

**Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere**  
**Specializzazione Gestionale - II Sessione 2000**  
**Tema n. 2**

La ristrutturazione di uno stabilimento industriale richiede l'ampliamento dei due reparti esistenti, la costruzione di un nuovo reparto di assemblaggio e di una palazzina uffici.

Le caratteristiche di massima dell'impianto elettrico esistente sono:

- cabina propria di alimentazione MT/BT con due trasformatori in parallelo da 160 kVA ciascuno.
- due linee trifasi in cavo da 50 m ciascuna, derivate dal quadro principale BT della cabina, alimentano i due reparti esistenti A e B. La prima (reparto A) ha sezione  $70 \text{ mm}^2$ , mentre la seconda (reparto B)  $50 \text{ mm}^2$ .
- i fabbisogni di potenza a suo tempo stimati per i due reparti sono:
  - reparto A      $P = 100 \text{ kW}$      fattore di potenza = 0.85
  - reparto B      $P = 85 \text{ kW}$      fattore di potenza = 0.88
- una batteria di rifasamento da 20 kvar è collegata alle sbarre BT della cabina.

La ristrutturazione prevede:

- l'aggiunta nel reparto A di 2 motori da 5 kW ciascuno (potenza assorbita), fattore di potenza 0.8 e coefficiente di contemporaneità pari a 0.8.
- l'aggiunta nel reparto B di un forno di trattamento da 30 kW, fattore di potenza unitario e coefficiente di contemporaneità pari a 0.9.
- il nuovo reparto di assemblaggio (C), collegato alla cabina da una linea in cavo lunga 160 m, è dotato di tre isole di lavorazione da 45 kW ciascuna, fattore di potenza 0.75 e coefficiente di contemporaneità pari a 0.9. Va inoltre previsto un carico generico luce e forza motrice di 10 kW con fattore di potenza 0.8 e coefficiente di contemporaneità 0.9.
- la nuova palazzina uffici, collegata al quadro del reparto C tramite una linea in cavo lunga 20 m, ha un carico complessivo stimato di 15 kW, fattore di contemporaneità 0.9 e fattore di potenza 0.9.

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

E' stato stilato un progetto preliminare che prevede i seguenti punti:

- ampliamento della cabina di alimentazione, con il mantenimento dei trasformatori esistenti e l'aggiunta in parallelo di quelli necessari a soddisfare l'accresciuto fabbisogno. La tensione di alimentazione MT è di 20 kV e la potenza di cortocircuito nel punto di consegna è 250 MVA. L'impedenza equivalente della rete a monte può essere considerata con buona approssimazione puramente reattiva.
- la totale potenza di trasformazione installata in cabina deve essere sovradimensionata di almeno il 20%, per tenere conto di ulteriori futuri ampliamenti.
- in caso di fuoriservizio di uno dei trasformatori deve essere comunque garantita l'alimentazione del reparto C e della palazzina uffici.
- adozione di un rifasamento misto, adeguando opportunamente la batteria collegata alle sbarre del quadro generale BT della cabina ed ubicando una seconda batteria nella posizione più conveniente ai fini della riduzione delle perdite nell'impianto. Complessivamente, l'impianto di rifasamento deve evitare il pagamento di addebiti per eccesso di energia reattiva, evitare il sovrarifasamento, ed ottenere una consistente riduzione delle perdite nell'impianto.

- tutti i cavi (compresi quelli esistenti) 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 carichi non deve superare il 4%.

Il candidato stenda un progetto di massima dell'impianto elettrico rinnovato 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. la determinazione delle caratteristiche delle due batterie di rifasamento necessarie (rispettivamente in posizione centralizzata e distribuita), secondo le indicazioni esposte nel progetto preliminare. Va altresì effettuato il computo del risparmio energetico conseguibile.
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 (indicando quali condutture esistenti possono essere conservate) 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 quattro 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	a vuoto	460	650	880	1030	1200	1400	1650	2000	2300	2900	3100	4000	5000	6300	
(W)	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	6	6	6	6	6	
corrente a vuoto	%	2,5	2,3	2,1	1,8	1,5	1,5	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	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	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,60	
caduta di tensione	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
a pieno carico (%)		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 (%)	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
4/4 del carico		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 (%)	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
3/4 del carico		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	99,05	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	potenza acustica Lwa	59	62	65	67	68	69	70	72	73	75	76	78	81	81	
dB (A)	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.

Portate di corrente(\*)  
Current carrying capacity(\*)

ALL. 2

Sezione nominale Nominal cross-section mm <sup>2</sup>	BIPOLARI			TRIPOLARI			UNIPOLARI A TRIFOGLIO 3 1-CORE LAID IN TREFOIL	
	2-CORE			3-CORE			In aria libera In free air	Entro tubi o canalette Within conduits or troughs
	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		
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	99	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%.

## 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

Portate di corrente :  
Current carrying capacity

Sezione Nominale Nominal cross-sectional area mm <sup>2</sup>	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	510	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.

**CEATCAVI**  
INDUSTRIE



## 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 <sup>2</sup> ]	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

**GENERAL CHARACTERISTICS**

Gamma di tensione (Un) : 400-750 V  
 Frequenza nominale : 50 Hz (60 Hz su richiesta)  
 Tolleranza di capacità : -5 +10%  
 Tensione di prova (c.a.) tra i terminali e cassa : 1,75 Un per 10"  
 Tensione di prova (c.a.) tra i terminali e cassa : 3 kV per 10"  
 Installazione : Interno  
 Classe di temperatura ambiente : -25 +50°C  
 Altitudine : ≤ 2000 m s.l.m.  
 Servizio : Continuo  
 Grado di protezione : IP30  
 Collegamento : triangolo (400 e 500 V) stella (600 V)  
 Resistenze di scarica : interne (75V dopo 3 min.)  
 Reattanze di limitazione : No  
 Terminali : 3 x M8  
 Perdite dielettriche : ≤ 0,5 W/kvar  
 Perdite nelle resistenze : ≤ 0,5 W/kvar  
 Norme : CEI EN 60831-1/2 IEC 831-1/2

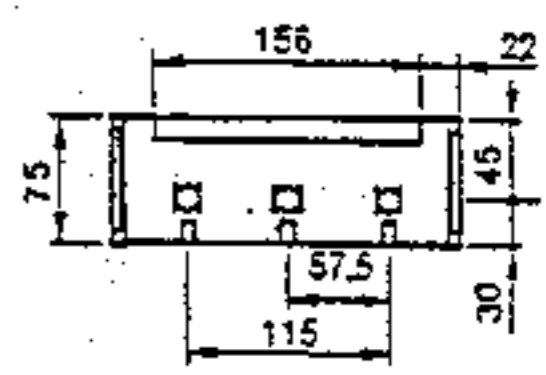
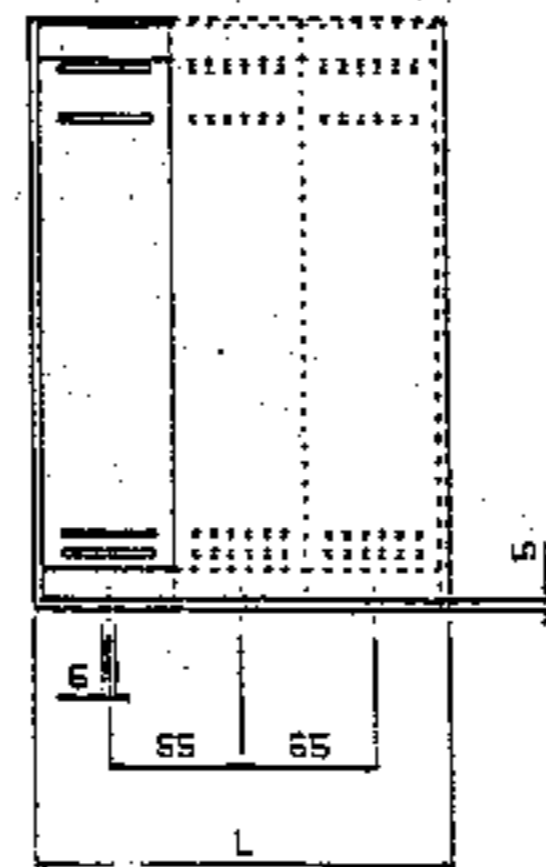
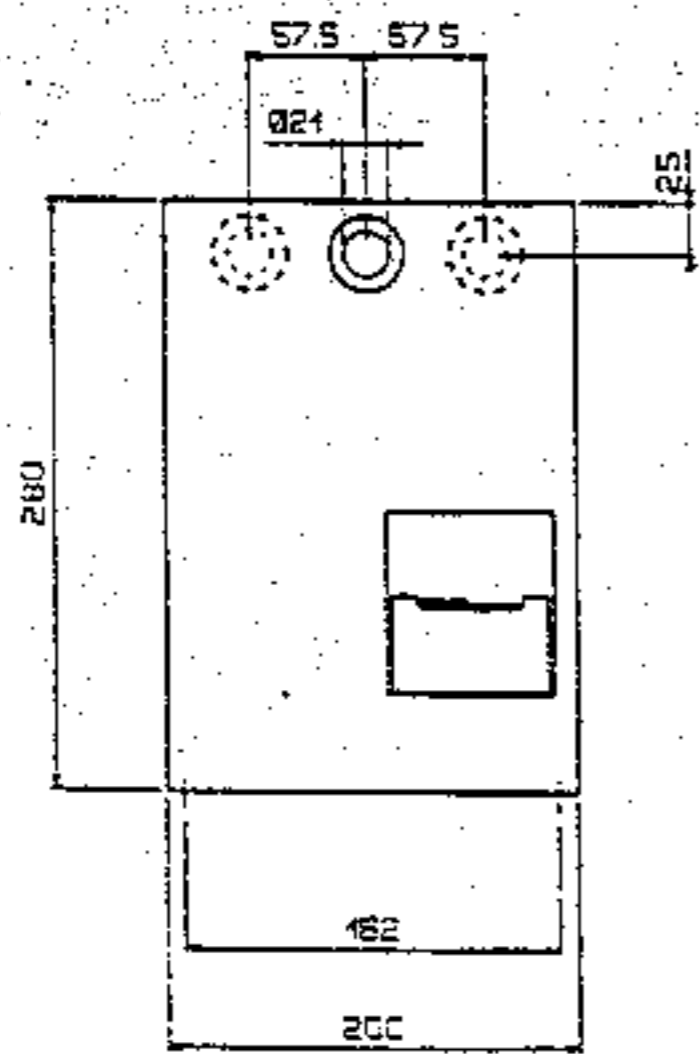
**GENERAL CHARACTERISTICS**

Voltage range (Un) : 400-750 V  
 Rated frequency : 50 Hz (60 Hz on request)  
 Capacitance tolerance : -5 +10%  
 A.C. test voltage between terminals and case : 1.75 Un per 10"  
 A.C. test voltage between terminals and case : 3 kV per 10"  
 Installation : Internal  
 Ambient air temperature category : -25 +50°C  
 Altitude : ≤ 2000 m a.s.l.  
 Service : Continuous  
 Protection degree : IP30  
 Connection : Delta (400-550 V) Star (660 V)  
 Discharge resistor : Internal (75 V after 3 min.)  
 Limiting reactors : No  
 Terminals : 3 x M8  
 Dielectric losses : ≤ 0.5 W/kvar  
 Discharge losses : ≤ 0.5 W/kvar  
 Reference standards : EN 60831-1/2 ; IEC 831-1/2

Un (V)	Qn (kvar)	In (A)	Cn (µF)	L (mm)	Kg	Code 415.01..
400	5	7.2	33.2	75	2.1	.1659
	10	14.4	66.3	75	2.9	.1669
	15	21.7	99.5	140	4.6	.1699
	20	28.9	133	140	5.4	.1679
	25	36.1	166	205	7.0	.1689
	30	43.3	199	205	-	.3009
550	5	5.2	17.3	75	2.0	.1729
	10	10.5	34.6	75	2.8	.1739
	15	-	-	-	-	-
	20	21	69.2	140	5.0	.1749
	25	26.2	86.5	205	6.8	.1759
	30	31.5	105	205	6.8	.1769
660	5	-	-	75	-	.3119
	10	-	-	75	-	.3129

Al fine di non surriscaldare le barrette di parallelo, non superare la corrente di 42.3 A per le unità composte da più moduli (es.: non più di 3 moduli da 10 kvar a 400 V).

In order to avoid overheating the parallel bars, do not exceed a current of 43.2 A for units composed of several modules (e.g. no more than 3 modules of 10 kvar per 400 V unit).



AVVERTENZE - Vedere note di riferimento (p. 25)  
 WARNING - See the reference notes (p. 25)