

**Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
Specializzazione Gestionale - I Sessione 2000**

Uno stabilimento industriale è composto da due reparti di produzione, un reparto di assemblaggio, ed un locale uffici. I fabbisogni di energia elettrica sono così definiti:

I due reparti di produzione (A e B) sono uguali e comprendono ciascuno:

- 2 forni da 18 kW, fattore di potenza unitario, coefficiente di contemporaneità dei due forni pari a 1;
- 4 motori da 15 kW (potenza assorbita), fattore di potenza 0.8, coefficiente di contemporaneità del gruppo di motori pari a 0.8;
- carico luce e forza motrice stimato in 10 kW con fattore di potenza 0.8 e coefficiente di contemporaneità 0.9.

Il reparto di assemblaggio (C) contiene due isole di lavorazione che, su esplicita indicazione del committente, non lavorano mai contemporaneamente. I carichi del reparto C sono dunque:

- isola di lavorazione da 70 kW, fattore di potenza 0.75;
- isola di lavorazione da 100 kW, fattore di potenza 0.75;
- carico luce e forza motrice stimato in 15 kW con fattore di potenza 0.8 e coefficiente di contemporaneità 0.9.

Per il locale uffici è stato stimato un carico complessivo di 20 kW, con fattore di contemporaneità 0.9, fattore di potenza 0.9.

Tutti i carichi sono trifasi con tensione nominale di 400 V. Il neutro è distribuito al fine di alimentare le eventuali linee monofasi derivate dai quadri di reparto.

E' già stato abbozzato un progetto preliminare dell'impianto elettrico che prevede:

- alimentazione in MT mediante cabina propria. La tensione di alimentazione MT è di 20 kV e la potenza di cortocircuito nel punto di consegna è di 250 MVA. L'impedenza equivalente della rete a monte può essere considerata con buona approssimazione puramente reattiva;
- cabina MT/BT con due o più trasformatori in parallelo. La potenza di trasformazione installata in cabina deve essere sovradimensionata di almeno il 20%, per tenere conto di eventuali futuri ampliamenti;
- una batteria di rifasamento centralizzato collegata alle sbarre del quadro generale BT della cabina, al fine di evitare pagamento di addebiti per eccesso di energia reattiva;
- collegamenti tra il quadro generale BT della cabina ed i 4 quadri di reparto realizzati mediante linee in cavo aventi le seguenti lunghezze:

reparto A	85 m
reparto B	60 m
reparto C	50 m
locale uffici	20 m

- tutti i cavi sono di tipo unipolare con guaina con conduttori in rame ed isolamento in gomma G7, disposti a trifoglio e posati in canalette. La temperatura ambiente è di 30°C. Il conduttore di neutro ha sezione pari a quella dei conduttori di fase;
- la caduta di tensione tra le sbarre del quadro generale BT ed i vari quadri di reparto non deve superare il 4%.

Il committente richiede che in caso di indisponibilità di uno dei trasformatori sia comunque possibile alimentare i seguenti carichi: uno dei due reparti di produzione (A o B), il reparto C con l'isola di lavorazione da 70 kW in funzione, ed il locale uffici.

Il candidato stenda un progetto di massima dell'impianto elettrico contenente:

1. lo schema unifilare dell'impianto;
2. il calcolo del fabbisogno di potenza di ogni reparto e del fabbisogno complessivo dell'impianto (si possono trascurare le perdite in linea nel computo del fabbisogno complessivo);
3. il calcolo della potenza reattiva di rifasamento teorica necessaria sulle sbarre BT della cabina;
4. la scelta delle caratteristiche e del numero dei trasformatori in cabina;
5. il calcolo delle correnti di impiego delle linee;
6. il calcolo della sezione e della portata delle condutture e la scelta delle correnti nominali dei dispositivi di protezione, nel rispetto delle prescrizioni normative riguardanti la protezione contro i sovraccarichi;
7. il calcolo delle correnti di cortocircuito trifase relative al quadro generale ed ai quadri di reparto;
8. il calcolo delle correnti di cortocircuito fase-neutro a fondo linea;
9. la determinazione dei poteri di interruzione minimi dei dispositivi di protezione.

Il progetto deve essere redatto in forma di relazione tecnica che illustri le varie ipotesi progettuali, i calcoli effettuati e le soluzioni prescelte. L'ordine e la chiarezza della relazione costituiranno uno dei criteri di giudizio.

I componenti dell'impianto possono essere scelti dai tre allegati di documentazione tecnica e normativa. I dispositivi di protezione sono interruttori automatici, i cui valori normalizzati di corrente nominale sono:

10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 [A]

Caratteristiche elettriche

tensioni di riferimento 17,5 kV e 24 kV															
potenza nominale (1)	kVA	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
tensione di riferimento		17,5 kV per 15 kV 24 kV per 20 kV													
tensione primaria (2)		15, 20, 22, 23 kV e doppie tensioni 20/15, 20/8,4 e 20/10 kV (potenza costante)													
tensione secondaria		tra fasi : 400													
a vuoto (V)		tra fasi e neutro : 231													
regolazione MT		± 2 x 2,5%													
collegamenti		triangolo/stella con neutro - Dyn 11													
perdite (W)	a vuoto	460	650	880	1030	1200	1400	1650	2000	2300	2800	3100	4000	5000	6300
	dovute 75°C	1800	2300	3400	4000	4800	5700	6800	8200	9600	11500	14000	17500	20000	23000
	120°C	2050	2700	3800	4600	5500	6500	7800	9400	11000	13100	16000	20000	23000	26000
tensione di corto-circuito	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	6	6	6	7
corrente a vuoto	%	2,5	2,3	2,3	1,8	1,5	1,5	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1
corrente d'inserzione	le/In valore cresta	10,5	10,5	10,5	10	10	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	9,5
	costante di tempo	0,10	0,13	0,18	0,20	0,25	0,25	0,26	0,30	0,36	0,35	0,40	0,40	0,50	0,60
caduta di tensione a pieno carico (%)	cosφ=1 75°C	1,96	1,61	1,53	1,44	1,37	1,31	1,25	1,20	1,14	1,10	1,05	1,05	0,98	0,97
	120°C	2,21	1,85	1,69	1,63	1,55	1,47	1,41	1,35	1,27	1,22	1,18	1,18	1,10	1,07
	cosφ=0,8 75°C	4,94	4,72	4,67	4,61	4,57	4,53	4,49	4,45	4,41	4,38	4,35	4,35	4,30	4,89
	120°C	5,08	4,87	4,77	4,73	4,68	4,63	4,59	4,55	4,50	4,47	4,44	4,44	4,38	4,96
rendimenti (%) 4/4 del carico	cosφ=1 75°C	97,79	98,19	98,32	98,43	98,52	98,60	98,68	98,74	98,82	98,87	98,94	98,94	99,01	99,08
	120°C	97,55	97,95	98,16	98,24	98,35	98,44	98,52	98,60	98,69	98,74	98,82	98,81	98,89	98,99
	cosφ=0,8 75°C	97,25	97,75	97,90	98,04	98,16	98,26	98,35	98,43	98,53	98,59	98,68	98,67	98,77	98,85
	120°C	96,96	97,45	97,71	97,81	97,95	98,06	98,16	98,25	98,36	98,43	98,53	98,52	98,62	98,73
rendimenti (%) 3/4 del carico	cosφ=1 75°C	98,07	98,41	98,53	98,63	98,72	98,79	98,85	98,91	98,98	99,02	99,09	99,09	99,14	99,19
	120°C	97,89	98,22	98,42	98,49	98,59	98,67	98,74	98,80	98,88	98,93	99,00	98,99	99,06	99,12
	cosφ=0,8 75°C	97,60	98,02	98,17	98,29	98,40	98,49	98,57	98,64	98,73	98,78	98,87	98,86	98,93	98,99
	120°C	97,38	97,79	98,03	98,12	98,24	98,34	98,43	98,50	98,61	98,66	98,76	98,75	98,82	98,90
rumore dB (A)	potenza acustica Lwa	59	62	65	67	68	69	70	72	73	75	76	78	81	81
	pressione acustica Lpa a 1 m	48	50	54	55	56	56	57	59	59	60	62	63	66	68

(1) La potenza nominale è riferita a circolazione naturale dell'aria (AN). Essa può essere aumentata del 40% con l'applicazione di ventilatori di raffreddamento forzato (AF).

(2) Per tensioni diverse consultare il nostro Servizio Commerciale.

CAVI ISOLATI IN PVC

I valori delle portate di corrente della Tabella sono validi per le seguenti condizioni:

1) Esercizio in regime permanente (fattore di carico 100%)

2) Temperatura di esercizio 70°C

3) Posa in aria libera oppure entro tubi o cassette con temperatura ambiente 30°C. Per temperature diverse applicare il seguente coefficiente K moltiplicatore:

°C = 20 25 30 35 40 45 50
K = 1,12 1,06 1,00 0,94 0,87 0,79 0,71

4) Posa interrata con:

a) temperatura del terreno 20°C

b) resistività termica del terreno 1K x m/W

c) profondità di posa 0,8 m

Per temperature diverse applicare il seguente coefficiente K moltiplicatore:

°C = 20 25 30 35 40
K = 1,00 0,95 0,89 0,84 0,77

In caso di posa interrata è importante assicurarsi che durante l'esercizio la resistività termica del terreno non cambi per effetto del riscaldamento del terreno stesso provocato dal cavo.

Nota: per maggiori dettagli vedere tabelle CEI-UNEL 35024/35026 e Norme CEI 20-21.

CAVI ISOLATI IN GOMMA G7

I valori delle portate di corrente della Tabella sono validi per le seguenti condizioni:

1) Esercizio in regime permanente (fattore di carico 100%) con tutti i conduttori attivi

2) Temperatura di esercizio 90°C

3) Posa in aria libera oppure entro tubi o canalette con temperatura ambiente 30°C. Per temperature diverse applicare il seguente coefficiente K moltiplicatore:

°C = 20 25 30 35 40 45 50
K = 1,08 1,04 1,00 0,95 0,91 0,86 0,81

4) Posa interrata con:

a) temperatura del terreno 20°C

b) resistività termica del terreno 1K x m/W

c) profondità di posa 0,8 m

Per temperature diverse applicare il seguente coefficiente K moltiplicatore:

°C = 20 25 30 35 40
K = 1,00 0,96 0,92 0,88 0,84

CEATCAVI
INDUSTRIE

Portate di corrente
Current carrying capacity(*)

H K K . 2

Sezione nominale Nominal cross-section mm ²	BIPOLARI 2-CORE			TRIPOLARI 3-CORE			UNIPOLARI A TRIFOGLIO 3 1-CORE LAID IN TREFOIL	
	In aria libera In free air	Entro tubi o canalette Within conduits or troughs	Interrati Direct laying in ground	In aria libera In free air	Entro tubi o canalette Within conduits or troughs	Interrati Direct laying in ground	In aria libera In free air	Entro tubi o canalette Within conduits or trough
	A	A	A	A	A	A	A	A
1	15	13,5	—	13,5	12	—	15	12
1,5	19,5	17,5	30	17,5	15,5	25	19,5	15,5
2,5	26	24	40	24	21	35	26	21
4	35	32	50	32	28	45	35	28
6	46	41	65	41	36	55	46	36
10	63	57	85	57	50	70	63	50
16	85	76	110	76	68	95	85	68
25	112	101	145	101	89	125	112	89
35	138	125	175	125	111	150	138	111
50	168	151	205	151	134	180	168	134
70	213	192	260	192	171	215	213	171
95	258	232	305	232	207	260	258	207
120	299	269	350	269	239	295	299	239
150	344	309	395	309	275	330	344	275
185	392	353	445	353	314	375	392	314
240	461	415	520	415	369	435	461	369
300	—	—	—	470	410	490	515	410
400	—	—	—	—	—	—	605	480
500	—	—	—	—	—	—	675	540

N.B.: L'indicazione bipolari e tripolari si riferisce al numero di conduttori attivi.

The headlines 2-core and 3-core refer to the number of live conductors.

(*) Per cavi di tipo N07V-K e N07V-R, in caso di posa in ambiente a rischio di incendio, i valori di portata si riducono del 20%.

Portate di corrente
Current carrying capacity

Sezione Nominale Nominal cross-sectional area mm ²	BIPOLARI 2-CORE			TRIPOLARI 3-CORE			UNIPOLARI A TRIFOGLIO 3 1-CORE LAID IN TREFOIL		
	In aria libera In free air	Entro tubi o canalette Within conduits or troughs	Interrati (*) Direct laying in ground (*)	In aria libera In free air	Entro tubi o canalette Within conduits or troughs	Interrati (*) Direct laying in ground (*)	In aria libera In free air	Entro tubi o canalette Within conduits or troughs	Interrati (*) Direct laying in ground (*)
	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1,5	25	23	35	23	20	29	25	20	31
2,5	34	31	45	31	27	37	34	27	39
4	46	41	58	41	36	48	46	36	51
6	60	54	72	54	48	60	60	48	63
10	83	74	96	74	65	80	83	65	83
16	111	99	124	99	88	103	111	88	106
25	147	132	159	132	116	132	147	116	136
35	181	163	190	163	143	158	181	143	162
50	219	197	225	197	174	187	219	174	191
70	280	251	275	251	221	229	280	221	233
95	339	304	329	304	267	274	339	267	278
120	393	351	375	351	310	311	393	310	316
150	451	404	419	404	357	348	451	357	353
185	—	—	—	460	406	394	514	406	399
240	—	—	—	541	478	454	605	478	461
300	—	—	—	621	497	510	696	556	518
400	—	—	—	713	570	576	812	649	587
500	—	—	—	—	—	—	945	756	664
630	—	—	—	—	—	—	1.089	871	742

(*) Resistività termica assunta pari a 2,5 K x m/W all'interno dell'isoterma 50°C e 1 K x m/W all'esterno della stessa

CAVI ELETTRICI PER BASSA TENSIONE

Resistenze e reattanze per unità di lunghezza

Cavi con conduttore in rame, isolamento in gomma o materiale termoplastico

Impiego in corrente alternata alla frequenza di 50 Hz

Temperatura caratteristica fino a 80°C

(da tabella UNEL 35023-70)

Sezione nominale [mm ²]	Cavi unipolari		Cavi bipolari e tripolari	
	Resistenza [mΩ/m]	Reattanza [mΩ/m]	Resistenza [mΩ/m]	Reattanza [mΩ/m]
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	0.0965	0.483	0.0779
70	0.328	0.0975	0.334	0.0762
95	0.236	0.0939	0.241	0.0751
120	0.188	0.0928	0.191	0.0740
150	0.153	0.0908	0.157	0.0745
185	0.123	0.0902	0.125	0.0742
240	0.0943	0.0895	0.0966	0.0752