

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
Specializzazione Gestionale - I Sessione 2001
Tema n. 2

Una cabina MT/BT, equipaggiata con due trasformatori trifasi uguali in parallelo, alimenta due reparti di produzione A e B tramite altrettante linee in cavo. Il reparto A è già esistente e richiede un intervento di ampliamento. Il reparto B, invece, è di nuova costruzione.

Cabina di trasformazione

Le caratteristiche di ciascuno dei due trasformatori sono:

- Potenza nominale: 250 kVA
- Tensioni nominali primaria e secondaria: 20 kV / 400 V
- Regolazione di tensione: $\pm 2 \times 2.5\%$ (lato MT)
- Tensione di cortocircuito %: 6 %
- Perdite a carico (75°): 3400 W
- Perdite nel ferro: 880 W

Il punto di consegna MT ha tensione nominale di 20 kV e potenza di cortocircuito di 500 MVA. Si può considerare puramente reattiva l'impedenza equivalente della rete MT.

Un impianto di rifasamento con regolazione automatica assicura fattore di potenza 0.9 sulle sbarre della cabina. Il conduttore di neutro non è distribuito.

Reparto A

Il reparto A, prima dell'ampliamento, assorbiva complessivamente 60 kW con fattore di potenza 0.85 (alimentazione trifase). L'ampliamento consiste in due compressori uguali aventi potenza nominale 22 kW, velocità nominale 1480 rpm, e coppia di avviamento di 85 Nm. I due compressori devono essere azionati da altrettanti motori a induzione la cui scelta fa parte del progetto.

La linea che alimenta il reparto A è una linea interrata lunga 200 m in cavo tripolare di sezione 185 mm² con isolamento in PVC. Questa linea è già stata sovradimensionata per futuri ampliamenti, in quanto la sua sostituzione risulterebbe molto onerosa. Il dispositivo di protezione a monte della linea è un interruttore automatico con corrente nominale di 125 A e potere d'interruzione di 36 kA.

Reparto B

Il reparto B, di nuova costruzione, ha un fabbisogno di potenza complessivo di 100 kW con fattore di potenza 0.82 (alimentazione trifase). Il reparto deve essere alimentato tramite una linea in cavo tripolare con isolamento in PVC posata in canalina. La lunghezza della linea è di 100 m.

Il candidato svolga i seguenti punti:

1. Determinare il tipo di motore più adatto ad azionare i nuovi compressori del reparto A, scegliendolo tra i seguenti sei motori asincroni trifasi riportati in tabella. Nei calcoli di dimensionamento si trascurino i parametri di magnetizzazione e le perdite meccaniche.

	Tensione nominale	Potenza nominale	Corrente nominale	Velocità nominale	Tensione misurata nella prova a rotore bloccato	Potenza assorbita nella prova a rotore bloccato
M1	400 V	38 kW	85 A	1400 rpm	268.6 V	6416 W
M2	400 V	41 kW	75 A	1440 rpm	185.9 V	4995 W
M3	400 V	47 kW	80 A	1448 rpm	131.3 V	5683 W
M4	400 V	48 kW	78 A	968 rpm	67.2 V	5402 W
M5	400 V	58 kW	103 A	2945 rpm	135.6 V	9421 W
M6	400 V	60 kW	112 A	973 rpm	165.5 V	11139 W

2. Calcolare i nuovi valori di potenza attiva e reattiva impegnate dal reparto A. A questo fine si utilizzi la potenza nominale del motore scelto, assumendo rendimento 0.9 e fattore di potenza 0.84. Si consideri inoltre unitario il coefficiente di contemporaneità dei compressori rispetto agli altri carichi del reparto.
3. Calcolare la corrente d'impiego della linea che alimenta il reparto A e verificare che la portata di tale linea sia sufficiente. Verificare ed eventualmente sostituire il dispositivo di protezione esistente affinché rispetti le prescrizioni normative riguardanti la protezione contro i sovraccarichi.
4. Determinare la posizione del variatori di rapporto dei due trasformatori al fine di ottenere sul quadro del reparto A la tensione di $400\text{ V} \pm 3\%$ (si trascuri nel calcolo l'assorbimento dovuto al reparto B).
5. Calcolare la corrente d'impiego della linea che alimenta il reparto B. Determinare inoltre la sezione della linea in modo tale che, con la tensione di alimentazione scelta al punto precedente, la tensione sul quadro del reparto B sia di $400\text{ V} \pm 3\%$ e le perdite in linea non superino il 2% (si trascuri nei calcoli l'assorbimento dovuto al reparto A).
6. Scegliere la corrente nominale del dispositivo di protezione relativo alla linea del reparto B, nel rispetto delle prescrizioni normative riguardanti la protezione contro i sovraccarichi.
7. Calcolare le massime correnti di cortocircuito sul quadro generale BT della cabina e sui due quadri di reparto.
8. Per ciascuna delle due linee calcolare la massima e la minima corrente di cortocircuito.
9. Calcolare la potenza reattiva di rifasamento teorica necessaria per ottenere fattore di potenza 0.9 sulle sbarre della cabina.
10. Calcolare la percentuale di utilizzazione dei trasformatori rispetto alla loro potenza nominale.

I dati relativi alle condutture si trovano nei due allegati di documentazione tecnica. 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].

Allegato 1

PORTATE DEI CAVI ELETTRICI PER BASSA TENSIONE

Cavi isolati in PVC

Portate [A] per temperatura di esercizio di 70°C. Profondità di posa 80 cm per conduttori interrati.

Sezione nominale [mm ²]	Cavi unipolari		Cavi bipolari			Cavi tripolari		
	in aria libera [A]	entro tubi o canaline [A]	in aria libera [A]	entro tubi o canaline [A]	interrati [A]	in aria libera [A]	entro tubi o canaline [A]	interrati [A]
1.5	19.5	15.5	19.5	17.5	30	17.5	15.5	25
2.5	26	21	26	24	40	24	21	35
4	35	28	35	32	50	32	28	46
6	46	36	46	41	65	41	36	55
10	63	50	63	57	85	57	50	70
16	85	68	85	76	110	76	68	95
25	112	89	112	101	145	101	89	125
35	138	111	138	125	175	125	111	150
50	168	134	168	151	205	151	134	180
70	213	171	213	192	260	192	171	215
95	258	207	258	232	305	232	207	260
120	299	239	299	269	350	269	239	295
150	344	275	344	309	395	309	275	330
185	392	314	392	353	445	353	314	375
240	461	369	461	415	520	415	369	435

Cavi isolati in gomma G7

Portate [A] per temperatura di esercizio di 90°C. Profondità di posa 80 cm per conduttori interrati.

Sezione nominale [mm ²]	Cavi unipolari			Cavi bipolari			Cavi tripolari		
	in aria libera [A]	entro tubi o canaline [A]	interrati [A]	in aria libera [A]	entro tubi o canaline [A]	interrati [A]	in aria libera [A]	entro tubi o canaline [A]	interrati [A]
1.5	25	20	31	25	23	35	23	20	29
2.5	34	27	39	34	31	45	31	27	37
4	46	36	51	46	41	58	41	36	48
6	60	48	63	60	54	72	54	48	60
10	83	65	83	83	74	96	74	65	80
16	111	88	106	111	99	124	99	88	103
25	147	116	136	147	132	159	132	116	132
35	181	143	162	181	163	190	163	143	158
50	219	174	191	219	197	225	197	174	187
70	280	221	233	280	251	275	251	221	229
95	339	267	278	339	304	329	304	267	274
120	393	310	316	393	351	375	351	310	311
150	451	357	353	451	404	419	404	357	348
185	514	406	399	--	--	--	460	406	394
240	605	478	461	--	--	--	541	478	454

Allegato 2

RESISTENZE E REATTANZE PER UNITÀ DI LUNGHEZZA DEI CAVI ELETTRICI PER BASSA TENSIONE

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