamento sia per evitare danni alle persone ed alle cose.

Le Norme CEI 64-8 impongono la realizzazione delle seguenti protezioni:

- contro i sovraccarichi;
- contro i cortocircuiti;
- contro i contatti indiretti.

3.8 PROTEZIONE DA SOVRACCARICO

La norma CEI 64-8/3 prescrive che i circuiti di un impianto (salvo eccezioni) debbano essere provvisti di dispositivi di protezione adatti ad interrompere correnti di sovraccarico prima che esse possano provocare un riscaldamento eccessivo ed il conseguente danneggiamento dell'isolante del cavo del circuito.

Per garantire tale protezione é quindi necessario che vengano rispettate le seguenti relazioni:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1,45 I_z$$

dove:

I_b = Corrente di impiego del circuito

I_n = Corrente nominale dell'interruttore

I_z = Portata a regime permanente del cavo

I_f = Corrente di sicuro funzionamento dell'interruttore automatico.

La prima relazione soddisfa le condizioni generali di protezione dal sovraccarico.

La seconda, impiegando per la protezione dal sovraccarico un interruttore automatico, é sempre verificata, poiché la corrente di sicuro funzionamento I_f non é mai superiore a $1,45 I_n$.

Essa deve essere invece verificata nel caso in cui il dispositivo di protezione sia un fusibile.

Analizzando la regola generale di protezione $I_b < I_n < I_z$ risulta evidente che si possono realizzare due condizioni di protezione distinte: una condizione di massima protezione, realizzabile scegliendo un interruttore con una corrente nominale prossima o uguale alla corrente di impiego I_b , ed una condizione di minima protezione scegliendolo con una corrente nominale prossima o uguale alla massima portata del cavo.

E' chiaro che scegliendo la condizione di massima protezione si potrebbero verificare delle situazioni tali da pregiudicare la continuità di servizio, perché sarebbe garantito l'intervento dell'interruttore anche in caso di anomalie sopportabili.

Per contro la scelta di un interruttore con una corrente regolata uguale alla portata del cavo porterebbe alla massima continuità di servizio a discapito del massimo sfruttamento del rame installato.

3.9 PROTEZIONE DA CORTOCIRCUITO

Le condizioni richieste per la protezione dal cortocircuito sono sostanzialmente le seguenti:

- a) l'apparecchio non deve avere corrente nominale inferiore alla corrente d'impiego (questa condizione è imposta anche per la protezione da sovraccarico)
- b) l'apparecchio di protezione deve avere potere di interruzione non inferiore alla corrente presunta di cortocircuito nel punto ove l'apparecchio stesso è installato;
- c) l'apparecchio deve intervenire, in caso di cortocircuito che si verifichi in qualsiasi punto della linea protetta, con la necessaria tempestività al fine di evitare che gli isolanti assumano temperature eccessive.

3.9.1 CALCOLO DELLA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO

La corrente presunta di cortocircuito in un punto di un impianto utilizzatore é la corrente che si avrebbe nel circuito se nel punto considerato si realizzasse un collegamento di resistenza trascurabile fra i conduttori in tensione.

L'entità di questa corrente é un valore presunto perché rappresenta la peggiore condizione possibile (impedenza di guasto nulla, tempo d'intervento talmente lungo da consentire che la corrente raggiunga i valori massimi teorici). In realtà il cortocircuito si manifesterà sempre con valori di corrente effettiva notevolmente minori.

Per gli impianti utilizzatori in BT per corrente presunta di cortocircuito si deve considerare la componente simmetrica.

Poiché le prove del potere d'interruzione degli interruttori automatici sono basate sulla componente simmetrica non è corretto ai fini della protezione da cortocircuito in BT tener conto del valore di picco della corrente di cortocircuito.

L'intensità della corrente presunta di cortocircuito dipende essenzialmente dai seguenti fattori:

- potenza del trasformatore di cabina, nel senso che maggiore è la potenza maggiore è la corrente;

- lunghezza della linea a monte del guasto, nel senso che maggiore è la lunghezza minore è la corrente;

Nei circuiti trifase con neutro e conduttore di protezione si possono avere quattro diverse possibilità di cortocircuito:

- fase - fase
- fase - neutro
- fase - conduttore di protezione
- trifase equilibrato

3.9.2 SCELTA DEL DISPOSITIVO DI PROTEZIONE

I dispositivi idonei alla protezione contro i corto circuiti devono rispondere alle seguenti condizioni [64-8 art. 434.2]:

- a) avere un potere di interruzione (P_i) non inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione ($I_{cc\ max}$) (tranne quando si effettua la protezione serie);
- b) intervenire in modo tale che tutte le correnti provocate da un corto circuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito siano interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura massima ammissibile.

Al fine di verificare tale condizione è necessario che, per ogni valore possibile di corto, l'energia specifica passante dal dispositivo d'interruzione sia inferiore all'energia specifica di cortocircuito sopportabile dai cavi.

L'energia specifica è una grandezza introdotta dalle Norme per valutare l'entità dell'energia termica specifica lasciata passare dal dispositivo di protezione durante il corto circuito.

Dimensionalmente non è una grandezza fisicamente indicativa (A^2s) ma lo diventa quando è moltiplicata per la resistenza dell'elemento interessato, determinando così l'energia sviluppata dalla corrente di corto circuito all'interno di esso.

L'energia specifica passante è facilmente calcolabile se il tempo di apertura dell'interruttore è superiore a 0,1 s.

Per durate molto brevi (< 0.1 s) e per i dispositivi di protezione limitatori di corrente, il valore di energia specifica passante devono essere indicati dal costruttore del dispositivo di protezione.

L'energia specifica di cortocircuito sopportabile da un cavo è facilmente calcolabile per valori di correnti di cortocircuito alti ($> 1000A$).

In questo caso, supponendo un funzionamento adiabatico del cavo, avremo $E_{ss} = K^2 S^2$, dove S è la sezione in mm^2 e K è indicato dalla norma 64/8 e vale 115 o 143 per cavi in rame isolati rispettivamente con PVC o EPR.

Se la protezione viene fatta con un interruttore magnetotermico che protegge la condotta da sovraccarico si possono avere due casi:

Caso A). Conduttura completamente protetta per correnti di cortocircuito inferiori a I_a .

Caso B). Conduttura protetta per correnti I tali che $I_b < I < I_a$ e per correnti $I < I_{b1}$.

Al fine di avere una protezione totale dai cortocircuiti è perciò necessario che risulti:

$$I_{cc\ min} > I \text{ e } I_{cc\ max} < I_a$$

essendo $I_{cc\ min}$ e $I_{cc\ max}$ rispettivamente la minima e la massima corrente di cortocircuito presunta al termine e all'inizio della condotta.

3.10 SELETTIVITÀ

Per selettività si intende il coordinamento dei dispositivi di protezione in modo tale che il guasto che si verifichi in un punto qualsiasi della rete possa essere eliminato dall'apparecchio di protezione immediatamente a monte del guasto, e solamente da esso.

Considerando due apparecchi in serie, la selettività è totale se realizzata per ogni valore di sovracorrente, oppure parziale quando si accetta che l'intervento del solo dispositivo di protezione a valle si verifichi fino ad un determinato valore della sovracorrente, mentre per valori superiori si ammette l'intervento di entrambi le protezioni.

La selettività in caso di sovraccarico è facile da realizzare.

E' normalmente sufficiente che l'interruttore a monte abbia una corrente nominale almeno doppia di quella dell'interruttore a valle.

Nel caso di cortocircuito la selettività si presenta senz'altro più problematica del caso del sovraccarico.

Infatti per interrompere elevate correnti di cortocircuito lo sganciatore magnetico interviene in un tempo estremamente breve: da ciò deriva che tutti gli interruttori posti a monte del punto di guasto e perciò attraversati dalla corrente di cortocircuito, possono intervenire se tale corrente supera quella di intervento dei relè magnetici.

Per ottenere un'ottima selettività è possibile aggiungere appositi ritardi ai tempi di intervento dei relè degli interruttori a monte.

Si ottiene una buona selettività distanziando opportunamente le correnti d'intervento e degli sganciatori magnetici e le correnti nominali degli apparecchi, sfruttando cioè la naturale diminuzione delle correnti di cortocircuito verso valle e il fatto che le masse inerziali degli sganciatori sono differenti con la conseguenza che l'interruttore a valle, più piccolo e spesso più veloce, interviene anticipando l'apertura rispetto all'interruttore a monte che rimane chiuso.

3.11 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti consiste nel prendere le misure intese a proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale.

I metodi di protezione contro i contatti indiretti sono classificati come segue:

- a) Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- b) Protezione senza interruzione automatica del circuito (doppio isolamento, separazione elettrica, locali isolati, locali equipotenziali);
- c) Alimentazione a bassissima tensione.

La protezione mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione è richiesta quando a causa di un guasto, si possono verificare sulle masse tensioni di contatto di durata e valore tali da rendersi pericolose per le persone.

Le prescrizioni da ottemperare per conseguire la protezione contro i contatti indiretti sono stabilite dalle norme CEI 64-8 per gli impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua e dalle Norme CEI 11-8 per gli impianti utilizzatori in media e in alta tensione.

3.12 SISTEMI A BASSA TENSIONE

3.12.1 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI NEI SISTEMI TT

Il sistema TT ha un punto collegato direttamente a terra e le masse dell'impianto collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione.

In caso di guasto a terra, il circuito percorso dalla corrente si richiude attraverso il terreno, in quanto il neutro del sistema e la massa interessata dal guasto fanno capo a dispersori separati; il valore della corrente di guasto può essere molto contenuto.

La norma 64-8 nel caso di sistemi TT prevede che per attuare la protezione dai contatti indiretti deve essere soddisfatta la condizione:

$$R_{A_1} \leq \frac{50V}{I_a}$$

Dove:

- R_A è la somma delle resistenze di terra dei conduttori e dei dispersori

- I_a è la corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione.

Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, I_a è la corrente nominale differenziale $I_{\Delta n}$.

Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti, esso deve essere:

- un dispositivo avente una caratteristica di funzionamento a tempo inverso, ed in questo caso I_a deve essere la corrente che ne provoca il funzionamento automatico entro 5 s.

- un dispositivo con una caratteristica di funzionamento a scatto istantaneo ed in questo caso I_a deve essere la corrente minima che ne provoca lo scatto istantaneo.

Da ciò deriva che il valore di R_t risulta notevolmente diverso impiegando interruttori magnetotermici o differenziali.

Infatti con i primi si richiedono valori di resistenza di terra molto bassi, anche inferiori all'ohm, mentre per i secondi si possono realizzare impianti di terra con resistenza anche dell'ordine del migliaio di Ohm.

Considerando la grande difficoltà per ottenere e mantenere nel tempo livelli di R_t così bassi da garantire la protezione con interruttori automatici magnetotermici, l'impiego del differenziale diventa pressoché indispensabile.

3.13 OMOLOGAZIONE E VERIFICHE DEGLI IMPIANTI DI TERRA

Gli impianti di terra di nuova costruzione o rinnovati devono essere sottoposti all'omologazione da parte dell'ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro) in conformità al Decreto Interministeriale 15/10/93, n.519.

Le modalità con le quali effettuare la denuncia degli impianti di terra sono riportate nella Circolare n.8219 del 14/6/94 emessa dal Dipartimento ISPESL incaricato dell'omologazione.

Le verifiche periodiche, successive a quelle eseguite per l'omologazione, per l'accertamento della conservazione degli impianti e del loro corretto funzionamento sono affidate alle ASL (Aziende Sanitarie Locali) dal Decreto Interministeriale 15/10/93, n.519.

L' impostazione delle verifiche e la loro frequenza devono essere conformi alle linee generali del DL 626/94 per quanto riguarda il rischio elettrico su impianti e macchinari.

La periodicità delle verifiche è stabilita in:

- 5 anni per le cabine elettriche.

- 2 anni per gli impianti utilizzatori alimentati in media tensione e per tutti gli impianti utilizzatori dei luoghi di lavoro.

Per gli impianti di terra, il DM 37/08 prescrive la presentazione del progetto.

La documentazione da predisporre, indipendentemente dagli obblighi di legge dovrebbe dimostrare la corretta esecuzione dell'impianto, fornire i risultati della verifica finale ed indicare le modalità di gestione e manutenzione.