



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

*Vittorio BUCCI*

**Progetto di impianti di propulsione navale**

## **8.2 GIUNTI ELASTICI**

---

Anno Accademico 2017/2018

# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici

- I giunti elastici sono normalmente installati tra il motore e il riduttore e tra quest'ultimo e l'eventuale PTO;
- I giunti elastici sono componenti a bassa rigidità e quindi:
  - ✓ riducono le frequenze naturali delle vibrazioni torsionali e laterali;
  - ✓ hanno un'ottima capacità smorzante e pertanto riducono le vibrazioni torsionali dell'impianto propulsivo a livelli accettabili;
  - ✓ consentono un controllo delle variazioni di momento torcente all'interno del sistema propulsivo;
  - ✓ consentono disallineamenti lineari e angolari tra le macchine collegate;
- I giunti elastici per motori medium speed possono essere o di gomma o metallici. I fornitori principali dei giunti in gomma sono **Vulkan**, **Centa**, **Lohmann** e **Stromag**. I giunti elastici metallici idonei per ridurre le vibrazioni torsionali, cioè dotati di una notevole capacità di smorzamento delle vibrazioni torsionali, sono forniti soltanto dalla **Geislinger**.  
Non sono pertanto considerati idonei, perché privi di smorzamento interno, i giunti a denti e quelli cardanici;

# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici

- La prima definizione del tipo e dimensione del giunto elastico viene sempre fatta calcolando il momento torcente da trasmettere mediante la seguente formula:

$$T_g = 9,55 \frac{P_m \cdot \eta_m}{n \cdot \eta_g} \text{ [kW]}$$

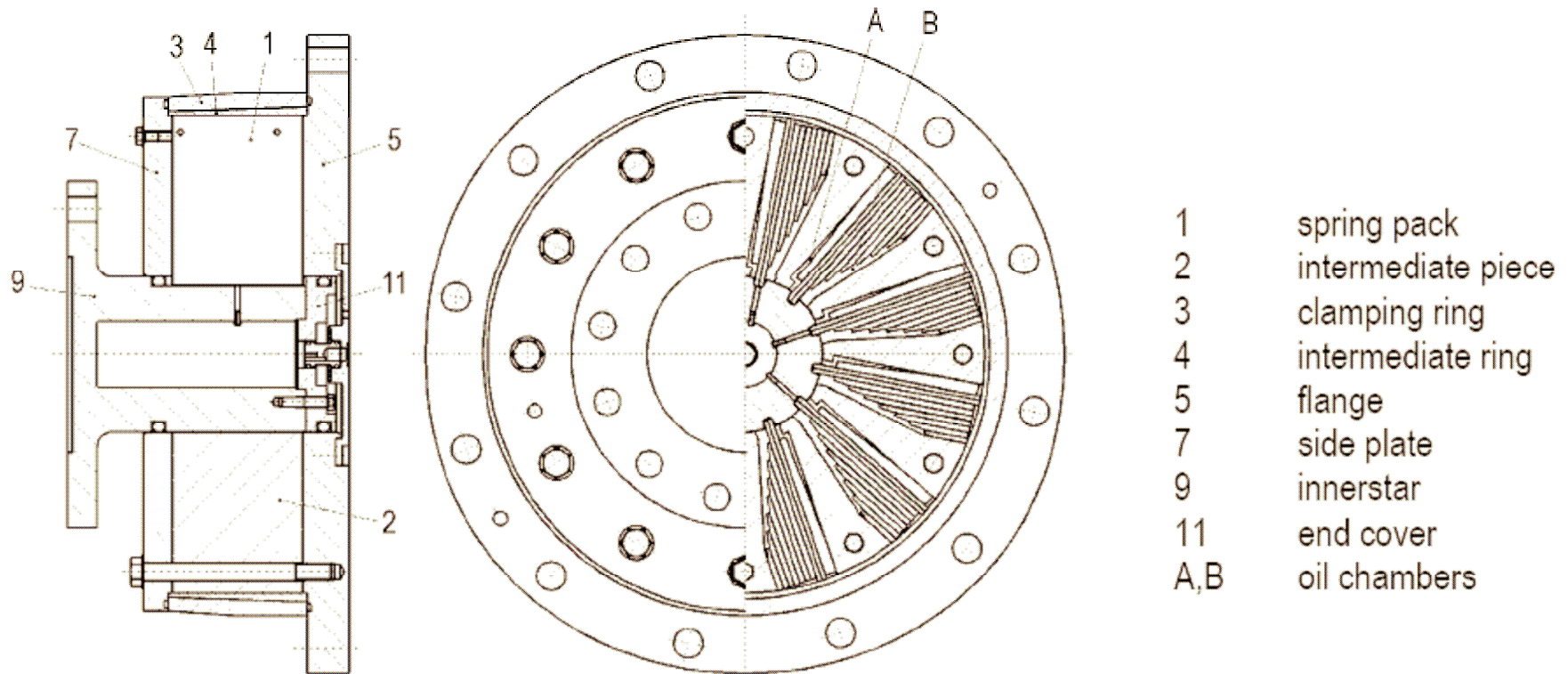
nella quale:  $P_m$  è la potenza da trasmettere in kW;  
 $n$  è la velocità di rotazione in giri/min;  
 $\eta_m$  è il fattore di sicurezza motore pari a 1,3 per il motore a 6 cilindri e 1,0 per tutti gli altri motori;  
 $\eta_g$  è il fattore di sicurezza giunto pari a 0,85;

- Il giunto selezionato deve avere un momento medio ammissibile  $T_{KN} > T_g$ , nonché la velocità di rotazione massima ammissibile e gli spostamenti radiali, assiali e angolari ammissibili maggiori di quelli richiesti dal progetto;
- La dimensione del giunto e la sua rigidità devono poi essere confermate o modificate sulla base dei risultati del calcolo delle vibrazioni torsionali dell'impianto propulsivo completo, calcoli eseguiti con l'obiettivo di ottenere livelli vibratori accettabili e inferiori ai limiti del costruttore del giunto e ai valori prescritti dalle Società di Classifica;
- In molti casi, il tipo di giunto elastico, in gomma o metallico, e/o il fornitore sono proposti dal costruttore del motore diesel, che è responsabile dell'esecuzione dei calcoli delle vibrazioni torsionali, o richiesti dalla Società Armatrice;

# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici metallici

- I giunti elastici metallici sono forniti solo dalla **Geislinger** e il loro giunto standard della serie “BC”, con entrambe le estremità flangiate, è rappresentato nella seguente figura:



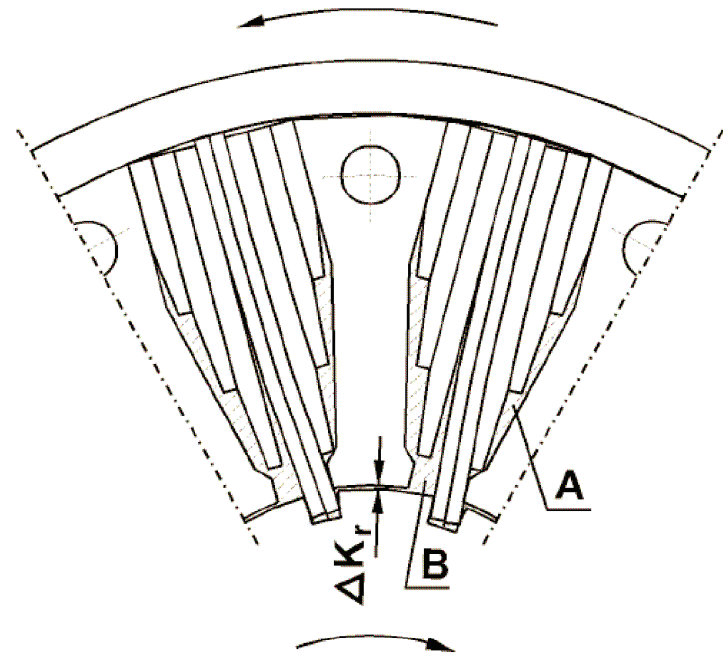
# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici metallici

- **Disegno:** Il giunto è costituito da una parte esterna (2/3/4/5/7) e da una interna (9/11). Tra queste due parti sono sistemati pacchi di molle a balestra, che sono bloccate sulla parte esterna per mezzo del forzamento dei due anelli conici 3 e 4.

I pacchi di molle, i pezzi intermedi (2) e le parti esterna e interna, formano le camere "A" e "B" che sono riempite dall'olio in pressione fornito dal motore diesel;

- **Smorzamento:** In caso di vibrazioni della parte esterna rispetto a quella interna, le molle si flettono oscillando rispetto alla flessione statica di equilibrio generata dal momento trasmesso e fanno trafilare attraverso il gioco  $\Delta K_r$  l'olio dalla camera "A" a quella "B" e viceversa. Questo trafilamento induce una resistenza che rallenta il movimento vibratorio delle due parti, dissipa energia e smorza le vibrazioni;
- **Rigidità torsionale:** Il valore più idoneo per ogni tipo di applicazione, è selezionato modificando, a parità di spessore totale disponibile, il numero e lo spessore delle singole molle. Un giunto con più molle di minore spessore è meno rigido di quello con meno molle più spesse;



# Impianti di propulsione navale

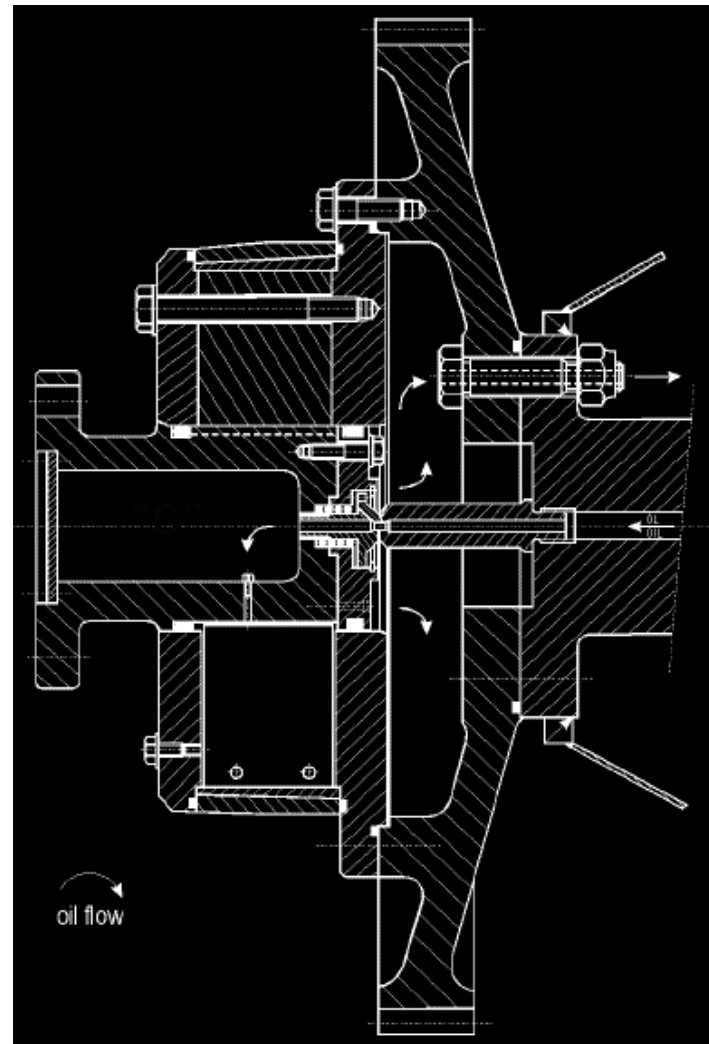
## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici metallici

- **Momento vibratorio:** Il valore del momento ammissibile dipende dal tipo di giunto, reversibile e non reversibile, dalla sua rigidità e dal momento medio effettivo ecc. Il valore ammissibile è pari a circa il 30% del momento nominale al 100% del carico;
- **Rigidità assiale:** Il giunto non ha una rigidità assiale ma solo una forza di reazione costante che si oppone al movimento relativo delle due parti, dovuta all'attrito tra le molle e le cave. Tale forza si annulla non appena cessa tale movimento relativo;
- **Disallineamento assiale:** I pacchi di molle (1) sono più corti delle rispettive cave della parte interna (9) del giunto. Questo gioco consente sia la libera dilatazione termica del giunto e degli alberi collegati sia la compressione del giunto per montarlo o smontarlo senza spostare gli alberi collegati;
- **Disallineamento radiale e angolare:** Il valore del gioco  $\Delta K_r$ , abbastanza piccolo, da qualche decimo fino ad 1 mm per i giunti più grandi, necessario per ottenere un buon smorzamento, limita notevolmente le capacità di disallineamento del giunto. Tale giunto nella sua configurazione di base è idoneo solo per impianti con i motori collegati rigidamente alle fondazioni. Per impianti con i motori sospesi elasticamente il giunto è fornito abbinato con la Flexlink, che consente elevati disallineamenti radiali e angolari ma aumenta la lunghezza assiale del giunto;
- **Capacità di sovraccarico:** Il giunto può trasmettere un momento torcente fino a 1,4 volte quello nominale fino al contatto del pacco di molle (1) con i pezzi intermedi (2). Inoltre esso è in grado di trasmettere un momento massimo impulsivo, dovuto ad uno shock, di 3,25 volte quello nominale;

# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici metallici

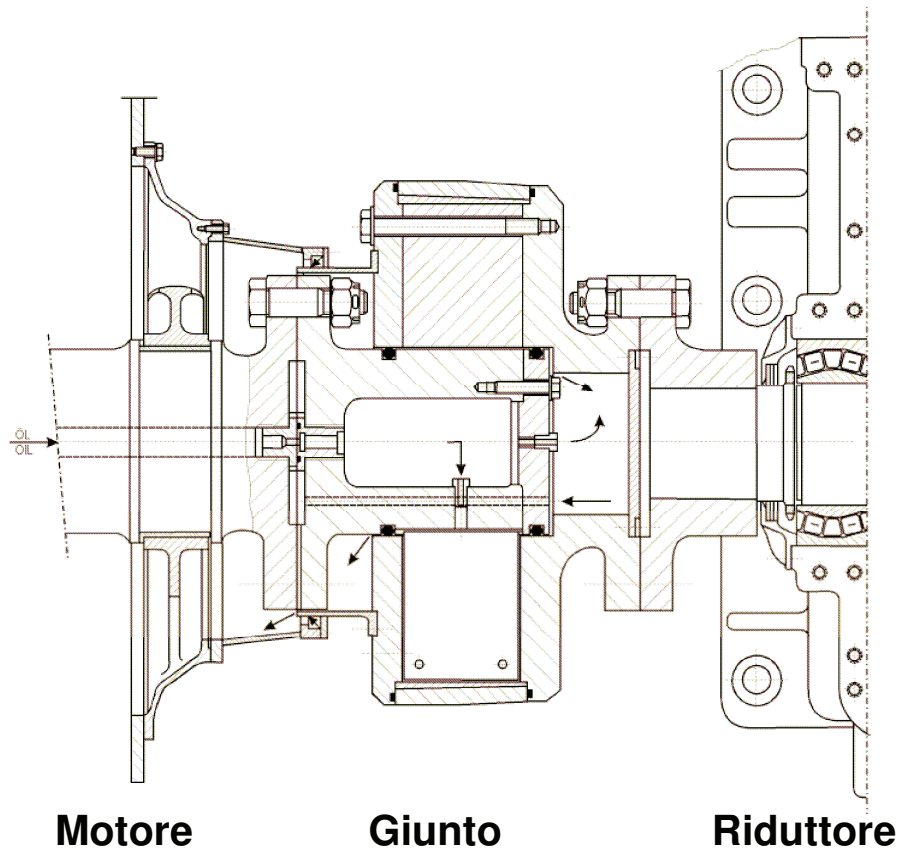
- **Fornitura di olio:** Il giunto deve essere riempito con olio in pressione, fornito dal motore o dalla macchina condotta attraverso un foro centrale, per ottenere i valori di smorzamento previsti. In caso di impossibilità ad avere olio in pressione, il giunto può essere riempito di olio e fornito sigillato, ma con valori di smorzamento minori;  
La figura mostra un giunto “BC” collegato al volano di un motore 4T.  
L’olio è fornito al giunto attraverso un foro centrale sull’albero motore e da alcuni fori di drenaggio del giunto ritorna al motore o di for dei bulloni o da un for eccentrico sull’albero motore.  
La capacità “C” di olio, piena a metà a motore fermo, è necessaria per centrifugare l’olio nella parte esterna del giunto all’avviamento del motore;



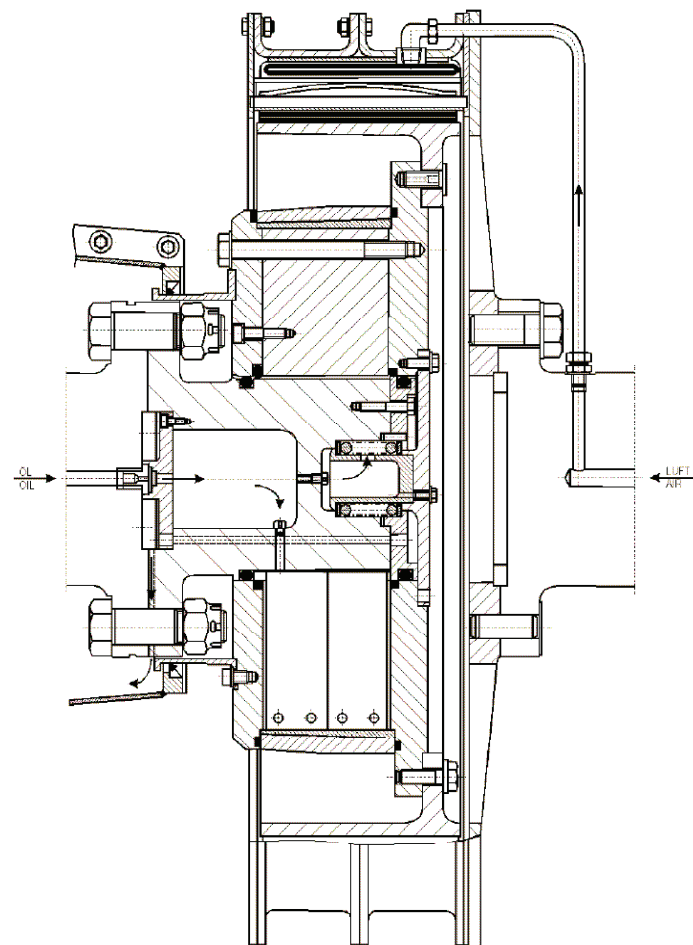
# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici metallici

- Giunto elastico con doppia flangia e olio fornito dal motore;



- Giunto elastico accoppiato con una frizione ad aria tipo Eaton-Airflex;

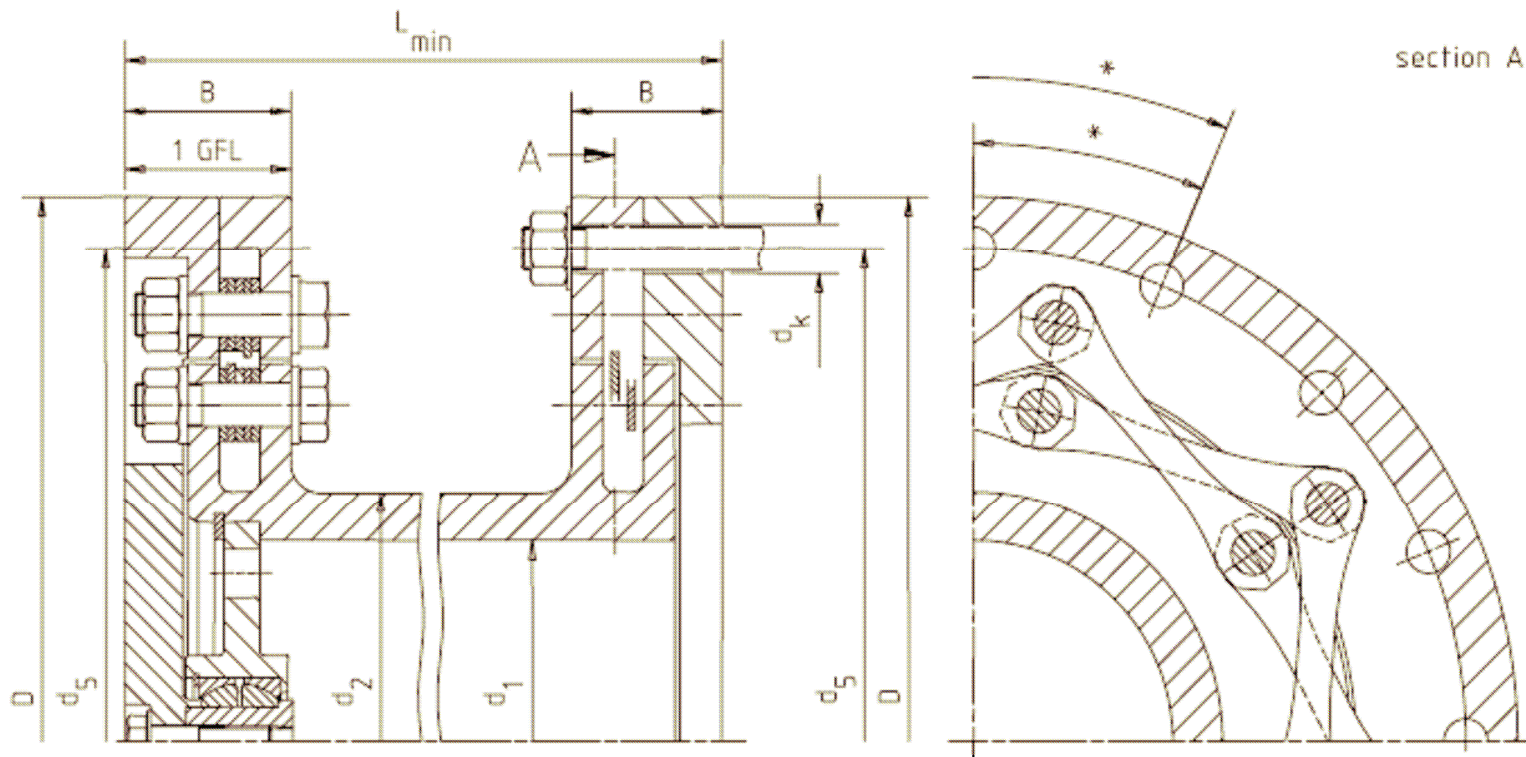




# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici metallici

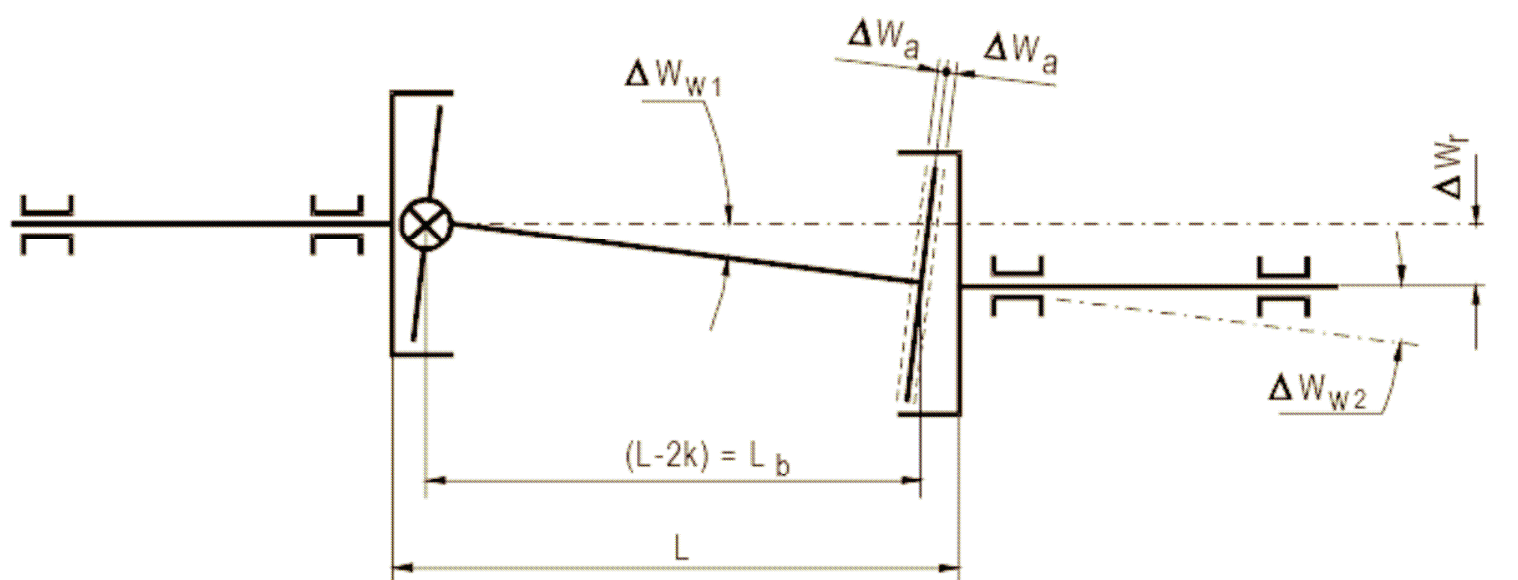
- Il giunto Geislinger Flexling ha una rigidità torsionale molto elevata ed è stato sviluppato solo per consentire spostamenti angolari e radiali. E' costituito da una parte esterna e da una interna collegate da 6 o 8 paia di bielle. I giunti sono normalmente utilizzati in coppia uniti da un albero cavo, come illustrato nella seguente figura:



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici metallici

- Il principio di funzionamento, illustrato nella seguente figura, è molto simile a quello del giunto cardanico ed i disallineamenti angolari ammissibili  $\Delta K_w$  variano da 6 a 12 mrad per servizio continuo e da 9 a 15 mrad massimi in transitorio, in funzione del numero (6 o 8) e serie (S o H) delle biellette:

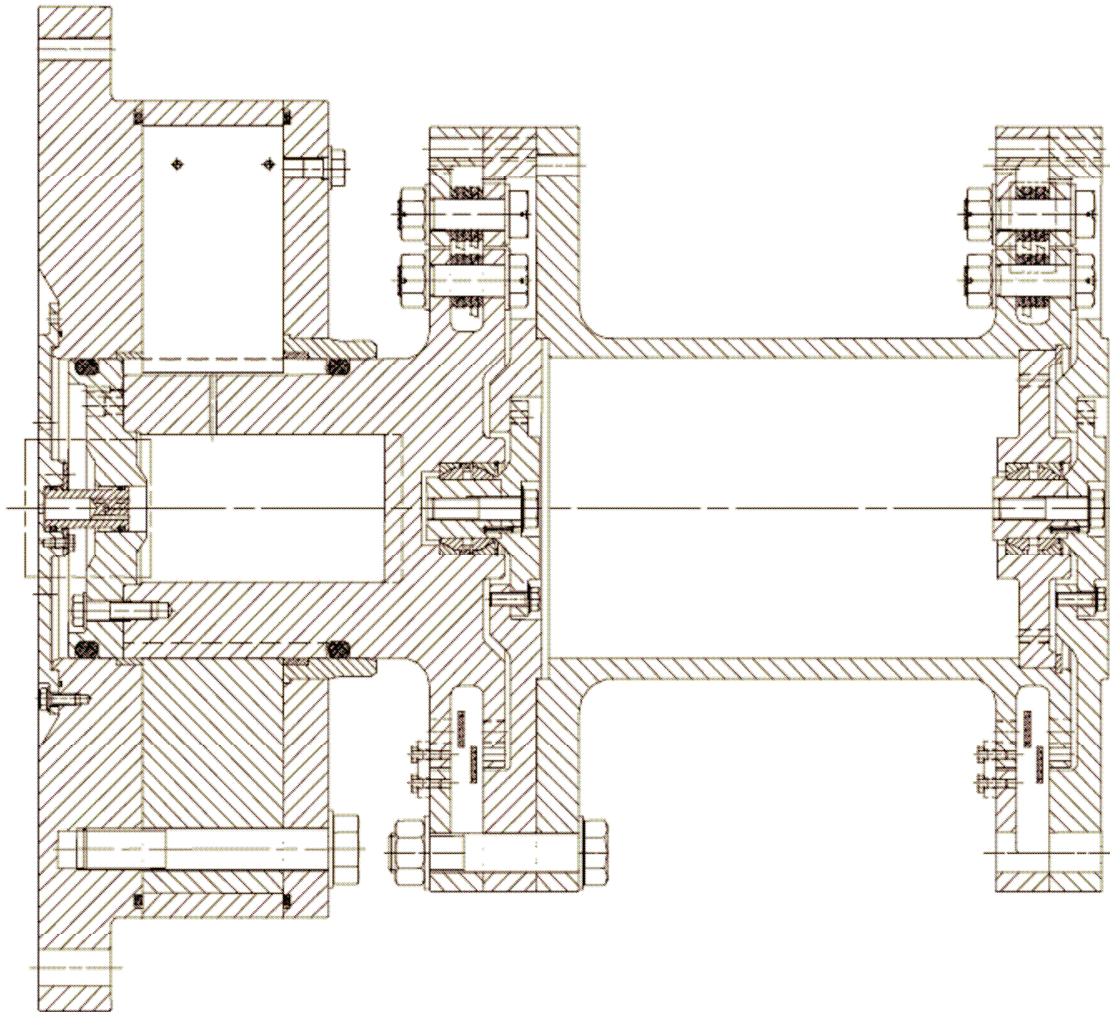


Spostamenti continui:  $\Delta W_r = \Delta K_w \cdot (L - 2k)$   
Spostamenti in transitorio:  $\Delta W_r = \Delta K_{wmax} \cdot (L - 2k)$

# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici metallici

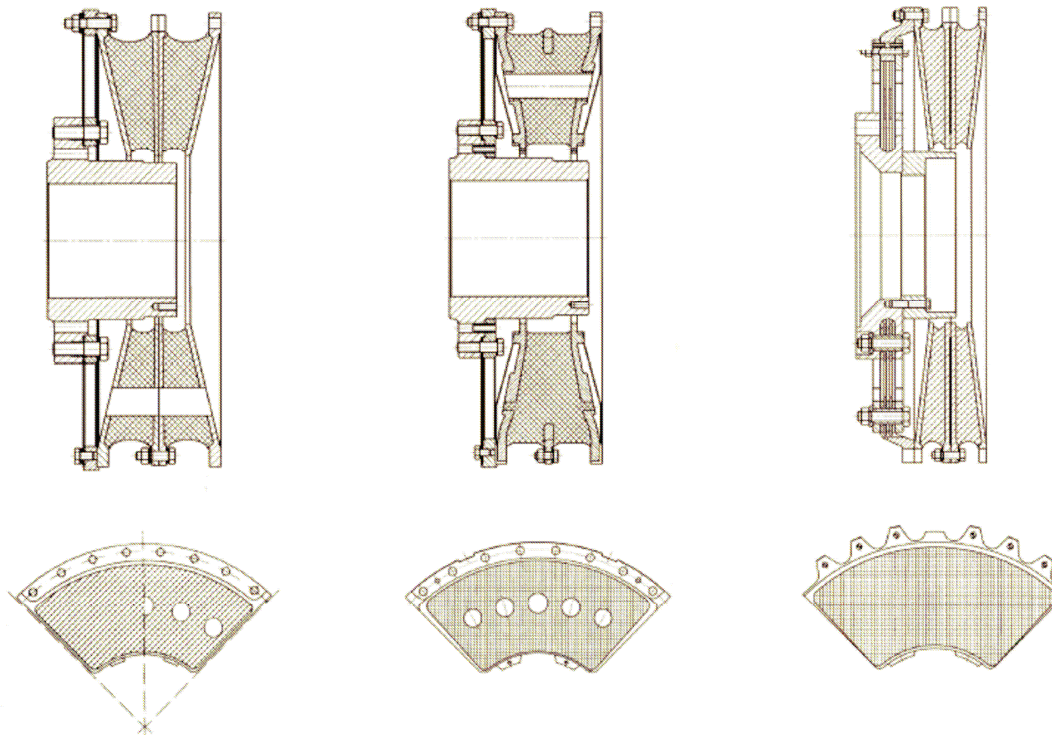
- La figura mostra la tipica configurazione di un giunto per motori medium speed costituito da un giunto elastico “BC” collegato ad una Flexlink tipo K8 o F8;
- Per il motore 12V46C la lunghezza minima di una Flexlink serie S8 è di circa 500 mm per uno spostamento radiale ammissibile di 4 mm;
- La lunghezza effettiva deve essere pertanto di circa 1000 mm per consentire uno spostamento radiale del motore di almeno 8 mm;



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

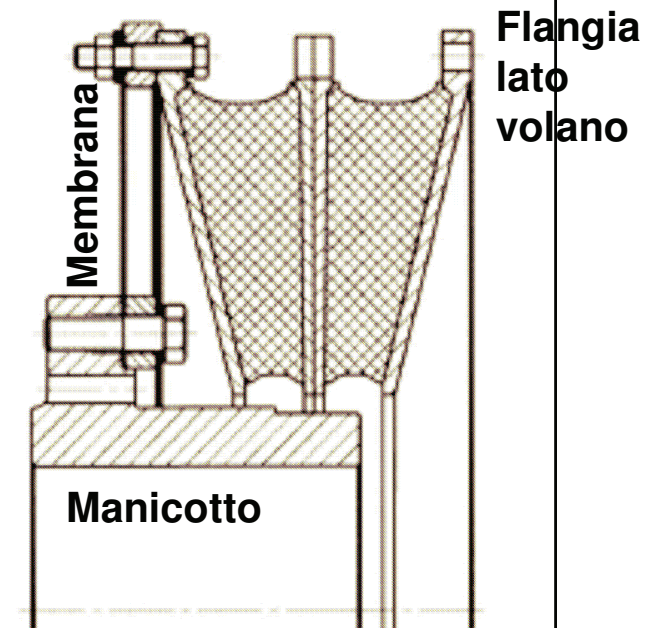
- Il principale fornitore di giunti in gomma è la **Vulkan** ed i giunti idonei per applicazioni con motori medium speed sono quelli della serie **RATO-R** per gruppi elettrogeni, con uno o più file di gomma ad anello intero, e **RATO-S** per motori propulsivi, con una o più file di gomma costituite ciascuna da quattro settori.
- Entrambi sono giunti molto compatti;
- La configurazione standard con flangia lato volano e manicotto lato riduttore è rappresentata nella seguente figura per le tre serie di giunti **RATO-S**:



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

- **Disegno:** Il giunto è costituito da uno o più elementi in gomma, fino a quattro, collegati in serie che trasmettono il momento torcente a taglio. Tali gomme hanno una rigidità molto elevata in direzione assiale e gli spostamenti assiali e angolari del giunto sono consentiti o da una membrana flessibile o da una serie di bielle, tipo le Flexlink della Geislinger, entrambe installate a valle delle gomme;
- **Smorzamento/potenza dissipata:** In presenza di vibrazioni torsionali, che inducono una oscillazione relativa della parte condotta rispetto alla conduttrice, la gomma per mezzo del suo attrito interno trasforma parte dell'energia vibratoria in calore smorzando le vibrazioni; La potenza dissipata, calcolata con la formula fornita dalla Vulkan, deve essere inferiore al valore limite indicato per ogni tipo di giunto;
- **Rigidità torsionale:** Il valore più idoneo per ogni tipo di applicazione, è selezionato modificando il numero di file di gomme e/o le caratteristiche della gomma. La rigidità torsionale è lineare e costante fino al valore nominale del momento torcente;



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

- **Momento vibratorio:** Il valore del momento vibratorio ammissibile in condizioni stazionarie è pari al 25% del momento nominale al 100% del carico;
- **Forza assiale:** Il movimento relativo delle due parti conduttrice e condotta del giunto genera una forza assiale di reazione proporzionale al valore del movimento stesso. Per ogni taglia del giunto è fornito il valore di tale forza per un millimetro di spostamento relativo;
- **Disallineamento assiale:** Disallineamenti statici relativi delle due parti del giunto rispetto alla posizione di equilibrio sono dovuti ad allineamenti non corretti, a spostamento degli assi e a dilatazioni termiche. Spostamenti dinamici degli alberi, ad esempio dell'albero a manovelle di motori sospesi elasticamente, sono tollerati fino ad un valore di circa un terzo del valore di spostamento ammissibile. In ogni caso la somma del disallineamento assiale e dello spostamento dinamico deve essere inferiore al valore di spostamento ammissibile (12÷14 mm);
- **Rigidità radiale:** In presenza di spostamenti radiale relativi tra le due parti del giunto, la rigidità radiale genera una forza che sollecita i cuscinetti a monte ed a valle del giunto. Tali cuscinetti devono essere pertanto verificati con carichi radiali pari al valore della rigidità radiale moltiplicato per il massimo valore di spostamento radiale previsto dal progetto;

# Impianti di propulsione navale

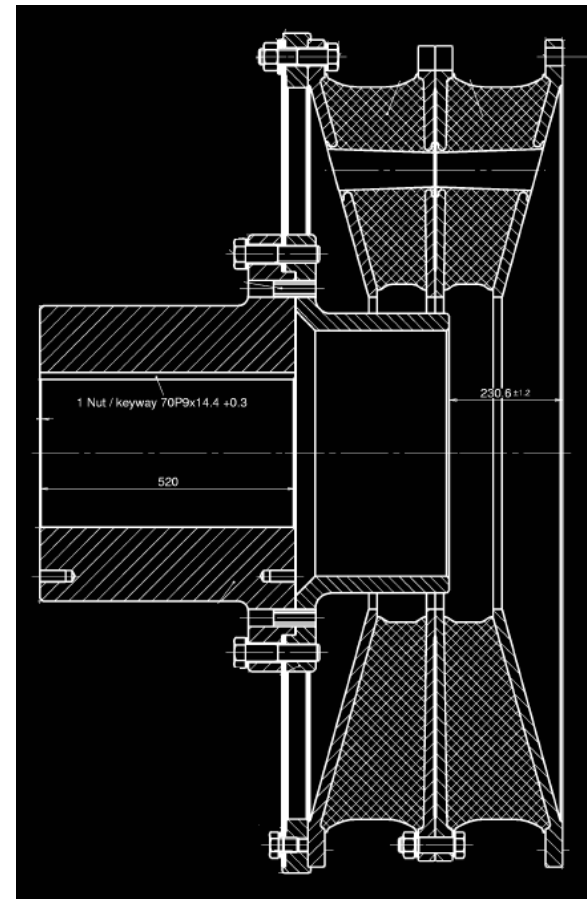
## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

- **Disallineamento radiale:** Lo spostamento relativo costante delle due parti del giunto o variabile con frequenza molto bassa, devono essere inferiori al valore ammissibile (circa 10÷30 mm). Inoltre sono ammessi spostamenti momentanei transitori, ad esempio alla partenza o fermata di un motore sospeso elasticamente, pari a circa due volte il valore ammissibile statico;
- **Disallineamento angolare:** Il giunto ammette uno spostamento angolare dell'asse della parte condotta rispetto a quello della parte conduttrice di circa 0,5 gradi, pari a circa 8,8 mm/m;
- **Momento torcente massimo:** Sono definiti tre valori, precisamente:
  - **Momento torcente  $T_{max1}$ :** E' il momento massimo ammissibile in condizioni transitorie normali, cioè avviamenti e fermate del motore con passaggio attraverso risonanze, prese di carico di alternatori asse, accelerazioni durante le manovre ecc. E' pari a circa 1,5 volte il valore del momento medio ammissibile dal giunto;
  - **Momento torcente  $T_{max2}$ :** E' il momento massimo ammissibile in condizioni transitorie anormali, cioè corti circuiti o errate sincronizzazioni di alternatori, stop di emergenza, crash-stop ecc. E' pari a circa 4,5 volte il valore del momento medio ammissibile dal giunto;
  - **Doppia ampiezza del momento torcente  $\Delta T_{max}$ :** E' l'escursione massima del momento torcente, tra il valore massimo e quello minimo, in condizioni transitorie normali,

# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

➤ Figura e disegno del giunto RATO-S:

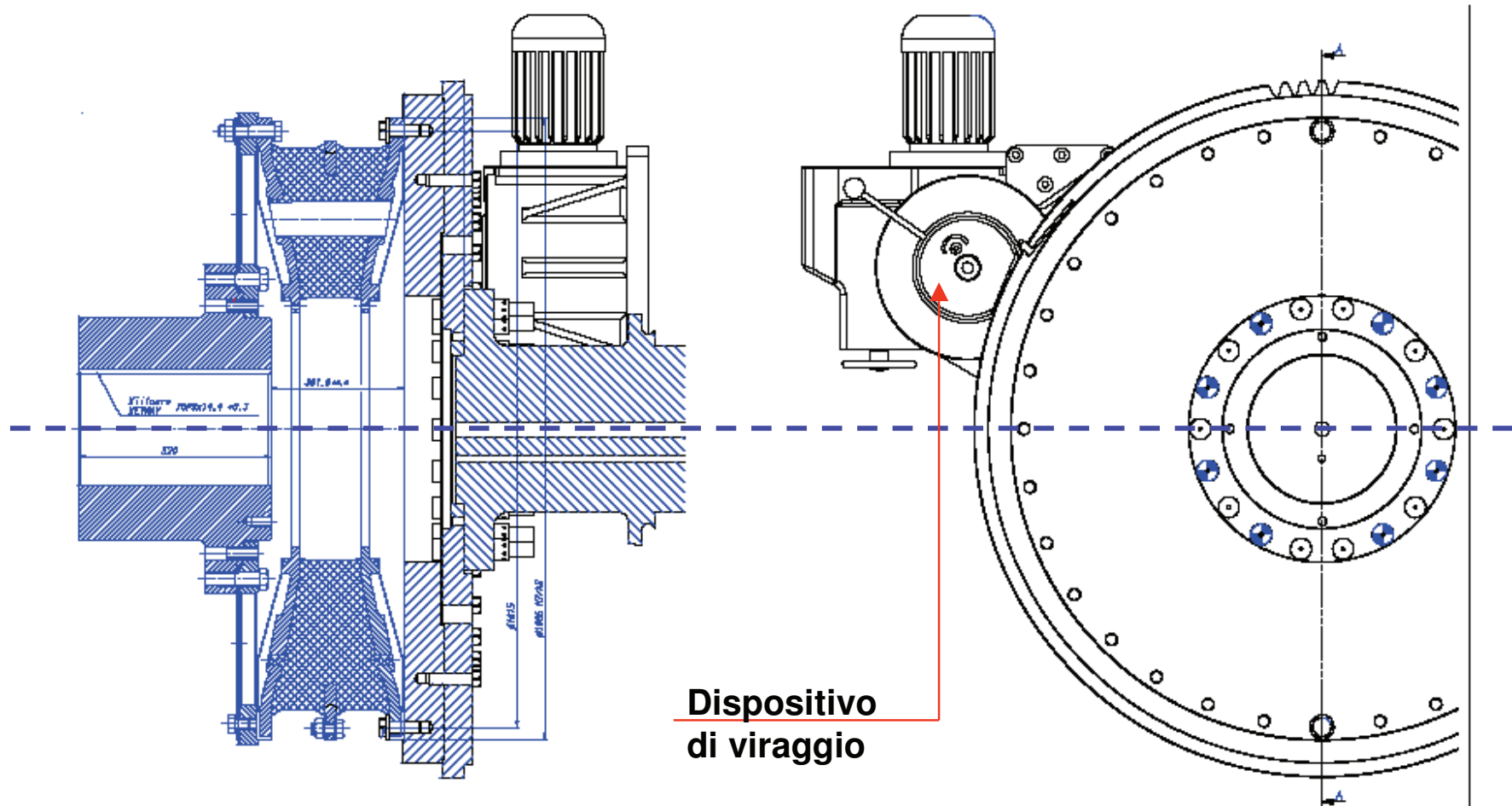




# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

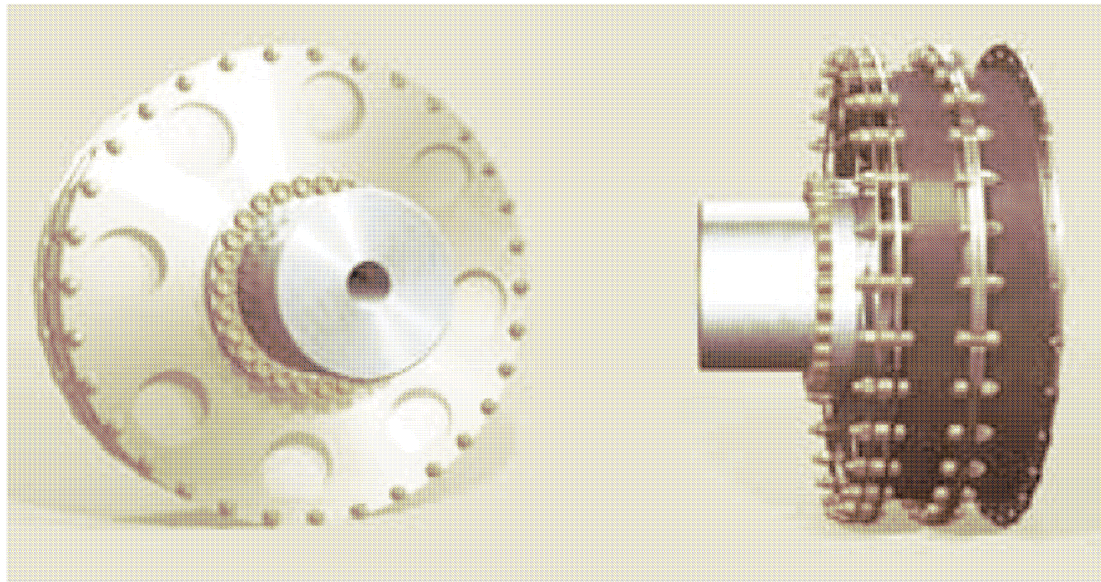
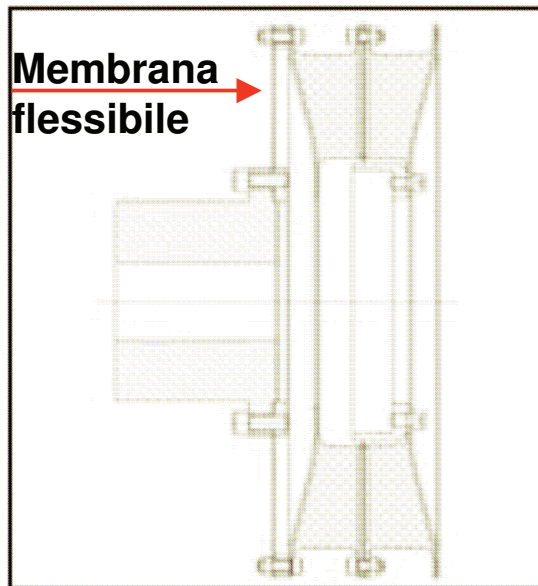
- Disegno dell'accoppiamento del giunto elastico Vulkan con il volano motore



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

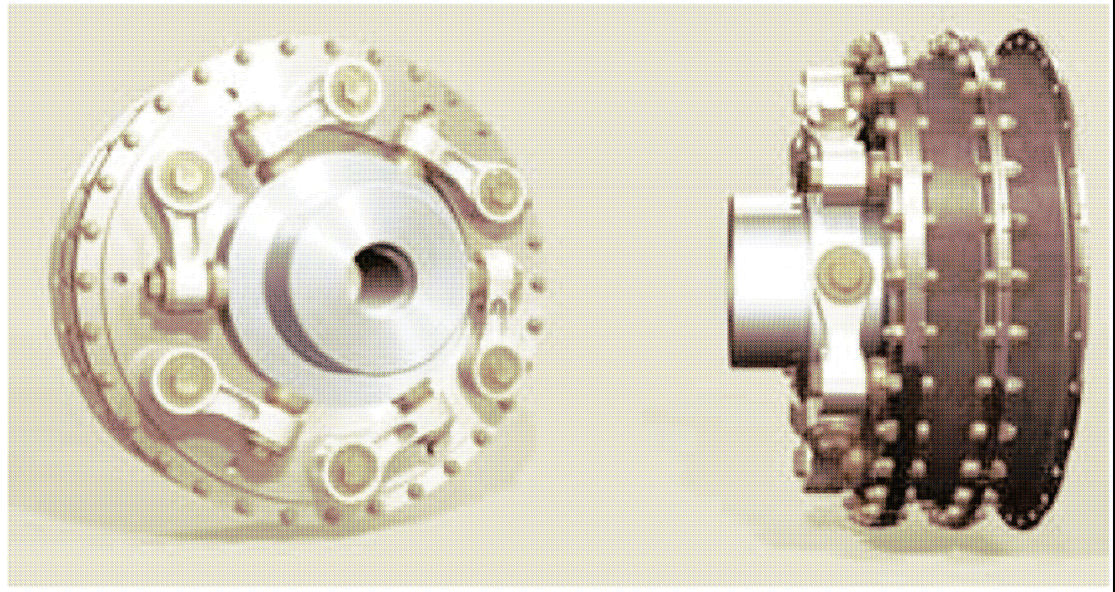
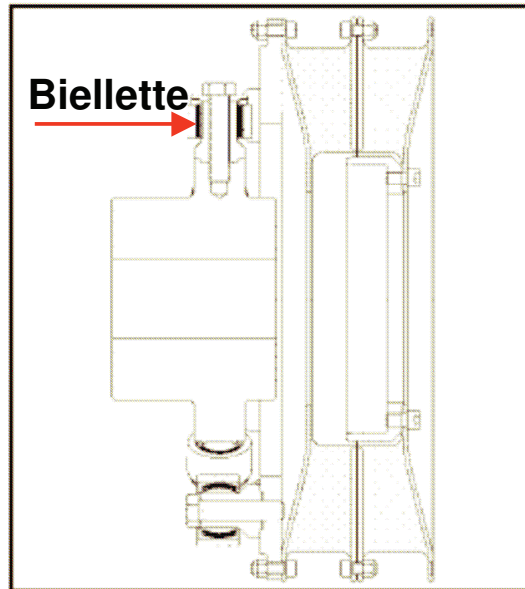
- I giunti elastici in gomma forniti dalla **Centa**, di interesse pratico per impianti con motori medium speed, sono di due tipi:
  - ✓ Tipo “CX-G” con membrana flessibile sistemata a valle delle gomme, come nei giunti Vulkan;
  - ✓ Tipo “CX-L” con bielle con nodo sferico sempre sistemate a valle delle gomme;
- Entrambi i tipi di giunti possono essere forniti con una o più file di gomme, in funzione del valore di rigidità richiesto dal progetto, e ogni gomma può essere un anello intero o divisa in 2-3 o 4 settori.
- La figura seguente rappresenta un giunto tipo “CX-G” a due file di gomme:



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

- Il giunto **Centax** tipo “CX-L” è mostrato nella figura seguente:

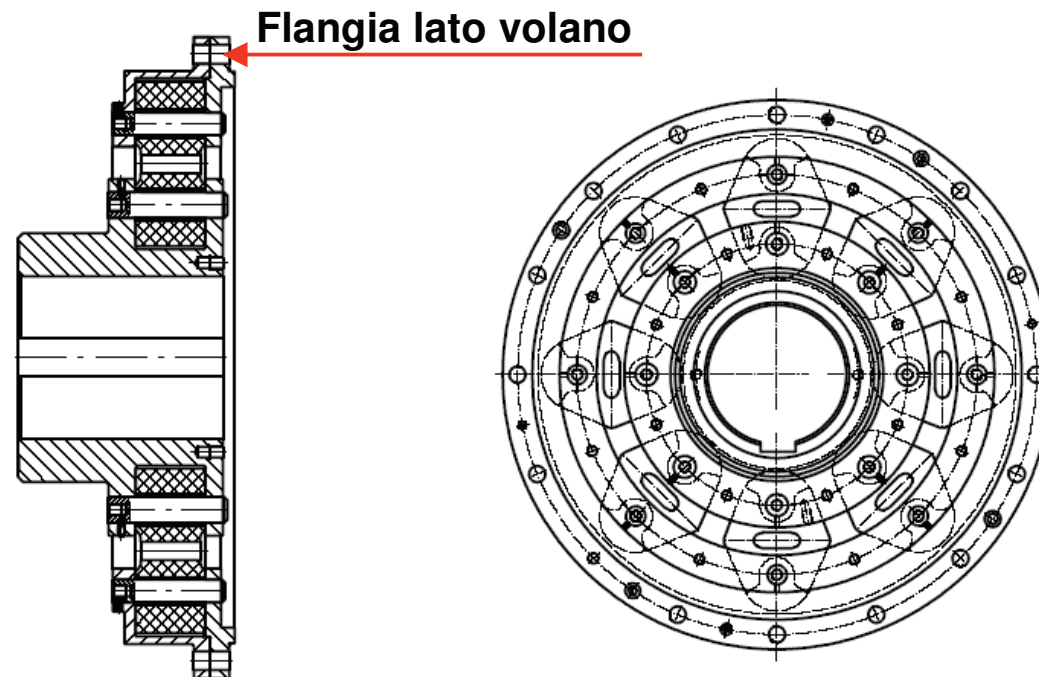


- Entrambi i tipi di giunti son forniti nella configurazione standard con flangia lato volano e manicotto lato riduttore;
- Normalmente tali tipi di giunti, con due file di gomme, ammettono un disallineamento radiale maggiore dei movimenti di un motore sospeso elasticamente generati dal momento di reazione e dal movimento di rollio della nave;

# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

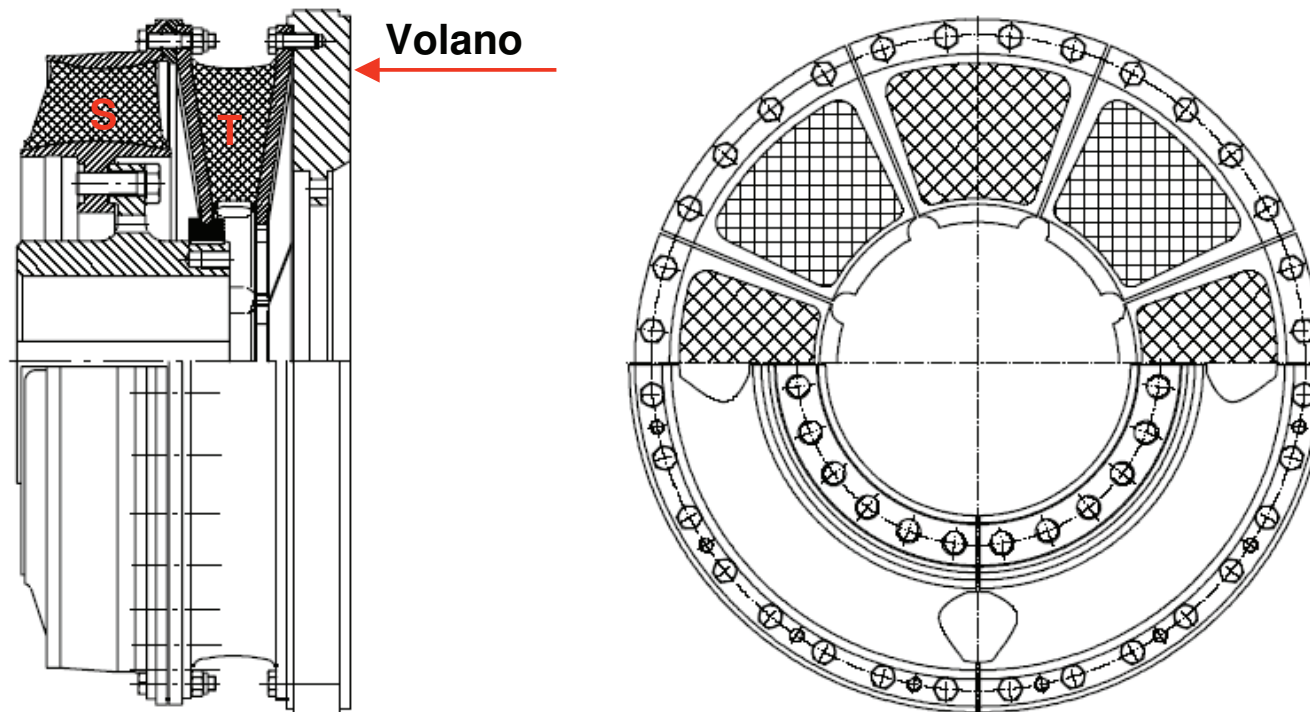
- I giunti elastici in gomma forniti dalla **Stromag** sono di due tipi:
  - ✓ Tipo “GE” con bielle/tiranti sollecitati a trazione che collegano la parte esterna a quella interna;
  - ✓ Tipo “TRI” composto da due tipi di gomme, tipo “T” e tipo “S”, composte da più settori, che assicurano rispettivamente la flessibilità radiale ed assiale;
- Il tipo “GE”, rappresentato nella seguente figura, ha una rigidità torsionale crescente con l’aumentare del momento trasmesso e può essere installato su motori sospesi elasticamente;



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

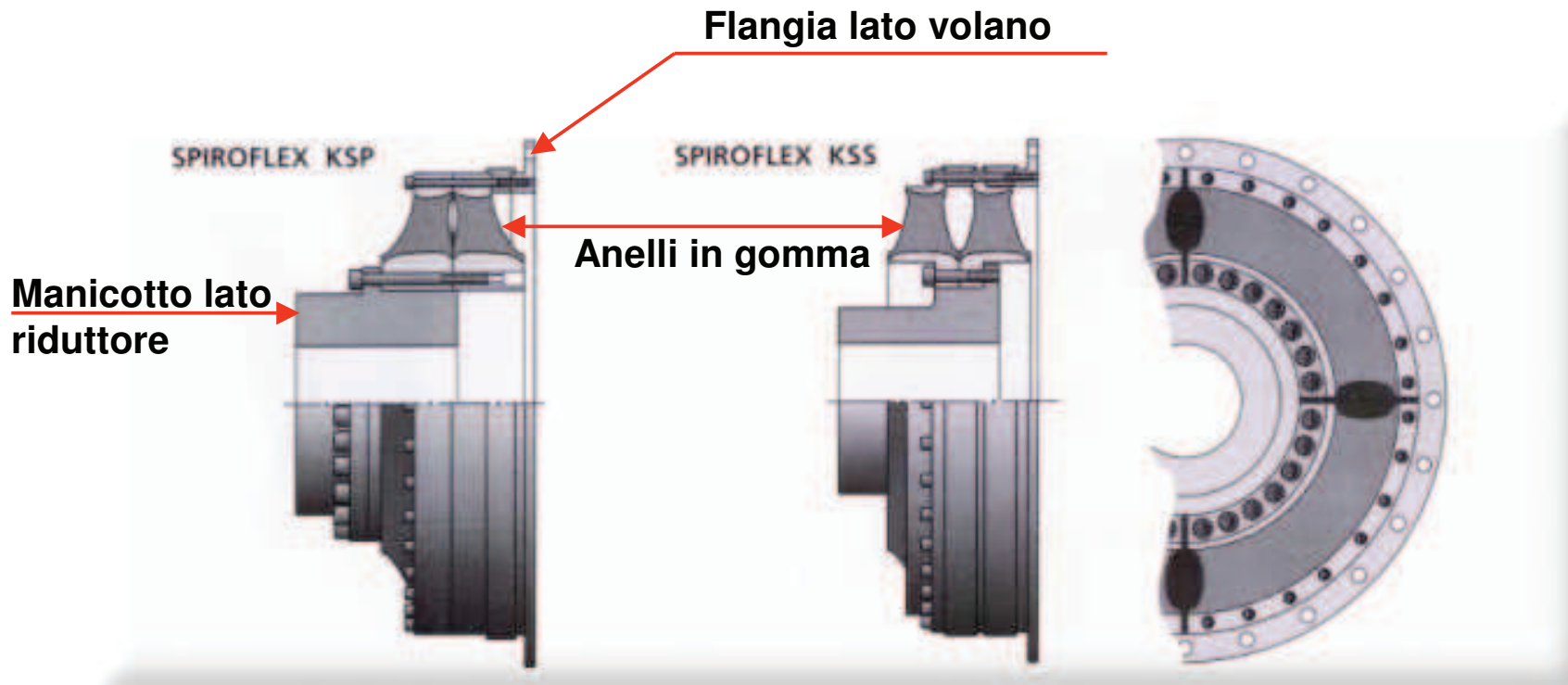
- Il giunto **Stromag** tipo “TRI” può avere una o più gomme di entrambi i tipi “T” e “S” in funzione della rigidità e dei valori di disallineamento richiesti dal progetto. Tale giunto può essere installato su motori sospesi elasticamente, ha una rigidità torsionale lineare e costante fino al valore nominale del momento torcente e una configurazione standard con flangia lato volano e manicotto lato riduttore, come illustrato nella figura seguente,:



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

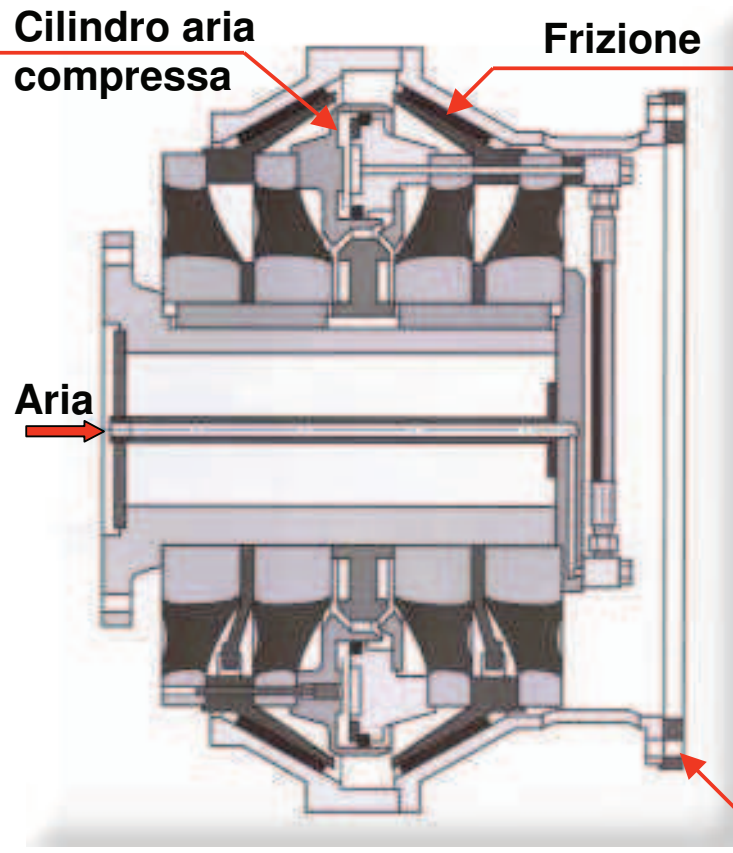
- I giunti elastici in gomma forniti dalla **Lohmann** possono essere con o senza frizione ad aria incorporata. Nella figura seguente è rappresentato il giunto Spiroflex senza frizione, nelle due versioni KSP con gomme ad anello intero e KSS con gomme in quattro settori. La configurazione standard del giunto è con flangia lato volano e manicotto lato riduttore.



# Impianti di propulsione navale

## Componenti della trasmissione della potenza – Giunti elastici in gomma

- Il giunto **Lohmann** tipo Pneumaflex è con frizione ad aria incorporata sulla parte esterna del giunto. La configurazione standard del giunto è con flangia lato volano e manicotto lato riduttore, come illustrato nella figura seguente:



- I vantaggi di tale giunto-frizione sono l'esecuzione molto compatta e la possibilità di inserimento della frizione gradualmente senza strappi, sfruttando l'elevata elasticità del giunto;
- Entrambi i giunti Pneumaflex e Spiroflex erano molto utilizzati in passato su impianti con i motori collegati rigidamente alle fondazioni;
- Tali giunti tuttavia in direzione radiale sono molto rigidi, in quanto la gomma lavora a compressione, e ammettono disallineamenti molto piccoli. Pertanto essi nella loro configurazione standard non sono utilizzabili su impianti con i motori sospesi elasticamente.