



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Vittorio BUCCI

Progetto di impianti di propulsione navale

8.3 RIDUTTORI

Anno Accademico 2017/2018

Impianti di propulsione navale

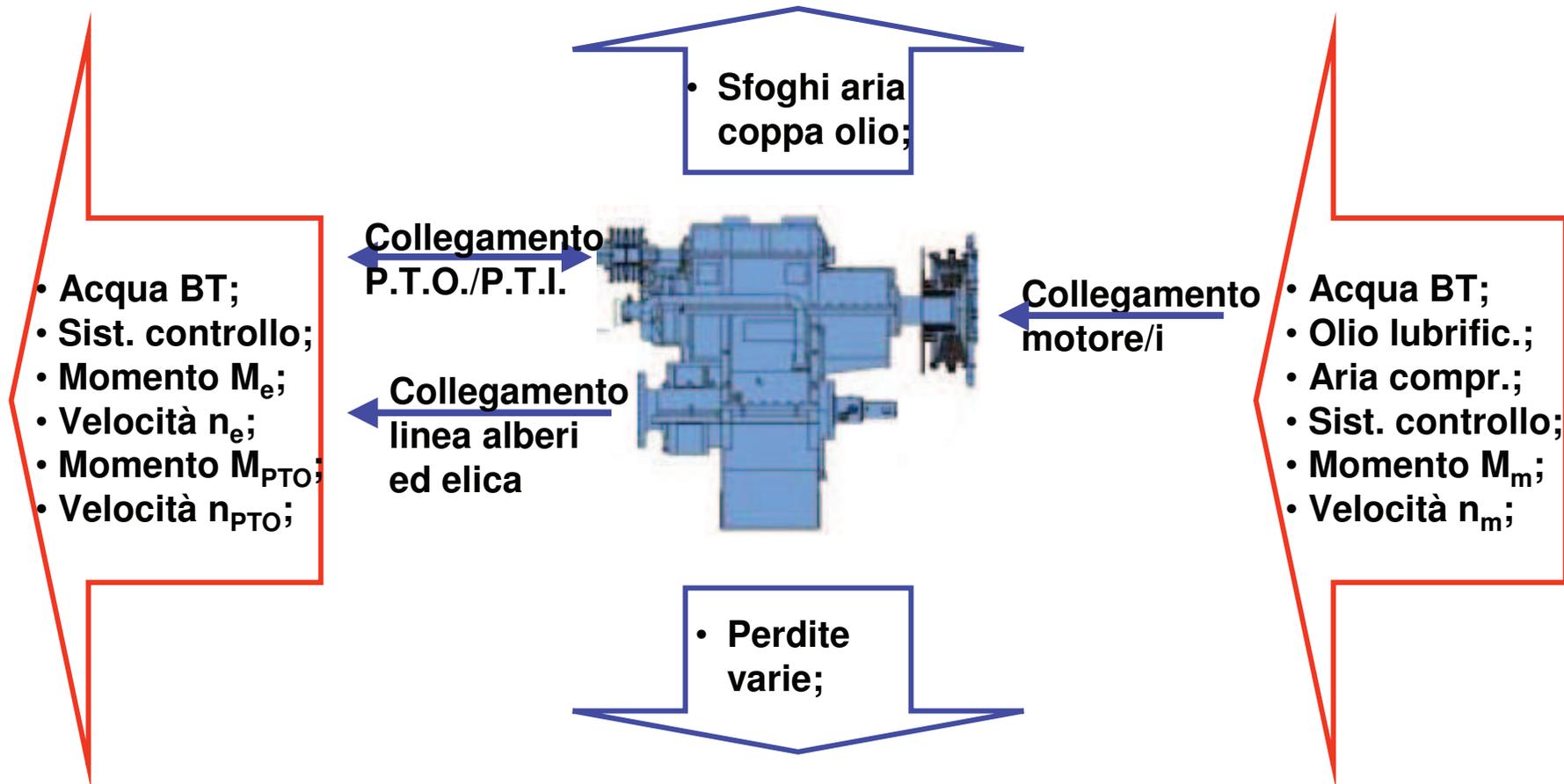
Componenti della trasmissione della potenza – Riduttori di velocità

- Il riduttore di velocità è un componente molto importante della trasmissione della potenza in quanto consente di ottimizzare sia la velocità del motore primo sia quella dell'elica e trasmette la spinta dell'elica alle fondazioni di scafo;
- Le prime applicazioni di riduttori di velocità ad ingranaggi con dentature elicoidali risalgono alla fine del 1800 su navi con propulsione con turbina a vapore;
- I riduttori si diffusero poi rapidamente agli inizi del 1900 con la continua sostituzione degli impianti a vapore alternativi con quelli con turbine a vapore;
- L'evoluzione tecnica ha poi portato prima alla sostituzione delle turbine a vapore con quelle a gas e poi alla quasi totale sostituzione di quest'ultime con i motori diesel 4T, ma il riduttore di velocità è restato un componente fondamentale nella trasmissione di potenza al propulsore;
- Il riduttore sostanzialmente è costituito da una coppia di ruote dentate che trasferiscono potenza, o momento torcente, da un albero conduttore ad uno condotto riducendo la velocità di rotazione;
- Il riduttore più semplice è costituito pertanto da:
 - ✓ una cassa strutturale di ghisa fusa o di acciaio saldato;
 - ✓ ruote dentate di acciaio con semplice o doppia elica;
 - ✓ alberi di trasmissione di acciaio fucinato;
 - ✓ cuscinetti a strisciamento o a rotolamento;
 - ✓ eventuali frizioni interne a dischi in bagno di olio;
 - ✓ circuito olio di lubrificazione e di comando delle frizioni

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Riduttori di velocità

- La figura seguente mostra un riduttore con schematizzati i collegamenti ed i sistemi ausiliari:



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Riduttori di velocità

- Le caratteristiche principali di un riduttore, importanti per il l'impiantista navale, cioè riduttori con potenza totale da 6 MW (singoli) e 35 MW (doppi) sono:
 - ✓ La potenza massima continuativa trasmessa per la propulsione e per la P.T.O.;
 - ✓ Il rapporto di riduzione “ ρ ”, variabile da 2,5 a 6,5, definito come segue:

$$\rho = \frac{\text{Velocità di rotazione in ingresso}}{\text{Velocità di rotazione in uscita}} = \frac{n_{\text{motore}}}{n_{\text{elica}}} = \frac{n_m}{n_e}$$

- ✓ Il rapporto di moltiplicazione “ τ ”, variabile in modo da avere una velocità di sincronismo per l'alternatore asse (normalmente 1000 o 1500 giri/min per 50 Hz e 1200 o 1800 giri/min per 60 Hz), definito come segue:

$$\tau = \frac{\text{Velocità di rotazione in ingresso}}{\text{Velocità di rotazione PTO/PTI}} = \frac{n_{\text{motore}}}{n_{\text{PTO/PTI}}} = \frac{n_m}{n_{\text{PTO/PTI}}}$$

- ✓ Il rendimento “ η ” definito come rapporto tra la potenza in uscita e quella in entrata. Nei riduttori moderni i rendimenti variano tra il 98 e il 99%;
 - ✓ La portata dell'acqua BT di raffreddamento e il calore da asportare dal circuito olio;
 - ✓ Il peso totale compresi i liquidi;
- In base a quanto esposto, il momento disponibile sulla linea d'alberi risulta:

$$M_e = \eta \cdot \rho \cdot M_m \text{ [kNm]}$$

Impianti di propulsione navale

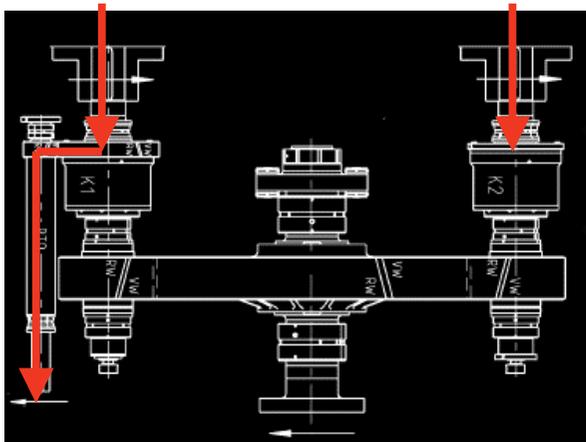
Componenti della trasmissione della potenza – Riduttori di velocità

- I possibili fornitori di riduttori marini per impianti con motori medium speed sono:
 - ✓ Renk: fornisce riduttori semplici e doppi per tutte le potenze ed è attualmente il leader del mercato per la fascia di alta potenza;
 - ✓ Flender: è una possibile alternativa a Renk, anche se recentemente sembra più interessato alle forniture industriali;
 - ✓ Wärtsilä: è una alternativa ai due precedenti, soprattutto per i riduttori singoli e per la fascia di bassa potenza per quelli doppi, fino a circa 3,8 m di interasse dei motori;
 - ✓ Maag: fornisce soprattutto riduttori singoli e doppi per applicazioni militari, a basso livello di rumorosità strutturale, e speciali, ad esempio per turbogas. Per applicazioni marine è un fornitore di ottimo livello, ma è più costoso;
- La configurazione dei riduttori marini per impianti con motori medium speed è sempre con ruote cilindriche, assi paralleli, cuscinetti a rotolamento, versione non reversibile e frizioni a dischi in bagno d'olio. Le principali possibili alternative sono:
 - ✓ Uno o due alberi di'ingresso e uno di uscita;
 - ✓ Offset orizzontale o verticale per riduttori singoli;
 - ✓ Ingranaggi a semplice o doppia elica
 - ✓ Frizioni installate a proravia o a poppavia (esecuzione quill shaft) dei pignoni;
 - ✓ Cuscinetto reggispinta posizionato a proravia o poppavia della ruota lenta;
 - ✓ P.T.O. primaria o secondaria;
 - ✓ Pompe principali olio di lubrificazione trascinate o elettropompe;

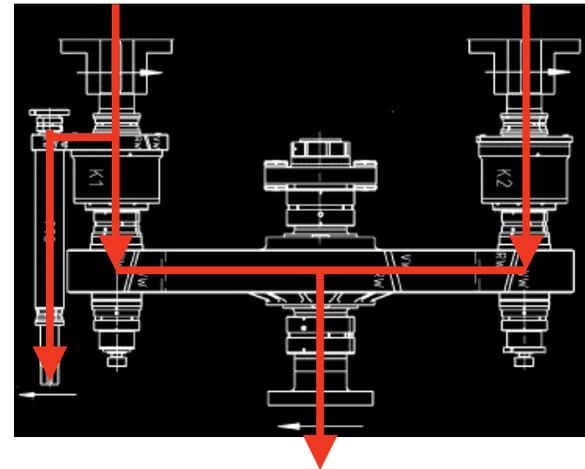
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Riduttori di velocità

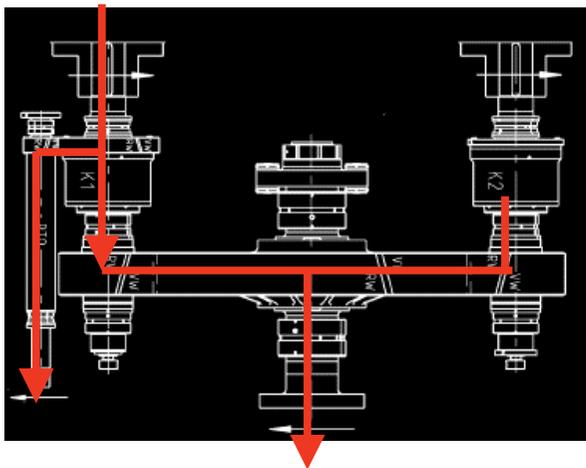
➤ Schemi di funzionamento della P.T.O. primaria



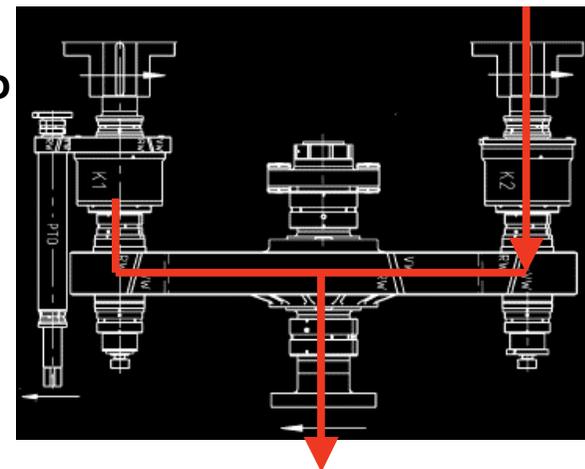
**Motori in
moto;
 K_1 e K_2
disinserite;**



**Motori in
moto;
 K_1 e K_2
inserite;**



**Motore sinistro
in moto;
Motore destro
fermo;
 K_1 inserita;
 K_2 disinserita;**

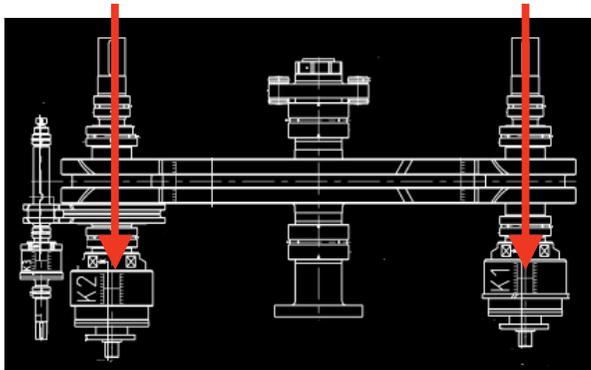


**Motore sinistro
fermo;
Motore destro
in moto;
 K_1 disinserita;
 K_2 inserita;**

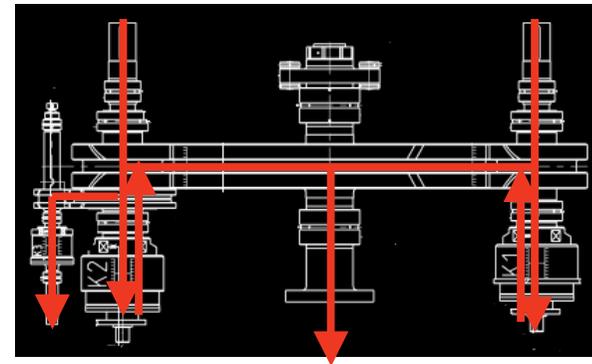
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Riduttori di velocità

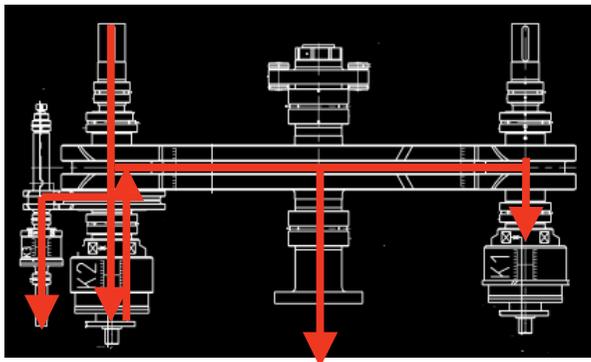
➤ Schemi di funzionamento della P.T.O. secondaria



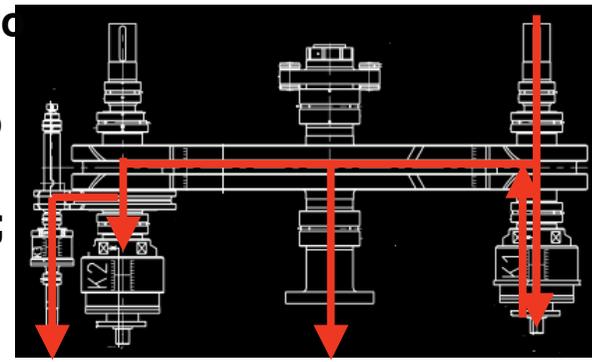
- Motori in moto;
- K_1 , K_2 e K_3 disinserite;



- Motori in moto;
- K_1 , K_2 e K_3 inserite;



- Motore sinistro in moto;
- Motore destro fermo;
- K_1 disinserita;
- K_2 inserita;
- K_3 inserita;



- Motore sinistro fermo;
- Motore destro in moto
- K_1 inserita;
- K_2 disinserita;
- K_3 inserita;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Tipi e prestazioni

Type	Transm. ratio	Power value P/n1 kW/rpm	Number of size ranges	Design
HNW	2-6	0.15-10	9	Horizontally offset shaft
HSN	2-6	1.5-105	10	
RSH	2-6.8	0.6-110	17	
HUW	2-6	0.15-64	9	Vertically offset shaft
HSU	2-6	1.5-105	10	
RSV	2-6.8	0.6-110	17	

Riduttori singoli

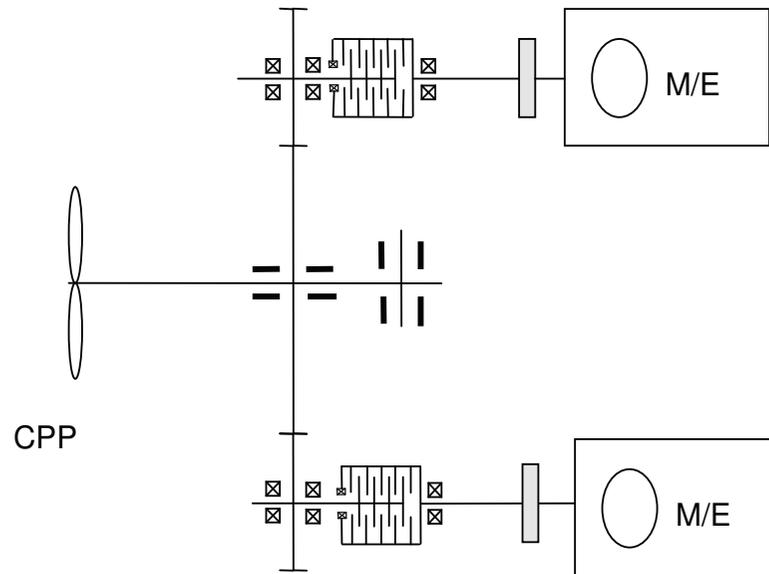
Type	Transm. ratio	Power value P/n1 kW/rpm	Engine distance	Number of size ranges
NDSQL	2-8,5	1-80	2000-5300	12
HDS II	8-25	5-45	4000-6300	5

Riduttori doppi

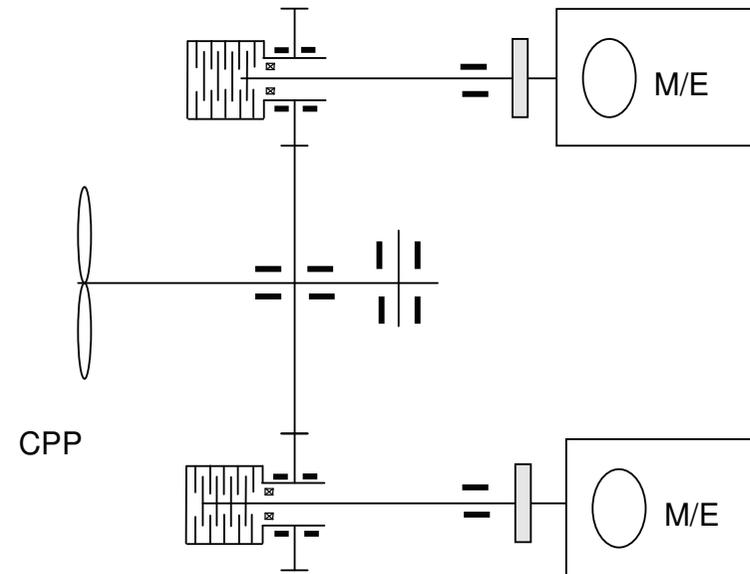
- Per impianti propulsivi con quattro motori diesel medium speed, soluzione adottata per quasi tutti i traghetti, il riduttore più impiegato è il tipo NDS nelle varie versioni:
 - ✓ “L”: con frizioni multi disco;
 - ✓ “H”: con ingranaggi induriti per tempra;
 - ✓ “Q”: in esecuzione con “Quill Shaft”;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Configurazioni possibili



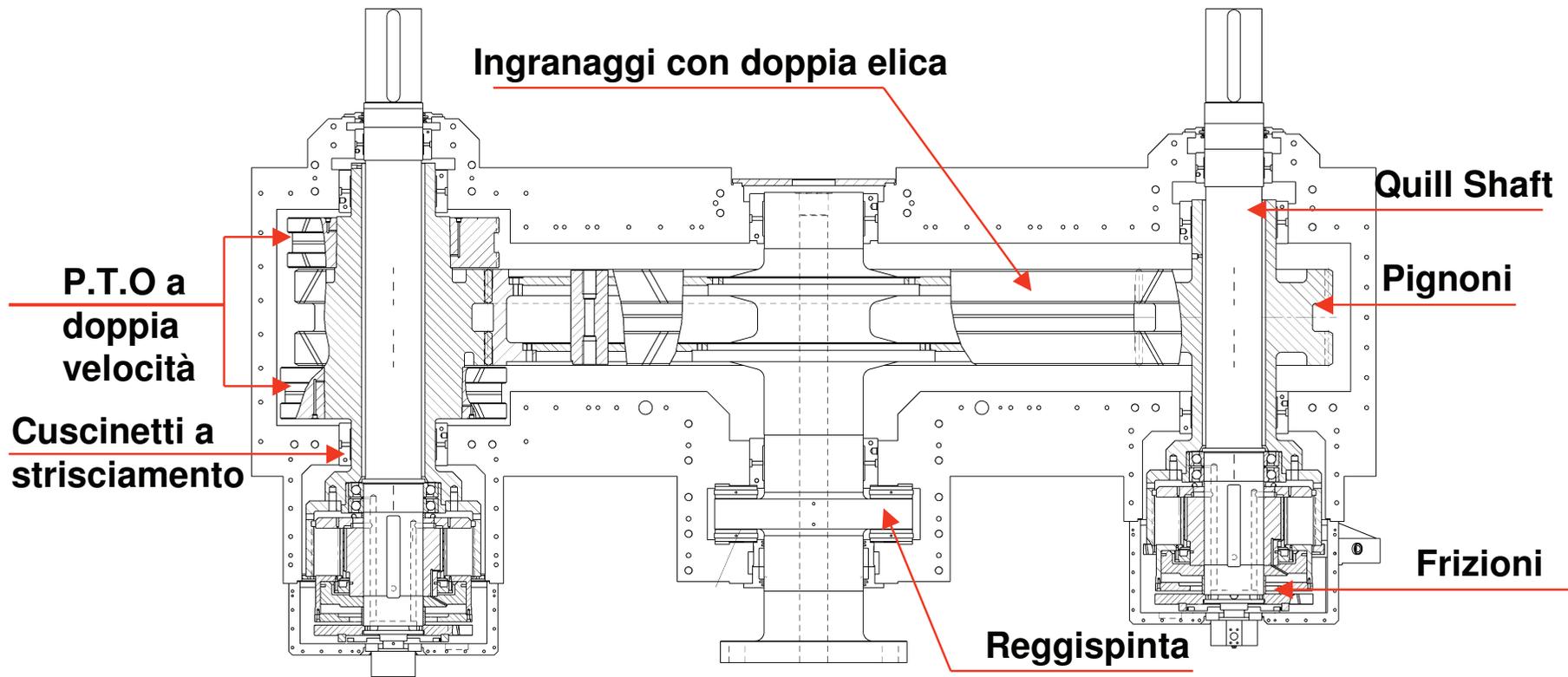
Riduttore doppio tipo NDS(H)L con ingranaggi induriti, reggispinta lato motore e con frizioni a dischi sistemate a proravia della ruota lenta;



Riduttore doppio tipo NDS(H)QL con ingranaggi induriti, reggispinta lato motore e con frizioni a dischi sistemate a poppavia della ruota lenta (esecuzione "Quill Shaft");

Impianti di propulsione navale

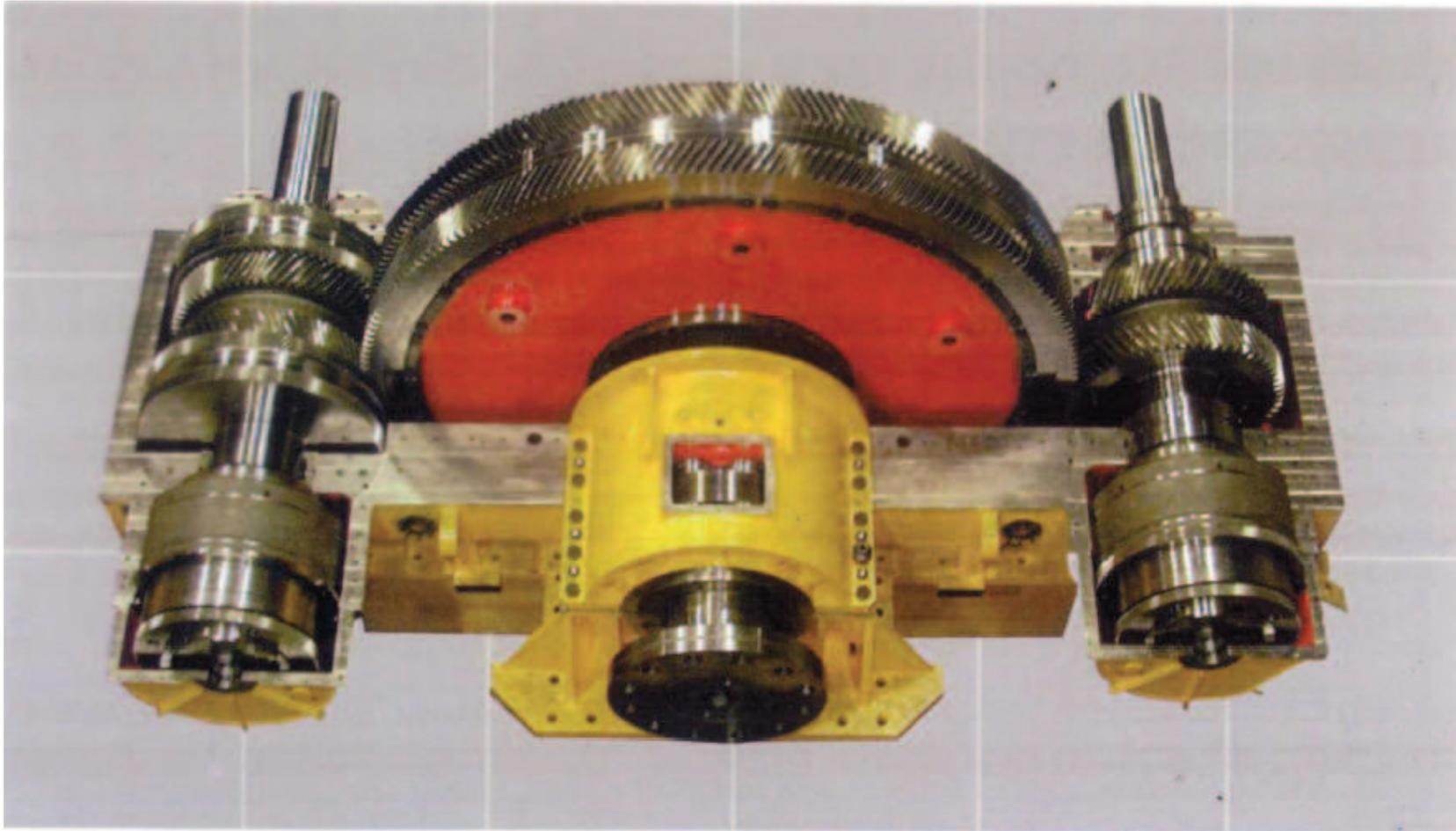
Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Riduttore doppio ingresso



Sezione del riduttore doppio tipo NDS(H)QL con ingranaggi induriti, reggispinta lato elica, in esecuzione “Quill Shaft” con frizioni a dischi sistemate a poppavia della ruota lenta P.T.O. a doppia velocità.

Impianti di propulsione navale

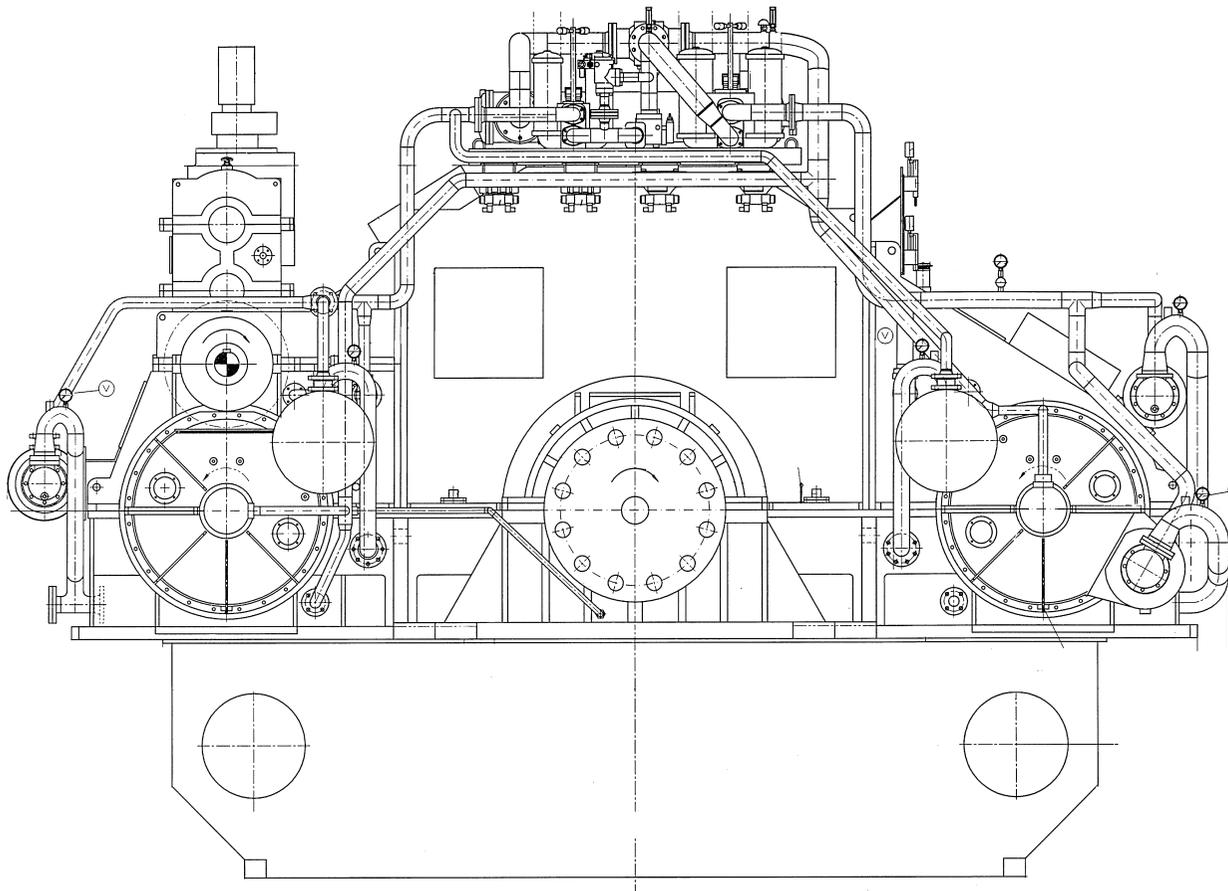
**Componenti della trasmissione della potenza
Riduttori di velocità Renk – Riduttore doppio ingresso**



Vista del riduttore doppio tipo NDS(H)QL

Impianti di propulsione navale

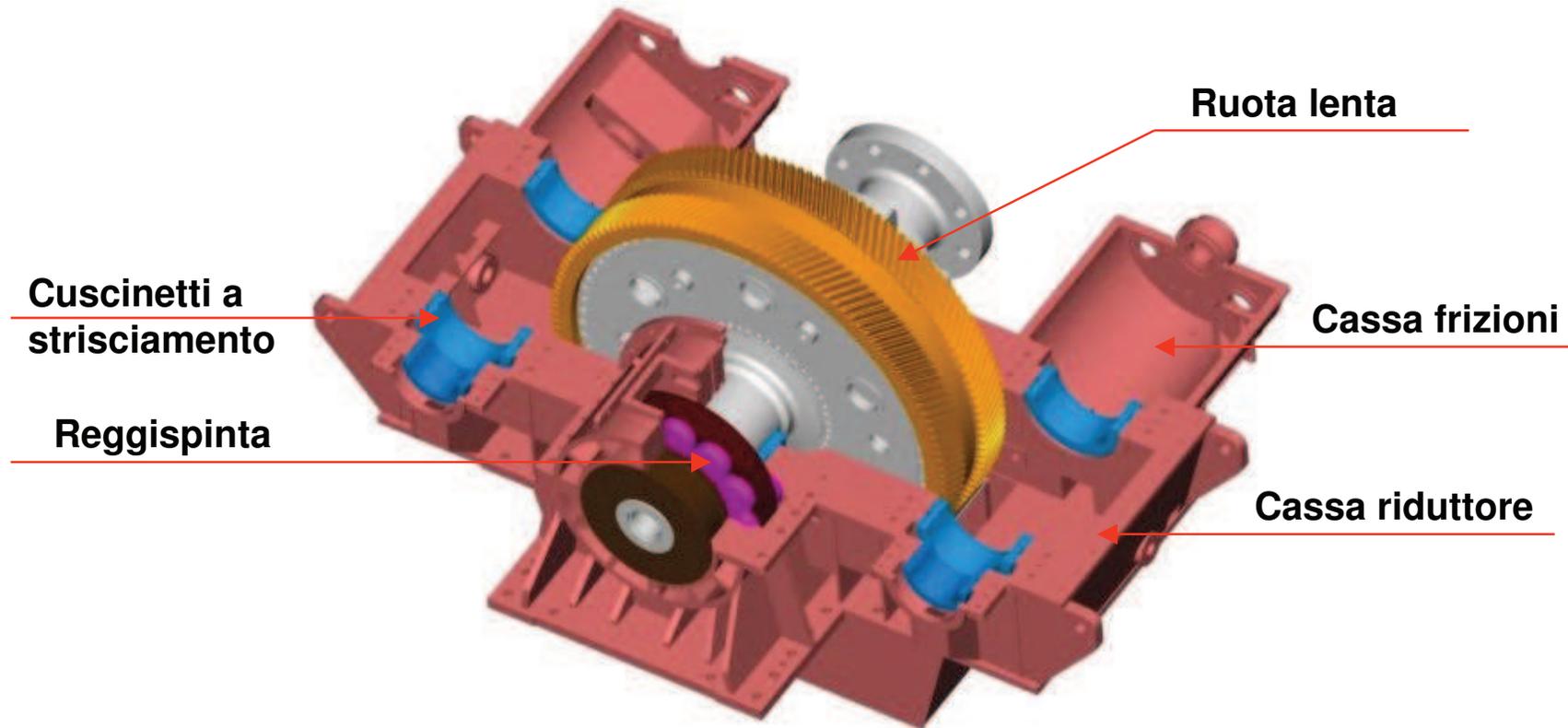
Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Riduttore doppio ingresso



Vista longitudinale del riduttore doppio tipo NDS(H)QL.

Impianti di propulsione navale

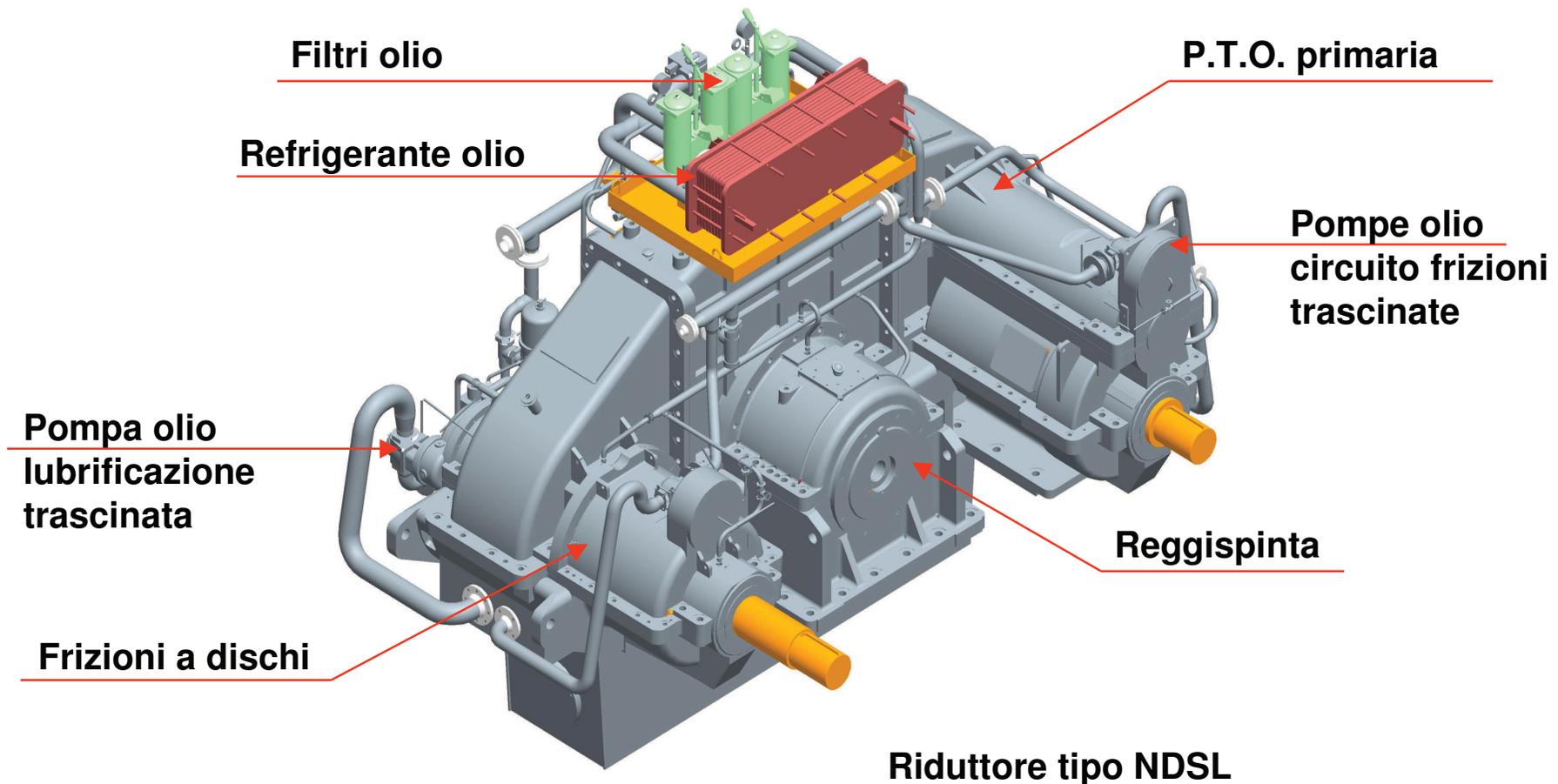
Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Riduttore doppio ingresso



Sezione del riduttore doppio tipo NDSQL con reggispinta lato motori, in esecuzione "Quill Shaft" con frizioni a dischi sistemate a poppavia della ruota lenta.

Impianti di propulsione navale

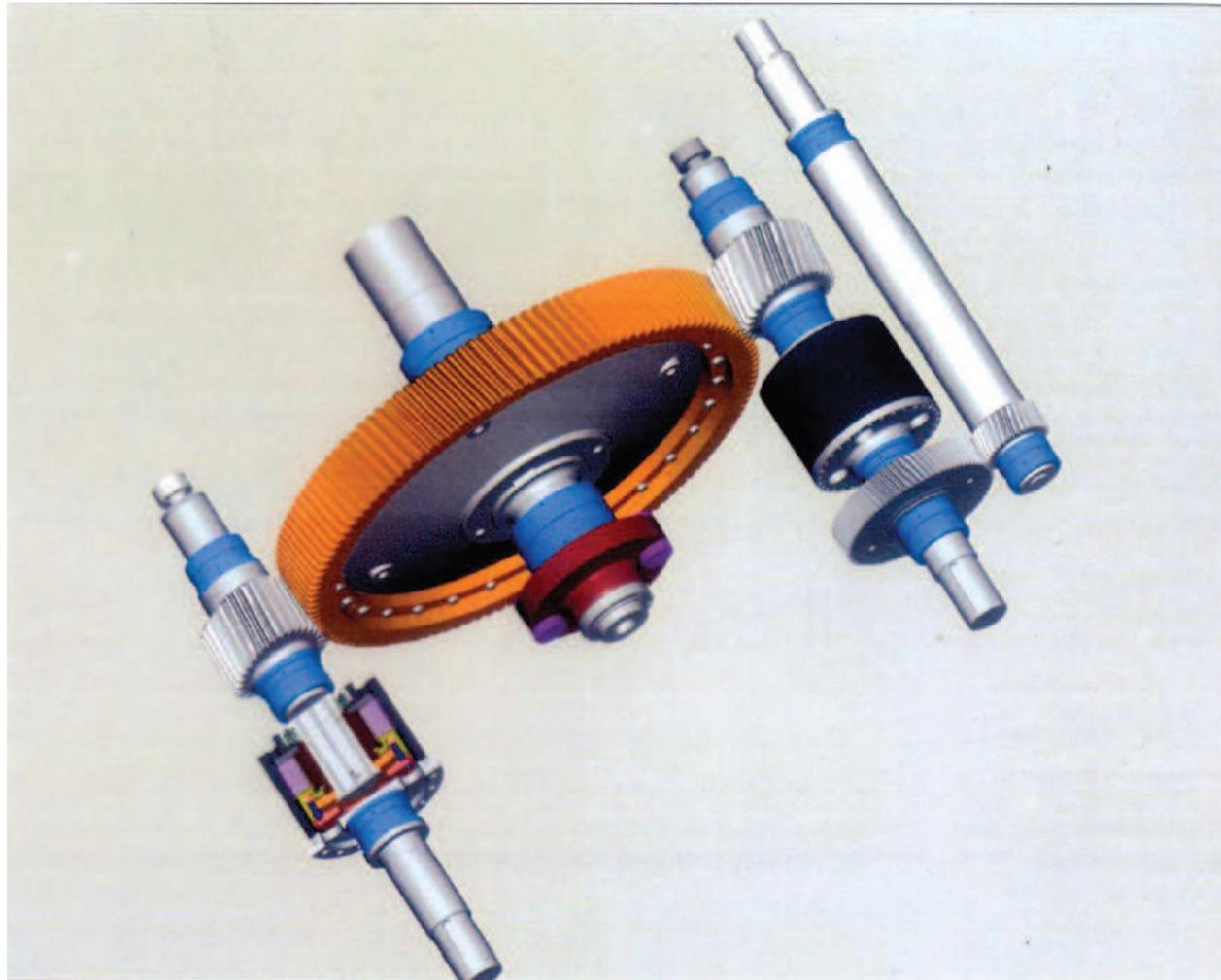
Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Riduttore doppio ingresso



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Riduttore doppio ingresso

Vista del riduttore
tipo NDSL con
P.T.O. primaria

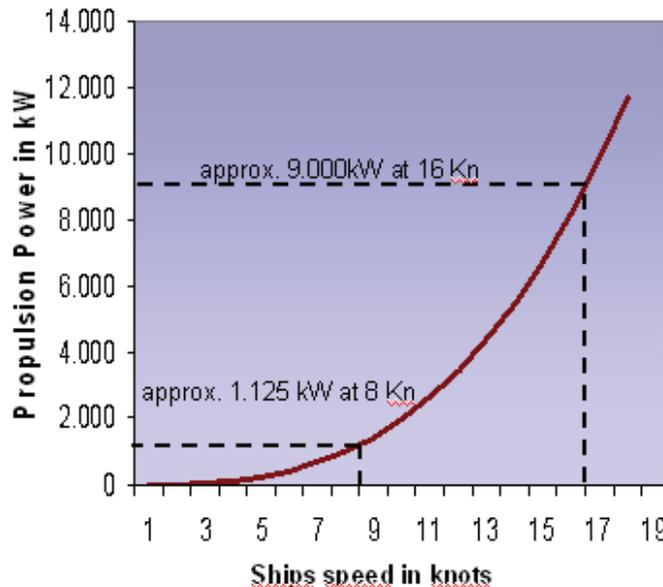


Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza

Riduttori di velocità Renk – Configurazioni possibili

- La P.T.O. sistemata su uno degli alberi di ingresso del riduttore è spesso utilizzata come P.T.I, con l'alternatore che funziona come motore elettrico;
- Questa soluzione può essere l'unico sistema propulsivo in emergenza, ad esempio con il motore in avaria, ed è molto spesso installata su navi che trasportano prodotti chimici molto pericolosi;
- In tal caso il sistema è denominato P.T.H. (Power Take Home) e permette il ritorno a casa della nave a velocità ridotta di circa 7÷8 nodi;
- Per una nave mercantile con velocità nominale di 16 nodi, la potenza richiesta per fare 8 nodi è circa il 12,5% come indicato dal seguente grafico:

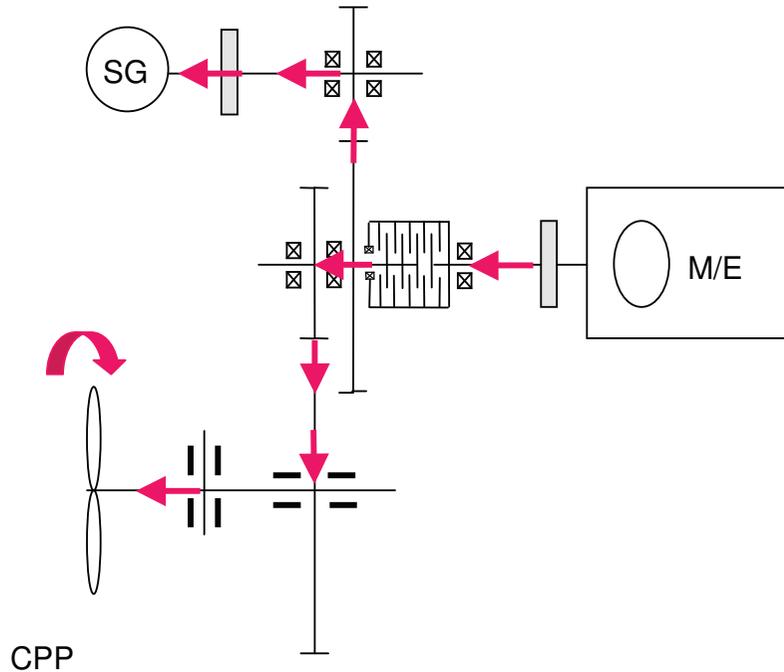


$$P_{\text{rid}} = P_{\text{nom}} \left(\frac{V_{\text{rid}}}{V_{\text{nom}}} \right)^3 = 9000 \cdot \left(\frac{8}{16} \right)^3 = 1125 \text{ [kW]}$$

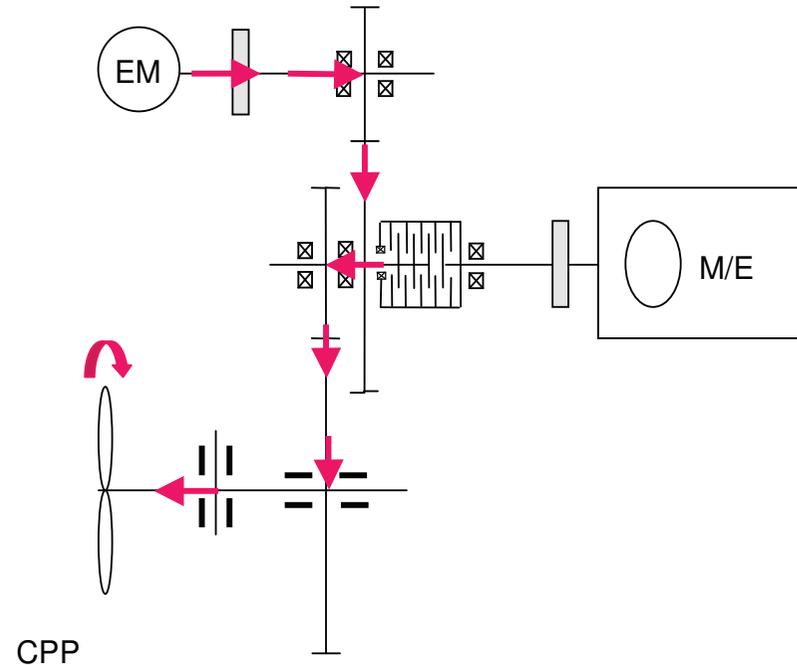
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Configurazioni possibili

- Per consentire l'uso della P.T.O. come P.T.H. è necessario installare sull'albero di entrata al riduttore una frizione a dischi per disconnettere il motore, come indicato nei seguenti schemi:



Funzionamento normale con motore e P.T.O.

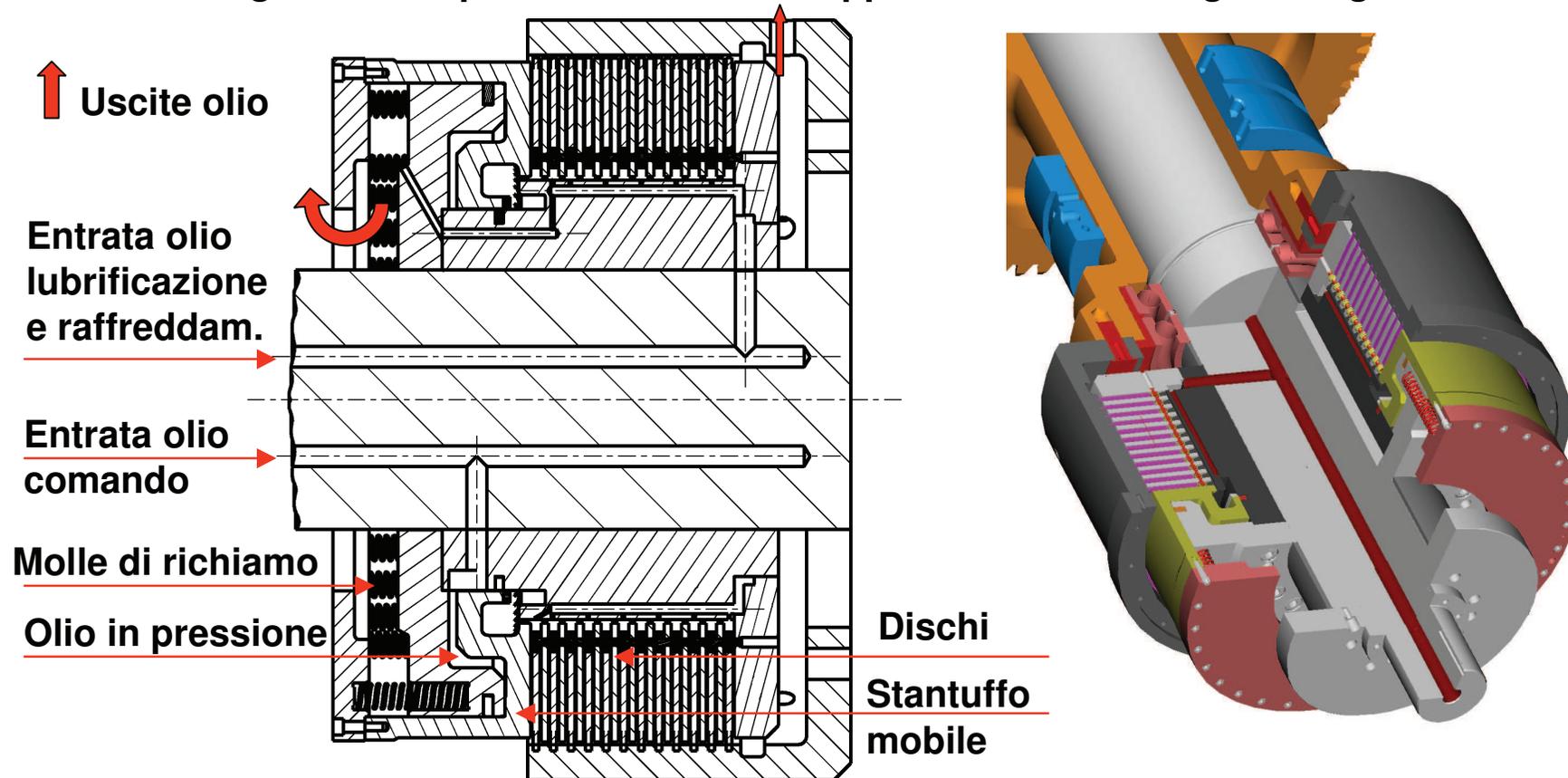


Funzionamento in emergenza con il motore in avaria e propulsione con la P.T.H.

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Frizioni multi dischi

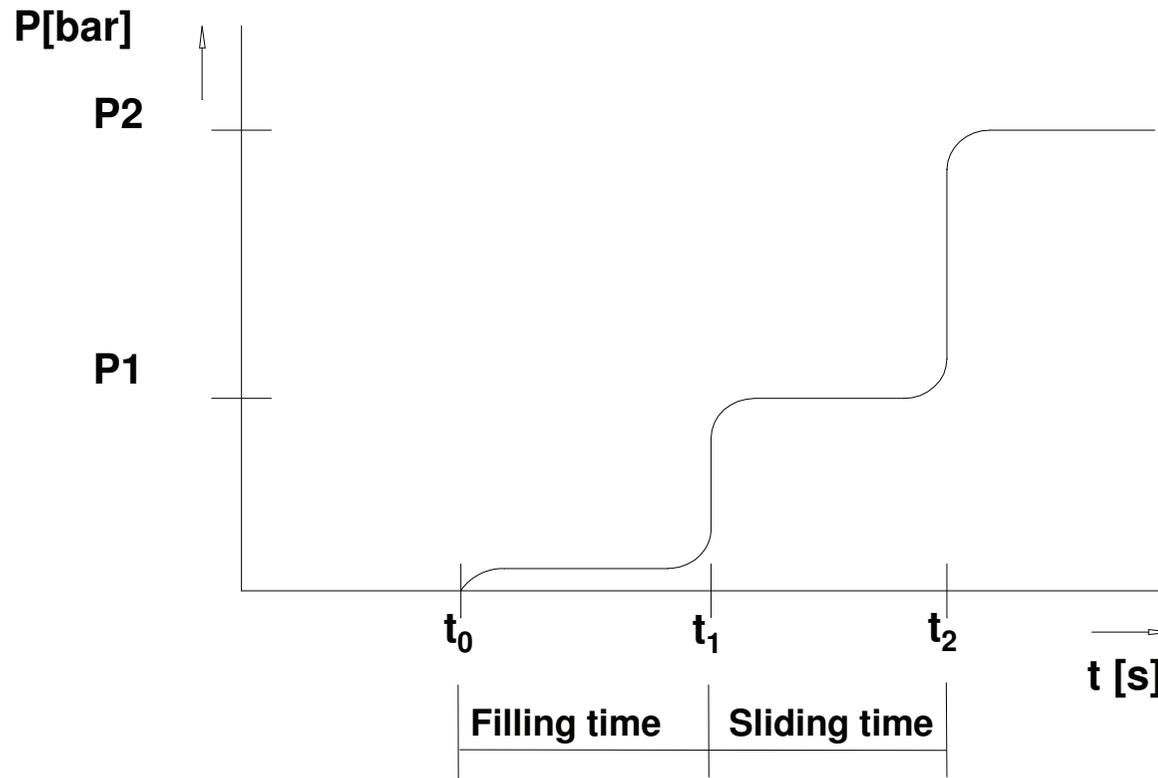
- La Renk progetta e si costruisce le frizioni a dischi montate sui suoi riduttori. La configurazione tipica delle frizioni è rappresentata nelle seguenti figure:



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Frizioni multi dischi

➤ Tipico grafico di inserimento delle frizioni a dischi:

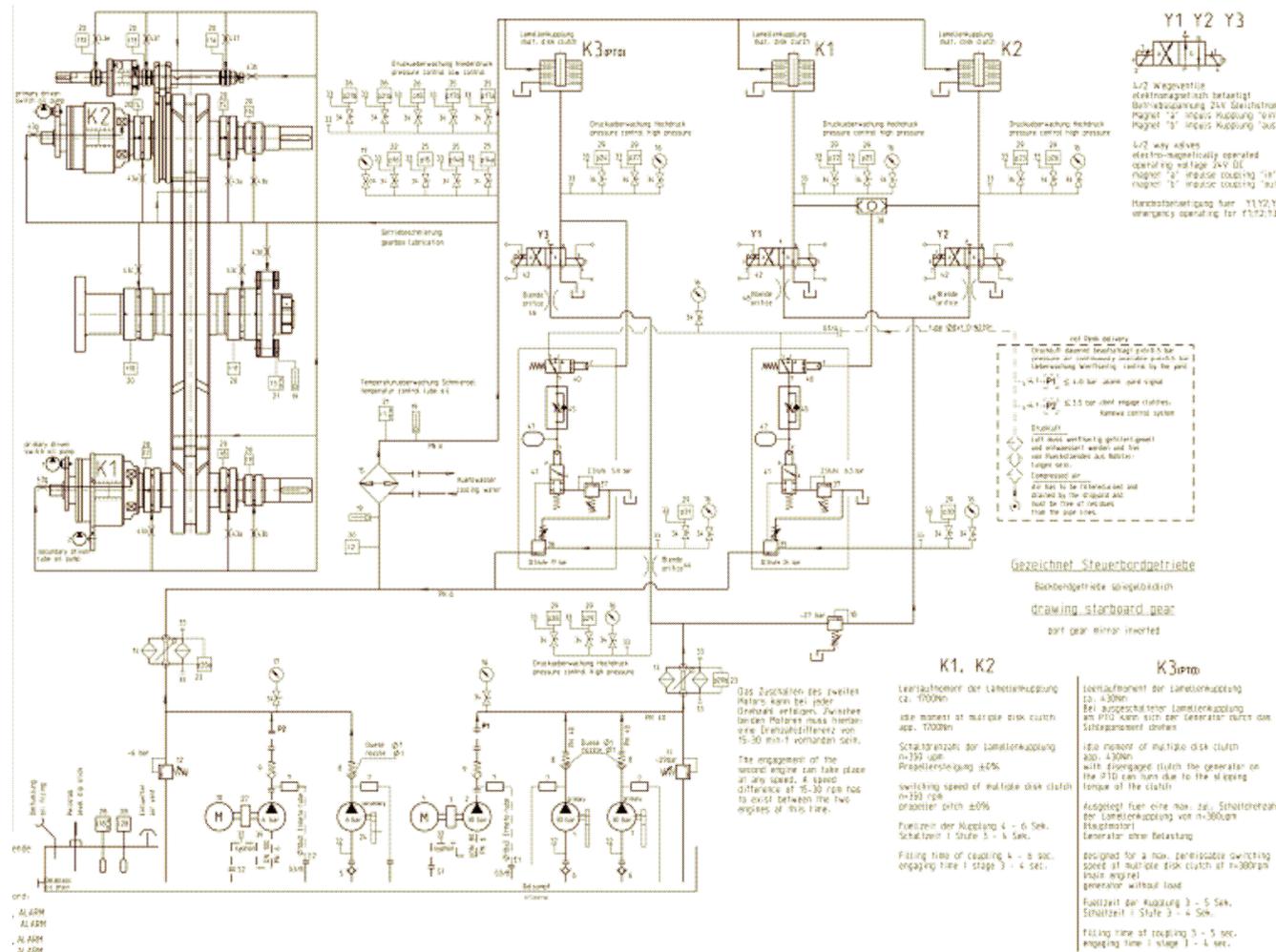


Valori tipici di riferimento

- P_1 : 8 ÷ 10 bar;
- P_2 : 25 ÷ 30 bar;
- $(t_1 - t_0)$: 4 ÷ 6 s
- $(t_2 - t_1)$: 3 ÷ 5 s

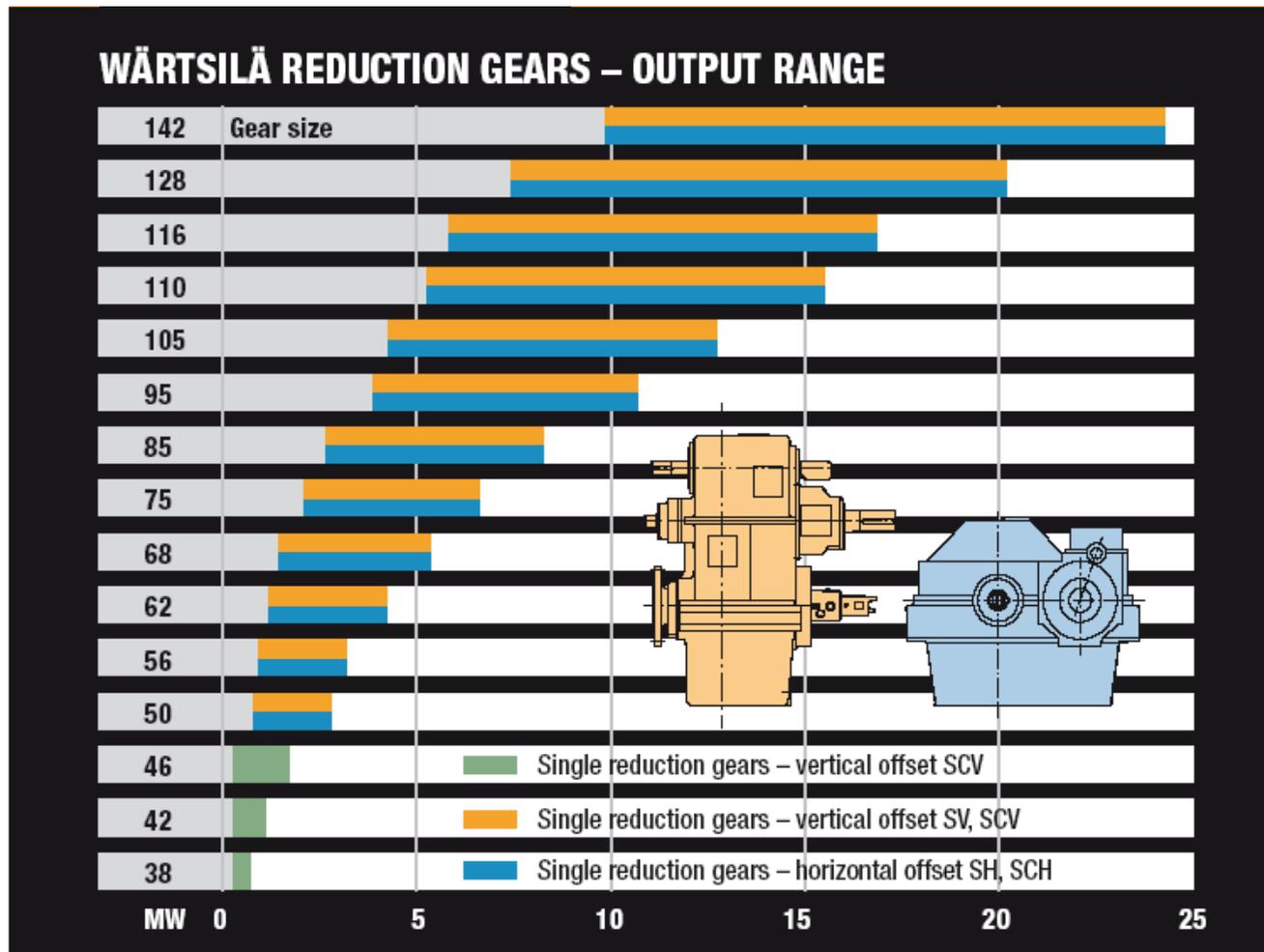
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Renk – Schema circuito olio



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Tipi e prestazioni

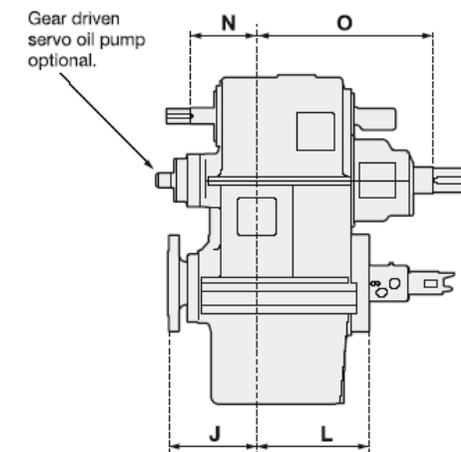
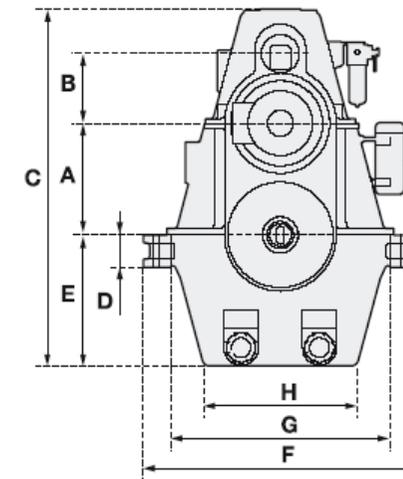


Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza

Riduttori di velocità Wärtsilä – Singolo ingresso con offset verticale

SV/SCV Size	A	B Std-Max	C	D	E	F	G	H	J	L	N	SCV/SV ^O
SCV38	380	290	1305	115	465	1000	750	530	340	538	230	650
SCV42	420	320	1435	125	510	1500	830	585	530	558	255	715
SCV46	460	350	1570	140	560	1580	910	640	570	595	280	785
SCV50	500	380	1724	150	590	1340	1024	720	470	592	420	1035
SCV56	560	410	1848	160	645	1500	1110	800	530	650	450	1100
SCV62	620	440-470	2210	180	740	1580	1240	880	570	662	350	1150
SCV68	680	460-510	2370	200	800	1720	1360	960	625	720	370	1250
SCV75	750	480-530	2460	220	880	1850	1480	1040	660	800	450	1300/1095
SCV85	850	510-560	2720	250	1000	2100	1680	1178	730	915	550	1470/1220
SCV95	950	580-630	3025	280	1145	2350	1880	1327	800	1025	450	1640/1350
SCV105	1050	630	3302	300	1265	2600	2100	1487	880	1125	500	1700/1400
SCV110	1010	650	3025	65	1150	2600	2140	1822	1405	550	1100	1615
SCV116	1160	650	3525	150	1400	2580	2300	1800	1535	765	885	1800/1025
SCV128	1280	800	3970	275	1536	3160	2645	1815	1700	840	900	2270/1120
SCV142	1420	1000	4520	305	1704	3505	2645	2012	1885	928	910	2270/1320

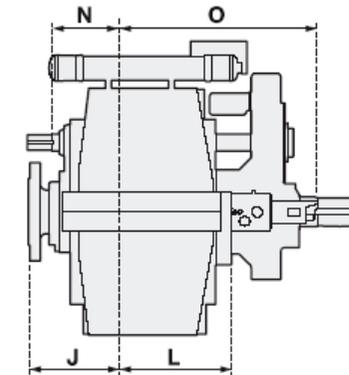
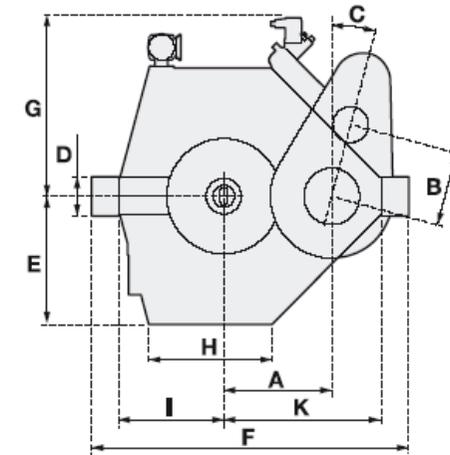


Impianti di propulsione navale

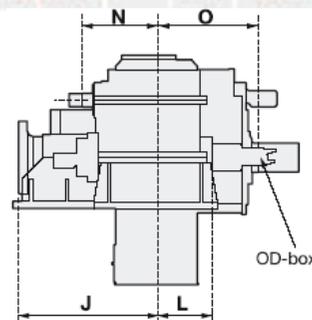
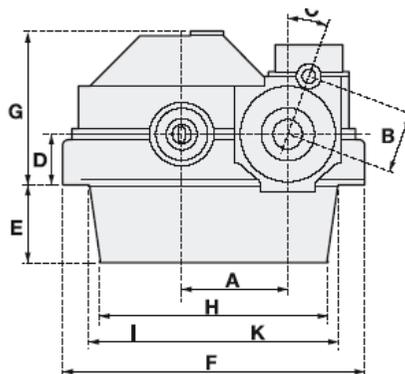
Componenti della trasmissione della potenza

Riduttori di velocità Wärtsilä – Singolo ingresso con offset orizzontale

SH/SCH Size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N	SCH/SH
SCH50	500	450	15	200	400	1350	600	880	450	470	820	400	380	1035
SCH56	560	470	15	200	400	1610	650	940	500	530	910	435	400	1045
SCH62	620	470	0	100	600	1980	820	1000	505	570	1005	680	445	1245
SCH68	680	510	0	100	700	2000	840	650	515	570	1095	730	500	1245
SCH75	750	530	15	280	885	2230	1220	865	735	660	1115	800	515	1670
SCH85	850	580	15	320	1000	2495	1440	970	830	730	1245	915	550	1800
SCH95	950	580	15	450	750	2710	1520	2250	830	1215	1420	540	700	1640
SCH105	1050	630	20	500	771	2995	1658	2195	910	1405	1545	560	750	1510/1700
SCH110	1100	670	20	500	810	3150	1850	2320	950	1450	1630	610	790	1750
SCH116	1160	670	20	550	850	3300	2240	2500	1015	1535	1715	725	830	1800/1100
SCH128	1280	740	20	590	1550	3640	1960	2675	1090	1600	1870		915	1915
SCH142	1420	820	20	620	1720	4040	2180	2970	1380	1700	2240		1015	2100



SH/SCH 75-85



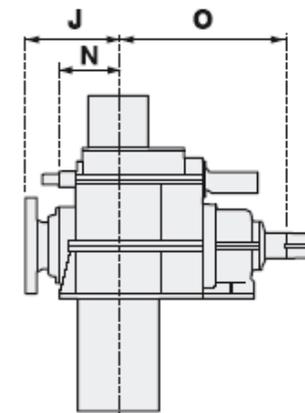
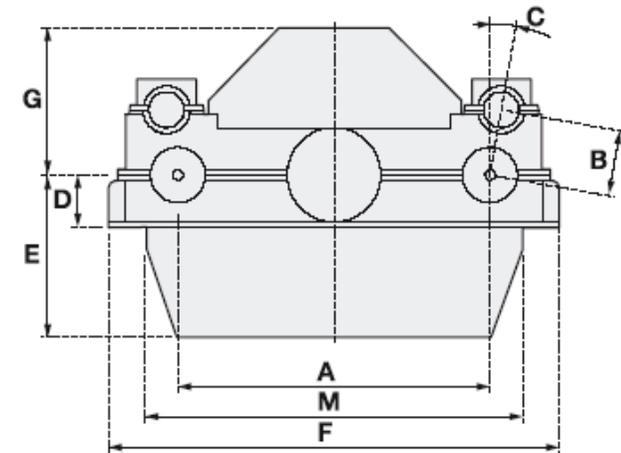
SH/SCH 95-142

Data: 26/03/2007

Impianti di propulsione navale

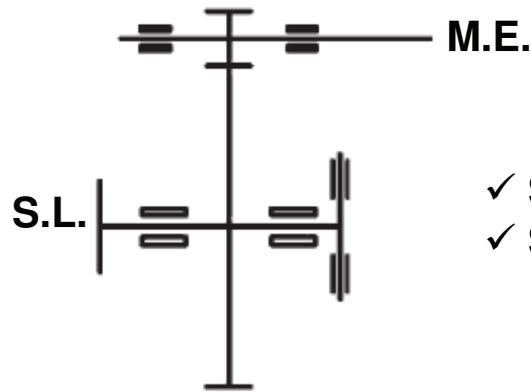
Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Doppio ingresso

TCH Size	A	B	C	D	E	F	G	J	M	N	O
TCH190	1900	460	10	320	980	2750	890	555	2300	360	995
TCH240	2400	490	20	450	1315	3580	1455	730	3135	570	1220
TCH250	2500	530	12.5	450	1400	3700	1150	800	3230	570	1290
TCH270	2700	630	10	500	1450	4030	1300	880	3300	630	1570
TCH290	2900	630	10	500	1550	4230	1400	880	3530	630	1570
TCH300	3000	630	10	500	1550	4330	1400	880	3630	1000	1570
TCH320	3200	760	10	640	1660	4900	1490	1160	4020	720	1960
TCH350	3500	850	10	700	1855	5370	1630	1270	4380	790	2140
TCH370	3700	880	10	700	1855	5565	1645	1270	4580	880	2140
TCH380	3800	960	10	760	2015	5800	1760	1380	4770	860	2300

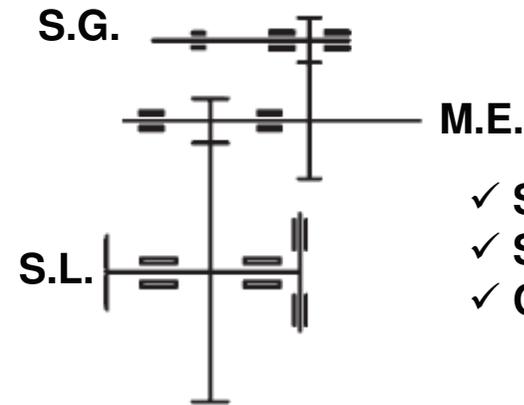


Impianti di propulsione navale

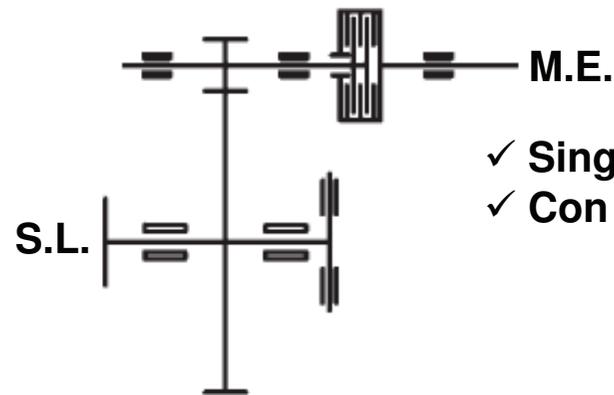
Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Configurazioni possibili



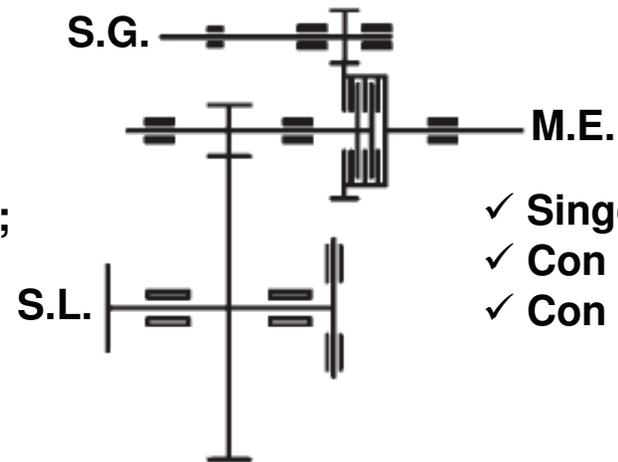
- ✓ Singolo ingresso;
- ✓ Senza frizione;



- ✓ Singolo ingresso;
- ✓ Senza frizione;
- ✓ Con P.T.O.



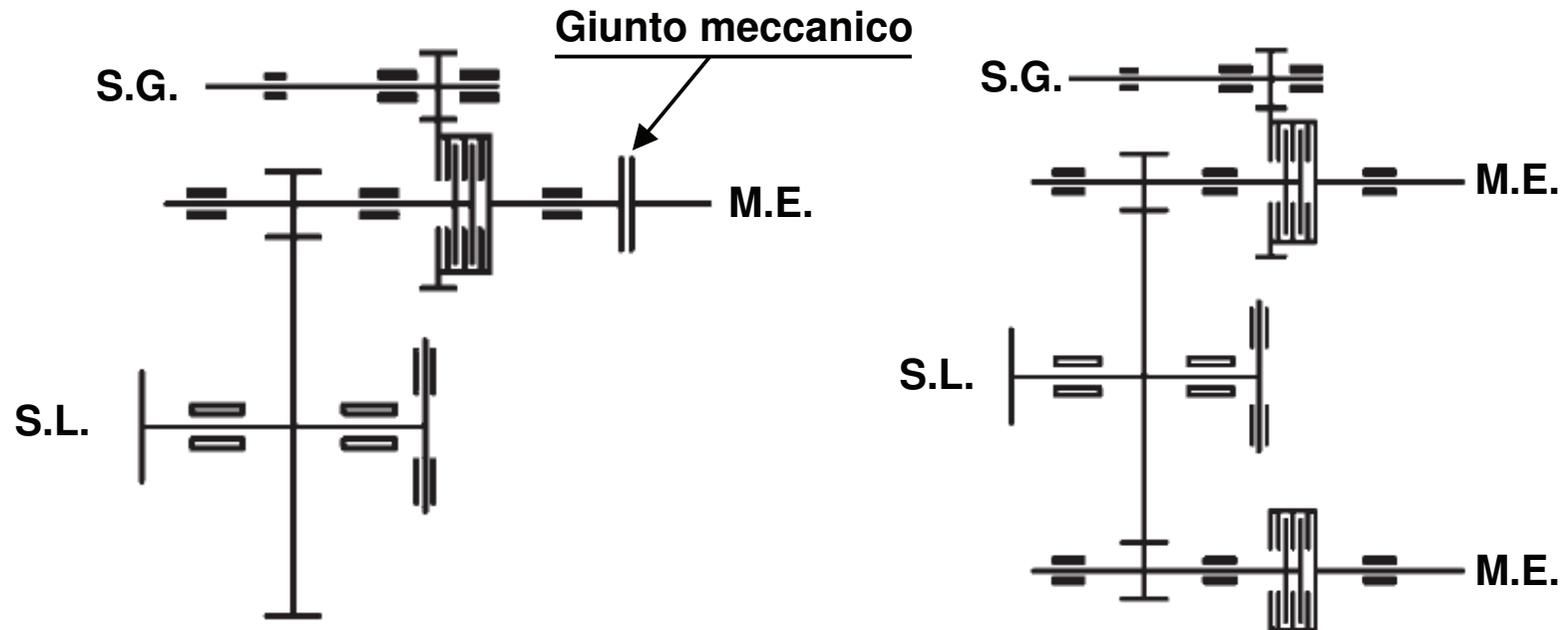
- ✓ Singolo ingresso;
- ✓ Con frizione;



- ✓ Singolo ingresso;
- ✓ Con frizione;
- ✓ Con P.T.O. primaria;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Configurazioni possibili

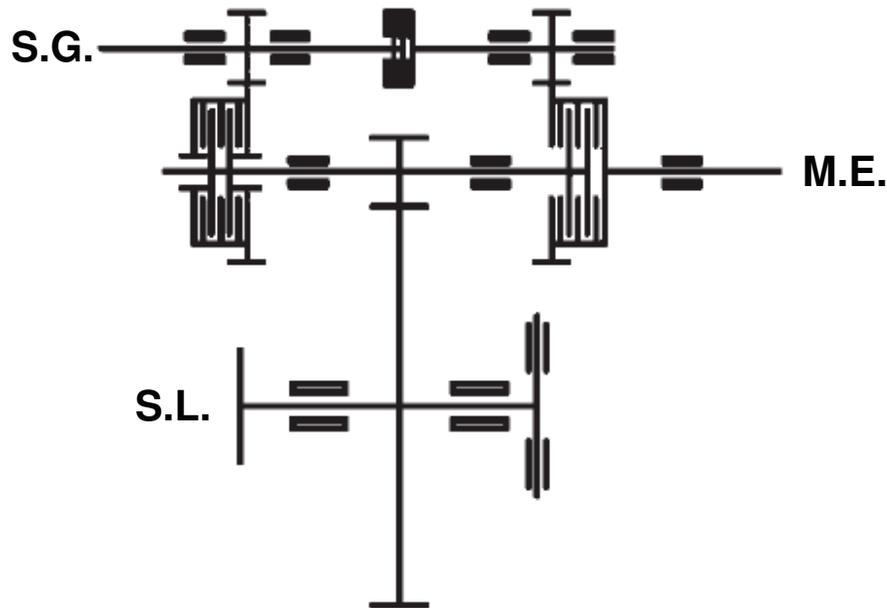


- ✓ Singolo ingresso;
- ✓ Con frizioni;
- ✓ Con P.T.O primaria;
- ✓ Giunto meccanico su albero ingresso;

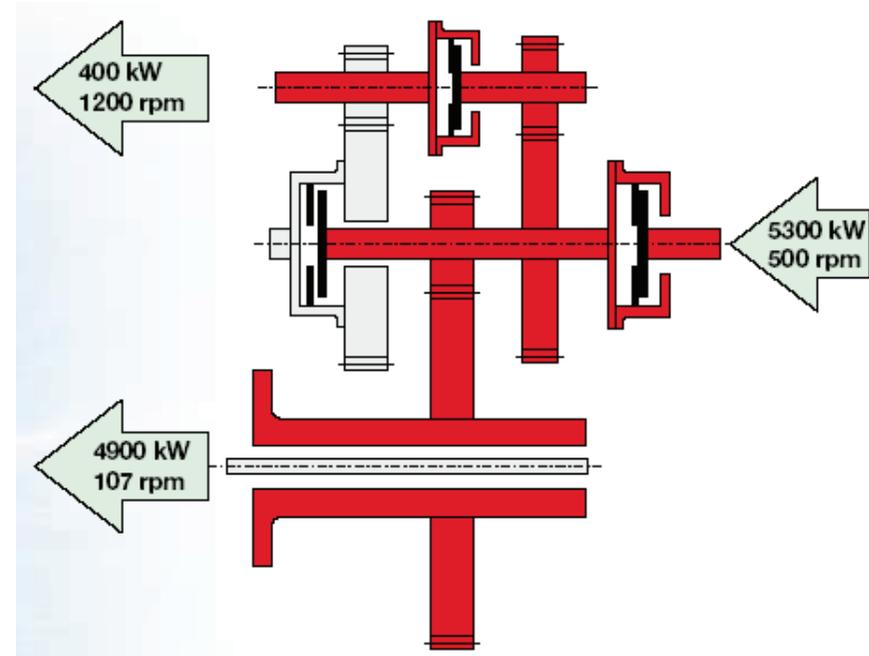
- ✓ Doppio ingresso;
- ✓ Con frizioni;
- ✓ Con P.T.O. primaria;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Configurazioni possibili



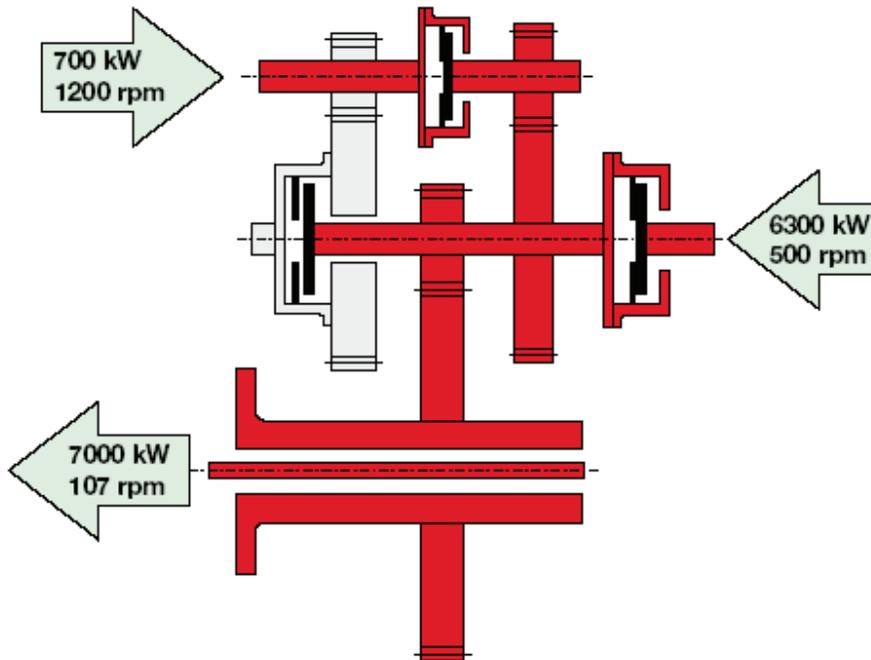
- ✓ Singolo ingresso;
- ✓ Con frizioni;
- ✓ Con P.T.O./P.T.I./H. a doppia velocità;



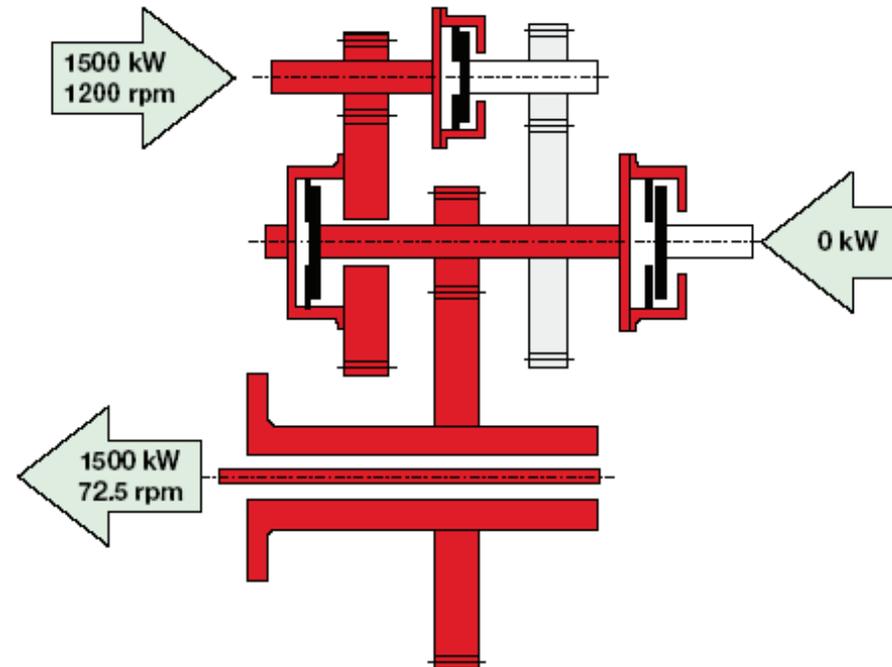
- ✓ Funzionamento come P.T.O. a velocità nominale;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Configurazioni possibili



- ✓ Funzionamento come P.T.I. a velocità nominale;

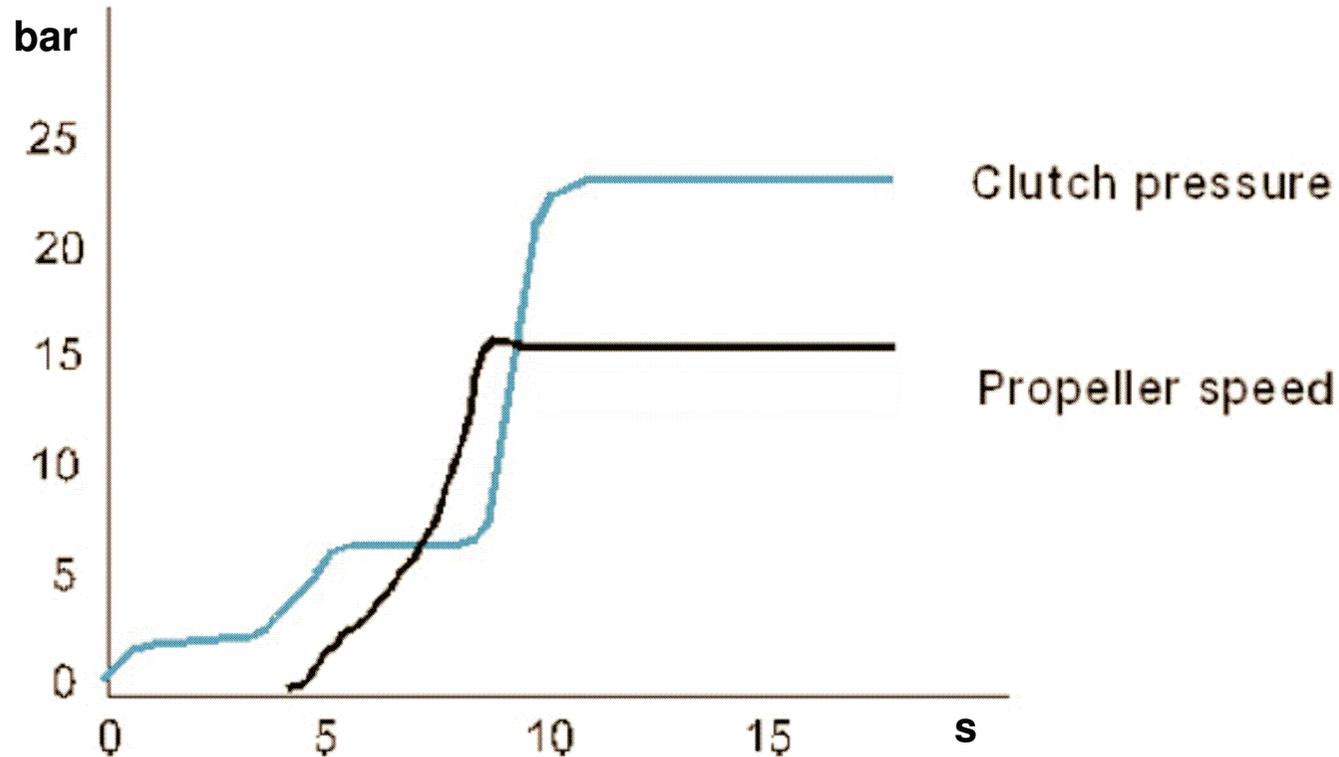


- ✓ Funzionamento come P.T.H. per “ritorno a casa” senza motore diesel a velocità ridotta;

Impianti di propulsione navale

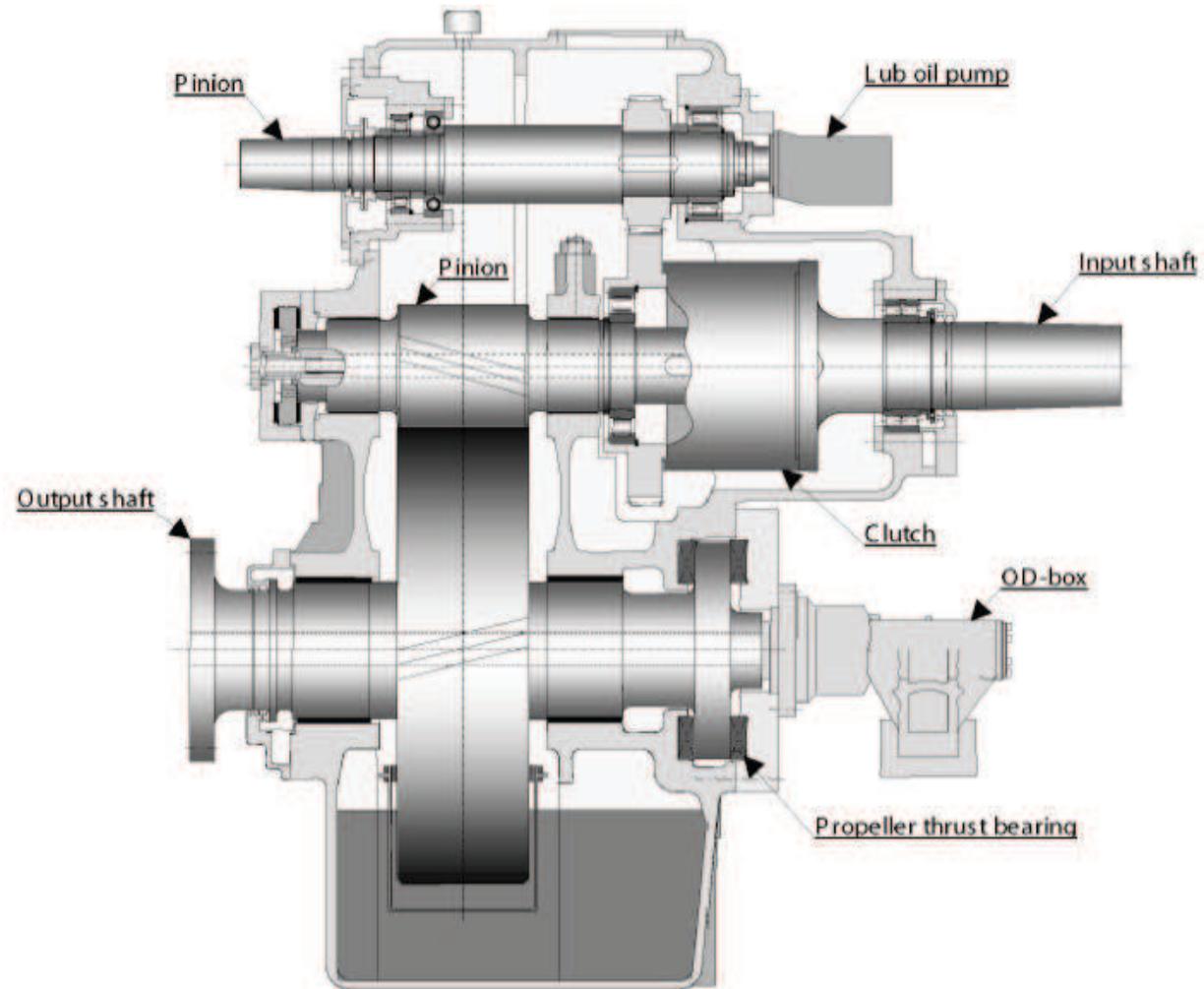
Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Innesto frizione

- Tipico grafico di inserimento della frizione con due livelli di pressione:



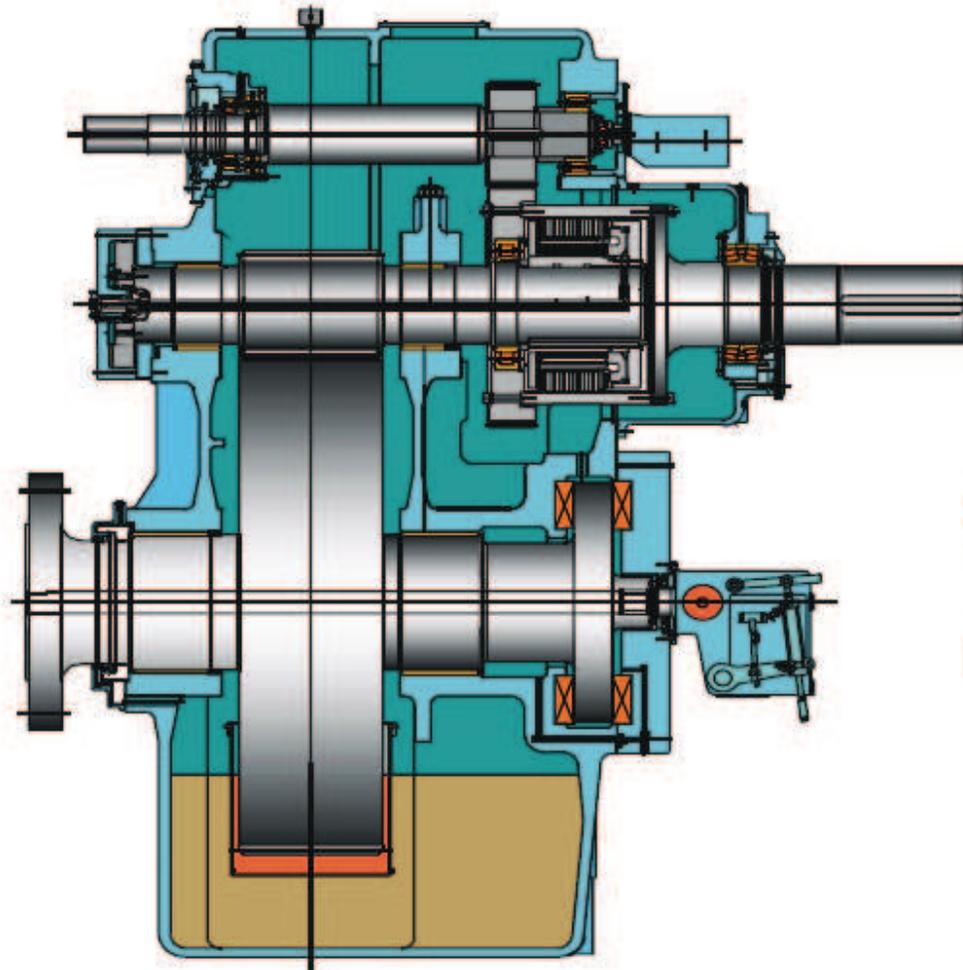
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Sezione longitudinale



Impianti di propulsione navale

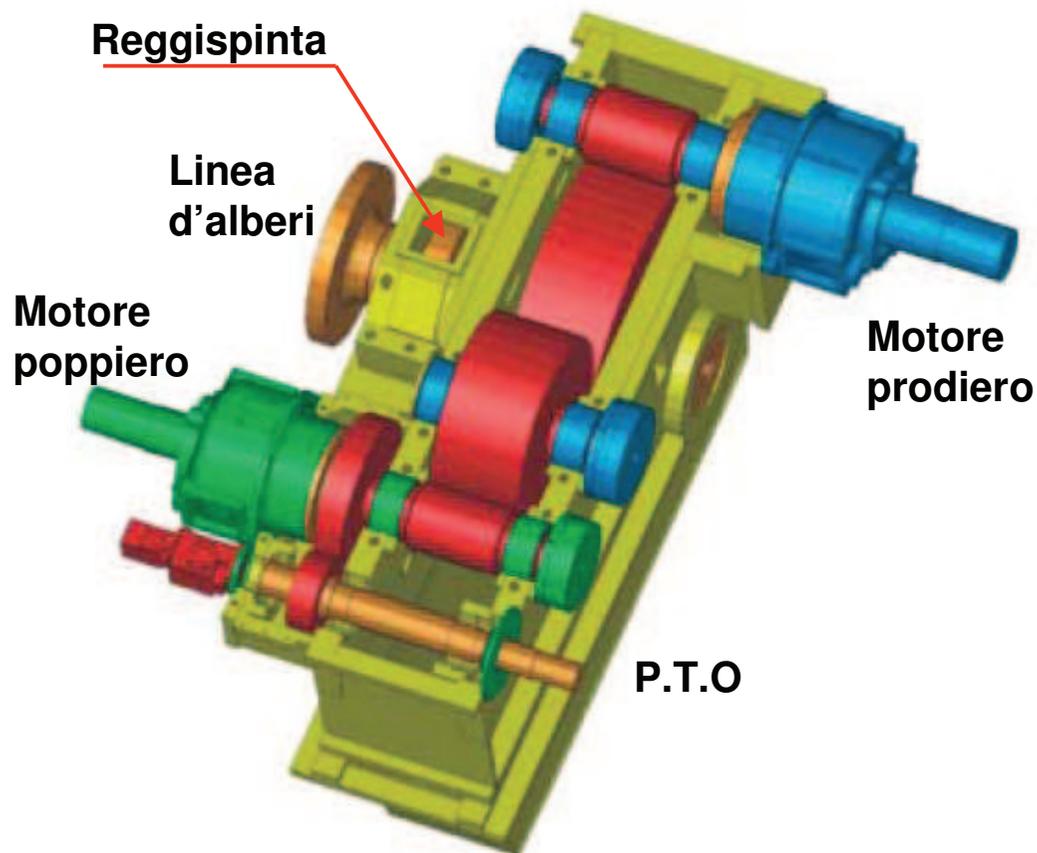
Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Sezione longitudinale



SCV-gear of size 62 to
105 with clutch and
primary PTO

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza Riduttori di velocità Wärtsilä – Vista tridimensionale



- ✓ Riduttore con doppio ingresso e frizioni incorporate;
- ✓ Sistemazione di un motore a poppa e uno a prua del riduttore;
- ✓ Ruota di rimando sull'albero del motore poppiero per avere i due motori con lo stesso senso di rotazione;
- ✓ P.T.O secondaria sull'albero del motore poppiero;