

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
Ingegneria Gestionale – Vecchio Ordinamento

II Sessione 2010 – Tema n. 2

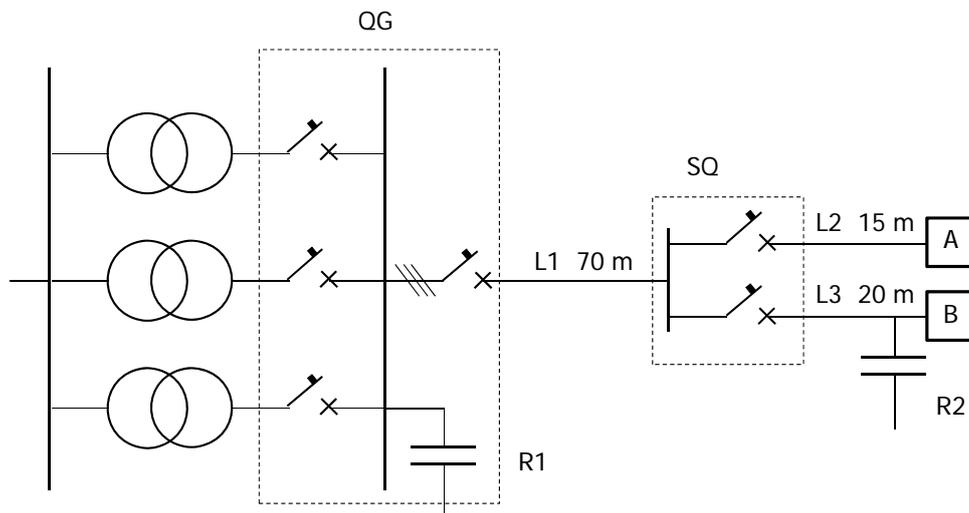
In uno stabilimento industriale si deve progettare l'impianto elettrico per l'alimentazione di due nuovi centri di carico A e B. Le loro caratteristiche sono:

- A) Macchine utensili, con potenza totale assorbita 270 kW, fattore di potenza medio 0,8 e fattore di utilizzazione 0,5 e fattore di contemporaneità 0,85.
- B) Macchine utensili, con potenza totale assorbita 230 kW, fattore di potenza medio 0,7 e fattore di contemporaneità 0,75.

Tutti i carichi sono trifasi con tensione nominale di 400 V. Tutte le linee sono trifasi senza neutro e il sistema di distribuzione è TN-S.

Le specifiche di progetto sono:

- Alimentazione in MT mediante cabina propria. La tensione di alimentazione MT è 20 kV e la potenza di cortocircuito nel punto di consegna è 250 MVA. Si può tuttavia trascurare l'impedenza della rete a monte nei calcoli dei circuiti di bassa tensione.
- Cabina MT/BT con tre trasformatori in resina uguali in parallelo.
- In caso di fuori-servizio di uno dei tre trasformatori, gli altri due trasformatori devono avere la potenza sufficiente per alimentare i due carichi A e B.



Progetto preliminare (vedi schema in figura):

- Il quadro generale di bassa tensione della cabina (QG) alimenta una linea in cavo L_1 .
- La linea L_1 alimenta il sottoquadro SQ.

- Da SQ partono due linee in cavo L_2 e L_3 , che alimentano rispettivamente i centri di carico A e B.
- Una batteria di rifasamento centralizzato R_1 è collegata al quadro QG e riduce la potenza reattiva al 50% di quella attiva.
- Una batteria di rifasamento distribuito R_2 è collegata al carico B e riduce la potenza reattiva al 50% di quella attiva.
- Le lunghezze delle tre linee sono: L_1 70 m, L_2 15 m, L_3 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 canaline. La temperatura ambiente è 30°C per tutte le linee. Il conduttore PE ha sezione pari a metà di quella dei conduttori di fase per sezioni di fase superiori a 35 mm², altrimenti uguale a quella di fase.
- la caduta di tensione tra il quadro generale QG e i carichi non deve superare il 4%.

Il candidato stenda un progetto di massima dell'impianto comprendente:

- 1) Il calcolo della potenza attiva e reattiva assorbita da ogni centro di carico.
- 2) Il calcolo della potenza reattiva teorica richiesta per il rifasamento R_2 . Si scelga, inoltre, il numero e tipo di moduli necessari per realizzare la batteria di rifasamento.
- 3) Il calcolo della potenza reattiva teorica richiesta per il rifasamento R_1 . Si scelga, inoltre, il numero e tipo di moduli necessari per realizzare la batteria di rifasamento.
- 4) Il calcolo della potenza attiva e reattiva assorbita sul quadro generale QG, a monte del rifasamento R_1 .
- 5) La scelta dei trasformatori di cabina, tenendo conto delle esigenze di continuità di servizio indicate nelle specifiche di progetto.
- 6) Il calcolo delle correnti di impiego delle linee.
- 7) Il calcolo della sezione e della portata delle condutture e la scelta delle correnti nominali I_n degli interruttori, nel rispetto delle prescrizioni normative riguardanti la protezione contro i sovraccarichi. Nella scelta delle sezioni verificare il rispetto dei vincoli di caduta di tensione. Laddove non sia reperibile la sezione commerciale adeguata, considerare l'impiego di cavi in parallelo.
- 8) Il calcolo della corrente di cortocircuito massima sul quadro QG e la scelta del potere di interruzione degli interruttori dei trasformatori e della linea L_1 (scegliere interruttori scatolati conformi a CEI 17-5).
- 9) Il calcolo delle correnti di cortocircuito massima e minima delle linee L_2 e L_3 e la scelta del potere di interruzione degli interruttori (scegliere interruttori scatolati conformi a CEI 17-5).
- 10) La taratura della corrente di intervento magnetico I_m di ciascun interruttore, sapendo che saranno impiegati interruttori con rapporto I_m/I_n regolabile tra 7 e 10.
- 11) La verifica della protezione contro i contatti indiretti nelle linee L_2 e L_3 per corrente di guasto fase-massa minima.

I componenti dell'impianto vanno scelti dai n. 6 allegati di documentazione tecnica e normativa. Il progetto deve essere redatto in forma di relazione tecnica che illustri le ipotesi progettuali, i calcoli effettuati e le soluzioni prescelte. L'ordine e la chiarezza della relazione costituiranno uno dei criteri di giudizio.

TRASFORMATORI IN RESINA

Tensione nominale primaria 15 kV (oppure 20 kV), secondaria 400 V

Frequenza nominale 50 Hz

Regolazione di tensione (lato Media Tensione) $\pm 2 \times 2.5\%$

Gruppo Dyn11

Potenza nominale [kVA]	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3130
Perdite nel ferro [W]	450	650	880	1030	1200	1400	1650	2000	2300	2800	3100	4000	5000	6300
Perdite a carico (75°C) [W]	1800	2300	3400	4000	4800	5700	6800	8200	9600	11500	14000	17500	20000	23000
Tensione di cortocircuito %	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
Corrente a vuoto %	2.5	2.3	2.0	1.8	1.5	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
Corrente di inserzione di cresta	10.5	10.5	10.5	10	10	10	10	10	10	10	10	9.5	9.5	9.5
Costante di tempo [s]	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
Rendimento (carico 100%, cosφ=1)	0.978	0.982	0.983	0.984	0.985	0.986	0.987	0.987	0.988	0.989	0.989	0.989	0.990	0.991
Rendimento (carico 100%, cosφ=0.8)	0.973	0.978	0.979	0.980	0.982	0.983	0.984	0.984	0.985	0.986	0.987	0.987	0.988	0.989
Rendimento (carico 75%, cosφ=1)	0.981	0.984	0.985	0.986	0.987	0.988	0.989	0.989	0.990	0.990	0.991	0.991	0.991	0.992
Rendimento (carico 75%, cosφ=0.8)	0.976	0.980	0.982	0.983	0.984	0.985	0.986	0.986	0.987	0.988	0.989	0.989	0.989	0.990



Serie CTM Condensatori trifase



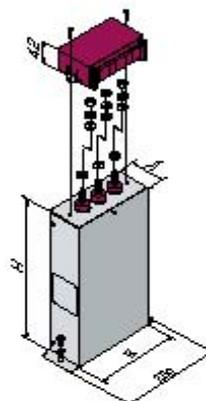
I condensatori trifase sono progettati per il rifasamento di impianti industriali in bassa tensione. La custodia esterna è in lamiera d'acciaio indeformabile nel tempo ed in grado di assicurare una buona dissipazione termica. Ogni unità capacitiva è realizzata in custodia metallica con incapsulamento dell'elemento avvolto in resina. Gli isolatori passanti ed il coperchio di protezione sono in materiale isolante non propagante la fiamma.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE

Dielettrico	Polipropilene metallizzato (MKP)
Esecuzione	Dry Type (no P.O.B.)
Tolleranza sulla capacità	- 5% / +10%
Alimentazione	trifase + terra
Frequenza di rete	50 Hz / 60 Hz
Fattore di Sovratensione in assenza di armoniche	1,10 Un (max 8h su 24h)
Categoria Termica	- 25 / 0
Massima temperatura ambiente	+50°C
Temperatura media nelle 24 ore	+40°C
Temperatura media in un anno	+30°C
Grado di protezione con coperchio montato (CEI EN 60529)	IP40 (CEI EN 60529)

I condensatori sono realizzati in accordo con le normative:
IEC 831-1 - CEI EN 60831-1
IEC 831-2 - CEI EN 60831-2

Tensione di prova tra terminale / terminale	2,15 Un / 10 sec
Tensione di prova tra terminale / custodia	3000 Vac / 60 sec
Perdite del dielettrico	≤ 0,2 W / kvar
Perdite totali del condensatore	≤ 0,4 W / kvar
Resistenze di scarica	incluse (75V residui entro 3')
Induttanze limitatrici del picco d'inserzione	a cura dell'installatore
Montaggio unità	verticale
Barrette di connessione parallelo	non previste
Tipo di servizio	continuo per interno
Massima variazione di corrente/capacità	25A / μF



Questa serie di condensatori è provvista di un adeguato sistema interno di protezione.

Codice	Tipo	50Hz - Qn - Vn - In kvar V A	60Hz - Qn - Vn - In kvar V A	Capacità (μF)	Dimensioni (mm) A B H	THD(I) max (%)	Terminali	Peso (kg)
83S2000	CTM	10 230 25	11 220 29	3 x 200	70 220 420	10	MS	7
83S2015	CTM	15 230 38	16,5 220 43	3 x 400	140 220 420			9
83S2100	CTM	20 230 50	22 220 57	3 x 500	140 220 420			12
83S2300	CTM	30 230 75	33 220 86	3 x 600	140 220 420			16
83S4000	CTM	20 400 29	21 380 33	3 x 133	70 220 420	10	MS	6
83S4100	CTM	25 400 36	27 380 41	3 x 165	70 220 420			7,5
83S4200	CTM	30 400 44	32,5 380 50	3 x 200	70 220 420			8
83S4300	CTM	40 400 58	43,5 380 66	3 x 265	140 220 420			11
83S4400	CTM	50 400 72	54 380 83	3 x 333	140 220 420			12
83S4600	CTM	60 400 87	66 380 99	3 x 400	140 220 420			14
83S5000	CTM	20 440 26	24 440 32	3 x 110	70 220 420	10	MS	6
83S5100	CTM	25 440 33	30 440 40	3 x 138	70 220 420			7,5
83S5200	CTM	30 440 40	36 440 47	3 x 165	70 220 420			8
83S5300	CTM	40 440 53	48 440 63	3 x 220	140 220 420			11
83S5400	CTM	50 440 66	60 440 79	3 x 275	140 220 420			12
83S5500	CTM	60 440 79	72 440 95	3 x 330	140 220 420			14

(*) THDI Max = massima distorsione armonica in corrente ammesse sui condensatori

Terminali a vite reobro MS, massima torsione di serraggio 7Nm

Nota: per realizzare batterie automatiche di rifasamento, occorre prevedere l'uso di adeguati sistemi di limitazione dei picchi di corrente all'inserzione, compatibilmente con le caratteristiche dei condensatori. Installare i condensatori lontani da fonti di calore ed in ambienti ben areati. Verificare il corretto serraggio dei collegamenti elettrici dopo alcune ore dalle loro messe in servizio.

I condensatori della serie CTM, conformi alle direttive europee per la bassa tensione relative ai requisiti minimi di sicurezza CEE 73/23 e relativa modifica CEE 93/68, non sono modulari.

Allegato 3**PORTATE DEI CAVI ELETTRICI PER BASSA TENSIONE**

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 4

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

Allegato 5

Coefficiente correttivo k_1 per temperature ambiente diverse da 30 °C

Temperatura ambiente [°C]	Tipo di isolamento	
	PVC	EPR
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
30	1	1
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0.61	0.76
60	0.50	0.71
65	--	0.65
70	--	0.58
75	--	0.50
80	--	0.41

Coefficiente correttivo k_2 per cavi posati in fascio

Numero di circuiti o di cavi multipolari	Coefficiente k_2
2	0,80
3	0,70
4	0,65
5	0,60
6	0,57
7	0,54
8	0,52
9	0,50
12	0,45
16	0,41
20	0,38

Allegato 6

INTERRUTTORI AUTOMATICI PER BASSA TENSIONE

NORMATIVA SPECIFICA:

norma CEI 17-5 (EN 60947-2) per applicazioni industriali (interruttori regolabili, elevato Pdi)

norma CEI 23-3 (EN 60898) per applicazioni domestiche e del terziario (interruttori non regolabili)

CARATTERISTICHE:

Corrente nominale I_N . Viene scelta tra i valori unificati, tra cui: 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 [A].

Corrente di intervento magnetico I_m . Le norme definiscono i valori minimi del rapporto I_m/I_N classificando gli interruttori in relazione al tipo di curva:

Curva	Norma CEI 17-5	Norma CEI 23-3	Impiego tipico per la protezione di:
B	$I_m = 3.2 \div 4.8 I_N$	$I_m = 3 \div 5 I_N$	circuiti prevalentemente resistivi o lunghe linee in cavo.
C	$I_m = 7 \div 10 I_N$	$I_m = 5 \div 10 I_N$	circuiti con apparecchi utilizzatori di tipo misto o circuiti normali (non prevalentemente induttivi).
D	$I_m = 10 \div 14 I_N$	$I_m = 10 \div 20 I_N$	circuiti con apparecchi utilizzatori prevalentemente induttivi con forti correnti di avviamento.

Potere di interruzione Pdi (o corrente di cortocircuito nominale). Per ogni corrente nominale, si distingue il livello di potere di interruzione:

N (normale), R (Pdi rinforzato), L (limitatore), LR (limitatore con Pdi rinforzato).

Interruttori automatici di tipo SCATOLATO

Conformi alle norme CEI 17-5.

Correnti nominali o di regolazione [A]								Potere di interruzione
16÷100	16÷160	16÷250	400	630	800	1000	1250	a 400 V [kA]
100 N	160	-	-	-	-	-	-	25
-	160 N	250 N	-	-	-	-	-	36
-	-	-	400 N	630 N	-	-	-	45
-	-	-	-	-	800 N	1000 N	1250 N	50
100 R	160 R	250 R	400 R	630 R	800 R	1000 R	-	70
-	-	-	-	-	-	-	1250 R	85
100 L	160 L	250 L	400 L	630 L	800 L	1000 L	-	150