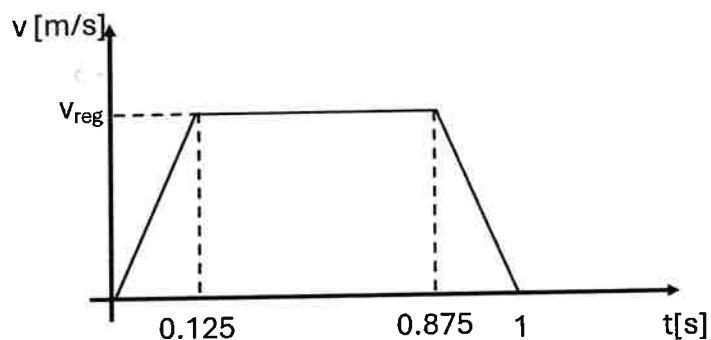




**ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
Università Campus Bio-Medico di Roma
PRIMA SESSIONE Luglio 2025
TEMI DELLA PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE**

Traccia 1

Si vuole realizzare una protesi di mano sotto-attuata composta da 5 catene cinematiche a un grado di libertà connesse ad un unico attuatore DC per mezzo di un sistema di trasmissione cavo-puleggia. Le catene sono attuate in flessione, mentre l'estensione è garantita da un ritorno passivo mediante molle di richiamo a forza costante, che assicurano sia il movimento di riapertura delle dita, sia il mantenimento in tensione del cavo per evitarne l'allentamento o lo srotolamento. La puleggia ha raggio $R_p = 10$ mm e massa $M_p = 7$ g. La forza richiesta per attuare la protesi (F_a) è pari a 30N. La completa flessione delle dita è operata con il seguente profilo di velocità e porta ad una escursione complessiva del cavo di trazione pari a 75 mm.



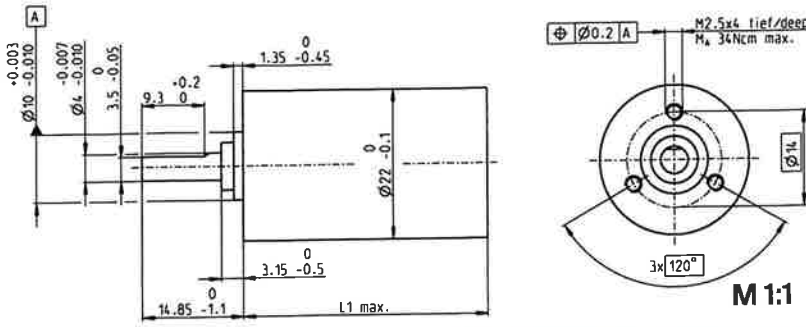
Il candidato è invitato a:

- Identificare i requisiti di potenza richiesti dall'applicazione (nell'ipotesi di considerare trascurabili gli effetti di attrito)
- Selezionare un attuatore tra quelli forniti e, se necessario, individuare il motoriduttore più indicato tra le famiglie riportate in allegato.
- Selezionare una scheda di controllo assi tra quelle consigliate nel datasheet dell'attuatore, per poter effettuare test da banco prima di progettare l'elettronica di controllo di basso livello.

Infine, si richiede di procedere al dimensionamento di massima di un pacco batteria, sufficiente a far funzionare la protesi per 12 ore, assumendo che il consumo medio nelle 12 ore sia pari al 20% della potenza massima richiesta.

Riduttore planetario GP 22 A Ø22 mm, 0,5-1.0 Nm

gear



Dati tecnici

Riduttore planetario	Denti dritti
Albero in uscita	Acciaio inossidabile, temperato
Cuscinetti in uscita	Bronze sinterizzate
Opzione:	Cuscinetti precaricati
Gioco radiale, 10 mm dalla flangia	max. 0.2 mm
Gioco assiale	max. 0.2 mm
Carico assiale massimo consentito	100 N
Forza massima di calettamento	100 N
Senso di rotazione, dall'entrata all'uscita	=
Max. velocità in ingresso continuativa	6000 rpm
Intervallo di temperatura consigliato	-40...+100°C
Numero di stadi	1 2 3 4 5
Carico radiale max., 10 mm dalla flangia	30 N 50 N 55 N 55 N 55 N

- Programma stock
- Programma standard
- Programma speciale (a richiesta)

Codici articolo

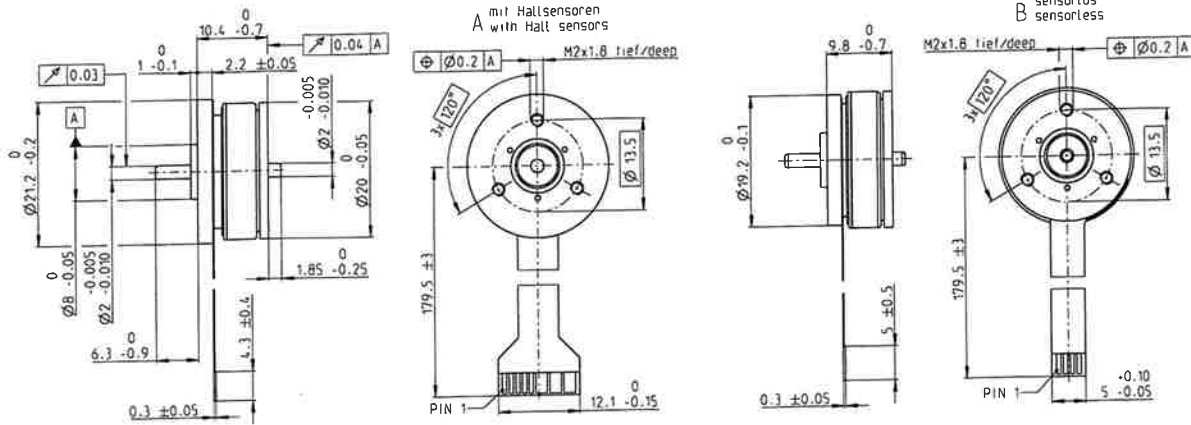
	134156	134158	134163	134168	134172	110340	134183	134186	134190	134195	134203
Dati relativi al riduttore											
1 Riduzione	3.8:1	14:1	53:1	104:1	198:1	370:1	590:1	742:1	1386:1	1996:1	3189:1
2 Riduzione assoluta	19/4	229/60	3978/64	87729/646	608259/285	10556001/22561	880499/100	7885259/1024	158840015/114244	78501207/142385	10843239/600
3 Diametro max. dell'albero motore	mm 4	4	4	3.2	4	3.2	4	4	3.2	3.2	4
Codici articolo	110337	134159	134164	134169	134173	134178	134184	134187	134193	134198	134204
1 Riduzione	4.4:1	16:1	62:1	109:1	231:1	389:1	690:1	867:1	1460:1	2102:1	3728:1
2 Riduzione assoluta	87/43	865/62	12829/208	2187/20	182279/632	263789/676	1124237/625	20866259/3225	38476345/2704	7105843/3380	3028237/6125
3 Diametro max. dell'albero motore	mm 3.2	3.2	3.2	4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Codici articolo	134157	110338	134165	134170	134174	134180	134185	134188	134196	134200	134205
1 Riduzione	5.4:1	19:1	72:1	128:1	270:1	410:1	850:1	1014:1	1538:1	2214:1	4592:1
2 Riduzione assoluta	3249/488	48789/676	41689/325	731029/2704	6687/16	831441/676	1088375/1076	88415/64	17747/68	14348807/6125	
3 Diametro max. dell'albero motore	mm 2.5	3.2	3.2	3.2	3.2	4	2.5	3.2	4	4	2.5
Codici articolo	134160	134166	134171	134176	134179		134191	110341	134199		
1 Riduzione	20:1	76:1	157:1	285:1	455:1		1088:1	1621:1	2458:1		
2 Riduzione assoluta	9/4	1219/6	10463/125	18225/64	601021/10985		273379/458	60100257/3223	13502887/4825		
3 Diametro max. dell'albero motore	mm 4	4	2.5	4	3.2		4	3.2	3.2		
Codici articolo	134161	110339		134175	134181		134189	134194	134201		
1 Riduzione	24:1	84:1		316:1	479:1		1185:1	1707:1	2589:1		
2 Riduzione assoluta	1639/65	185199/2337		27778859/6788	1248689/260		4168425/45752	15000529/6788	5368789/3100		
3 Diametro max. dell'albero motore	mm 3.2	3.2		3.2	3.2		3.2	3.2	3.2		
Codici articolo	134162	134167		134177	134182		134192	134197	134202		
1 Riduzione	29:1	89:1		333:1	561:1		1249:1	1798:1	3027:1		
2 Riduzione assoluta	729/25	467/52		68255/208	238852/2225		1038825/632	37397/208	6365067/2125		
3 Diametro max. dell'albero motore	mm 2.5	3.2		3.2	3.2		3.2	3.2	3.2		
4 Numero di stadi	1	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5
5 Coppia continua massima	Nm 0.5	0.5	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6 Coppia consentita intermittente	Nm 0.8	0.8	1.2	1.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
7 Efficienza massima	% 84	70	59	59	49	49	49	42	42	42	42
8 Peso	g 42	55	68	68	81	81	81	94	94	94	94
9 Gioco a vuoto medio	° 1.0	1.2	1.6	1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
10 Momento d'inerzia	gcm ² 0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
11 Lunghezza riduttore L1*	mm 22.6	29.4	36.2	36.2	43.0	43.0	43.0	49.8	49.8	49.8	49.8

*L1 per EC 32II, 6 L1 + 7.1 mm



Sistema modulare		Lunghezza totale [mm] = Lunghezza motore + lunghezza riduttore + (sensor/freno) + parti di montaggio												
+ Motore	Pagina	+ Sensor/Freno	Pagina											
A-max 19	173/174			51.6	58.4	65.2	65.2	72.0	72.0	72.0	78.8	78.8	78.8	78.8
A-max 19, 1.5 W	174	13 GAMA	488	59.1	65.9	72.7	72.7	79.5	79.5	79.5	86.3	86.3	86.3	86.3
A-max 19, 1.5 W	174	MR	531/532	56.7	63.5	70.3	70.3	77.1	77.1	77.1	83.9	83.9	83.9	83.9
A-max 19, 1.5 W	174	Enc 22	536	66.0	72.8	79.6	79.6	86.4	86.4	86.4	93.2	93.2	93.2	93.2
A-max 19, 2.5 W	175/176			54.2	61.0	67.8	67.8	74.6	74.6	74.6	81.4	81.4	81.4	81.4
A-max 19, 2.5 W	176	13 GAMA	488	61.7	68.5	75.3	75.3	82.1	82.1	82.1	88.9	88.9	88.9	88.9
A-max 19, 2.5 W	176	MR	531/532	58.5	65.3	72.1	72.1	78.9	78.9	78.9	85.7	85.7	85.7	85.7
A-max 19, 2.5 W	176	Enc 22	536	68.6	75.4	82.2	82.2	89.0	89.0	89.0	95.8	95.8	95.8	95.8
A-max 22	177-180			54.6	61.4	68.2	68.2	75.0	75.0	75.0	81.8	81.8	81.8	81.8
A-max 22	178/180	13 GAMA	488	61.7	68.5	75.3	75.3	82.1	82.1	82.1	88.9	88.9	88.9	88.9
A-max 22	178/180	MR	531/532	59.6	66.4	73.2	73.2	80.0	80.0	80.0	86.8	86.8	86.8	86.8
A-max 22	178/180	Enc 22	536	69.0	75.8	82.6	82.6	89.4	89.4	89.4	96.2	96.2	96.2	96.2
EC-max 22, 12 W	274			57.4	64.2	71.0	71.0	77.8	77.8	77.8	84.6	84.6	84.6	84.6
EC-max 22, 12 W	274	16 EASY/XT/Abs.	516/522	67.0	73.8	80.6	80.6	87.4	87.4	87.4	94.2	94.2	94.2	94.2
EC-max 22, 12 W	274	16 EASY Abs. XT	525	67.5	74.3	81.1	81.1	87.9	87.9	87.9	94.7	94.7	94.7	94.7
EC-max 22, 12 W	274	AB 20	584	93.0	99.8	106.6	106.6	113.4	113.4	113.4	120.2	120.2	120.2	120.2
EC-max 22, 25 W	275			73.9	80.7	87.5	87.5	94.3	94.3	94.3	101.1	101.1	101.1	101.1
EC-max 22, 25 W	274	16 EASY/XT/Abs.	516/522	83.5	90.3	97.1	97.1	103.9	103.9	103.9	110.7	110.7	110.7	110.7
EC-max 22, 25 W	274	16 EASY Abs. XT	525	84.0	90.8	97.6	97.6	104.4	104.4	104.4	111.2	111.2	111.2	111.2
EC-max 22, 25 W	275	AB 20	584	109.5	116.3	123.1	123.1	129.9	129.9	129.9	136.7	136.7	136.7	136.7
EC 20 flat, 3 W, A	313			33.1	39.9	46.7	46.7	53.5	53.5	53.5	60.3	60.3	60.3	60.3
EC 20 flat, 3 W, B	313			32.5	39.3	46.1	46.1	52.9	52.9	52.9	59.7	59.7	59.7	59.7
EC 20 flat, 5 W	314			36.7	43.5	50.3	50.3	57.1	57.1	57.1	63.9	63.9	63.9	63.9
EC 20 flat, IE, IP 00	315			39.7	46.5	53.3	53.3	60.1	60.1	60.1	66.9	66.9	66.9	66.9
EC 20 flat, IE, IP 00	316			43.7	50.5	57.3	57.3	64.1	64.1	64.1	70.9	70.9	70.9	70.9
EC 20 flat, IE, IP 40	316			44.8	51.6	58.4	58.4	65.2	65.2	65.2	72.0	72.0	72.0	72.0

EC 20 flat Ø20 mm, senza spazzole, 3 watt



EC flat

M 1:1

- Programma di stock
- Programma standard
- Programma speciale (a richiesta)

Codici articolo

A con sensori Hall	351098	351099	351100	351101
B senza sensori	339255	241916	339257	339258

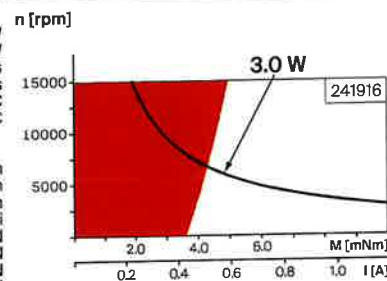
Dati del motore

Valori a tensione nominale		V	6	9	12	24
1	Tensione nominale	V	6	9	12	24
2	Velocità a vuoto	rpm	9070	9760	9540	9450
3	Corrente a vuoto	mA	53.6	35.1	25.8	12.6
4	Velocità nominale	rpm	3030	4140	3490	3830
5	Coppia nominale	mNm	3.22	4.08	3.28	3.78
6	Corrente nominale (corrente max. continuativa)	A	0.56	0.478	0.294	0.163
7	Coppia di stallo ¹	mNm	5.29	8.04	5.67	7.12
8	Corrente d'avviamento	A	0.9	0.957	0.503	0.309
9	Efficienza massima	%	59	66	61	65
Dati caratteristici		Ω	6.67	9.4	23.9	77.7
10	Resistenza ai terminali (fase-fase)	Ω	6.67	9.4	23.9	77.7
11	Induttanza ai terminali (fase-fase)	mH	0.639	1.3	2.35	9.8
12	Costante di coppia	mNm/A	5.88	8.4	11.3	23
13	Costante di velocità	rpm/V	1620	1140	847	414
14	Gradiente velocità/coppia	rpm/mNm	1840	1270	1790	1400
15	Costante di tempo meccanica	ms	74.1	51.2	72.1	56.2
16	Momento d'inerzia del rotore	gcm ²	3.84	3.84	3.84	3.84

Specifiche

Dati termici		
17	Resistenza termica housing-ambiente	19.2 K/W
18	Resistenza termica avvolg.-housing	8.41 K/W
19	Costante di tempo dell'avvolgimento	3.69 s
20	Costante di tempo termica del motore	31.8 s
21	Temperatura ambiente	-40...+100°C
22	Temperatura max. dell'avvolgimento	+125°C
Dati meccanici (cuscinetti precaricati)		
23	Velocità massima tollerata	15 000 rpm
24	Gioco assiale	< 2.0 N 0 mm
	da carico assiale	> 2.0 N 0.14 mm
25	Gioco radiale	precaricati
26	Carico assiale massimo (dinamico)	1.8 N
27	Forza di calettamento (statico)	18 N
	(statico, albero supportato)	200 N
28	Carico radiale max., a 5 mm dalla flangia	1.9 N

Intervallo di utilizzo



Legenda

- Operazioni in continuo**
Rispettando le seguenti resistenze termiche (linee 17 e 18), con una temperatura ambiente di 25°C si giungerà alla temperatura max. del rotore per operazioni in continuo = Limite termico.
- Operazioni di breve durata**
Il motore può essere sovraccaricato per breve tempo e ripetutamente.
- Potenza assegnata**

Altre specifiche

29	Numero di coppie di poli	4
30	Numero di fasi	3
31	Peso del motore	15 g

I valori riportati nelle tabelle sono nominali.

Terminali con sensori Hall	senza sensori
Pin 1: V _{Hall} 4.5...24 VDC	avvolgimento 1
Pin 2: sensore Hall 3	avvolgimento 2
Pin 3: sensore Hall 1	avvolgimento
Pin 4: sensore Hall 2	⋈ (stella)
Pin 5: GND	
Pin 6: avvolgimento 3	
Pin 7: avvolgimento 2	
Pin 8: avvolgimento 1	

Adattatore	No. dell'articolo	No. dell'articolo
vedi pag. 581	220300	220310
Connettore	No. dell'articolo	No. dell'articolo
TE	1-84953-1	84953-4
Molex	52207-1133	52207-0433

Connettore per la versione con sensori Hall: FPC, 11 poli, passo 1.0 mm, top contact style. Quadro delle connessioni per sensori Hall v. p. 67.

¹calcolata senza effetto di saturazione (p. 81/188)

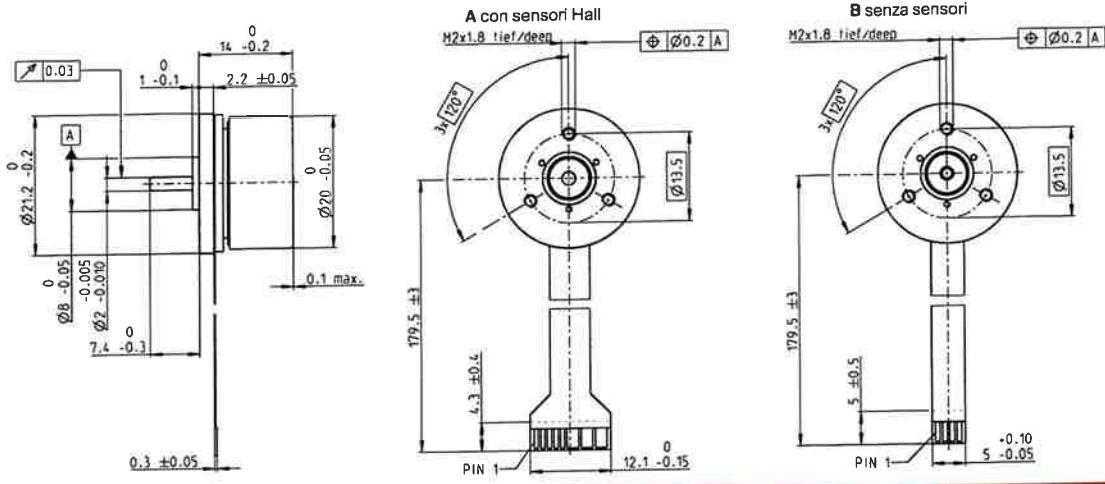
Sistema modulare

424_GP 22 A
427_GP 22 C

Dettagli sulla pagina del catalogo 54

Motor Control
554_ESCON Module 24/2
555_ESCON 36/3 EC
555_ESCON Module 50/4 EC-S
559_DEC Module 24/2
563_EPOS4 Micro 24/5
564_EPOS4 Module 24/1.5
565_EPOS4 Compact 24/5 3-axes
566_EPOS4 Compact 24/1.5

EC 20 flat Ø20 mm, senza spazzole, 5 watt



M 1:1

- Programma di stock
- Programma standard
- Programma speciale (a richiesta)

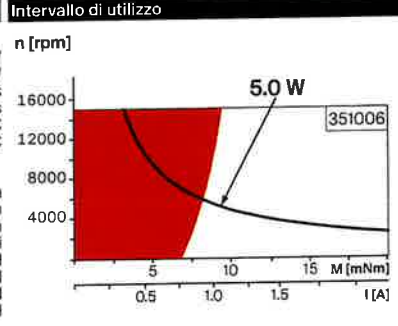
		Codici articolo			
A con sensori Hall		351005	351006	351007	351008
B senza sensori		351054	351055	351056	351057

Dati del motore (provvisori)

Valori a tensione nominale		6	9	12	24
1 Tensione nominale	V	6	9	12	24
2 Velocità a vuoto	rpm	9350	9430	9380	9300
3 Corrente a vuoto	mA	102	68.3	51.1	25.1
4 Velocità nominale	rpm	4780	5310	5170	5220
5 Coppia nominale	mNm	7.59	8.58	7.59	7.74
6 Corrente nominale (corrente max. continuativa)	A	1.31	0.974	0.655	0.329
7 Coppia di stallo	mNm	17.2	22.4	18.9	19.9
8 Corrente d'avviamento	A	2.93	2.54	1.61	0.838
9 Efficienza massima	%	67	71	68	69
Dati caratteristici					
10 Resistenza ai terminali (fase-fase)	Ω	2.05	3.54	7.45	28.6
11 Induttanza ai terminali (fase-fase)	mH	0.189	0.424	0.754	3.09
12 Costante di coppia	mNm/A	5.88	8.82	11.8	23.8
13 Costante di velocità	rpm/V	1620	1080	812	402
14 Gradiente velocità/coppia	rpm/mNm	567	435	515	484
15 Costante di tempo meccanica	ms	30.3	23.2	27.5	25.8
16 Momento d'inerzia del rotore	gcm ²	5.1	5.1	5.1	5.1

Specifiche

Dati termici	
17 Resistenza termica housing-ambiente	16.5 K/W
18 Resistenza termica avvolg.-housing	2.66 K/W
19 Costante di tempo dell'avvolgimento	1.77 s
20 Costante di tempo termica del motore	27.5 s
21 Temperatura ambiente	-40...+100°C
22 Temperatura max. dell'avvolgimento	+125°C
Dati meccanici (cuscinetti precaricati)	
23 Velocità massima tollerata	15 000 rpm
24 Gioco assiale < 2.0 N	0 mm
da carico assiale > 2.0 N	0.14 mm
25 Gioco radiale	precaricati
26 Carico assiale massimo (dinamico)	1.8 N
27 Forza di calettamento (statico)	26 N
(statico, albero supportato)	200 N
28 Carico radiale max., a 5 mm dalla flangia	5.3 N



Legenda

- Operazioni in continuo**
Rispettando le seguenti resistenze termiche (linee 17 e 18), con una temperatura ambiente di 25°C si giungerà alla temperatura max. del rotore per operazioni in continuo = Limite termico.
- Operazioni di breve durata**
Il motore può essere sovraccaricato per breve tempo e ripetutamente.
- Potenza assegnata**

Altre specifiche

29 Numero di coppie di poli	4
30 Numero di fasi	3
31 Peso del motore	22 g

I valori riportati nelle tabelle sono nominali.

Terminali con sensori Hall	senza sensori
Pin 1: V _{Hall} 4.5...24 VDC	avvolgimento 1
Pin 2: sensore Hall 3	avvolgimento 2
Pin 3: sensore Hall 1	avvolgimento 3
Pin 4: sensore Hall 2	⌋ (stella)
Pin 5: GND	
Pin 6: avvolgimento 3	
Pin 7: avvolgimento 2	
Pin 8: avvolgimento 1	

Sistema modulare

424_GP 22 A	427_GP 22 C
-------------	-------------

Dettagli sulla pagina del catalogo 54

Motor Control

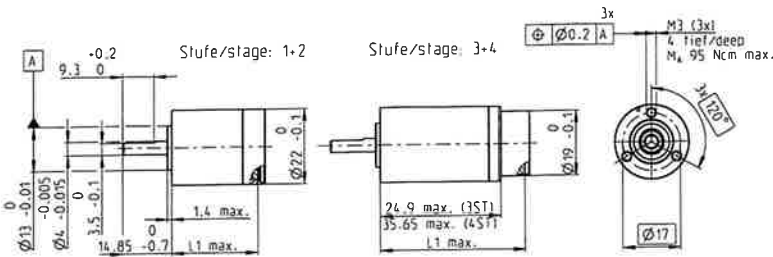
- 554_ESCON Module 24/2
- 555_ESCON 36/3 EC
- 555_ESCON Module 50/4 EC-S
- 559_DEC Module 24/2
- 563_EPOS4 Micro 24/5
- 564_EPOS4 Module 24/1.5
- 565_EPOS4 Compact 24/5 3-axes
- 566_EPOS4 Compact 24/1.5

Adattatore	No. dell'articolo	No. dell'articolo
vedi pag. 581	220300	220310
Connettore	No. dell'articolo	No. dell'articolo
TE	1-84953-1	84953-4
Molex	52207-1133	52207-0433

Connettore per la versione con sensori Hall: FPC, 11 poli, passo 1.0 mm, top contact style. Quadro delle connessioni per sensori Hall v. p. 67.

calcolata senza effetto di saturazione (p. 81/18B)

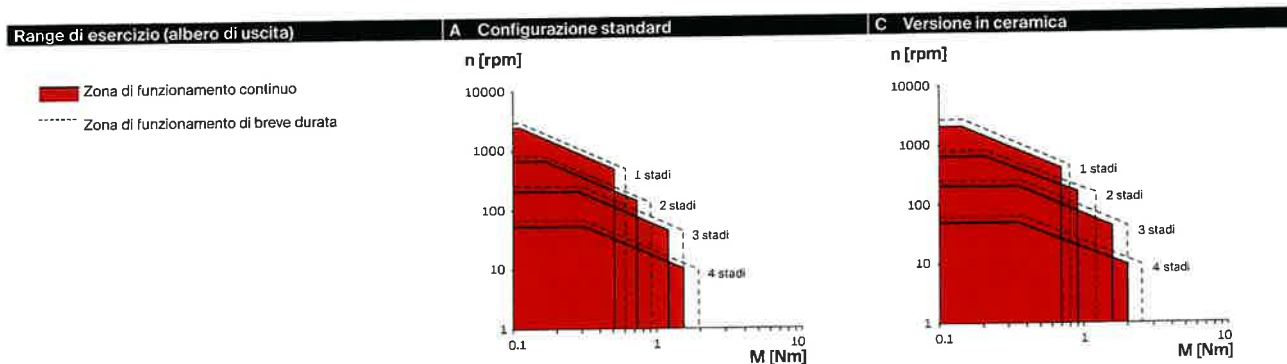
GPX 22 Ø22 mm, riduttore planetario



GPX

M 1:2

Caratteristiche tecniche	A Configurazione standard	C Versione in ceramica
Potenza trasmissibile max.	W 24	30
Coppia max. continuativa	Nm 1.5	2
Max. velocità in ingresso continuativa	rpm 12000	12000
Temperatura ambiente	°C -40 ... +100	-40 ... +100
Cuscinetti dell'albero di uscita	Cuscinetti a sfere	Cuscinetti a sfere



Specifiche	A Configurazione standard				C Versione in ceramica			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Numero di stadi								
Potenza max. trasmissibile continuativa	W 24.0	12.0	6.0	1.6	30.0	15.0	7.0	2.0
Potenza max. trasmissibile intermittente	W 30.0	15.0	7.5	2.0	38.0	19.0	9.0	2.5
Coppia max. continuativa	Nm 0.50	0.70	1.20	1.50	0.70	0.90	1.60	2.00
Coppia max. intermittente	Nm 0.60	0.90	1.50	1.90	0.80	1.20	2.00	2.50
Velocità max. di ingresso continuativa	rpm 8000	10000	12000	12000	8000	10000	12000	12000
Velocità max. di ingresso intermittente	rpm 10000	12500	15000	15000	10000	12500	15000	15000
Efficienza max.	% 90	81	74	66	90	81	74	66
Gioco medio riduttore senza carico	° 0.85	1.05	1.2	1.35	0.85	1.05	1.2	1.35
Carico assiale max. (dinamico)	N 40	40	40	40	40	40	40	40
Carico radiale max., 10 mm dalla flangia	N 65	100	120	120	65	100	120	120
Lunghezza riduttore L ¹	mm 19.9	26.4	32.2	43.0	19.9	26.4	32.2	43.0
Peso	g 45	58	67	89	45	58	67	89

Configurazione	A Configurazione standard				C Versione in ceramica			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Numero di stadi								
Rapporto di riduzione	X:1 3.9, 5.3, 6.6	16, 21, 26, 28, 35, 44	62, 83, 103, 111, 138, 150,	243, 326, 406, 439, 546, 590,	3.9, 5.3, 6.6	16, 21, 26, 28, 35, 44	62, 83, 103, 111, 138, 150,	243, 326, 406, 439, 546, 590,
Riduzione assoluta: (vedere online)			172, 186, 231	679, 734, 794, 913, 987, 1135, 1227, 1526			172, 186, 231	679, 734, 794, 913, 987, 1135, 1227, 1526
Tipo di riduttore	Standard/Versione in ceramica/rumorosità ridotta/gioco ridotto/high power/ultra performance							
Flangia	Flangia standard/flangia configurabile							
Albero	Lunghezza/superficie/foro trasversale							

Sistema modulare		Pagina	Sistema modulare		Pagina
DC motor	N° di stadi [opz.]		EC motor	N° di stadi [opz.]	
DCX 19 S	3-4	107-108	ECX SPEED 19 M	3-4	213-214
DCX 22 S	1-2 [3-4]	109-110	ECX SPEED 19 L	3-4	217-218
DCX 22 L	1-2 [3-4]	111-112	ECX SPEED 22 M	1-2 [3-4]	221-222
DC-max 22 S*	1-2 [3-4]	121-122	ECX SPEED 22 L	1-2 [3-4]	225-226
			ECX TORQUE 22 M	1-2	239
			ECX TORQUE 22 L	1-2	240
			ECX TORQUE 22 XL	1-2	241

*Selezione ridotta di rapporti di riduzione (vedere online).

¹Tale lunghezza può variare in base alla configurazione e alla selezione del motore. La lunghezza effettiva viene calcolata al termine della configurazione:

Comandi di posizionamento EPOS4 Dati

motor control

EtherCAT → CANopen



EPOS4 Compact 24/1.5 CAN

Soluzione compatta pronta al collegamento, adatta per motori DC con spazzole ed encoder e motori EC senza spazzole con sensori Hall ed encoder fino a 36/108 Watt.

EPOS4 Compact 24/1.5 EtherCAT

Soluzione compatta pronta al collegamento, adatta per motori DC con spazzole ed encoder e motori EC senza spazzole con sensori Hall ed encoder fino a 36/108 Watt.

Variante di comando	CANopen Slave	EtherCAT Slave
Dati elettrici		
Tensione operativa V_{CC}	10 - 24 VDC	10 - 24 VDC
Tensione di alimentazione della logica V_C (opzionale)	10 - 24 VDC	10 - 24 VDC
Tensione di uscita max.	$0.9 \times V_{CC}$	$0.9 \times V_{CC}$
Corrente in uscita max. I_{max}	4.5 A (<30 s)	4.5 A (<30 s)
Corrente in uscita continua I_{cont}	1.5 A	1.5 A
Frequenza dello stadio di potenza	100 kHz	100 kHz
Fr. di campionamento del regolatore di corrente PI	25 kHz (40 μ s)	25 kHz (40 μ s)
Fr. di campionamento del regolatore di velocità PI	2.5 kHz (400 μ s)	2.5 kHz (400 μ s)
Fr. di campionamento del regolatore di posizione PID	2.5 kHz (400 μ s)	2.5 kHz (400 μ s)
Velocità max. (1 coppia di poli)	50 000 rpm (sinusoidale), 100 000 rpm (trapezoidale)	50 000 rpm (sinusoidale), 100 000 rpm (trapezoidale)
Induttanza di fase integrata	94 μ H / 1.5 A	100 μ H / 1.5 A
Ingressi		
Segnali sensori Hall	H1, H2, H3	H1, H2, H3
Segnali encoder	A, A\, B, B\, I, I\ (max. 6.25 MHz)	A, A\, B, B\, I, I\ (max. 6.25 MHz)
Segnali sensore	A, A\, B, B\, I, I\, clock, clock\, data, data\	A, A\, B, B\, I, I\, clock, clock\, data, data\
Ingressi digitali	4 (livello commutabile: Logic/PLC)	4 (livello commutabile: Logic/PLC)
Ingressi digitali «High-speed»	4, differenziale	4, differenziale
Ingressi analogici	2 (risoluzione 12 bit, -10...+10 V)	2 (risoluzione 12 bit, -10...+10 V)
CAN ID / DEV ID	configurabile con DIP switch 1...5	configurabile con DIP switch 1...5
Uscite		
Uscite digitali	2	2
Uscite digitali «High-speed»	1, differenziale	1, differenziale
Uscite analogiche	2 (risoluzione 12 bit, -4...+4 V, max. 1 mA)	2 (risoluzione 12 bit, -4...+4 V, max. 1 mA)
Uscita di tensione encoder	+5 VDC, max. 70 mA	+5 VDC, max. 70 mA
Uscita di tensione sensori Hall	+5 VDC, max. 30 mA	+5 VDC, max. 30 mA
Uscita di tensione auxiliary	+5 VDC, max. 145 mA	+5 VDC, max. 145 mA
Interfacce		
RS232	RxD; TxD (max. 115200 bit/s)	-
CAN	high; low (max. 1 Mbit/s)	-
USB 2.0/3.0	Data+; Data- (Full Speed)	Data+; Data- (Full Speed)
EtherCAT	-	100 Mbit/s (Full Duplex)
Indicazione		
LED verde = READY, rosso = ERROR	LED verde, LED rosso	LED verde, LED rosso
Condizioni ambientali		
Temperatura di esercizio	-30...+45°C	-30...+45°C
Intervallo di temperatura ampliato	+45...+70°C; Derating: -0.060 A/°C	+45...+70°C; Derating: -0.060 A/°C
Temperatura stoccaggio	-40...+85°C	-40...+85°C
Umidità dell'aria (senza condensa)	5...90%	5...90%
Dati meccanici		
Peso	ca. 58 g	ca. 78 g
Dimensioni (L x P x H)	55.0 x 40.0 x 31.1 mm	55.0 x 56.5 x 31.7 mm
Fissaggio	Viti M2.5	Viti M2.5
Codici articolo		
	546714 EPOS4 Compact 24/1.5 CAN	628092 EPOS4 Compact 24/1.5 EtherCAT
Accessori		
	309687 Chopper di frenatura DSR 50/5	309687 Chopper di frenatura DSR 50/5
	Ordinare gli accessori separatamente, v. pag. 580	Ordinare gli accessori separatamente, v. pag. 580

Traccia 2

I pazienti con capacità motorie limitate, ricoverati in reparti di degenza o in strutture di assistenza, necessitano di letti in grado di consentire regolazioni automatizzate per agevolare le operazioni quotidiane di cura e movimentazione, nonché di garantire condizioni di comfort e di sicurezza, anche per gli operatori sanitari. In tal senso, i letti motorizzati ospedalieri rappresentano un ausilio fondamentale e altamente integrato nei contesti clinici e, in particolare, sono progettati per: i) garantire il comfort del paziente mediante regolazioni multiple della postura; ii) favorire le operazioni di igiene, nutrizione, terapia e monitoraggio clinico; iii) consentire la mobilitazione assistita o autonoma del paziente; iv) agevolare le manovre di trasferimento da/verso carrozzine, barelle o altri letti; v) ridurre il carico biomeccanico per il personale sanitario.

Tali dispositivi includono generalmente:

- Una struttura di supporto a base mobile (con o senza ruote frenabili) che ospita sistemi di movimentazione;
- Un piano letto suddiviso tipicamente nelle seguenti sezioni articolate: sezione tronco, sezione seduta, sezione arti inferiori (tipicamente con due sotto-sezioni per cosce e gambe, tra loro accoppiate);
- Meccanismi di regolazione della sezione tronco e della sezione arti inferiori (la sezione seduta è tipicamente fissa);
- Un meccanismo di regolazione dell'altezza e dell'inclinazione dell'intero piano letto;
- Attuatori elettrici (spesso lineari), dotati di opportuni sensori integrati, destinati all'attuazione dei suddetti meccanismi di regolazione;
- Un sistema di controllo della movimentazione con interfaccia utente (pulsantiera) per paziente e operatore sanitario.

Il candidato esegua la progettazione di massima con calcoli di primo dimensionamento di un letto motorizzato elettrico, ed in particolare:

- Identifichi i meccanismi da adottare per consentire le principali movimentazioni (regolazione dell'inclinazione del tronco e degli arti inferiori, variazione dell'altezza e dell'inclinazione del piano letto), indicando la tipologia, i gradi di libertà e dettagliando le scelte effettuate in base alle funzioni desiderate;
- Imposti i calcoli per il dimensionamento strutturale di massima di uno più componenti ritenuti maggiormente sollecitati (es. porzioni della struttura di supporto o delle sezioni articolate, componenti dei meccanismi di regolazione) partendo da schemi di calcolo statici sull'intero dispositivo e/o su sue porzioni;
- Esegua il dimensionamento di massima del sistema di attuazione, definendo tipologia e caratteristiche degli attuatori elettrici impiegati (es. corsa utile, velocità, forza);
- Identifichi tipologia, intervallo di misura, risoluzione e posizionamento dei sensori necessari per il controllo della movimentazione e per il controllo della sicurezza;
- Proponga un possibile schema di controllo dell'azionamento per la gestione dei movimenti, descrivendo brevemente l'architettura di sistema, l'interfaccia utente e le funzioni disponibili;
- Discuta gli aspetti progettuali legati alla sicurezza degli utenti.

Si trascurino gli aspetti legati alla progettazione del materasso e di accessori opzionali e si tenga conto dei seguenti vincoli:

- Dimensioni e intervalli di regolazione compatibili con le caratteristiche antropometriche di pazienti adulti;
- Massa massima del paziente: 150 kg;
- Numero minimo di sezioni articolate del piano letto: 2 (tronco, arti inferiori);
- Numero minimo di regolazioni indipendenti: 4 (inclinazione tronco, inclinazione arti inferiori, sollevamento piano letto, inclinazione piano letto);
- Tempo minimo di ciascuna regolazione fino a fine corsa: 10 s;
- Dimensioni e massa totali del sistema compatibili con l'uso in ambienti ospedalieri.

Si corredi lo svolgimento della prova con schemi esplicativi (es. funzionali, cinematici, strutturali, elettrici) e qualsiasi altro elemento utile a supportare le scelte progettuali.

TRACCIA 3

Una colonna di assorbimento a riempimento opera ad una pressione media di 2 atm e lavora per ridurre del 95% la frazione molare del componente A (PM = 44 g/mol) da un gas inerte (PM=28 g/mol) utilizzando come solvente acqua pura.

La relazione di equilibrio è $y = 7x$ con una composizione del componente A in ingresso pari a $y_1 = 5\%$.

La colonna, avente un diametro di 0.35 m, lavora con una portata di gas $G=25$ kmol/h.

In tali condizioni si possono considerare costanti i coefficienti di trasferimento di materia:

- $F_{LA} = 0.025$ kmol/(m³ s)
- $F_{GA} = 0.050$ kmol/(m³ s)

Si considerino

$$\rho_L = 996 \frac{kg}{m^3} \quad \mu_L = 0.00065 Pa \cdot s$$

Si richiede di:

1. Determinare il rapporto L/G maggiorandolo di 2 volte rispetto al valore minimo.
2. Risolvere i bilanci di materia.
3. Calcolare l'altezza della colonna.
4. Rappresentare lo schema di processo strumentato (assorbimento e stripping).

TRACCIA 4

Si desidera distillare una miscela metanolo – acqua al 50% molare, con una portata di 20000 kg/h, in una colonna operante a pressione atmosferica.

Si vuole recuperare in testa il 90% di metanolo con una purezza del 98% molare, usando un rapporto di riflusso maggiorato del 50% rispetto a quello minimo. La corrente di alimentazione, disponibile a 35°C, entra in colonna come liquido saturo.

Si richiede di:

1. Effettuare i bilanci di materia ed energia.
2. Calcolare il numero di stadi ideali.
3. Effettuare il bilancio energetico per recuperare il calore del residuo per preriscaldare in parte la miscela che deve essere portata a saturazione con steam a bassa pressione.
4. Rappresentare lo schema di processo strumentato

Considerare le seguenti proprietà fisiche per i due composti:

Calore Latente:

$$\lambda_i(T) = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 + E \cdot T^4 \quad T(K); \frac{J}{K \text{ kmol}}$$

	A	B	C	D	E
Metanolo	$2.56 \cdot 10^5$	-2741.4	14.777	-0.035	3.27E-05
Acqua	$2.76 \cdot 10^5$	-2090.1	8.125	-0.014	9.37E-06

Tensione di vapore:

$$\ln[P_{s,i}(T)] = A + \frac{B}{T} + C \cdot \ln(T) + D \cdot T^E \quad T(K); Pa$$

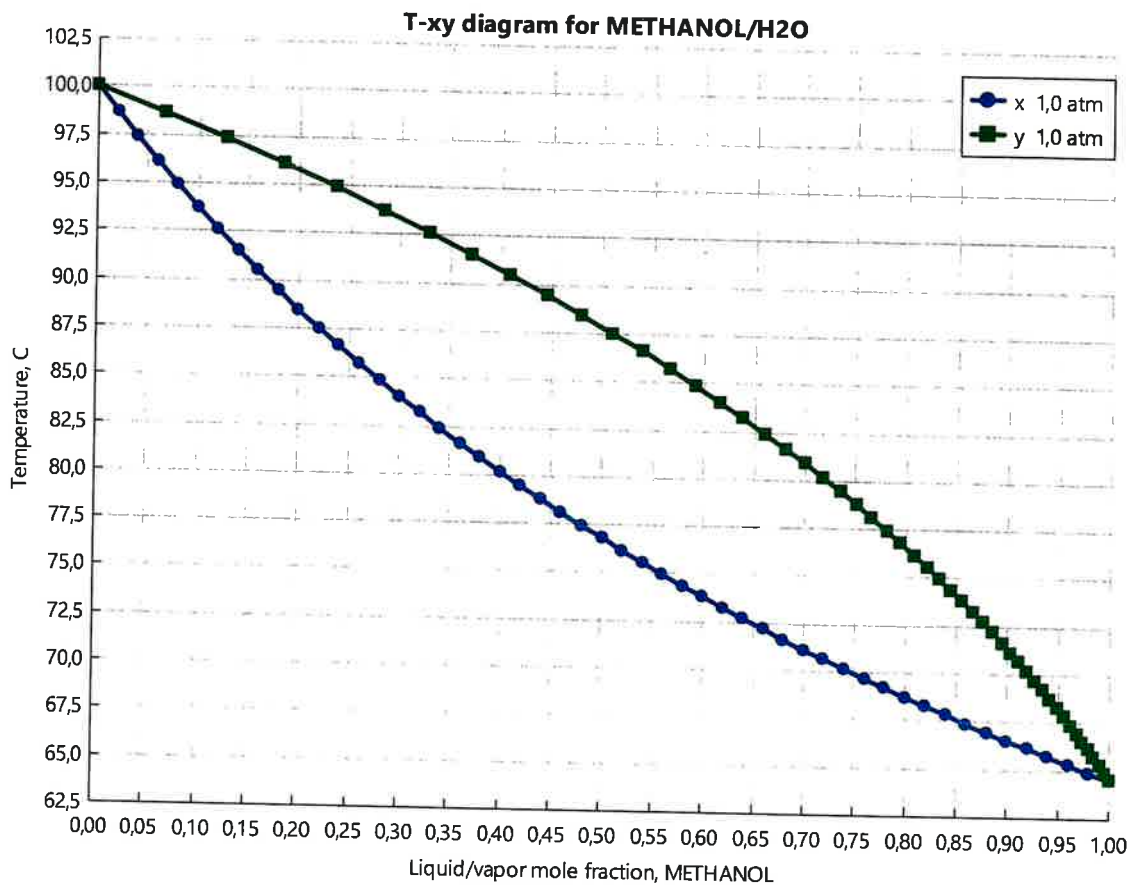
	A	B	C	D	E
Metanolo	82.718	-6904.5	-8.862	7.47E-06	2
Acqua	73.649	-7258.2	-7.304	4.17E-06	2

Calore Specifico (assunto costante):

Metanolo: 86 kJ/K kmol

Acqua: 75 kJ/K kmol

La curva $x-y$ e il diagramma $T-x,y$ per il sistema in esame sono riportate di seguito.



y-x diagram for METHANOL/H2O

