ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

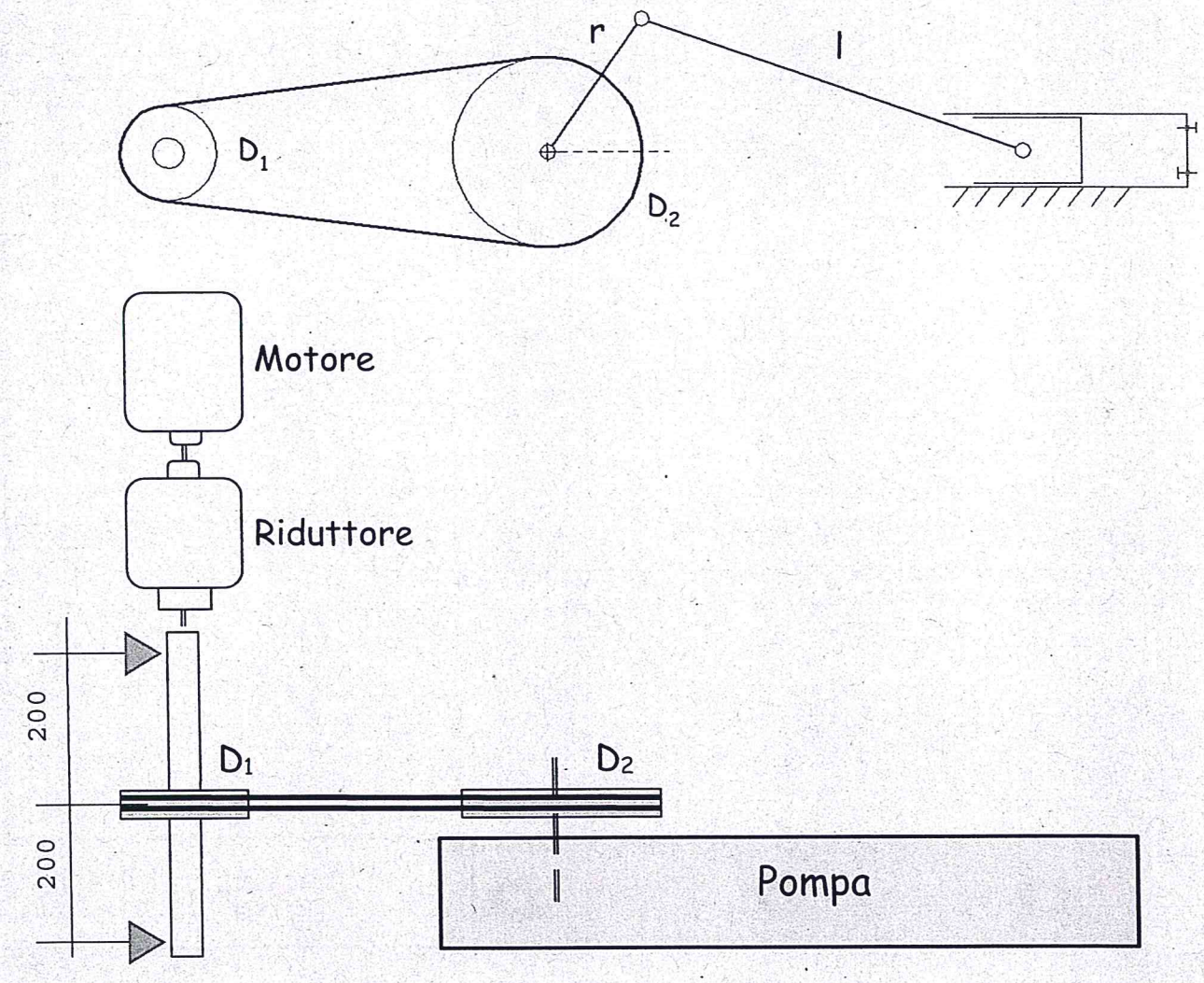
I SESSIONE 2017

SEZIONE A

PROVA PRATICA - SETTORE INDUSTRIALE

TESTO 1

La pompa a stantuffo a singolo effetto schematizzata in figura è azionata da un motore asincrono trifase e da un riduttore attraverso una trasmissione a cinghia (le pulegge sono indicate con D_1 e D_2),



Del sistema sono noti:

- pressione di mandata costante $p_m = 3.5$ bar
- pressione di aspirazione costante $p_a = -0.5$ bar
- raggio della manovella r = 120 mm
- diametro dello stantuffo D = 160 mm
- momento d'inerzia della manovella $J_{man} = 1$ kgm^2
- masse in moto alterno m = 20 kg

- velocità di rotazione media dell'albero di manovella n = 180 rpm.
- rapporto tra i diametri primitivi della puleggia condotta e motrice $D_2/D_1 = 2$

Qualora fosse necessario il candidato introduca i dati ritenuti mancanti.
Rispondere alle seguenti domande (non necessariamente nell'ordine indicato):

- Determinare e rappresentare l'andamento dello spostamento, della velocità e dell'accelerazione del piede di biella in funzione della rotazione della manovella (si può supporre il rapporto caratteristico del manovellismo $\lambda=r/l$ trascurabile).
- Determinare e rappresentare l'andamento del momento resistente ridotto all'albero di manovella dovuto alla pressione agente sul pistone.
- Ipotizzando il funzionamento a velocità costante della manovella (n = 180 rpm) determinare e rappresentare l'andamento del momento ridotto all'albero di manovella dovuto alle masse in moto alterno.
- Rappresentare l'andamento del momento totale all'albero di manovella e determinarne il valore medio.
- Calcolare la potenza media e massima richiesta dalla pompa.
- Scegliere il motore e la trasmissione (i riduttori disponibili sono elencati nella tabella 1, i motori nel catalogo allegato).
  Con il riduttore e motore scelto si richiede di stimare la velocità di rotazione media della manovella. Si può approssimare la curva caratteristica del motore con una retta di equazione: $Mm = K*(n_0 - n_m)$ con $K = M_N/(n_0-n_N)$, dove n_m è la velocità angolare del motore, M_N la coppia nominale, n_N la velocità nominale e n_o la velocità di sincronismo.
- Dimensionare la trasmissione a cinghia trapezoidale (vedi catalogo allegato). Determinare inoltre il precarico delle cinghie, l'interasse effettivo e l'inerzia delle pulegge scelte.
- Ipotizzando i vincoli in corrispondenza dei supporti si traccino i diagrammi delle azioni interne sull'albero della puleggia motrice (puleggia D_1). Si suppone che il giunto tra riduttore e albero trasmetta essenzialmente momento torcente.
- Dopo aver scelto il materiale effettuare il primo dimensionamento dell'albero ed eseguirne uno schizzo costruttivo.
- Calcolare il valore del momento d'inerzia del volano che consente di mantenere il grado di irregolarità periodica al 5%. Per la scelta si può considerare nulla la rigidezza del motore e trascurare i contributi delle masse in moto alterno. Si valuti la posizione più opportuna per il suo inserimento nel sistema. Effettuare un dimensionamento di massima del volano.

TABELLA 1. RIDUTTORI DISPONIBILI

		1-Stadio					2-stadi			
Rapporto di riduzione	i	**3**	**4**	**5**	**7**	**10**	**16**	**20**	**25**	**28**
Momento d'inerzia (riferito all'ingresso)	J_R [kg cm^2]	58.2	41.2	35.3	26.5	26.5	28.1	26.6	25.2	24.4
rendimento	η	95%					92%			

Allegato 1

MOTORI ASINCRONI TRIFASE

POTENZA NOMINALE RATED OUTPUT	TIPO MOTORE MOTOR TYPE	VELOCITA' SPEED	CARATTERISTICHE A POTENZA NOMINALE PERFORMANCE AT RATED OUTPUT				FATTORE DI POTENZA POWER FACTOR	RENDIMENTO EFFICIENCY 3/4 (CARICO / LOAD)	PER AVVIAMENTO DIRETTO FOR D.O.L STARTING		COPPIA MASSIMA BREAKDOWN TORQUE	RUMOROSITA' SOUND PRESSURE LEVEL	MOMENTO D'INERZIA MOMENT OF INERTIA	PESO WEIGHT IM 1001 (IM B3)
			COPPIA TORQUE	CORRENTE CURRENT (400 V)	RENDIMENTO EFFICIENCY η									
					CLASSE	CLASS								
kW		rpm min^{-1}	Tn Nm	In A	eff	%	cosφ -	η %	Is/In p.u.	Ts/Tn p.u.	Tmax/Tn p.u.	LPA dB(A)	J kgm^2	Approx. kg
1500 min $^{-1}$ = 4 poles - 50 Hz														
0,12	MA 63 a4	1370	0,84	0,44	n.c.	59,3	0,66	54,7	3,0	2,6	2,6	48	0,00025	3,5
0,18	63 b4	1370	1,25	0,63	n.c.	63,0	0,66	61,6	3,0	2,5	2,5	48	0,00030	3,9
0,25	63 c4 •	1370	1,74	0,82	n.c.	64,9	0,68	63,5	3,1	2,5	2,7	48	0,00040	4,3
0,25	71 a4	1380	1,7	0,8	n.c.	67,6	0,68	66,7	3,7	2,5	2,5	49	0,00050	5,3
0,37	71 b4	1380	2,6	1,2	n.c.	69,5	0,67	69,0	3,8	2,7	2,7	49	0,00060	6,0
0,55	71 c4 •	1380	3,8	1,7	n.c.	70,4	0,68	69,9	3,9	2,9	3,0	49	0,00076	6,7
0,55	80 a4	1380	3,8	1,5	n.c.	72,3	0,73	72,3	3,9	2,3	2,3	49	0,00130	8,4
0,75	80 b4	1385	5,2	2,0	n.c.	73,2	0,73	73,2	4,1	2,8	2,8	49	0,00160	9,5
0,92	80 c4 •	1385	6,3	2,4	n.c.	74,1	0,75	74,1	4,6	2,8	2,8	49	0,00190	10,4
1,1	90 S4	1390	7,5	2,7	2	76,6	0,76	77,7	4,1	2,4	2,5	49	0,0033	12,8
1,5	90 L4	1395	10,3	3,6	2	79,4	0,76	80,0	4,6	2,5	2,5	49	0,0040	15,0
1,85	90 Lb4 •	1400	12,6	4,3	n.c.	80,6	0,78	81,0	4,7	2,5	2,6	49	0,0048	17,2
2,2	100 La4	1420	14,8	4,9	2	81,4	0,80	81,9	5,1	2,2	2,4	56	0,0073	21,0
3	100 Lb4	1420	20,2	6,4	2	83,4	0,81	84,4	5,2	2,4	2,6	56	0,0090	24,8
4	112 M4	1425	27	8,6	2	84,2	0,80	84,8	5,6	2,6	2,9	56	0,0115	31
5,5	132 Sa4	1440	36	11,4	2	85,7	0,81	86,1	6,2	2,1	2,5	58	0,0238	42
7,5	132 Ma4	1450	49	15,3	2	87,9	0,81	88,2	6,7	2,5	2,9	58	0,0300	52
9	132 Mb4•	1455	59	17,8	n.c.	88,0	0,83	88,0	7,4	2,7	2,9	58	0,0338	58
11	A4C 160 M4	1460	72	22,5	2	88,6	0,80	88,7	5,2	2,0	2,1	65	0,063	74
15	160 L4	1460	98	30,0	2	89,8	0,80	89,9	5,9	2,3	2,4	65	0,075	88
18,5	180 M4	1465	120	37	2	90,2	0,80	90,3	6,2	2,3	2,5	65	0,09	100
22	180 L4	1465	143	42	2	90,8	0,83	91,0	6,3	2,4	2,5	69	0,11	122
30	200 L4	1465	195	58	2	91,6	0,82	91,7	6,6	2,4	2,8	69	0,18	146
37	225 S4	1470	240	68	2	93,1	0,85	93,1	6,5	2,3	2,8	74	0,32	207
45	225 M4	1475	291	80	2	93,4	0,87	93,7	6,5	2,4	2,8	74	0,41	230
55	250 M4	1475	356	97	2	93,7	0,88	93,9	6,4	2,3	2,6	74	0,52	264
75	280 S4	1480	483	135	2	93,7	0,86	93,9	7	2,5	2,3	77	0,89	362
90	280 M4	1480	580	157	2	94,5	0,88	94,6	7,1	2,7	2,4	77	1,06	427
110	315 S4	1480	709	193	n.c.	94,7	0,87	94,3	7,1	2,6	2,4	77	1,15	455
132	B4C 315 Ma4	1485	848	239	n.c.	94,9	0,84	94,5	6,2	2,6	2,5	78	2,1	739
160	315 Mc4•	1485	1028	286	n.c.	95,1	0,85	94,7	6,3	2,5	2,5	78	2,5	812
200	315 Md4•	1485	1285	353	n.c.	95,2	0,86	95,0	6,5	2,5	2,6	78	3,1	918
250	B5C 355 La4•	1490	1601	440	n.c.	95,5	0,86	95,0	6,2	2,0	2,4	79	6,1	1690
315	355 Lb4•	1490	2017	554	n.c.	95,6	0,86	95,1	6,2	2,0	2,4	79	7,4	1880
355	355 Lc4•	1490	2273	624	n.c.	95,6	0,86	95,2	6,2	1,9	2,3	79	8,3	2100
400	355 Ld4•	1490	2561	702	n.c.	95,8	0,86	95,3	6,2	1,9	2,4	79	9,4	2250
450	355 Le4•	1490	2881	778	n.c.	96,1	0,87	95,5	6,2	1,9	2,3	79	10,2	2360
500	355 Lf4•	1490	3201	835	n.c.	96,2	0,90	95,7	6,5	1,2	2,8	79	11,2	2430
560	B5C 400 La4•	1490	3586	969	n.c.	96,5	0,87	96,5	6,6	2	2,3	81	11,4	2700
630	400 Lb4•	1490	4034	1083	n.c.	96,6	0,87	96,6	6,6	2	2,4	81	13,0	2900
710	400 Lc4•	1490	4543	1220	n.c.	96,7	0,87	97	7,4	0,9	2,5	81	18,0	3100

MOTORI ASINCRONI TRIFASE

POTENZA NOMINALE RATED OUTPUT	TIPO MOTORE MOTOR TYPE	VELOCITA' SPEED	CARATTERISTICHE A POTENZA NOMINALE PERFORMANCE AT RATED OUTPUT				FATTORE DI POTENZA POWER FACTOR	RENDIMENTO EFFICIENCY 3/4 (CARICO / LOAD)	PER AVVIAMENTO DIRETTO FOR D.O.L STARTING		COPPIA MASSIMA BREAKDOWN TORQUE	RUMOROSITA' SOUND PRESSURE LEVEL	MOMENTO D'INERZIA MOMENT OF INERTIA	PESO WEIGHT IM 1001 (IM B3)
			COPPIA TORQUE	CORRENTE CURRENT (400 V)	RENDIMENTO EFFICIENCY η									
					CLASSE CLASS									
		rpm	Tn	In	eff	%	cosφ	η	Is/In	Ts/Tn	Tmax/Tn	LPA	J	Approx.
kW		min^{-1}	Nm	A			-	%	p.u.	p.u.	p.u.	dB(A)	kgm^2	kg
1000 min^{-1} = 6 poles - 50 Hz														
0,09	MA 63 a6 •	830	1,03	0,49	n.c.	43,0	0,62	39,0	2	2,3	2,0	50	0,00025	3,6
0,12	63 b6 •	860	1,33	0,59	n.c.	46,8	0,63	42,7	2,1	2,5	2,2	50	0,00030	3,9
0,18	71 a6	850	2,0	0,70	n.c.	54,4	0,68	51,0	2,4	2,0	2,0	52	0,0005	5,8
0,25	71 b6	850	2,8	1,00	n.c.	56,3	0,64	52,8	2,4	2,1	2,0	52	0,0006	6,3
0,37	80 a6	930	3,8	1,2	n.c.	65,8	0,70	63,0	3,6	2,1	2,2	53	0,0024	8,8
0,55	80 b6	930	5,6	1,7	n.c.	68,7	0,68	66,2	3,7	2,5	2,4	53	0,0027	10,3
0,75	90 S6	930	7,7	2,1	n.c.	71,5	0,73	70,4	3,6	2,2	2,1	56	0,0037	13,4
1,1	90 L6	930	11,3	3,0	n.c.	75,3	0,71	73,6	4,8	2,6	2,5	56	0,0050	17,5
1,5	100 La6	940	15,2	3,8	n.c.	75,3	0,75	73,6	5	2,3	2,2	58	0,010	21,2
2,2	112 M6	940	22	5,4	n.c.	78,2	0,75	76,9	5,2	2,3	2,2	58	0,015	28,8
3	132 Sa6	950	30	7,1	n.c.	80,1	0,76	78,7	5,5	2,1	2,1	60	0,03	39
4	132 Ma6	950	40	9,1	n.c.	81,0	0,78	80,6	5,7	2,4	2,4	60	0,038	48,0
5,5	132 Mb6	960	55	13,3	n.c.	82,0	0,73	81,5	6,1	2,6	2,6	60	0,046	58,0
7,5	A4C 160 M6	965	74	15,5	n.c.	85,4	0,82	86,1	5	2,0	2,3	62	0,087	67
11	160 L6	970	108	22,0	n.c.	88,2	0,82	88,4	5,5	2,3	2,5	62	0,110	86
15	180 L6	970	148	30	n.c.	88,4	0,82	88,9	5,2	2,3	2,2	63	0,13	110
18,5	200 La6	970	182	36	n.c.	88,7	0,84	89,4	5,2	2,1	2,3	63	0,17	125
22	200 Lb6	970	216	41	n.c.	89,4	0,86	89,8	5,6	2,4	2,4	63	0,22	145
30	225 M6	975	294	59	n.c.	91,5	0,81	91,7	6,3	2,4	2,4	66	0,47	216
37	250 M6	975	362	72	n.c.	90,3	0,82	91,2	6,5	2,6	2,6	66	0,57	258
45	280 S6	980	438	84	n.c.	92,1	0,84	92,4	6,0	2,4	2,3	72	0,85	314
55	280 M6	980	535	102	n.c.	92,8	0,84	93,2	6,0	2,5	2,6	72	1,07	353
75	315 S6	980	730	137	n.c.	92,9	0,85	93,2	6,0	2,3	2,3	72	1,45	426
90	B4C 315 Ma6	985	872	163	n.c.	93,8	0,85	94,1	6,0	2,5	2,5	74	2,6	707
110	315 Mb6•	985	1065	199	n.c.	93,8	0,85	93,9	6,0	2,4	2,4	74	3,0	758
132	315 Mc6•	985	1278	238	n.c.	94,3	0,85	94,3	6,3	2,5	2,5	74	3,6	848
160	315 Md6•	985	1550	284	n.c.	94,8	0,86	94,8	6,3	2,5	2,5	74	4,4	953
200	B5C 355 La6 •	990	1927	357	n.c.	95,3	0,85	95,3	6	2,1	2,1	75	10,5	1660
250	355 Lb6 •	990	2409	445	n.c.	95,5	0,85	95,4	6	2,1	2,1	75	13,1	1890
315	355 Lc6 •	990	3035	553	n.c.	95,7	0,86	95,6	6,3	2,3	2,3	75	17,0	2315
355	355 Ld6 •	990	3421	614	n.c.	96,0	0,87	96,0	6,5	2,3	2,4	75	18,6	2390
400	B5C 400 La6•	992	3847	719	n.c.	96,0	0,84	96,0	6,9	1,5	2,5	76	17,5	2680
450	400 Lb6•	992	4328	795	n.c.	96,2	0,85	96,1	7,2	1,6	2,5	76	19,5	2850
500	400 Lc6•	993	4804	890	n.c.	96,3	0,84	96,2	7,7	1,7	2,6	76	22,0	3070
560	400 Ld6•	994	5375	966	n.c.	96,3	0,87	96,3	6,9	1,4	2,6	76	30,0	3200