

RIDUTTORE EPICICLOIDALE O PLANETARIO PER AEROMODELLI

L'idea del riduttore per aeromodelli mi era già balenata parecchi anni fa, quando ho cominciato ad introdurre quelle modifiche ai motori per elevare la velocità di rotazione ed ho quindi notato che bisognava ridurre il diametro dell'elica per evitare l'alta velocità dell'estremità della stessa, con conseguente problema di fluttar e forti resistenze (sempre all'estremità).

Ad un certo punto ho cominciato la mia collaborazione con Alessandro Mossa, per lo sviluppo di nuovi motori brushless, equipaggiati con un riduttore epicicloidale.

Questi motori, mediamente, girano a 40.000 giri al minuto; da ciò ho capito subito che le parti che compongono questo aggeggio dovevano essere realizzati con precisione molto spinta.

Perciò, la prima cosa che ho fatto è stata quella di aggiornare il parco strumenti di misura; inoltre, non possedendo macchine molto sofisticate, mi sono affidato ad officine attrezzate ed abituate a produrre particolari meccanici molto precisi.

Vediamo ora **come è composto un riduttore epicicloidale o planetario**:

Innanzitutto, questo meccanismo può funzionare in due modi differenti, a seconda che la ruota A sia ferma o libera. Se la corona A è fissa, ruotando l'ingranaggio B (solare) ruotano i satelliti C, trascinando il telaio e l'albero S.

Così facendo, otteniamo una rotazione ridotta coassiale e coerente, cioè ruota solare B e albero del telaio S ruotano nello stesso senso.

Quali sono i vantaggi di questo riduttore? Dimensione ridotta, iperstaticità, robustezza, possibilità di elevate velocità di rotazione.

RAPPORTO DI TRASMISSIONE E CONSIDERAZIONI SUI DIVERSI RAPPORTI

Come si calcola il rapporto di trasmissione di tale riduttore?

Il nostro caso contempla un telaio mobile: il telaio, cioè, funziona da ultima condotta S e la ruota B da 1° motrice, perciò il rapporto di trasmissione è w_1/w , mentre la rotazione del telaio si compie nello stesso senso.

Applicando la formula di Willis, si ottiene:

$$\frac{w_1 - w}{w_2 - w}$$

$$=$$

Ma siccome $w_2 = 0$, il rapporto del ruotismo ordinario è:

$$\frac{z_1 * z_2}{z_1 * z} \quad \text{Uguale a} \quad \frac{z_2}{z_1}$$

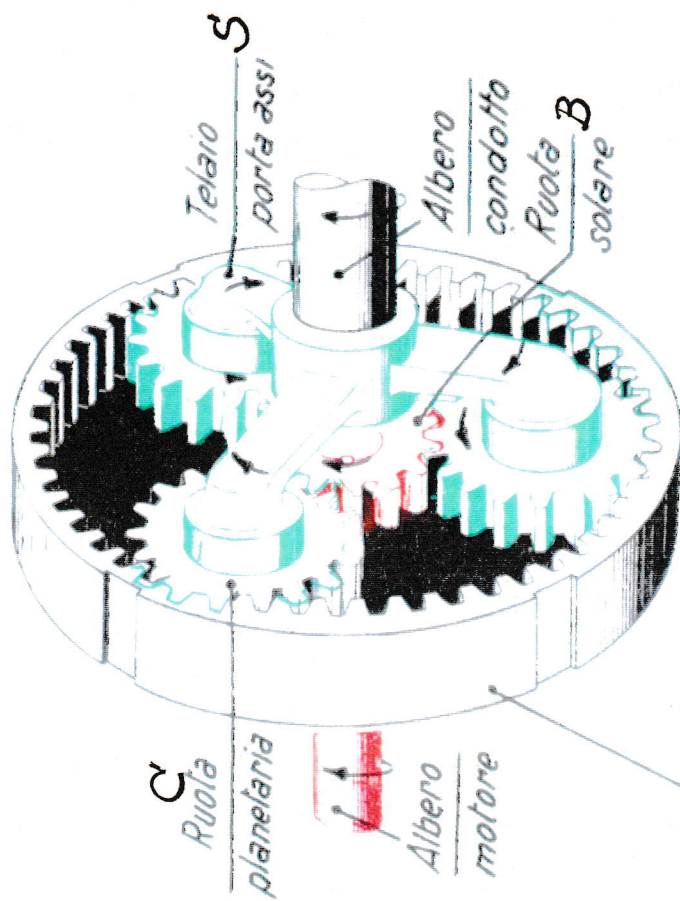


Fig. 398

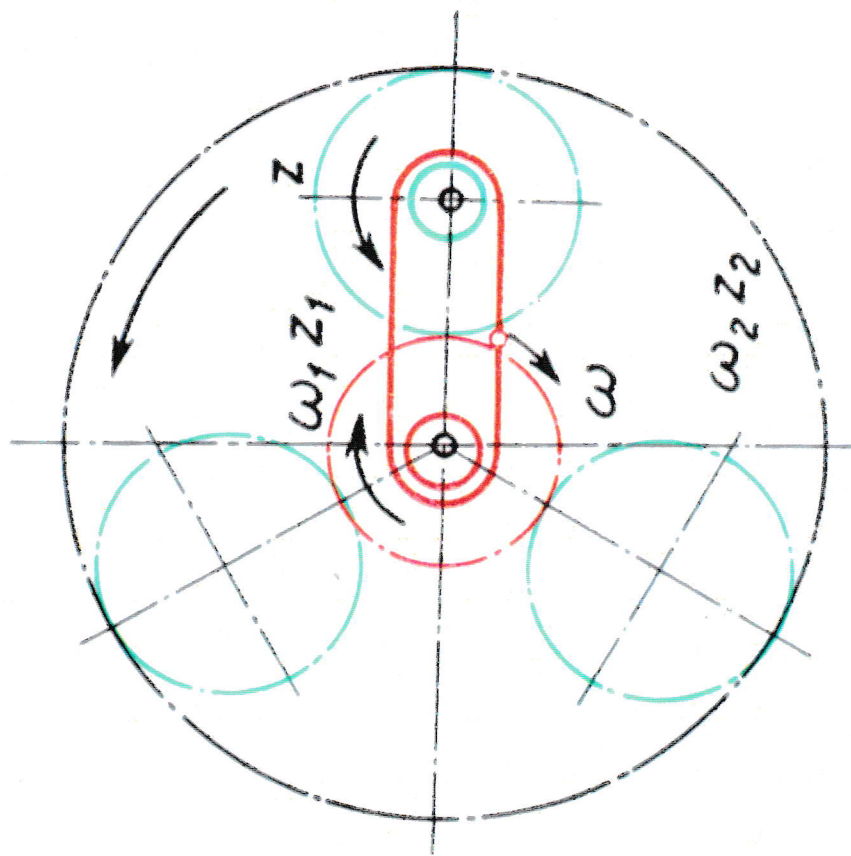


Fig. 399

Perciò:

$$\frac{w1 - w}{-w} \text{ Uguale a } \frac{-z2}{z1}$$

Che risulta rispetto al rapporto di trasmissione $w1/w$ dà:

$$\frac{w1}{w} \text{ Uguale a } \frac{z1 + z2}{z1}$$

Nel nostro caso $17+46/17 = 3.7058$

Di rapporti se ne posso fare diversi, ma solamente fino ad un certo punto, perché esistono dei limiti dimensionali oltre i quali non è possibile andare: ammettiamo per esempio di voler fare un rapporto 2:1. E' impossibile, come possiamo controllare dai seguenti dati.

Poniamo il caso seguente:

Corona esterna $A = z1 = 45$

Ruota $B = z2 = 45$

$$45+45/45 = 2$$

Dimensioni:

$$\text{Corona A } z45 * M0,5 = \text{Dp. } 22,5 - 2M = 21,5$$

$$\text{Solare B } z45 * M0,5 = \text{Dp. } 22,5 + 2M = 23,5$$

La ruota solare B è più grande del diametro interno della corona A.

Il limite del rapporto più basso è 2,666 : 1.

Poniamo ora il caso seguente:

Corona A z50

Solare B z30

Satelliti z10

$$50+30/30 = 2.6666:1$$

L'unico pericolo è il satellite, in quanto deve girare 3 volte la velocità della ruota solare: se il motore gira a 40.000 giri, il satellite dovrà fare 120.000 di giri al minuto. Inoltre le dimensioni del satellite sono le seguenti:

$$M 0,5 \quad z10, \quad \text{Dp}5, \quad \text{De}6 \quad \text{Di } 4.41$$

In questo caso è possibile fare una bronzina da 3.5 con foro da 2.5, operazione veramente difficile, tenuto conto che l'eccentricità fra foro e diametro primitivo deve essere contenuto nei 2 micron.

Perciò il rapporto più basso è bene contenerlo entro il 3,7 :1; nel caso del rapporto più alto è bene non andare oltre il 6,75:1.

Andare oltre questo rapporto significa rendere il solare B troppo piccolo e fragile, con il pericolo di distruzione.

Esaminando le dimensioni del rapporto 6,75:1,

M 0,498 Corona A z46 Solare B z28 Satelliti z18

$$46+8/8 = 6,75 :1$$

si può notare che essendo di 28 denti il solare e 18 denti i satelliti, questi ultimi girano molto piano, ed inoltre il diametro è abbastanza grande da poter usare dei cuscinetti, semplificando la costruzione degli stessi.

La tendenza oggi è quella di costruire motori ultraveloci e aumentare il rapporto di trasmissione, anche se si perde un po' di efficienza del riduttore.

I miei riduttori con rapporto 3,7058:1 hanno un rendimento medio del 96%, mentre un riduttore con rapporto 6,75:1 penso sia molto difficile che raggiunga l'82-85%.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E MATERIALI

CARCASSA PORTA CORONA

- materiale ERGAL 55

CORONA MONTATA A CALDO NELLA CARCASSA

- materiale ERGAL 55

La lavorazione della dentatura interna della corona è ottenuta da elettroerosione a filo, eseguito dalla ditta MARCA di Nerviano.

SATELLITI E SOLARE

- ACCIAIO BONIFICATO DA 130 Kgmm
- TRATTAMENTO TERMICO DOPO DENTATURA TERMIFER
- BRONZINA IN BRONZO CARO
- DENTATURA ESEGUITA DALLA DITTA CANDUSSO

Importante la lavorazione del foro della bronzina dopo calettamento nell'ingranaggio: **ECCENTRICITA'** fra primitivo dei denti e foro diametro 3, max 3 omega, 3 millesimi!!

Dopo lavorazione e trattamento si esegue un rodaggio con pasta diamantata da $\frac{1}{4}$ di micron.

ALBERO CON TELAIO PORTA SATELLITI:

- ACCIAIO BONIFICATO DA 130 Kgmm
- TRATTAMENTO TERMICO TERMIFER

Per chiarire, il TERMIFER è un trattamento termico di nitrurazione in atmosfera controllata a bassa temperatura per evitare deformazioni geometriche.

PERNI PORTA SATELLITE

- METALLO DURO DI QUALITA' PARTICOLARE, forniti dalla ditta Chiappella di Milano
- Esecuzione speciale con diametro 3h5 con lappatura

LUBRIFICAZIONE A GRASSO:

Dopo svariati tentativi abbiamo interpellato la ditta KLUBER, la quale ci ha fornito un grasso di formulazione speciale che ci ha risolto il problema, per la modica cifra di 300.000 + I.V.A. al Kg; però funziona!

Posso aggiungere, per quanto concerne la costruzione, che mi sono dovuto creare diversi attrezzi di alta precisione.

Questo è quanto e non lo farò mai più.

Questi riduttori, come diceva Mossa, hanno un rendimento medio del 96-97% che dipende solamente dalla altissima precisione e dal rodaggio, tenendo conto che mediamente i motori girano a 40-50.000 giri con potenze in ingresso di circa 1800 W, con 72,2-80 Ampere.

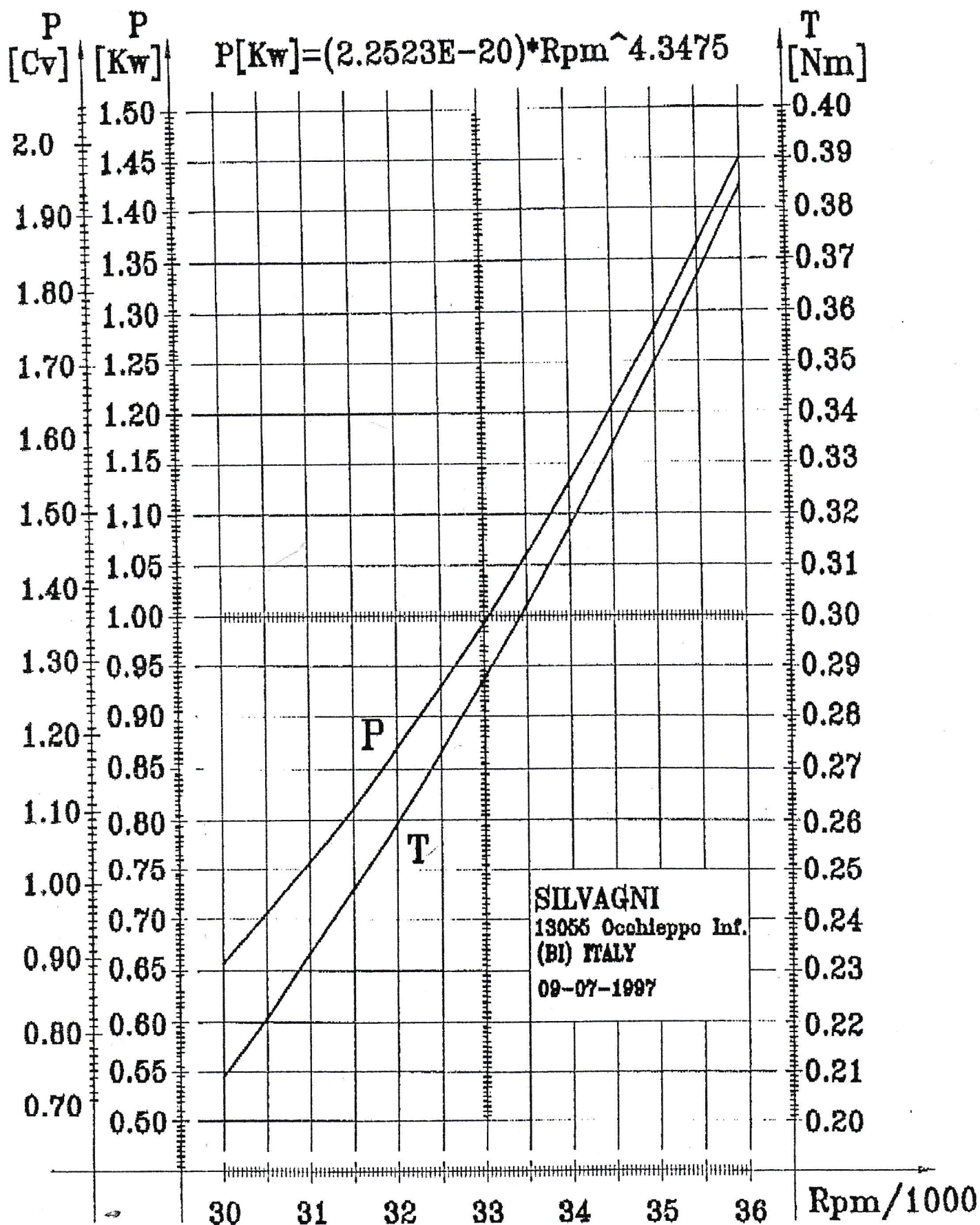
SILVAGNI
Ochieppo Inf.
(BI) ITALY

AVEOX
1406 New
1406-1.5Y

Volt	Amper	Lett cop	Hertz	Coppia	Rpm	P in	P out	Eta%	Note	T1	T2
[V]	[A]	[g]	[Hz]	[Nm]	[g/l]	[W]	[W]			[°C]	[°C]
19,0	40,5	396	2091,0	0,1942	31365	770	638	82,902	1406NEW	22 a	
19,98	44,5	434	2039	0,2129	30585	889	682	76,679	I0=4.4A	958	mbar
19,97	44,7	441	2091	0,2163	31365	893	710	79,585	Elica		
20,8	49,1	492	2145,0	0,2413	32175	1022	813	79,535	196x98 mono		
21,7	53,1	544	2203,0	0,2668	33045	1150	923	80,313	fissa Rossani		
22,6	58,3	588	2257,5	0,2884	33863	1317	1023	77,651			
23,4	64,0	639	2312,0	0,3134	34680	1500	1138	75,871			
23,4	64,1	638	2310,0	0,3129	34650	1503	1135	75,569	Caldo	25a	
23,5	64,5	644	2323,0	0,3159	34845	1513	1153	76,168	I0=5A		58
23,5	64,5	631	2317,0	0,3095	34755	1515	1126	74,343		53	65
23,5	64,4	631	2319,0	0,3095	34785	1513	1127	74,523			
23,5	64,5	644	2323,0	0,3159	34845	1513	1153	76,201			
23,5	64,5	643	2323,0	0,3154	34845	1513	1151	76,082			
24,6	72,2	720	2387,0	0,3532	35805	1779	1324	74,428			
23,4	66,3	684	2328,0	0,3355	34920	1551	1227	79,108	I0=6.5A		
23,4	65,7	684	2336,0	0,3355	35040	1538	1231	80,037			
6,6	67,7	1053	685,3	0,5165	5542	445	300	67,279	1405-1.5Y		
8,2	78,9	1273	849,9	0,6244	6873	644	449	69,793	Ant.I		36
8,7	60,9	944	972,8	0,4630	7866	529	381	72,068	Mulinello		
8,7	60,6	948	971,5	0,4650	7856	524	383	72,970			
10,1	75,6	1212	1090,5	0,5945	8818	761	549	72,104			
9,9	79,9	1262	1111,5	0,6190	8988	793	583	73,427	Ant.II		
9,2	71,6	1118	1042,1	0,5484	8427	657	484	73,697			43

Elica ROSSANI 196X98 Monopala Fissa

Aria Standard (1013.25 mbar - 15°C)



CORREZIONE DELLA POTENZA ASSORBITA DA UN'ELICA

in funzione della temperatura e della pressione ambiente

La seguente formula permette di calcolare la potenza effettiva assorbita da un'elica in condizioni generiche di temperatura e pressione ambiente, nota la potenza assorbita in aria standard*.

$$W_e = 0.284 \frac{P_{amb}}{(273 + T_{amb})} W_{st}$$

Legenda:

W_e = Potenza effettiva

W_{st} = Potenza in aria standard*

P_{amb} = Pressione ambiente in mbar

T_{amb} = Temperatura ambiente in °C

* Le condizioni di aria standard sono 1013.25 mbar di pressione e 15°C di temperatura.

Applicazione della correzione di potenza per un'elica

Di un'elica è nota la curva caratteristica della potenza in aria standard per un suo intervallo di funzionamento (ved. Diagramma allegato).

Noti il numero di giri (Rpm), la pressione ambiente (P_{amb}) e la temperatura ambiente (T_{amb}) nelle condizioni di prova, si legge dal diagramma il corrispondente valore di potenza standard in Kw o Cv ai giri rilevati.

Si sostituiscono i valori numerici disponibili nella precedente formula e si ottiene il valore della potenza realmente assorbita dall'elica in tali condizioni di funzionamento.

Esempio:

Pressione ambiente $P_{amb} = 958$ mbar

Temperatura ambiente $T_{amb} = 22$ °C

Giri dell'elica $Rpm = 34000$ g min⁻¹

Leggendo sul diagramma si ottiene un valore di potenza standard (W_{st}) di 1.13 Kw.
Sostituendo nella formula si ottiene una potenza effettiva (W_e) di 1.04 Kw.

Silvagni Angelo e Mario - Via Repubblica 18 - 13055 Occhieppo Inf (BI) ITALY
Tel+Fax: 015-590945 E-Mail: m.silvagni@studenti.to.it

Con il motore a scoppio da 2,5 cc3 il problema era quello di piazzare il riduttore solidamente e perfettamente allineato con l'albero motore, perciò l'unica maniera era quella di costruire il motore nuovo.

Con l'aiuto della Rossi, ho realizzato 5 o6 prototipi che ho provato e che hanno dato ottimi risultati.

Come vedete nel diagramma, ho costruito un elica monopala fissa.

Inoltre, ho ottimizzato il motore raggiungendo a terra circa 33.000 giri e la stessa elica l'ho piazzata su un motore elettrico ed ho eseguito le prove a vari numeri di giri, ottenendo un diagramma che mi permette di leggere la potenza del motore.

Nel diagramma, inoltre, potete vedere che a 33.000 giri si ha una potenza di 1000 W (in cavalli 1,37), con una coppia di 0,30 Nm.

Simulando la velocità di salita, dovrebbero risultare 55-60 mt. al secondo!

Se non mi viene un altro infarto in futuro può darsi che finisca i modelli.

P.S. Dei cinque prototipi costruiti, uno ha la bronzina di banco invece dei cuscinetti, ed è il più veloce!

Sergio Rossani