

**ANNO SCOLASTICO 2016-2017**  
**ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE**  
**Indirizzo: ITET – ELETTRATECNICA ED ELETTRONICA**  
**ARTICOLAZIONE ELETTRATECNICA**

**Tema di:** TECNOLOGIE E PROGETTAZIONE DI SISTEMI ELETTRICI ED ELETTRONICI

*Il candidato svolga la prima parte della prova e due tra i quesiti proposti nella seconda parte.*

**PRIMA PARTE**

In una scuola ubicata in un edificio di tre piani, si deve realizzare un laboratorio tecnologico.

L'edificio è alimentato in BT 400/230 V con punto di consegna in un locale tecnico sito al piano terra.

Il locale destinato al laboratorio ha dimensioni 16 m x 9 m e deve essere dotato di:

- una LIM completa di videoproiettore e postazione PC con stampante connessa in rete alle varie postazioni;
- 10 postazioni di personal computer;
- 6 banchi di lavoro per effettuare le prove pratiche, alimentati con una tensione di 400/230 V, per i quali si prevede una potenza massima di 3 kW.

Per l'impianto di illuminazione è prevista l'installazione di 12 coppie di lampade fluorescenti da 36 W.

Il candidato, con riferimento alla normativa vigente, individui prioritariamente in quale parte dell'edificio ubicare il laboratorio tecnologico, rappresenti in pianta la disposizione della dotazione prevista e individui la collocazione del quadro elettrico generale al servizio del laboratorio stesso.

Successivamente, fatte le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie, progetti l'impianto elettrico del laboratorio.

**SECONDA PARTE**

**QUESITO 1**

Si disegni lo schema funzionale di comando per gestire il funzionamento di due motori asincroni trifasi (M1 ed M2) con le seguenti prescrizioni.

In seguito all'azionamento di un pulsante di inizio ciclo, deve essere eseguito ripetutamente un ciclo di azionamenti di M1 ed M2 così come descritto di seguito:

1. l'inizio del ciclo deve essere consentito solo se due finecorsa (uno per M1 avanti e uno per M2 indietro) non sono azionati;
2. entrambi i motori si avviano in marcia avanti, M1 si fermerà per effetto dell'azionamento del suo finecorsa che provocherà anche l'inversione di marcia di M2;
3. il secondo finecorsa determinerà l'arresto di M2;
4. pausa di 30", a questo punto il ciclo è terminato e dovrà immediatamente riprendere dal punto 1.

L'esecuzione del ciclo deve essere arrestata istantaneamente per l'intervento del pulsante di arresto ciclo o dei relè termici.

## QUESITO 2

Il candidato relazioni sui sistemi di protezione previsti in una cabina MT/BT. Inoltre dimensiona l'impianto di terra di una cabina sapendo che la corrente convenzionale di guasto a terra, nel punto di installazione è pari a 225 A con tempo di eliminazione del guasto di 0,5 s e che la corrente di terra si può ritenere pari al 70% di quella convenzionale.

## QUESITO 3

Il candidato schematizzi e descriva, in tutte le sue fasi, il processo di produzione e di distribuzione dell'energia elettrica.

## QUESITO 4

Il candidato, dopo aver spiegato cosa si intende per rischio elettrico, illustri quali misure preventive e protettive un lavoratore deve adottare per evitare il pericolo da rischio elettrico.

### **soluzione PRIMA PARTE**

#### Ubicazione del laboratorio e del locale tecnico

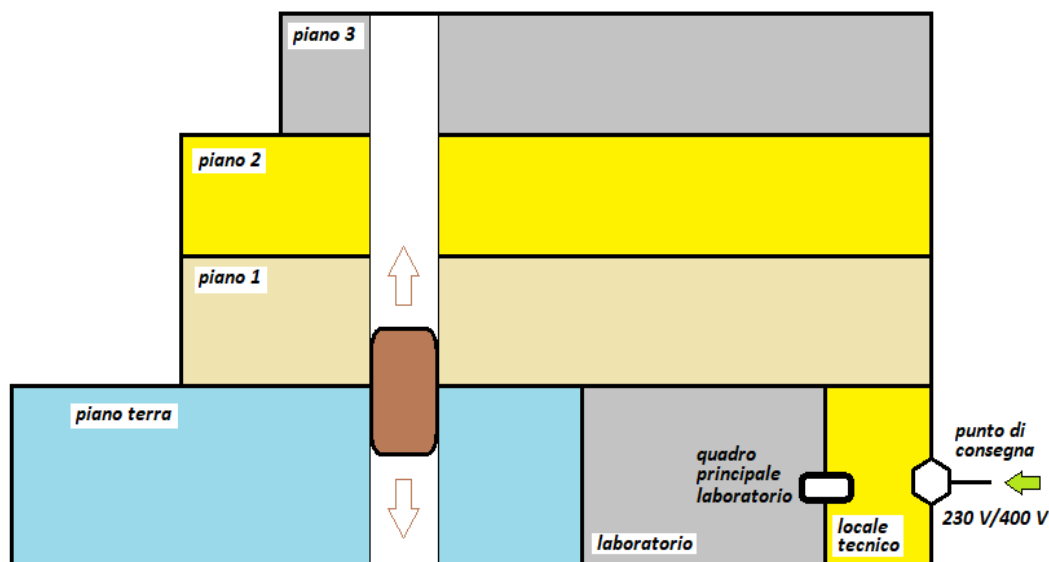
Nella maggior parte degli edifici scolastici, per motivi di sicurezza, i laboratori vengono predisposti al piano terra.

In questo caso, vista la presenza di un solo laboratorio, è meglio predisporre il medesimo adiacente al locale tecnico; anche il quadro principale di laboratorio viene pertanto disposto in prossimità del medesimo.

Nel locale tecnico è presente il punto di consegna dell'energia.

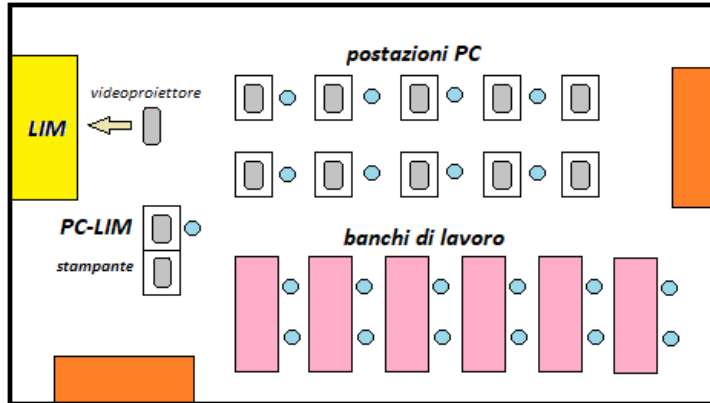
Viste le caratteristiche dell'edificio e dei carichi elettrici in esso presenti, l'impianto viene alimentato direttamente dall'ente distributore dell'energia elettrica al quale vengono richieste le forniture della monofase e della trifase; il sistema di distribuzione è pertanto un sistema TT.

Un esempio di disposizione di laboratorio e locale tecnico nell'ambito dell'edificio viene riportato in figura.



## Rappresentazione in pianta delle dotazioni

Il particolare della rappresentazione in pianta del laboratorio con le diverse dotazioni (LIM con videoproiettore, postazione principale PC-stampante comune collegata in rete, postazioni PC, banchi di lavoro) viene riprodotto in figura.



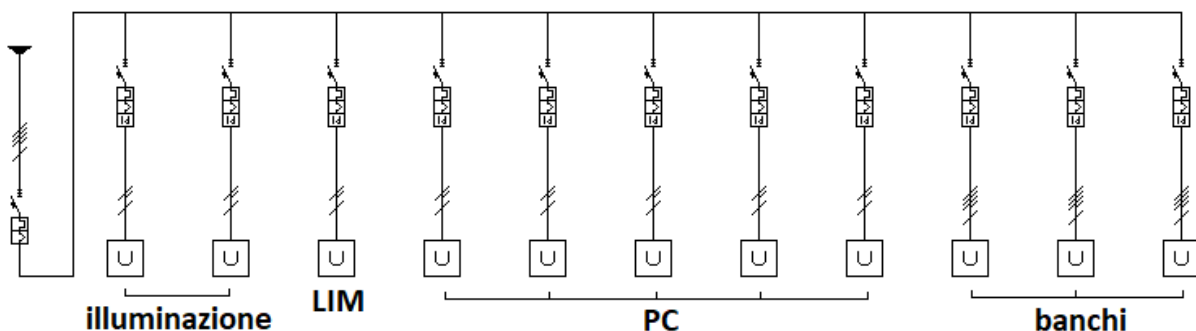
Si ipotizza la presenza di un quadro elettrico principale dal quale si diramano:

- due linee che alimentano l'impianto di illuminazione;
- una linea che alimenta il gruppo LIM-videoproiettore-PC-stampante;
- cinque linee che alimentano a gruppi di due le postazioni PC;
- tre linee che alimentano a gruppi di due i banchi di lavoro.

L'alimentazione trifase è prevista solo per i banchi di lavoro.  
Lo schema a blocchi dell'impianto viene riportato in figura.



Di seguito viene riportato in dettaglio lo schema elettrico della distribuzione con i dispositivi di protezione (interruttori automatici con sganciatori termico e magnetico e differenziali).



## Progetto dell'impianto elettrico

Dopo aver analizzato i carichi presenti nell'impianto si dimensionano le diverse linee e si procede alla scelta dei dispositivi di protezione.

### Analisi dei carichi

L'analisi dei carichi viene utilizzata per la determinazione della corrente d'impiego delle singole linee e, parzialmente, anche per la richiesta della fornitura (per avere una valutazione complessiva si devono infatti prendere in considerazione i carichi dell'intero edificio).

<b>Linea</b>	<b>Carichi</b>	<b>totale [W]</b>
illuminazione linea 1	6 apparecchi x 36 W+9 W (reattore)	275
illuminazione linea 2	6 apparecchi x 36 W+9 W (reattore)	275
LIM+videoproiettore+PC+stampante		1500
PC linea 1	2 apparecchi x linea	600x2
PC linea 2	2 apparecchi x linea	600x2
PC linea 3	2 apparecchi x linea	600x2
PC linea 4	2 apparecchi x linea	600x2
PC linea 5	2 apparecchi x linea	600x2
Banchi di lavoro linea 1	2 banchi x linea	3000x2
Banchi di lavoro linea 2	2 banchi x linea	3000x2
Banchi di lavoro linea 3	2 banchi x linea	3000x2
<b>Carico complessivo</b>		<b>30050</b>

### Correnti d'impiego

Ipotizzando un fattore di potenza pari a 0,9 (valore tipico di un impianto rifasato) il calcolo delle correnti d'impiego viene effettuato utilizzando le relazioni

$$I = \frac{P}{230 \cdot 0,9}$$

nel caso monofase e

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9}$$

nel caso trifase.

<b>LINEA</b>	<b>Numero linee</b>	<b>Correnti d'impiego (x linea)</b>
illuminazione	2	$I = \frac{275}{230 \cdot 0,9} = 1,33 \text{ A}$
LIM+videoproiettore +PC+stampante	1	$I = \frac{1500}{230 \cdot 0,9} = 7,3 \text{ A}$
PC	5	$I = \frac{1200}{230 \cdot 0,9} = 5,8 \text{ A}$
banchi di lavoro	3	$I = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 9,6 \text{ A}$



### Sezione dei cavi

Per procedere al calcolo della sezione dei cavi si può determinare inizialmente la portata ritenendo trascurabile la lunghezza delle linee stesse per poi effettuare la verifica della caduta di tensione.

Per la valutazione della sezione vengono di seguito riportate:

- una tabella relativa alla portata dei cavi (isolati in PVC o in EPR) posati in tubi protettivi;
- una tabella relativa al calcolo della caduta di tensione unitaria.

Sezione mm <sup>2</sup>	Portata (A)			
	Numero conduttori caricati			
	2		3	
	PVC	EPR	PVC	EPR
1	13,5	17	12	15
1,5	17,5	23	15,5	20
2,5	24	31	21	28
4	32	42	28	37
6	41	54	36	48
10	57	75	50	66
16	76	100	68	88
25	101	133	89	117
35	125	164	110	144
50	151	198	134	175
70	192	253	171	222
95	232	306	207	269
120	269	354	239	312
150	309	402	275	355
185	353	472	314	417
240	415	555	369	490

Sezione nominale mm <sup>2</sup>	Cavi unipolari							
	Monofase 				Trifase 			
	cos φ				cos φ			
	0,7	0,8	0,9	1	0,7	0,8	0,9	1
1,5	22,49	25,63	28,77	31,83	19,45	22,17	24,89	27,53
2,5	13,56	15,43	17,30	19,10	11,73	13,35	14,97	16,97
4	8,47	9,63	10,77	11,84	7,33	8,33	9,32	10,25
6	5,70	6,46	7,21	7,90	4,93	5,59	6,24	6,83
10	3,36	3,79	4,21	4,57	2,90	3,28	3,64	3,95
16	2,17	2,44	2,69	2,90	1,88	2,11	2,33	2,50
25	1,45	1,61	1,76	1,87	1,25	1,39	1,53	1,61
35	1,06	1,17	1,27	1,33	0,92	1,01	1,10	1,15
50	0,77	0,85	0,91	0,92	0,67	0,73	0,79	0,80
70	0,58	0,62	0,66	0,65	0,50	0,54	0,57	0,56
95	0,47	0,50	0,52	0,50	0,41	0,43	0,45	0,43
120	0,39	0,41	0,42	0,39	0,34	0,35	0,36	0,34
150	0,34	0,35	0,35	0,31	0,29	0,30	0,30	0,27
185	0,30	0,30	0,30	0,26	0,26	0,26	0,26	0,22
240	0,25	0,25	0,25	0,20	0,22	0,22	0,21	0,17

### Protezioni

Le grandezze che caratterizzano i dispositivi di protezione sono la corrente nominale e il potere d'interruzione.

La corrente nominale deve essere compresa tra la corrente d'impiego e la portata del cavo.

Il potere d'interruzione deve risultare minore della corrente di corto circuito presunta nel punto d'origine dell'impianto.

Tale valore deve essere richiesto alla società che fornisce l'energia elettrica; non essendo in questo caso noto si può ipotizzare un potere di interruzione pari a 10 kA.

Si ipotizza infine l'impiego di differenziali con sensibilità pari a 0,3 A.

### Linee illuminazione

Ipotizzando l'impiego di cavi isolati in PVC si possono utilizzare sezioni di 1,5 mm<sup>2</sup> con portata 17,5 A ampiamente superiore alla corrente d'impiego (1,33 A).

Per la caduta di tensione, dalla formula della c.d.t.u., si ottiene:

$$\Delta V = u \cdot I \cdot \ell = \frac{28,77 \cdot 1,33 \cdot 30}{1000} = 1,2 \text{ V} < 4,6 \text{ V}$$

La caduta di tensione rientra pertanto nei limiti consentiti.

A protezione di ciascuna delle due linee si può pertanto considerare un interruttore automatico con corrente nominale pari a 8 A.

### *Linea LIM+videoproiettore+PC+stampante*

Ipotizzando l'impiego di cavi isolati in PVC si può utilizzare una sezione di 1,5 mm<sup>2</sup> con portata 17,5 A ampiamente superiore alla corrente d'impiego (7,3 A).

Per la caduta di tensione, dalla formula della c.d.t.u., si ottiene:

$$\Delta V = u \cdot I \cdot \ell = \frac{17,3 \cdot 7,3 \cdot 30}{1000} = 3,8 \text{ V} < 4,6 \text{ V}$$

La caduta di tensione rientra pertanto nei limiti consentiti.

A protezione della linea si può pertanto considerare un interruttore automatico con corrente nominale pari a 8 A.

### *Linee PC*

Ipotizzando l'impiego di cavi isolati in PVC si possono utilizzare sezioni di 1,5 mm<sup>2</sup> con portata 17,5 A ampiamente superiore alla corrente d'impiego (5,8 A).

Per la caduta di tensione, dalla formula della c.d.t.u., si ottiene:

$$\Delta V = u \cdot I \cdot \ell = \frac{17,3 \cdot 5,8 \cdot 30}{1000} = 3 \text{ V} < 4,6 \text{ V}$$

La caduta di tensione rientra pertanto nei limiti consentiti.

A protezione della linea si può pertanto considerare un interruttore automatico con corrente nominale pari a 8 A.

### *Linee banchi di lavoro*

Ipotizzando l'impiego di cavi isolati in PVC si possono utilizzare sezioni di 1,5 mm<sup>2</sup> con portata 15,5 A ampiamente superiore alla corrente d'impiego (9,6 A).

Per la caduta di tensione, dalla formula della caduta di tensione unitaria, si ottiene:

$$\Delta V = u \cdot I \cdot \ell = \frac{28,77 \cdot 4,81 \cdot 40}{1000} = 1,5 \text{ V}$$

La caduta di tensione rientra pertanto nei limiti consentiti.

L'interruttore automatico che protegge la linea deve avere pertanto una corrente nominale pari a 10 A.

### *Protezione dai contatti diretti e indiretti*

È necessario dotare l'impianto di dispositivi in grado di effettuare la protezione dai contatti diretti e indiretti.

Per la protezione dei contatti diretti si può ricorrere ad involucri isolanti di cui devono essere dotati tutti gli apparecchi e i componenti elettrici in tensione.

Per la protezione dai contatti indiretti un impianto TT deve essere dotato di conduttori PE collegati all'impianto di terra dell'edificio.

Per il coordinamento con l'impianto di terra deve risultare vera la relazione

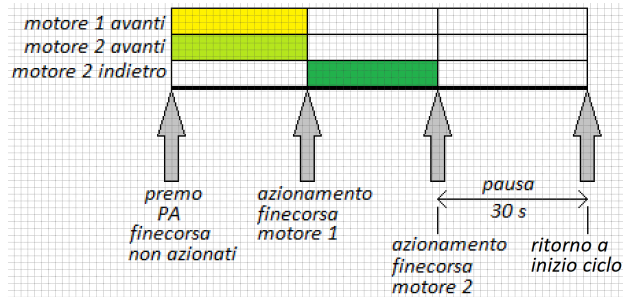
$$R_t \leq \frac{50}{I_{dn}} \leq \frac{50}{0,3} \leq 166,7 \Omega$$

essendo  $R_t$  la resistenza di terra,  $I_{dn}$  la sensibilità del differenziale e 50 V la massima tensione di contatto.

## soluzione **SECONDA PARTE**

### QUESITO 1

Analizzando il testo si deduce il funzionicava il diagramma temporale relativo al ciclo dell'azionamento riprodotto in figura.



Il ciclo si avvia premendo il pulsante di avvio PA.

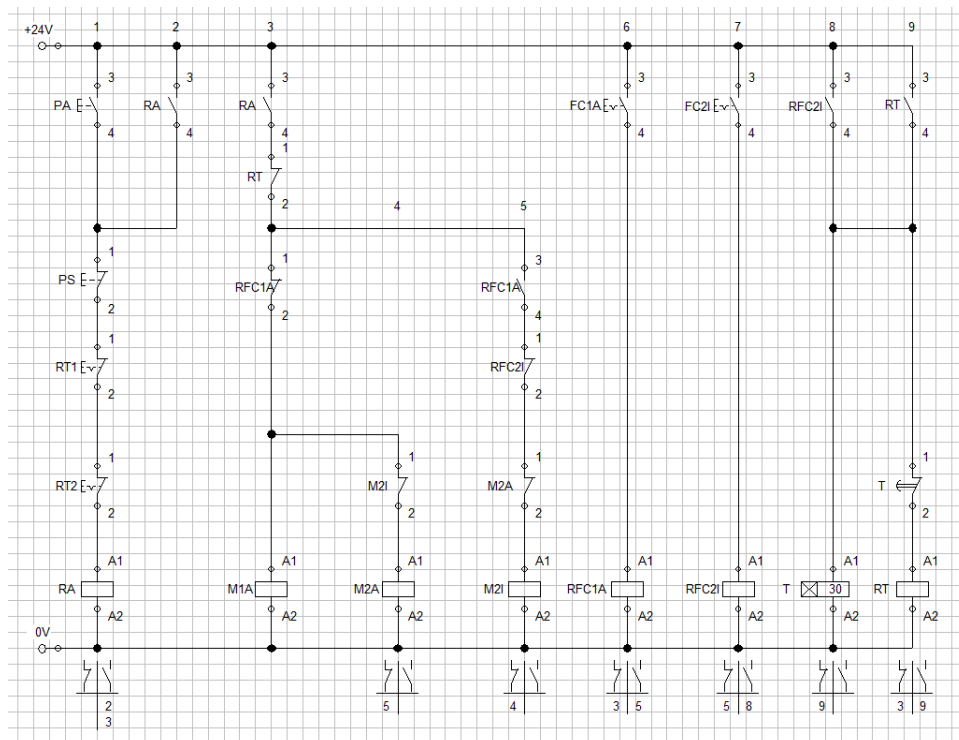
Al termine del periodo di pausa il ciclo si deve riavviare automaticamente partendo dalla condizione iniziale di finecorsa non azionati (contatti normalmente aperti a riposo).

Poiché non viene fornita alcuna informazione relativa alla riapertura dei contatti dei finecorsa dopo l'azionamento si può ipotizzare che i medesimi si riaprano durante il periodo di pausa.

Quando si chiude il contatto di finecorsa del motore 2 il temporizzatore inizia il conteggio dei 30 s; contemporaneamente la bobina del relè RT si eccita; il contatto di RT agisce da autoritenuta in quanto, anche con la riapertura del contatto del finecorsa del motore 2, consente il mantenimento dello stato di eccitazione della bobina; questa si diseccita soltanto allo scadere dei 30 s.

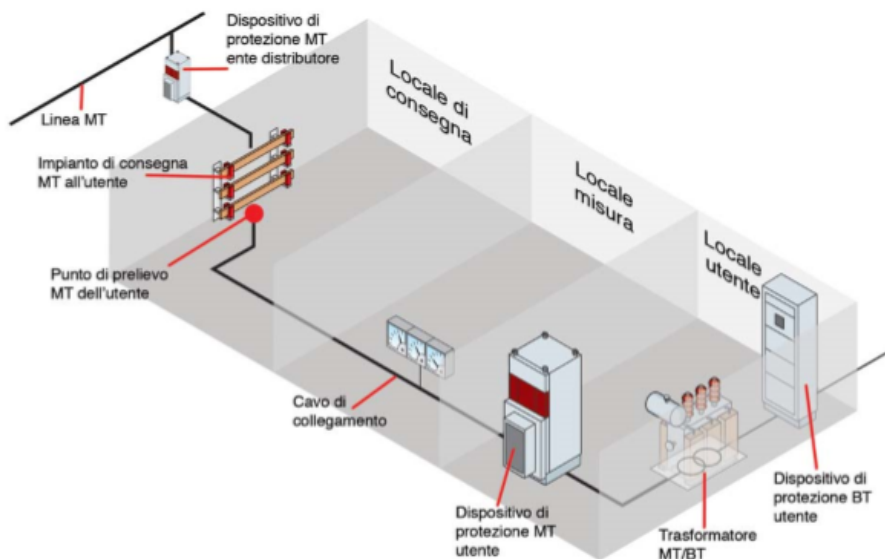
Si ipotizza inoltre che il guasto di un motore deve interrompere il ciclo; per questo motivo i contatti dei due relè termici devono essere collegati in serie.

Lo schema in logica cablata viene di seguito riportato.



## QUESITO 2

Lo schema tipico di una cabina di trasformazione MT/BT che mette in evidenza la disposizione dei dispositivi di protezione viene riportato in figura.



L'ente distributore non installa alcun dispositivo di protezione presso il cliente in quanto la linea di distribuzione di media tensione che alimenta la cabina dell'utente è dotata in partenza di proprie protezioni di massima corrente e contro i guasti a terra.

Si distinguono in particolare:

- *protezioni da sovratensione;*
- *protezioni da sovraccarico;*
- *protezioni da cortocircuito;*
- *protezioni specifiche dei trasformatori;*
- *protezioni di corrente.*

Le *protezioni da sovratensione* vengono effettuate mediante scaricatori montati sui lati alta tensione della linea e del trasformatore.

Le *protezioni da sovraccarico* vengono effettuate mediante sganciatori termici agenti su un interruttore automatico posto sul lato bassa tensione del trasformatore.

La protezione del trasformatore deve anche essere coordinata con quelle adottate sulle linee derivate dal secondario della macchina.

La *protezione da sovraccarico* dipende dal tipo di macchina (in olio o in aria) e dalle condizioni d'impiego (temperatura ambiente, durata del sovraccarico).

Indicazioni più precise possono essere desunte dalla Norma CEI 14-15 per quanto riguarda la regolazione del carico sui trasformatori in olio, oppure ottenute del costruttore.

Le *protezioni da cortocircuito* vengono effettuate sia sul lato alta tensione che sul lato bassa tensione.

La protezione da cortocircuito sul lato alta tensione deve intervenire in modo pressoché istantaneo.

Sulla linea alta tensione vengono installati sganciatori magnetici o fusibili ad intervento rapido, sulla linea bassa tensione sganciatori magnetici che agiscono su un interruttore posto sul lato bassa tensione.



In caso di cortocircuito sul lato bassa tensione, a monte dell'interruttore di protezione della macchina, il tempo di interruzione totale deve essere inferiore a 2 s (valore corrispondente alla capacità di tenuta al cortocircuito dei trasformatori, indicata dalla Norma CEI 14-4).

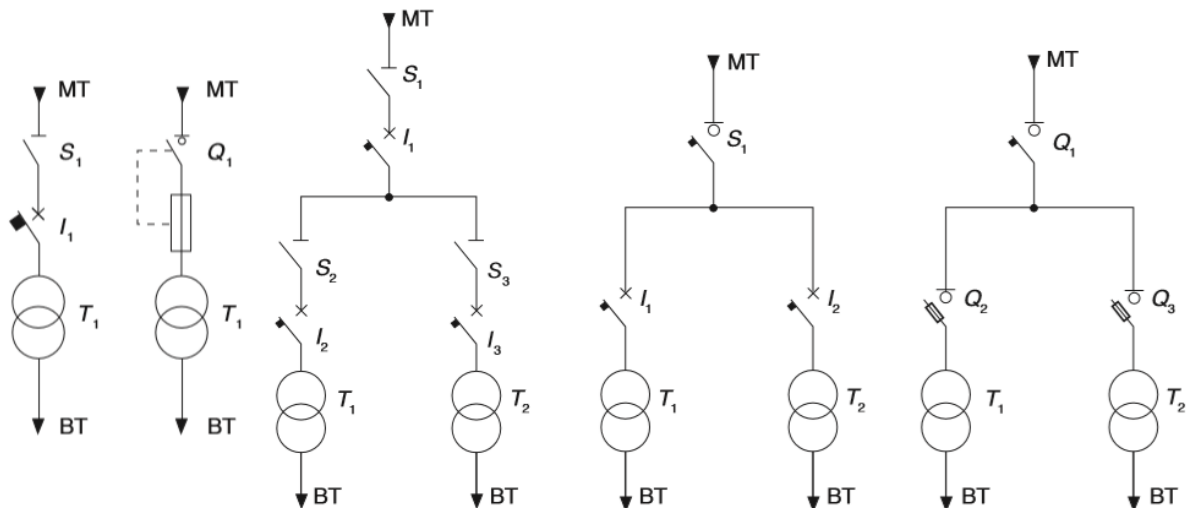
Le *protezioni specifiche dei trasformatori* servono a proteggere la macchina da guasti interni alla macchina stessa come cortocircuiti tra spire o cortocircuiti verso massa.

I guasti interni provocano un surriscaldamento della macchina; per questo motivo vengono spesso installati dei termometri che rilevano la temperatura di varie parti della macchina stessa e che possono essere collegati a dispositivi di segnalazione o di interruzione in caso di temperature superiori a quelle consentite.

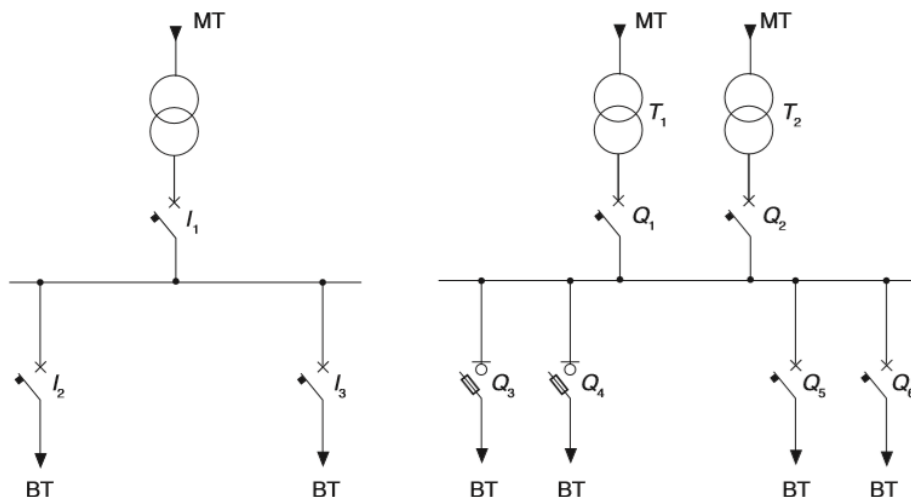
Deve inoltre essere garantita la funzionalità dell'impianto di fronte a correnti transitorie che si producono all'atto dell'inserzione del trasformatore; in generale, impostando la taratura del relè a intervento istantaneo al di sopra del 70% del valore di picco della corrente transitoria, si riesce ad evitarne lo scatto intempestivo.

Le *protezioni di corrente* sono in genere realizzate mediante interruttori automatici, equipaggiati con relè elettronici collegati a trasformatori di misura inseriti su ognuna delle tre fasi.

Alcuni esempi tipici di schemi lato media tensione vengono riportati in figura.



Alcuni esempi tipici di schemi lato bassa tensione vengono riportati in figura.



### Impianto di terra

Il dimensionamento e la realizzazione dell'impianto di terra devono essere effettuati in conformità alle prescrizioni delle Norme CEI 11.8 e della Guida CEI 64.92.

In particolare:

- la resistenza di terra deve avere valore commisurato al valore della corrente di guasto a terra che viene comunicato dall'ente distributore;
- la resistenza richiesta deve essere ottenuta in modo autonomo non utilizzando dispersori naturali (canalizzazioni dell'acqua, binari) eventualmente presenti nel terreno.

Per quanto riguarda il calcolo richiesto si deve fare riferimento alle seguenti grandezze:

- resistenza di terra del dispersore  $R_E$ ;
- tensione di contatto ammissibile  $U_{TP}$ ;
- tempo di eliminazione del guasto a terra  $t_F$ ;
- corrente di terra  $I_E$ .

La tensione di contatto ammissibile si ricava dalla guida CEI 11-37; la tabella di seguito riportata esprime questo valore in funzione del tempo di eliminazione del guasto a terra.

$t_F$ [s]	$U_{TP}$ [V]	$t_F$ [s]	$U_{TP}$ [V]	$t_F$ [s]	$U_{TP}$ [V]	$t_F$ [s]	$U_{TP}$ [V]
0,04	800	0,29	400	0,55	185	0,95	108
0,06	758	0,30	398	0,60	166	1,00	107
0,08	700	0,35	335	0,64	150	1,10	100
0,10	660	0,39	300	0,65	144	3,00	85
0,14	600	0,40	289	0,70	135	5,00	82
0,15	577	0,45	248	0,72	125	7,00	81
0,20	500	0,49	220	0,80	120	10,00	80
0,25	444	0,50	213	0,90	110	>10	75

E' evidente come la tensione di contatto ammissibile diminuisca con l'aumentare del tempo di eliminazione del guasto a terra.

In corrispondenza di un tempo di eliminazione del guasto di 0,5 s risulta una tensione di contatto ammissibile di 213 V.

Per la corrente di terra risulta:

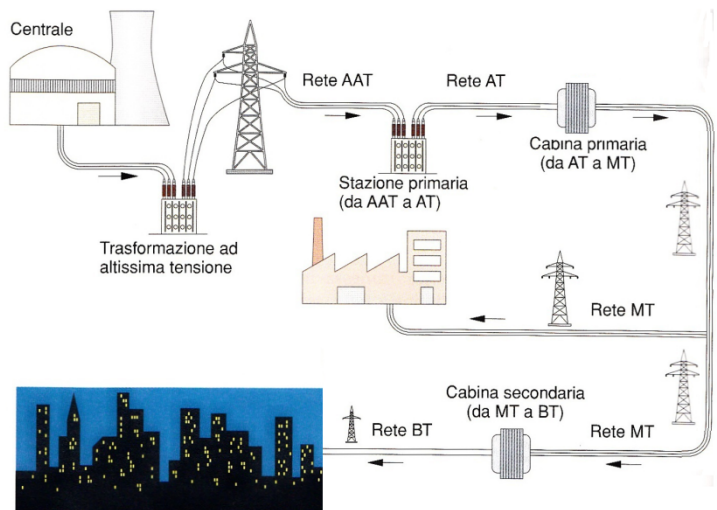
$$I_E = 0,7 \cdot 225 = 157,5 \text{ A}$$

Per la resistenza del dispersore, seguendo in favore della sicurezza il criterio più restrittivo, deve risultare:

$$R_E \leq \frac{U_{TP}}{I_E} \leq \frac{213}{157,5} \leq 1,35 \Omega$$

### QUESITO 3

Il percorso che l'energia elettrica compie dalla produzione alla distribuzione viene illustrato nella figura.



Gli impianti per la produzione dell'energia elettrica (*centrali elettriche*) sono il luogo in cui, tramite opportune trasformazioni energetiche, viene prodotta energia elettrica a partire da altre forme d'energia.

Gli impianti per il trasporto dell'energia elettrica (*linee aeree o linee in cavo*) hanno la funzione di rendere disponibile l'energia stessa anche a grande distanza dal luogo di produzione.

Il trasporto dell'energia elettrica avviene su due *livelli* denominati rispettivamente *trasmissione* e *distribuzione*.

La trasmissione che rappresenta il primo livello di trasporto avviene in alta e altissima tensione (i valori normalizzati sono 66 kV, 132 kV, 220 kV e 380 kV).

La distribuzione che rappresenta il secondo livello di trasporto avviene in media tensione (i valori normalizzati sono 10 kV, 15 kV, 20 kV) e in bassa tensione (i valori normalizzati sono 230 V e 400 V).

In relazione al valore di tensione trasportata si hanno linee:

- ad altissima tensione AAT (tensioni maggiori di 150 kV);
- ad alta tensione AT (tensioni comprese tra 30 kV e 150 kV);
- a media tensione MT (tensioni comprese tra 1 kV e 30 kV);
- a bassa tensione BT (tensioni minori di 1 kV).

Nel percorso centrale-utilizzatori l'energia elettrica deve subire delle *trasformazioni* dei livelli di tensione.

Le macchine elettriche che consentono di operare queste modifiche sono i trasformatori.

I luoghi in cui i livelli di tensione vengono trasformati sono denominati *stazioni di trasformazione* e *cabine di trasformazione*.

Le stazioni di trasformazione annesse alle centrali di produzione consentono di modificare la tensione fornita dai generatori (di norma dai 6 kV ai 20 kV) a valori più adatti al trasporto su linee ad altissima tensione (che avviene di solito a 220 kV o a 380 kV).

Le stazioni di trasformazione primarie (stazioni AAT/AT) trasformano i livelli propri dell'altissima tensione in livelli propri dell'alta tensione.

Le cabine di trasformazione si distinguono in *cabine di trasformazione primarie* (AT/MT) e in *cabine di trasformazione secondarie* (MT/BT).

Le linee in media tensione a valle delle cabine primarie alimentano *medie utenze industriali* e *cabine secondarie*; a valle delle cabine secondarie ha inizio la *distribuzione in bassa tensione* (affidata a linee monofase e trifase).

#### QUESITO 4

Per rischio elettrico si intende la possibilità che un impianto elettrico rappresenti una fonte di pericolo per l'uomo.

Il corpo umano è un conduttore che consente il passaggio della corrente offrendo, nel contempo, una certa resistenza a tale passaggio; minore è la resistenza, maggiore risulta la quantità di corrente che lo attraversa.

La resistenza del corpo umano non è quantificabile in quanto varia da soggetto a soggetto, anche in funzione delle differenti condizioni in cui il medesimo soggetto si può trovare al momento del contatto.

Molteplici sono i fattori che concorrono a definirla e che in sostanza non consentono di creare un parametro di riferimento comune che risulti attendibile.

Ovunque sia presente una fonte di alimentazione di natura elettrica esiste potenzialmente un rischio di esposizione per gli operatori.

Anche se il rischio elettrico è ovunque diffuso negli ambienti di lavoro, esistono alcune tipologie di attività per le quali questo rischio è più significativo.

Alcune tipologie di attività lavorative inoltre espongono gli addetti a rischi derivanti da una eventuale esposizione a fenomeni di natura elettrica più per le condizioni di lavoro che per la potenzialità intrinseca del rischio (per esempio le attività svolte in presenza di elementi altamente conduttivi quali l'acqua o i metalli).

Gli aspetti relativi agli obblighi delle aziende e alle misure preventive e protettive sono definiti all'interno del DLgs 81/08 (articoli da 80 a 87).

Il passaggio della corrente elettrica attraverso il corpo umano può avvenire per:

- contatto elettrico diretto (ad esempio quando si ha un contatto con un conduttore sotto tensione);
- contatto elettrico indiretto (ad esempio quando si ha un contatto con una parte metallica che normalmente non è in tensione ma che si trova in tensione a causa di un guasto).

Gli eventuali danni all'organismo che possono verificarsi in seguito ad un incidente di natura elettrica variano in base alla durata dell'esposizione, alla frequenza ed all'intensità della corrente.

I danni maggiori si hanno in caso di folgorazione (o elettrocuzione) quando vi è passaggio di corrente attraverso il corpo umano; si manifestano di conseguenza problemi a livello cardiaco (fibrillazione), muscolare (tetanizzazione) e nervoso con seria compromissione delle funzioni sensitive e motorie.

Danni meno significativi si possono avere per contatti brevi o per correnti di bassa intensità generalmente localizzati nel punto di contatto; possono manifestarsi con ustioni locali o ipersensibilizzazione della zona colpita dalla scarica.

Le misure di gestione del rischio non possono prescindere dalla prevenzione e dalla protezione che si possono attuare in diversi modi:

- formando e informando gli addetti ai lavori;
- effettuando una regolare manutenzione degli impianti e delle attrezzature;
- utilizzando adeguati dispositivi tecnici (interruttori differenziali, barriere fisiche, misuratori di tensione, materiali isolanti);
- utilizzando calzature antistatiche e guanti isolanti.

Le misure protettive hanno come scopo quello di evitare il contatto diretto o di ridurre il tempo di attraversamento del corpo umano.

Si hanno in particolare sistemi di protezione attivi e passivi.

Si ha protezione attiva quando la protezione stessa viene attuata con sistemi che prevedono l'interruzione automatica del circuito (come ad esempio la messa a terra insieme con l'interruttore differenziale).

Si ha protezione passiva quando la protezione stessa viene attuata con sistemi che non prevedono l'interruzione automatica del circuito.

In questo caso si tende a limitare non il tempo di permanenza di un guasto ma il valore della tensione alla quale il soggetto umano può essere sottoposto (ad esempio la bassissima tensione di sicurezza, il doppio isolamento, i luoghi non conduttori, il collegamento equipotenziale locale non connesso a terra, la separazione elettrica).

Le protezioni inoltre vengono definite:

- parziali, quando sono destinate a persone opportunamente formate nel settore e vengono applicate nei luoghi dove solo ad esse è consentito accedere;
- totali, quando sono destinate a quanti non sono edotti sui rischi derivanti dal contatto con l'energia elettrica.

Le misure di protezione totali si attuano con le seguenti metodologie dettate dalle norme CEI:

- isolamento delle parti attive del circuito elettrico con materiale isolante che deve ricoprire completamente le parti in tensione ed avere caratteristiche idonee alle tensioni di esercizio e alle sollecitazioni meccaniche cui è sottoposto;
- utilizzo di involucri che assicurino la protezione contro contatti diretti in ogni direzione e garantiscano la protezione contro le sollecitazioni esterne;
- barriere atte ad evitare il contatto di parti del corpo con le parti attive.