

16 Trasmissione

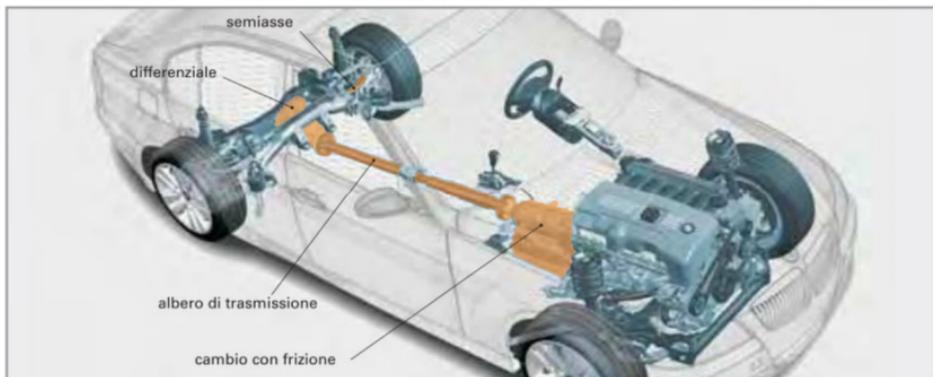


Figura 1: Trasmissione con trazione posteriore e motore anteriore

Gli organi principali della trasmissione di un veicolo sono: frizione, cambio, ponte di trazione (assale motore), differenziale e semiassi delle ruote (fig.1). L'insieme di questi organi è definito "catena cinematica".

Compiti

- Trasformare la coppia motrice e il regime di rotazione del motore, adattandoli alle condizioni di marcia.
- Trasmettere la coppia del motore alle ruote motrici.
- Garantire partenze dolci e progressive.

16.1 Tipi di trazione

Si distinguono in trazione posteriore, anteriore o integrale, a seconda di quale assale è utilizzato come ponte di trazione.

16.1.1 Trazione posteriore

La potenza utile è scaricata a terra dalle ruote dell'assale posteriore.

Trazione posteriore con motore anteriore (fig. 1)

In genere, il motore è disposto sopra oppure immediatamente dietro all'assale anteriore ed è in posizione longitudinale. La forza è trasferita all'assale posteriore attraverso i seguenti componenti.

- **Frizione:** accoppia e disaccoppia dinamicamente il motore dalla trasmissione.
- **Cambio:** attraverso i rotismi, adegua la coppia e il regime motore alle diverse situazioni di guida.
- **Albero di trasmissione:** trasmette il moto dal cambio al ponte di trazione posteriore.

- **Ponte di trazione posteriore:** ruota di 90° il flusso di forza in direzione delle ruote. Prima dei semiassi, la coppia è ulteriormente aumentata in funzione del rapporto di riduzione finale (coppia conica) e il regime di rotazione è ridotto in modo inversamente proporzionale.
- **Semiassi:** trasmettono il moto così modificato alle ruote dell'assale posteriore.

Caratteristiche

- Tunnel per albero di trasmissione nell'abitacolo.
- Ripartizione del carico sull'assale ottimale.
- Le ruote anteriori possono trasmettere forze direzionali laterali elevate, in quanto su di esse non agiscono forze motrici.
- Miglior motricità in accelerazione e in salita, grazie all'aumento di carico sull'assale.
- Maggior libertà di progettazione per le sospensioni anteriori.

Trazione posteriore con motore posteriore



Figura 2: Trazione posteriore con motore posteriore

Il motore è disposto sopra o dietro l'assale posteriore. Per questioni di spazio, sono spesso utilizzati motori a cilindri contrapposti.

Caratteristiche

- Minor capacità del bagagliaio.
- Carico elevato sull'assale posteriore.
- Comportamento sovrasterzante in curva.

16.1.2 Trazione anteriore

La potenza utile è scaricata a terra dalle ruote dell'assale anteriore.

Il motore può essere disposto longitudinalmente o trasversalmente. Motore, frizione, cambio e differenziale sono assemblati in un unico blocco (gruppo motopropulsore, fig. 1).



Figura 1: Trazione anteriore

Caratteristiche

- Minor trasmissione di forze direzionali laterali sull'assale anteriore, in quanto agiscono anche le forze di trazione.
- In accelerazione, si riducono la forza direzionale laterale e la trazione sulle ruote motrici poiché l'assale anteriore è sottoposto a una diminuzione di carico.
- Le diverse forze che agiscono sulle ruote influenzano il comportamento di sterzata.

16.1.3 Trazione integrale

La potenza utile è scaricata a terra da tutte e quattro le ruote motrici.

Si distingue fra trazione integrale inseribile e trazione integrale permanente con ripartizione asimmetrica della coppia motrice sui due assali.

Trazione integrale inseribile

La trazione è inseribile tramite un dispositivo meccanico, idraulico o elettrico, solo in caso di necessità, per esempio, in caso di neve o terreno sconnesso.

Trazione integrale permanente

Si ha costantemente la trazione su entrambi gli assali. È necessario un differenziale centrale tra i due assali per compensare le eventuali diverse velocità di rotazione delle ruote sugli assali motore.

Tramite un ripartitore di coppia, il moto è trasmesso ai due assali (fig. 2).

Caratteristiche

- Miglior trazione, in particolar modo con fondi stradali a scarsa aderenza (neve, ghiaccio, acqua, fango, ecc.).
- Elevata stabilità di guida, in particolare in curva, poiché le forze motrici, a livello di singola ruota, sono inferiori e sono disponibili forze direzionali laterali di riserva più elevate.
- Maggior consumo di carburante, perché il veicolo ha un peso maggiore e le perdite per attrito sono più elevate.



Figura 2: Catena cinematica di una trazione integrale

Perdite di attrito nella trasmissione

L'attrito generato dagli ingranaggi, dai cuscinetti e dagli alberi determina delle perdite di potenza. La tab. 1 mostra i componenti installati e, approssimativamente, le relative perdite di attrito nelle diverse tipologie di trazione, utilizzando l'esempio di vetture con motore anteriore e cambio meccanico manuale.

Tabella 1: Componenti installati e perdite di attrito delle diverse tipologie di trazione

Componenti	Tipologie di trazione		
	anteriore	post.	integrale
frizione	x	x	x
cambio	x	x	x
ponte di trazione (ta)	x	-	x
ponte di trazione (tp)	-	x	x
albero di tr. cardanico	-	x	x (2)
ripartitore di coppia	-	-	x
semiassi	x (2)	x (2)	x (4)
perdite di attrito	c.a 9%	c.a 11%	c.a 18%

16.2 Frizione

La frizione consente di collegare e scollegare dinamicamente il motore e il cambio all'interno della catena cinematica del veicolo.

Compiti

- **Trasmettere la coppia motrice al cambio.** La coppia motrice è trasmessa dal motore al cambio, grazie all'attrito statico.
- **Garantire una partenza dolce e progressiva.** Durante la partenza, la frizione deve accoppiare dinamicamente, ma in modo progressivo, il volano motore all'albero primario del cambio, che è fermo. La coppia è trasmessa grazie all'attrito radente.
- **Consentire un cambio marcia rapido e ottimale.** Per garantire la sincronizzazione dei componenti del cambio, è necessario interrompere il flusso di forze tra motore e cambio.
- **Ammortizzare le oscillazioni torsionali.** L'alternarsi delle fasi attive del motore e le diverse pressioni di combustione generano delle oscillazioni sull'albero motore. Il dispositivo di smorzamento del disco frizione riduce queste oscillazioni, contenendo la rumorosità e l'usura.
- **Proteggere il motore e gli organi della trasmissione da sovraccarichi.** Impedisce la trasmissione di coppie troppo elevate a causa dello slittamento che subentra, per esempio, in caso di blocco del motore.

Per la partenza e per il cambio marcia, sono utilizzate diverse tipologie di frizioni elencate qui di seguito.

Frizioni ad attrito

• Frizione a secco

Con molla a diaframma, per esempio, frizione monodisco, frizioni bidisco, doppie frizioni.

• Frizione a bagno d'olio

- Multidisco (lamellari) a comando idraulico, per esempio nei cambi robotizzati a doppia frizione (Dual Clutch Transmission).
- A comando meccanico, per esempio, per motociclette.

• Frizione centrifuga

Per esempio, per motorini e motociclette.

16.2.1 Frizione ad attrito

Le frizioni ad attrito trasferiscono la coppia motrice dal motore all'albero di entrata del cambio attraverso delle forze di attrito.

La coppia trasmissibile dalla frizione dipende, tra i vari aspetti, dalle forze di pressione. La forza di pressione può essere generata da:

- una molla a diaframma (molla a tazza, detta anche Belleville);
- pistoni comandati idraulicamente;
- diverse masse centrifughe.

Frizione monodisco con molla a diaframma

Questa tipologia di frizione è montata sia su autovetture, sia su veicoli commerciali. I suoi componenti principali sono (fig. 1):

- **coperchio della frizione** (scatola) con anello spingidisco, molla a diaframma, perni distanziali, anelli di ritegno e molle a lama tangenziale. L'anello spingidisco è collegato al coperchio della frizione tramite le molle a lama tangenziale. La molla a diaframma svolge una funzione di leva bidirezionale e gli anelli di appoggio le fanno da fulcro;
- **disco frizione** con due guarnizioni di attrito, un disco condotto e un mozzo;
- **forcilla di innesto o disinne** con cuscinetto reggispinta.

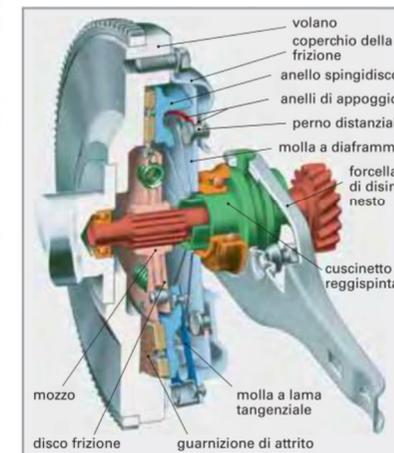


Figura 1: Frizione monodisco con molla a diaframma

Funzionamento

Frizione innestata

Grazie al carico della molla a diaframma, le guarnizioni del disco frizione sono spinte dall'anello spingidisco contro la superficie di appoggio (superficie di attrito) del volano (fig. 1). Subentrano così forze di attrito F_R tra lo spingidisco, le guarnizioni di attrito e il volano. La forza di attrito e il braccio di leva r_m determinano una coppia M_K che è trasmessa al cambio tramite il disco frizione (solidale all'albero primario del cambio).

L'entità della coppia motrice trasmissibile dipende:

- dalla forza di pressione della molla a diaframma;
- dal coefficiente d'attrito delle superfici accoppiate;
- dal raggio medio del disco frizione;
- dal numero delle guarnizioni di attrito.

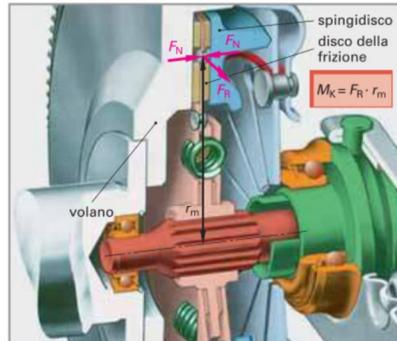


Figura 1: Forze che agiscono sulla frizione

Frizione disinnestata

Disinnesto (complessivo a comando "premuto", fig. 2). Agendo sul pedale della frizione, la forcella di disinnesto è premuta verso il volano. Di conseguenza, anche le linguette della molla a diaframma sono spinte nella stessa direzione. Grazie agli anelli di supporto, la molla a diaframma funziona da leva di primo genere che, in corrispondenza del suo diametro esterno, è allontanata dal volano. Lo spingidisco è così liberato dal carico e la molla a lama tangenziale lo solleva rispetto alla guarnizione d'attrito. Si crea, così, un gioco tra le guarnizioni e le superfici di attrito che interrompe il flusso di forza.

Disinnesto (complessivo a comando "tirato", fig. 2). Le linguette della molla a diaframma si agganciano in una scanalatura del cuscinetto reggispinta e vengono trascinate nella direzione del cambio. In questa configurazione, la molla a diaframma costituisce una leva di secondo genere, con un rapporto meccanico a:b maggiore.

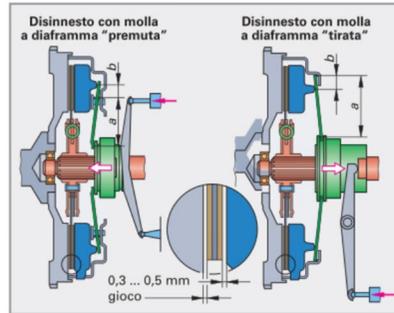


Figura 2: Disinnesto con molla premuta e tirata

Forza di pressione. Aumenta con l'usura delle guarnizioni sino a raggiungere un valore massimo per poi diminuire costantemente (fig. 2, pag. 400). Una volta superata la soglia di usura, il calo è considerevole e la frizione può slittare.

Forza di disinnesto. La forza necessaria per il disinnesto della frizione aumenta inizialmente in maniera lineare. Dopo l'inversione della molla a diaframma, la forza di disinnesto diminuisce.

Caratteristiche della frizione con molla a diaframma

- Struttura semplice.
- Forza di pressione quasi indipendente dall'usura delle guarnizioni di attrito.

Frizione autoregolante "Self Adjusting Clutch" (SAC) (fig. 3)

La frizione SAC (con autoregolazione) si autoregola in presenza di usura delle guarnizioni di attrito, adattando automaticamente la posizione dello spingidisco.

Struttura. I componenti aggiuntivi sono:

- molla a tazza (Belleville) con sensore;
- anello di regolazione.



Figura 3: Frizione SAC

16

Funzionamento della frizione SAC (fig. 1)

La molla a diaframma non è rivettata in posizione fissa sul coperchio della frizione, ma può girare poggiando sulla molla a tazza del sensore e sull'anello di regolazione. In caso di usura della guarnizione, lo spingidisco si avvicina al volano. Se, durante il disinnesto della frizione, è superata la forza di ritengo sul punto di rotazione della molla a tazza del sensore, la molla si sposta verso il volano, sino a quando la forza di disinnesto e la forza della molla a tazza del sensore non sono nuovamente identiche. Per questo motivo, questa frizione è definita anche Load Adjusted Clutch (LAC). La distanza che si crea è compensata dall'anello di regolazione.

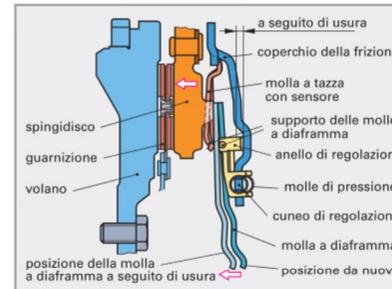


Figura 1: Frizione SAC a molla a diaframma

Nel grafico (fig. 2) sono rappresentate le forze di pressione e di disinnesto delle frizioni con molla a diaframma e delle frizioni SAC, in funzione delle guarnizioni di attrito.

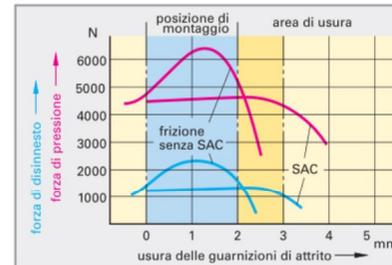


Figura 2: Curve caratteristiche delle frizioni con molla a diaframma e delle frizioni SAC

Caratteristiche della frizione SAC (fig. 2)

- Le forze di disinnesto sono inferiori rispetto alla tradizionale frizione con molla a diaframma.
- Le forze di pressione rimangono invariate per tutta l'area di usura delle guarnizioni di attrito.
- La durata è superiore grazie alla maggiore superficie di usura.

Dischi frizione

Compiti

- Trasmettere la coppia motrice dal motore all'albero primario del cambio.
- Garantire una partenza dolce e progressiva.
- Ammortizzare le oscillazioni torsionali.

Struttura

I dischi della frizione (fig. 3) sono composti fondamentalmente da:

- disco condotto come supporto per le guarnizioni;
- mozzo con flangia;
- guarnizione d'attrito;
- lamelle elastiche della frizione;
- smorzatore torsionale.

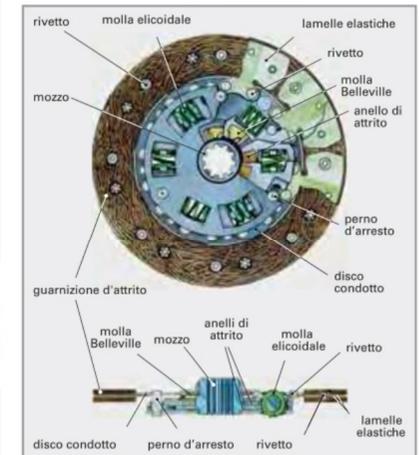


Figura 3: Struttura di un disco frizione

Guarnizioni di attrito della frizione

Le guarnizioni costituiscono l'elemento d'attrito fra il volano e l'anello spingidisco. Devono avere le seguenti caratteristiche:

- buona resistenza alle alte temperature;
- elevata resistenza all'usura;
- elevato coefficiente d'attrito, costante anche ad alte temperature.

Guarnizioni di attrito per frizioni a secco

Guarnizioni organiche. Sono costituite da:

- fibre sintetiche organiche (aramide, fibre di vetro o di carbonio);
- inserti (filamenti di rame o zinco);
- agenti leganti (resine fenoliche);
- agenti di carica (fuliggine, biglie di vetro, solfato di bario).

Impiego: autovetture e veicoli commerciali.

Guarnizioni di attrito in metallo sinterizzato (fig. 1). Si compongono di diversi metalli (rame, ferro) oppure leghe di metallo (bronzo, ottone). Come additivi, sono impiegati metalli di attrito (per esempio ossidi di metallo) e grafite.

Caratteristiche. Ottima resistenza alle elevate temperature, buon funzionamento in condizioni estreme, elevata resistenza all'usura, scarso slittamento.

Impiego: veicoli cingolati e vetture da competizione per sport motoristici.



Figura 1: Disco frizione con guarnizioni sinterizzate

Guarnizioni di attrito per frizioni a bagno d'olio

Guarnizioni di attrito di carta (carta a bagno d'olio). Si compongono di fibre di legno o di lana, fibre di carbonio e di vetro unite da resine sintetiche. Nelle frizioni sottoposte a elevate sollecitazioni termiche, per le guarnizioni sono utilizzati materiali composti in fibre di carbonio e ceramica e metalli sinterizzati.

Impiego: frizioni lamellari a bagno d'olio per motociclette, come doppie frizioni oppure nei cambi automatici.

Ammortizzatore torsionale

Ammortizza le oscillazioni torsionali del motore causate dall'alternanza delle fasi attive.

Riduce la rumorosità del cambio (il cosiddetto "sferragliamento") e l'usura degli ingranaggi. Gli ammortizzatori torsionali si compongono di:

- molle di torsione;
- ammortizzatore ad attrito.

Struttura (fig. 3, pag. 400). Il mozzo è solidale al disco conduttore e poggia, tramite la flangia, con diverse molle di torsione su di esso. Sotto carico, si può verificare una limitata torsione fra il mozzo e il disco condotto che porta le guarnizioni. La coppia motrice prodotta dalle molle di torsione deve essere maggiore della coppia motrice massima, al fine di evitare che la flangia del mozzo batta sul perno d'arresto.

Ammortizzatore ad attrito. È alloggiato nel mozzo e si compone di due anelli di attrito e di una molla a tazza (Belleville). L'ammortizzatore frena le oscillazioni torsionali grazie all'attrito. L'azione congiunta delle molle di torsione e dell'ammortizzatore ad attrito riduce le vibrazioni torsionali provenienti dal motore, impedendone la diffusione alla catena cinematica.

Lamelle elastiche del disco frizione

Garantiscono una partenza dolce e progressiva.

Sono inserite tra le guarnizioni d'attrito. Il molleggio assiale è strutturato in modo che le guarnizioni siano accoppiate progressivamente durante la partenza e che, quando la frizione è completamente innestata, esse rimangano perfettamente piane.

Forcella di disinnesto

Aziona la molla a diaframma attraverso il cuscinetto reggispinta.

Può essere azionata meccanicamente oppure idraulicamente.

Cuscinetto reggispinta

È guidato al centro da un manicotto (fig. 2). Si tratta di un cuscinetto a sfere del tipo "long-life" con l'anello interno sempre a contatto con la molla a diaframma.

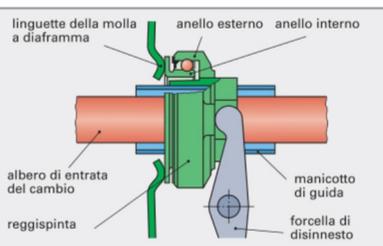


Figura 2: Reggispinta guidato al centro

Comando della frizione

Ha il compito di amplificare la forza applicata dal conducente sul pedale e di trasferirla alla forcella di disinnesto. Le frizioni possono essere comandate meccanicamente o idraulicamente.

Comando meccanico. La forza esercitata dal conducente sul pedale è trasmessa al cuscinetto reggispinta da un cavo flessibile o da una tiranteria, attraverso un sistema di leve (fig. 1, pagina 402).

Il rapporto tra i bracci di leva è concepito in modo tale che la forza necessaria all'azionamento e la corsa del pedale non siano eccessive.

Comando meccanico senza recupero del gioco (fig. 1)

Fra la molla a diaframma e il cuscinetto reggispinta c'è un gioco di circa 1-3 mm (10-30 mm sul pedale), che è indispensabile per evitare lo slittamento della frizione quando è innestata e per permettere una corretta usura delle guarnizioni d'attrito. In seguito all'usura delle guarnizioni, l'anello spingidisco si sposta in direzione del volano. La molla a diaframma agisce come una leva, avvicinando le sue linguette al reggispinta. In tal modo, il gioco della frizione diminuisce. È necessario che esso sia regolato tempestivamente, in quanto all'aumentare dell'usura si annullerebbe e, di conseguenza, le linguette della molla a diaframma andrebbero a toccare il cuscinetto reggispinta. La forza di pressione della molla a diaframma, in tal caso, sarebbe involontariamente modificata a tal punto da produrre lo slittamento della frizione.

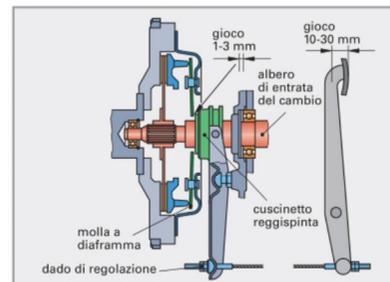


Figura 1: Comando meccanico della frizione

Se il gioco della frizione è troppo piccolo si hanno le seguenti conseguenze:

- slittamento della frizione a causa di una forza di pressione ridotta della molla a diaframma;
- surriscaldamento delle guarnizioni di attrito della frizione;
- surriscaldamento e indebolimento della molla a diaframma;
- assottigliamento delle estremità della molla a diaframma;
- surriscaldamento della superficie di attrito del volano.

Il gioco può essere regolato agendo sulla leva di disinnesto oppure sul pedale della frizione. La lunghezza del cavo aumenta ruotando il dado di registro. In questo modo, il cuscinetto si allontana dalla molla a diaframma.

Comando meccanico con recupero automatico del gioco

L'usura delle guarnizioni di attrito è compensata da un dispositivo di regolazione nel cavo della frizione.

Il dispositivo di regolazione automatica elimina il gioco tra il cuscinetto reggispinta e le linguette della molla a diaframma. Il cuscinetto di disinnesto preme contro la molla a diaframma, rispetto alla quale è solidale, con un precarico costante di 100 N. Il dispositivo di regolazione del cavo della frizione può essere posizionato tra il pedale e la forcella di disinnesto oppure direttamente sul pedale della frizione.

Comando idraulico

Trasmette e amplifica la forza prodotta dal conducente sul pedale, grazie ad un cilindro maestro e ad un cilindro ricevitore.

Il comando idraulico (fig. 2) include:

- cilindro maestro;
- tubazione flessibile;
- cilindro ricevitore;
- tubazione rigida.
- fluido idraulico;

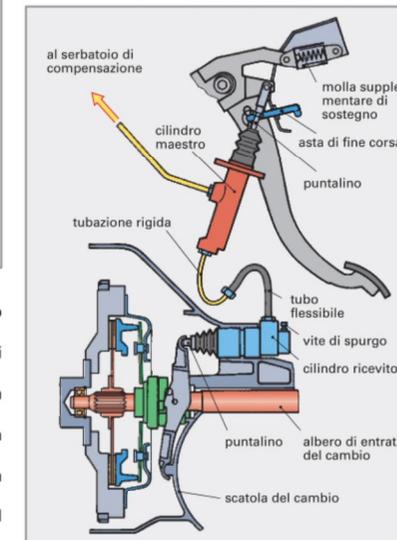


Figura 2: Comando idraulico

Funzionamento

Disinnesto. La forza esercitata dal conducente è trasmessa, tramite il pedale della frizione e la tiranteria, al pistone del cilindro maestro. La pressione del liquido, generata nella camera di pressione, si propaga nella tubazione di collegamento. La pressione esercita una forza sul pistoncino del cilindro ricevitore che, tramite un puntalino e una leva, aziona la forcella e disinnesta la frizione.

Innesto. Al momento dell'innesto, la molla a diaframma e le molle di richiamo riportano i pistoncini dei cilindri nelle loro posizioni iniziali.

Vantaggi rispetto al comando meccanico

- Gestione semplificata in caso di grandi distanze tra pedale e frizione, per esempio con motore posteriore.
- Potenziamento della forza esercitata sul pedale grazie alla trasmissione idraulica.
- Trasmissione idraulica praticamente senza perdite di potenza per attrito (miglior rendimento meccanico).

Cilindro maestro (fig. 1)

Ha il compito di generare la pressione del liquido per il sistema idraulico.

Il pistoncino è doppio con una guarnizione anulare primaria e una secondaria. La guarnizione primaria chiude la camera di pressione, mentre quella secondaria garantisce l'ermeticità verso l'esterno. La camera tra le due guarnizioni è in comunicazione con il serbatoio di compensazione attraverso il foro di compensazione. Nella posizione di riposo del pistoncino si ha uno scambio di volumi tra la camera di pressione e il serbatoio di compensazione tramite il foro di compensazione. Non appena il pistoncino copre il foro di compensazione, la pressione del liquido aumenta.

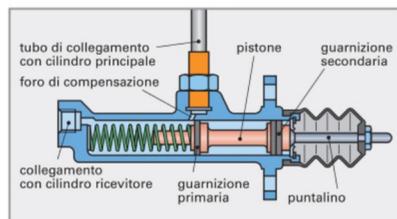


Figura 1: Cilindro maestro

Cilindro ricevitore (fig. 2)

Aziona la leva di disinnesto.

Il cilindro ricevitore è composto da:

- cilindro;
- vite di spurgo;
- pistoncino con guarnizione;
- puntalino.

La pressione del liquido esercita una forza sul pistoncino. Il puntalino si sposta assialmente e comanda la leva di disinnesto.

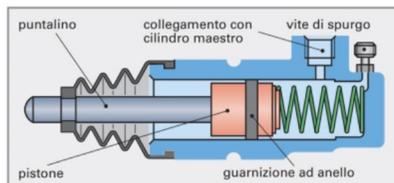


Figura 2: Cilindro ricevitore

Reggispinta idraulico centrale

È utilizzato nelle frizioni a comando idraulico ed è fissato all'interno della campana del cambio (fig. 3).

Funzionamento

Il pistone di spinta riceve il liquido sotto pressione dal cilindro principale; in questo modo si produce uno spostamento assiale sul manicotto interno. Di conseguenza, il cuscinetto e l'anello di spinta sono premuti contro la molla a diaframma e la frizione è disinnestata. A frizione innestata (assenza di pressione del liquido), la molla di precarico agisce sul cuscinetto, mantenendolo sempre in contatto con la molla a diaframma. Il cuscinetto, di conseguenza, riposa sulle linguette della molla di precarico e compensa il gioco di frizione, che si manifesta durante l'usura del disco frizione.

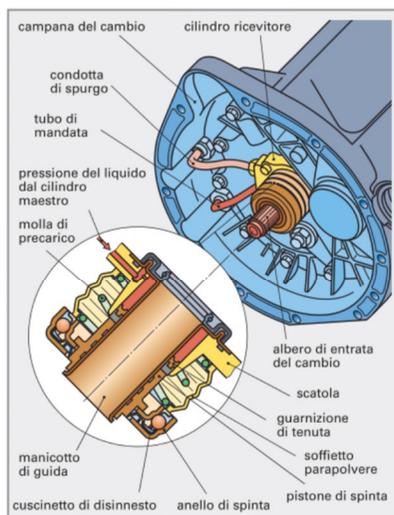


Figura 3: Posizionamento del reggispinta idraulico

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Verifica guarnizioni di attrito

Prima di procedere alle prove di funzionamento è importante percorrere un tragitto di prova durante il quale si aziona più volte la frizione portandola alla sua normale temperatura di esercizio. A causa del pericolo di surriscaldamento eccessivo della frizione, a vettura ferma non si devono mai effettuare slittamenti della frizione.

Controllo dello slittamento durante la partenza

1. A veicolo fermo inserire il primo rapporto.
2. Portare il motore ad un regime di rotazione doppio rispetto a quello del minimo.
3. Rilasciare rapidamente il pedale della frizione.

Se il veicolo accelera gradualmente e senza stratonni, significa che la frizione funziona correttamente.

Controllo dello slittamento con freno a mano inserito

1. Premere il pedale della frizione, inserire il rapporto più lungo.
2. Aumentare il regime del motore fino a raggiungere il regime di coppia massima.
3. Rilasciare rapidamente la frizione, accelerando al massimo.

Se il motore non va "in stallo", la frizione slitta.

Controllo del disinnesto

1. Premere a fondo il pedale della frizione.
2. Attendere circa 3-4 secondi.
3. Inserire la marcia e verificare la presenza di rumorosità.

In caso di rumorosità, il disaccoppiamento della frizione non avviene correttamente.

In alternativa, si può:

1. sollevare l'assale motore;
2. premere il pedale della frizione e inserire la marcia.

Il movimento delle ruote motrici deve essere inibito.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali sono i 5 compiti espletati dalla frizione nel veicolo?
- 2 Quali sono i 3 componenti principali di una frizione ad attrito monodisco?
- 3 Illustrate la struttura di un disco frizione.
- 4 Spiegate la struttura di un cuscinetto reggispinta idraulico guidato centralmente.
- 5 Descrivete le 4 grandezze che influenzano la coppia trasmissibile della frizione con molla a diaframma.
- 6 Spiegate il funzionamento di una frizione con molla a diaframma.
- 7 Quali vantaggi presenta la frizione SAC?
- 8 Come viene azionata la frizione dal punto di vista idraulico?
- 9 Quali vantaggi presenta l'azionamento idraulico della frizione?
- 10 Quali verifiche funzionali vengono eseguite nelle frizioni ad attrito delle autovetture?

Frizione SAC

In caso di riparazione della frizione SAC, eseguire lo smontaggio e il montaggio servendosi di un tenditore specifico (fig. 1), affinché lo spingidisco possa essere montato in assenza di tensioni.

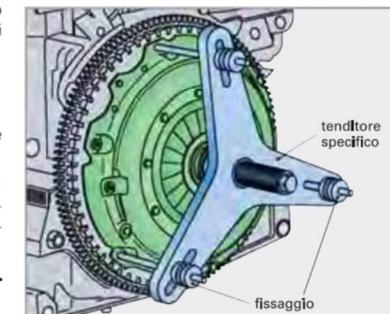


Figura 1: Tenditore specifico

In caso di sostituzione solo del disco frizione usurato, è necessario verificare che l'anello di regolazione (b), presente sul coperchio della frizione, si trovi nella posizione zero. Per portare l'anello di regolazione nella posizione zero (fig. 2), è necessario liberare la frizione servendosi dell'apposito tenditore. Al primo azionamento, la frizione si adegua allo spessore della guarnizione di attrito.



Figura 2: Azzeramento dell'anello di regolazione

16.2.2 Frizione bidisco

È composta di due dischi e, quindi, presenta quattro superfici d'attrito. A parità di forza d'attrito e di dimensioni delle guarnizioni, una frizione bidisco è in grado di trasmettere il doppio della coppia motrice trasmissibile rispetto a una frizione monodisco.

Struttura (fig. 1)

La frizione bidisco si compone di due dischi frizione posizionati l'uno dietro l'altro, di un disco intermedio, di una molla a diaframma e di un cuscinetto di disinnesto. La coppia motrice trasmessa è ripartita equamente sui due dischi frizione, entrambi collegati solidalmente con l'albero del cambio.

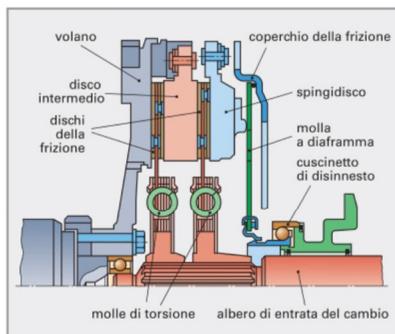


Figura 1: Frizione bidisco con molla a diaframma

Funzionamento

Innesto frizione (fig. 1). La forza di pressione della molla a diaframma preme, una contro l'altra, le superfici d'attrito dello spingidisco, dei due dischi condotti, del disco intermedio e del volano. La coppia motrice è trasmessa, quindi, tramite 4 superfici d'attrito.

Flusso di forza. La coppia motrice passa, dal volano motore, al coperchio del complessivo, alle molle a lama tangenziale, allo spingidisco e al disco intermedio, fino ai due dischi condotti. Dal mozzo calettato dei dischi condotti, infine, la forza è trasmessa all'albero primario del cambio.

Disinnesto frizione. Premendo il pedale della frizione, il reggispinta è tirato verso destra. La forza di disinnesto vince la forza della molla a diaframma. Lo spingidisco e il disco intermedio sono allontanati dalle guarnizioni d'attrito, interrompendo il flusso di forza.

Le frizioni bidisco sono impiegate, per esempio, nei veicoli commerciali pesanti.

16.2.3 Frizione lamellare

Le frizioni multidisco, dette anche frizioni lamellari, sono spesso a bagno d'olio.

Struttura (fig. 2)

Diversi dischi frizione (lamelle) sono montati in serie e si alternano come dischi conduttori con dentatura esterna (lamelle d'acciaio). Le lamelle con dentatura esterna si impegnano nelle scanalature della scatola frizione, mentre le lamelle con dentatura interna nelle scanalature del mozzo. Nello spingidisco è presente un cilindro idraulico con pistone. Lo spingidisco è collegato all'albero primario del cambio tramite il mozzo.

Innesto. Tramite il cilindro maestro, oppure attraverso delle elettrovalvole, l'olio sotto pressione giunge nel cilindro. Il pistone, spinto dalla pressione dell'olio, chiude a pacco i dischi esterni con quelli interni.

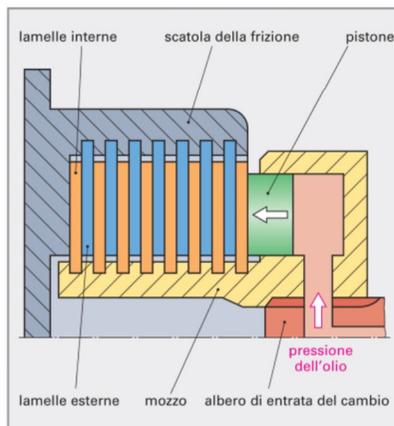


Figura 2: Frizioni lamellari

Flusso di forza. La coppia motore è trasferita all'albero primario del cambio tramite il cestello frizione, le lamelle di attrito con dentatura interna, le lamelle in acciaio con dentatura esterna e il mozzo.

Disinnesto. La pressione dell'olio è gestita tramite delle elettrovalvole. Sul pistone non agisce più nessuna forza e il flusso di forza viene interrotto.

Le frizioni lamellari sono impiegate, per esempio, nei motocicli, nei Direct-Shift Gearbox (DSG) e nei cambi automatici.

16.3 Frizione automatica SAF

Si tratta di un sistema automatico nel quale l'apertura della frizione (disinnesto) e la sua chiusura (innesto) sono determinate in funzione dei segnali provenienti da appositi sensori.

L'operazione di innesto e disinnesto non è più effettuata dal conducente e, quindi, non è più necessario il pedale della frizione. I segnali dei sensori che influenzano il comando della frizione sono: interruttore d'accensione, posizione del pedale acceleratore, regime motore, velocità di marcia, riconoscimento della marcia inserita, segnali ABS/ASR, riconoscimento dell'intenzione di cambio marcia e corsa di disinnesto.

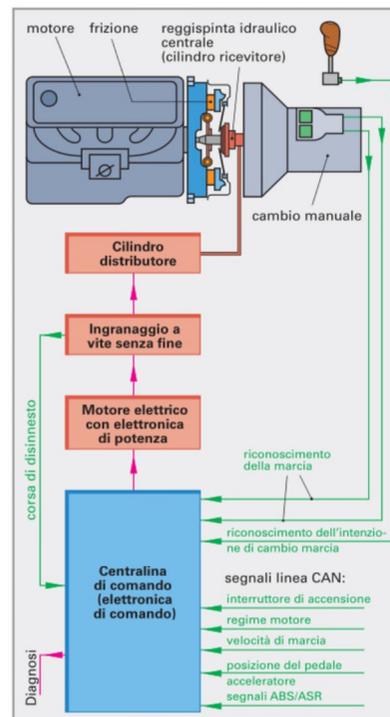


Figura 1: Schema a blocchi della frizione SAF

Struttura (fig. 1)

Componenti del sistema della frizione

- Frizione con molla a diaframma con regolazione automatica e cuscinetto reggispinta idraulico.

- Sensori per il riconoscimento dell'intenzione di cambio marcia, del riconoscimento della marcia inserita e della corsa di disinnesto.

- Centralina di comando della frizione.

- Attuatori:

- motore elettrico e ingranaggio a vite senza fine;
- cilindro distributore, reggispinta idraulico guidato al centro (cilindro ricevitore).

Riconoscimento dell'intenzione di cambio marcia. L'intenzione di cambio marcia è rilevata da un sensore (potenziometro rotativo) sulla leva del cambio.

Riconoscimento della marcia. La marcia inserita è rilevata mediante due sensori di posizione angolari collocati sulla tiranteria del cambio. In aggiunta ai segnali sull'intenzione di cambio marcia e di rilevamento del rapporto inserito, la centralina riceve, tramite la linea CAN, dei segnali provenienti dalle centraline di comando del motore e dal sistema ABS/ASR.

Funzionamento

Per rilevare le condizioni del sistema, la centralina di comando riceve dai sensori dei segnali, i quali sono elaborati dalla centralina di gestione e inviati agli organi di regolazione (attuatori). A seconda dei segnali inviati agli attuatori, la frizione è aperta o chiusa.

Partenza. Grazie ai diversi segnali in entrata (giri ruota, giri motore e giri cambio), la centralina di comando elabora lo slittamento ottimale per la fase di partenza.

Cambio marcia. Il sensore, posto sulla leva del cambio, segnala l'intenzione di cambiare il rapporto. La centralina di comando aziona il motore elettrico con ingranaggio a vite senza fine che, agendo sul cilindro distributore, genera la pressione necessaria. Tale pressione apre la frizione attraverso il cuscinetto idraulico centrale (cilindro ricevitore). A operazione eseguita, i sensori segnalano quale marcia è stata inserita. La centralina di comando invia un segnale al motore elettrico che aziona l'ingranaggio a vite senza fine. In questo modo, la corsa di disinnesto è comunicata dal sensore alla centralina di comando. La frizione si può chiudere con slittamento controllato. Il pedale dell'acceleratore non deve essere necessariamente rilasciato durante il cambio. La quantità di carburante iniettato è prima ridotta e poi aumentata automaticamente.

Funzionamento durante la guida normale. Per ammortizzare le oscillazioni torsionali, la centralina di comando elabora la differenza fra il numero di giri del motore e il numero di giri in entrata del cambio. Se necessario, è attuato uno slittamento controllato della frizione.

Variazione di carico. Per evitare gli effetti perturbatori generati dalla variazione di carico, è possibile che la frizione si apra brevemente. Grazie a questo slittamento controllato, il veicolo può accelerare senza stratonni.

Inserimento di un rapporto inferiore su fondo scivoloso. Se le ruote tendono a bloccarsi su fondo scivoloso, la frizione si apre, consentendo al conducente di mantenere il controllo del veicolo.

Caratteristiche

- Assenza del pedale della frizione.
- Il regime di rotazione non diminuisce durante la partenza o la frenata.
- Ridotta usura delle guarnizioni d'attrito e del cuscinetto di disinnesto.
- Le oscillazioni torsionali del motore sono ammortizzate mediante lo slittamento della frizione.
- Assenza di reazioni perturbatrici durante le variazioni di carico.

Esempi di sistemi elettronici di frizione:

SEF Sistema Elettronico della Frizione
GEF Gestione Elettronica della Frizione
SAF Sistema Automatico della Frizione

16.4 Sistemi automatici a doppia frizione

Trovano impiego nei cambi automatizzati (Direct-Shift Gearbox, DSG) e consentono un cambio marcia senza interruzione di coppia.

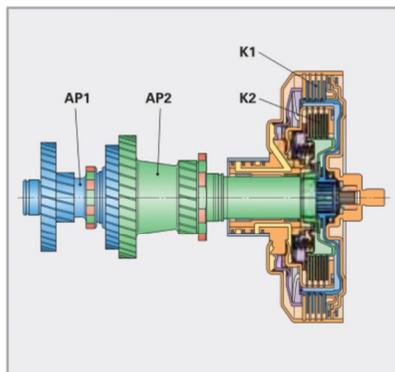


Figura 1: Doppia frizione Direct-Shift Gearbox (DSG)

Struttura (fig. 1). La doppia frizione è generalmente composta da due gruppi di frizioni lamellari (K1 e K2) che lavorano in modo indipendente l'uno dall'altro. I mozzì delle frizioni K1 e K2 sono calettati sui rispettivi alberi primari coassiali (AP1 e AP2).

Su AP1 sono posizionati, per esempio, gli ingranaggi fissi delle marce 1ª, 3ª, 5ª ed eventualmente della 7ª. Su AP2 sono posizionati gli ingranaggi delle marce 2ª, 4ª, 6ª e della retromarcia. K1 e K2 possono essere frizioni a secco o a bagno d'olio.

Funzionamento. A seconda della situazione di guida, il software della centralina di comando stabilisce:

- quale frizione è aperta e quale è chiusa;
- quale marcia è innestata;
- quale marcia deve essere preinnestata.

Il cambio di marcia e l'innesto della frizione possono avvenire automaticamente o essere eseguiti dal conducente.

Fase di avviamento e motore in folle (N). Entrambe le frizioni sono aperte. Nessuna marcia è inserita.

Partenza. Con la leva in posizione D (drive) sono inserite la 1ª e la 2ª marcia. Azionando il pedale dell'acceleratore, solo la frizione K1 chiude (innestata), consentendo la trasmissione della coppia dal motore al cambio. La frizione K2 è disinnestata.

Passaggio al rapporto superiore. Il passaggio dalla 1ª alla 2ª marcia avviene aprendo K1 e chiudendo K2 simultaneamente.

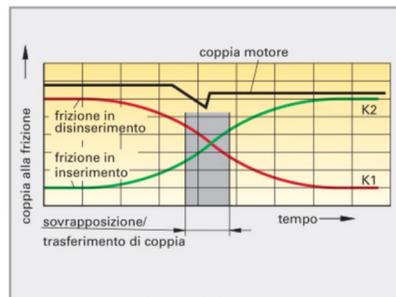


Figura 2: Commutazione delle frizioni durante il cambio marcia

L'innesto è favorito dalla riduzione della coppia motrice, per un brevissimo istante, verso le marce superiori (fig. 2) o all'aumento della coppia motrice per le scalate. Il tempo di sovrapposizione delle due frizioni varia da 30 a 50 millesimi di secondo.

Il cambio marcia avviene in circa 0,1-0,4 secondi. Quando la 2ª marcia è inserita e la frizione K1 aperta, viene preselezionata la 3ª marcia.

Innesto della marcia inferiore. In caso di cambio dalla 3ª alla 2ª marcia, viene preselezionata la marcia inferiore successiva. La frizione K1 della 3ª marcia è disinnestata e la frizione K2 della 2ª marcia preselezionata è contemporaneamente innestata.

Spegnimento motore. In caso di spegnimento del motore, entrambe le frizioni si aprono e il cambio è in folle. Il veicolo fermo non può essere frenato inserendo un rapporto. Per questo motivo, si rende necessario un dispositivo di park lock (P).

Marcia. Al rilascio, la vettura avanza senza l'ausilio del motore. Entrambe le frizioni sono aperte e risultano inserite due marce a seconda della velocità del veicolo.

Modalità di funzionamento. Mediante un pulsante, il conducente può scegliere tre tipologie di guida:

- comfort;
- normal;
- sport.

Strategia di sicurezza. Per evitare danni al cambio, è necessario che, in caso di guasto agli attuatori della frizione, le frizioni si aprano automaticamente. Si parla quindi di frizioni normalmente aperte (normally open). La forza di pressione è, infatti, presente solo quando la frizione è azionata e/o innestata. La forza di pressione è generata dalle molle a diaframma nelle frizioni a secco o dalla pressione idraulica nelle frizioni a bagno d'olio.

Tipologie di doppie frizioni

Nei veicoli sono impiegate diverse tipologie di doppie frizioni:

- doppia frizione a bagno d'olio:
 - con pistoncini di azionamento idraulici;
- doppia frizione a secco:
 - con comando elettroidraulico;
 - con comando elettromeccanico.

Doppia frizione a bagno d'olio

Struttura (figg. 1 e 2)

La struttura include:

- due frizioni lamellari a bagno d'olio K1 e K2. La frizione esterna K1 con le relative lamelle è solidale all'albero primario interno, mentre la frizione interna K2 è collegata con l'albero primario cavo;
- due pistoncini di comando con camera di pressione e compensazione;
- un canale di alimentazione.

Funzionamento. Quando una frizione si chiude, il comando idraulico invia l'olio sotto pressione alla relativa camera di pressione. Il pistoncino di comando comprime le lamelle interne contro le lamelle esterne. Regime e coppia possono esse-

re trasmessi al cambio. La fig. 1 mostra il flusso di forza con frizione esterna K1 chiusa, mentre la fig. 2 mostra il flusso di forza con frizione interna K2 chiusa.

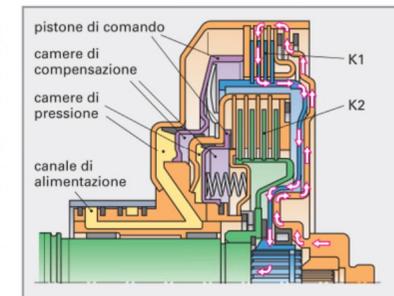


Figura 1: Flusso di forza con frizione esterna azionata

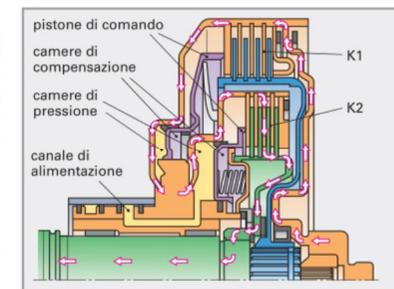


Figura 2: Flusso di forza con frizione interna azionata

In assenza di pressione, le due frizioni sono aperte. La rotazione genera forze centrifughe e, quindi, la frizione chiusa potrebbe aprirsi autonomamente a regimi di rotazione elevati. Per questo motivo, sul lato posteriore dei pistoncini di comando sono posizionate delle camere di compensazione con olio privo di pressione. Le forze centrifughe nella camera di compensazione contrastano, compensandole, le forze presenti nella camera di pressione.

Raffreddamento. Le frizioni sono raffreddate mediante circolazione di olio. Il circuito è provvisto di una pompa, che entra in funzione a seconda delle necessità, e di un radiatore.

Caratteristiche della doppia frizione a bagno d'olio

- Non è necessaria la regolazione per adattamento all'usura.
- Buona dispersione del calore grazie al raffreddamento dell'olio.
- Ridotta inerzia delle masse.
- Perdita di potenza per azionamento della pompa.

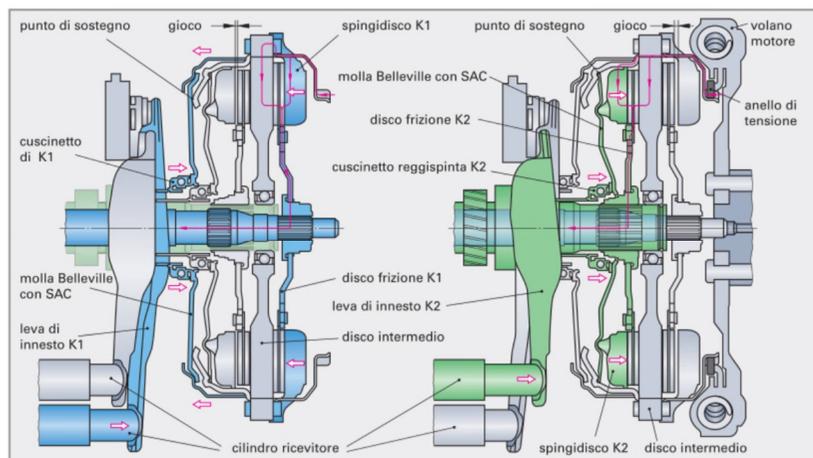


Figura 1: Doppia frizione a secco con comando elettroidraulico

Doppia frizione a secco con comando elettroidraulico

Struttura (fig. 1)

- 2 dischi frizione posizionati in parallelo. K1 è solidale all'albero pieno e K2 è solidale all'albero cavo.
- 1 disco intermedio. È posizionato sull'albero cavo del cambio.
- 2 molle Belleville con SAC (Self Adjusting Clutch).
- 2 spingidisco.
- 2 leve d'innesto con cuscinetto reggispinta.
- 2 cilindri ricevitori.

Funzionamento

Frizione K1 (fig. 1, a sinistra, in blu)

Questa frizione è dotata di una molla Belleville con leva di primo genere. Azionando la leva d'innesto, lo spingidisco destro viene premuto contro il disco intermedio e K1 è chiusa. Il flusso di forza viene trasmesso all'albero primario interno.

Frizione K2 (fig. 1, a destra, in verde)

Questa frizione è dotata di una molla Belleville con leva di secondo genere. Azionando la leva d'innesto, lo spingidisco sinistro viene premuto contro il disco intermedio e K2 è chiusa. Il flusso di forza viene trasmesso all'albero primario cavo.

Azionamento. È realizzato da due cilindri ricevitori comandati dalle elettrovalvole. La pressione dell'olio può essere prelevata dall'unità elettroidraulica del cambio, oppure generata tramite una pompa separata.

Reset dell'usura. In entrambe le frizioni sono installate due unità di reset che funzionano secondo il

principio SAC. In questo modo, le forze di disinnesto e le corse rimangono costanti.

Collegamento tra il volano motore e la doppia frizione. Avviene tramite due corone dentate. Per impedire che subentrino un gioco tra i denti con conseguente rumorosità, è presente un anello di tensione tra le corone dentate (figg. 1 e 2).

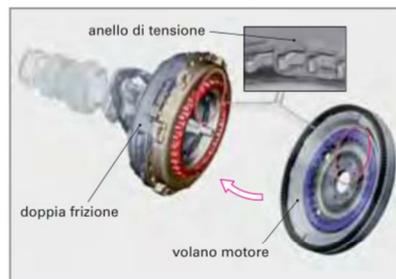


Figura 2: Anello di tensione tra volano motore e doppia frizione

Caratteristiche della doppia frizione a secco

- È impiegata nei motori con una coppia massima di 250 Nm poiché il raffreddamento non è efficace.
- È necessario un dispositivo di regolazione per adeguamento all'usura (SAC).
- Si ha un'elevata inerzia delle masse.
- Le perdite di potenza sono limitate perché non è necessaria alcuna pompa per generare la forza di pressione e per il raffreddamento della frizione.

Azionamento elettromeccanico della frizione

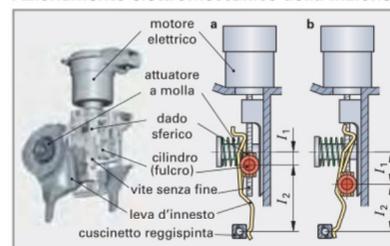


Figura 1: Azionamento elettromeccanico della frizione

Struttura (fig. 1)

I componenti principali sono i seguenti:

- attuatore a molla;
- leva d'innesto;
- dado sferico con cilindro (fulcro);
- motore elettrico con vite senza fine.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Verifiche della doppia frizione

Diagnosi. Prima di iniziare le attività di riparazione, è necessario verificare la tensione della batteria e leggere la memoria guasti.

È necessario distinguere le anomalie presenti nella frizione, nel cambio e nella meccatronica.

Verifica dell'usura nella doppia frizione

- Il motore deve essere a temperatura di esercizio.
- Eseguire un giro in modalità manuale. Una volta inserita la 6ª marcia, mantenere il regime tra 1.000 e 1.500 giri/min. Infine, accelerare a fondo (Attenzione: no kick-down). Osservare il contagiri. Se subentra un'oscillazione del regime in accelerazione sino a 2.000 giri/min, la frizione slitta e significa che la soglia di usura della frizione è stata raggiunta. In caso di aumento uniforme del regime di rotazione, significa che la frizione è in buono stato.

- La verifica deve essere eseguita nuovamente in 7ª marcia.

Smontaggio

La doppia frizione può essere solo sostituita come unità completa e non può essere disassemblata.

Controllo visivo

È necessario sostituire la frizione se è presente olio sulla sua superficie. La frizione non può esse-

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali sono le caratteristiche delle frizioni automatiche?
- 2 Spiegate la struttura e il funzionamento di una doppia frizione.
- 3 Illustrate la gestione "marcia".

Tre elementi elettromeccanici sono posizionati sulla circonferenza della frizione a distanza di 120° e azionano il cuscinetto reggispinta con le estremità inferiori della leva d'innesto.

Funzionamento. Innesto (a). In assenza di comando, il cilindro (fulcro) si trova nella posizione superiore. Il braccio di leva della molla è corto. La leva d'innesto non è azionata. La frizione è aperta.

Disinnesto (b). Il motore elettrico è azionato. La vite senza fine sposta verso il basso il fulcro. In questo modo si modifica il rapporto di leva tra l_1 e l_2 e la molla aziona la leva d'innesto. La frizione viene quindi chiusa dal cuscinetto reggispinta.

Caratteristiche

- Non necessita di una pompa dell'olio.
- Nei sistemi Start e Stop, il gioco di ventilazione può essere ridotto al minimo, prima dell'avviamento del motore.

re lavata nei sistemi di lavaggio automatici. Se si sono staccati dei pezzi dall'anello di tensione (fig. 2, in basso), è possibile che questi siano presenti all'interno della doppia frizione.

È necessario eseguire una verifica e sostituire la doppia frizione.



Figura 2: Anello di tensione

Montaggio

Motore e cambio devono essere accoppiati manualmente in modo che le flange vadano in battuta. Solo dopo si può procedere con il serraggio.

Calibrazione

Dopo il montaggio, eseguire una regolazione di base con il sistema di diagnosi per determinare la posizione della leva d'innesto e del cuscinetto reggispinta.

- 4 Spiegate il vantaggio di un azionamento elettromeccanico della frizione.
- 5 Quali sono le caratteristiche della doppia frizione a bagno d'olio?
- 6 Illustrate i passaggi per la verifica della doppia frizione.

16.5 Il cambio

Nella catena cinematica di un veicolo, il cambio è posto tra la frizione e l'assale motore; esso è in grado di trasformare la coppia e il regime di rotazione del motore.

Compiti

- Adattare il regime di rotazione del motore alla trasmissione.
- Modificare e trasmettere la coppia motrice al ponte di trazione.
- Permettere il funzionamento del motore anche a vettura ferma.
- Invertire il senso di marcia del veicolo.

I motori a combustione interna hanno una zona di utilizzo efficiente, definita **campo elastico**, compresa tra il regime di coppia massima e il regime di potenza massima (fig. 1).

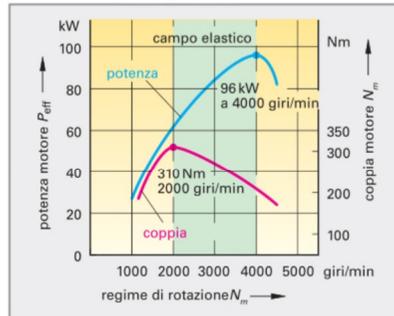


Figura 1: Curve caratteristiche di un motore a combustione interna

Gli intervalli di funzionamento ottenibili senza cambio e ponte di trazione sarebbero limitati dalle curve caratteristiche del motore (potenza e coppia). Per tale motivo, regime di rotazione e coppia motrice devono poter essere trasformati mediante i rapporti del cambio e del ponte di trazione. Queste trasformazioni permettono di adattare il regime di rotazione e la coppia del motore alle differenti condizioni di funzionamento, ottenendo forze di trazione, velocità ed accelerazioni.

Trasformazione della coppia e del regime di rotazione

Nei cambi meccanici avviene tramite ingranaggi (fig. 2). Quando due ingranaggi sono accoppiati tra loro, la coppia maggiore e il regime più basso agiscono sempre sull'ingranaggio con diametro maggiore (che ha braccio di leva più grande e maggior numero di denti). Il rapporto di leva r_2/r_1

corrisponde al rapporto tra il numero di denti z_2 dell'ingranaggio condotto rispetto all'ingranaggio conduttore z_1 , e/o al rapporto del regime conduttore n_1 rispetto al regime condotto n_2 . Questo rapporto è definito **rapporto di trasmissione i** .

Nel caso di un rapporto di **trasmissione $i > 1$** aumenta la coppia e diminuisce il regime di rotazione. Un rapporto di **trasmissione $i < 1$** determina una riduzione della coppia e un aumento del regime di rotazione.

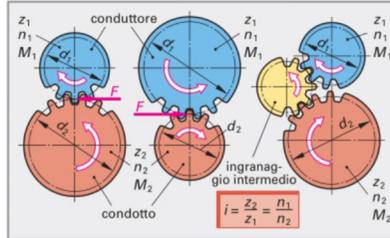


Figura 2: Trasformazione della coppia motore e del regime di rotazione

Curve caratteristiche del cambio (fig. 3)

Grazie ai diversi rapporti, è possibile ottenere diverse coppie e diversi regimi di rotazione in uscita. In base a ciò, sono determinate le curve caratteristiche del cambio (in rosso), che rappresentano, in definitiva, l'erogazione della coppia motrice nei singoli rapporti.

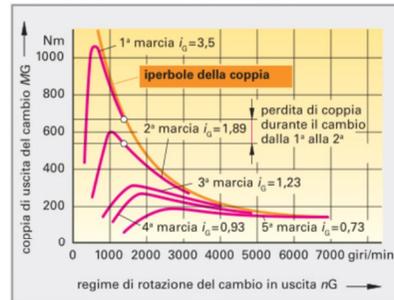


Figura 3: Curve caratteristiche del cambio

Iperbole della coppia (fig. 3). Per poter accelerare un veicolo da fermo, oppure affrontare grandi dislivelli, è indispensabile un'elevata forza di trazione, ossia un'elevata coppia motrice; ciò è ottenibile con un rapporto corto. Per esempio, se con il primo rapporto (1ª marcia) la coppia motore è moltiplicata per un fattore di 3,5, il regime di rotazione dell'albero d'uscita del cambio si riduce dello stesso fattore.

16.6.1 Cambi con manicotti

Il flusso di forza tra ingranaggio libero e albero del cambio è garantito da un manicotto d'innesto scorrevole, solidale all'albero, e da un dispositivo di sincronizzazione (fig. 2).

Tutte le coppie di ingranaggi per le marce avanti presentano denti elicoidali e sono sempre in presa: per ogni coppia di ingranaggi non selezionati, c'è un ingranaggio che gira liberamente sul proprio albero.

Cambio marcia. Ad ogni cambio marcia, un manicotto scorrevole è spostato assialmente, in modo tale da rendere solido il corrispondente ingranaggio libero con l'albero. Questo accoppiamento avviene grazie all'innesto della dentatura interna del manicotto scorrevole sulla dentatura frontale dell'ingranaggio libero.

Cambi non coassiali con manicotti d'innesto scorrevoli

Nei cambi non coassiali, ogni rapporto è ottenuto mediante una coppia di ingranaggi a dentatura elicoidale.

Sono utilizzati per i veicoli con motore montato trasversalmente rispetto al senso di marcia. L'albero di entrata e l'albero di uscita non ruotano sullo stesso asse (non sono coassiali, fig. 2). L'albero di entrata è definito albero primario, quello di uscita albero secondario.

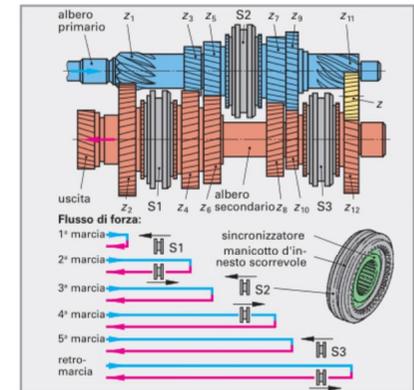


Figura 2: Cambio a 5 velocità non coassiale

Esempio (cambio 3ª marcia): il manicotto d'innesto S2 viene spostato assialmente sulla dentatura frontale dell'ingranaggio libero z_5 .

Flusso di forza 3ª marcia: albero primario → sincronizzatore → manicotto d'innesto S2 → dentatura

Se è inserita la 5ª marcia, la coppia in uscita è ridotta del fattore 0,81, mentre il regime aumenta analogamente. Per ridurre al massimo la perdita di coppia in uscita al momento del cambio marcia, le curve relative ai vari rapporti devono avvicinarsi all'iperbole che rappresenta la forza di trazione. Ciò costituisce una misura qualitativa del cambio meccanico.

Iperbole della forza di trazione. Se al posto delle coppie in uscita vengono rappresentate le forze di trazione rispetto alla velocità del veicolo, si ottiene un'iperbole della forza di trazione.

Posizione di folle

In questa posizione si interrompe il flusso di forza.

Retromarcia

Tutti i veicoli con una massa totale superiore a 400 kg sono dotati di un dispositivo per l'inversione del senso di rotazione che ne consenta la retro-marcia. Questa inversione del senso di rotazione può avvenire tramite un ingranaggio intermedio (fig. 2, pag. 411) che modifica il senso di rotazione, senza influire sul rapporto di trasmissione.

16.6 Cambio meccanico manuale

I cambi meccanici si distinguono in funzione:

- del flusso di forza all'interno del cambio (fig. 1):
 - in cambi coassiali;
 - in cambi non coassiali;
- della posizione di montaggio nel veicolo:
 - in cambi longitudinali (= coassiali);
 - in cambi trasversali (= non coassiali);
- del tipo di accoppiamento degli ingranaggi liberi con il proprio albero:
 - in cambi con manicotto scorrevole di innesto;
 - in cambi con innesti frontali.

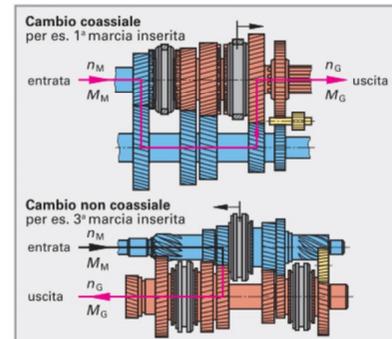


Figura 1: Cambi coassiali e non coassiali

frontale di $z_5 \rightarrow$ ingranaggio $z_6 \rightarrow$ ingranaggio $z_6 \rightarrow$ albero secondario del cambio.

Cambio multiasse a 6 velocità

Non è coassiale e viene utilizzato per il montaggio trasversale nella trazione anteriore e integrale.

Struttura (fig. 1)

- 1 albero primario AP con 5 ingranaggi fissi.
- 2 alberi di uscita AS1 e AS2 con ingranaggi liberi e 2 ruote dentate condotte z_{as1} , z_{as2} , che agiscono su una ruota dentata cilindrica comune della riduzione finale.
- 4 manicotti d'innesto scorrevoli S1-S4, 2 su ogni albero secondario.

Ingranaggi fissi: z_1 , z_3 , z_5 , z_7 , z_9 sono posizionati sull'albero primario AP.

Ingranaggi liberi: z_2 , z_4 , z_6 , z_8 per le marce dalla 1ª alla 4ª sono posizionati come ingranaggi liberi sull'albero secondario AS1. Gli ingranaggi liberi z_{10} , z_{12} , z_{16} per la 5ª, 6ª e retromarcia sono montati sull'albero secondario AS2.

Manicotti d'innesto scorrevoli: S1, S2, S3, e S4 per le marce avanti collegano solidamente gli ingranaggi liberi con gli alberi condotti AS1 e AS2.

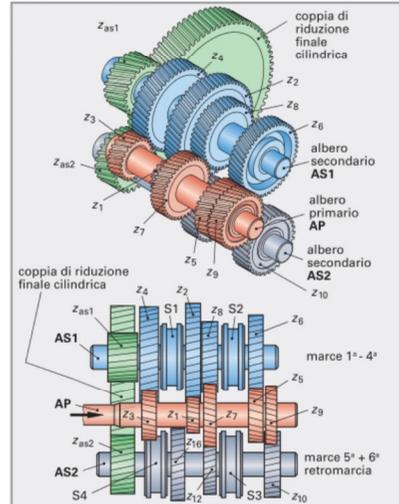


Figura 1: Cambio a 6 velocità in posizione trasversale

Flusso di forza

- 1ª marcia: AP $\rightarrow z_1 \rightarrow z_2 \rightarrow S1 \rightarrow AS1 \rightarrow z_{as1}$
- 2ª marcia: AP $\rightarrow z_3 \rightarrow z_4 \rightarrow S1 \rightarrow AS1 \rightarrow z_{as1}$
- 3ª marcia: AP $\rightarrow z_5 \rightarrow z_6 \rightarrow S2 \rightarrow AS1 \rightarrow z_{as1}$
- 4ª marcia: AP $\rightarrow z_7 \rightarrow z_8 \rightarrow S2 \rightarrow AS1 \rightarrow z_{as1}$
- 5ª marcia: AP $\rightarrow z_9 \rightarrow z_{10} \rightarrow S3 \rightarrow AS2 \rightarrow z_{as2}$
- 6ª marcia: AP $\rightarrow z_7 \rightarrow z_{12} \rightarrow S3 \rightarrow AS2 \rightarrow z_{as2}$

Cambi coassiali con manicotti d'innesto scorrevoli

Nei cambi coassiali, l'albero di entrata e l'albero di uscita sono posizionati sullo stesso asse (fig. 2).

Sono utilizzati per veicoli con motore anteriore a trazione posteriore longitudinale e sono definiti anche "cambi a 3 alberi" (albero primario, albero intermedio, o treno fisso, e albero secondario). L'albero primario e l'albero secondario hanno lo stesso asse di rotazione.

Albero primario. È collegato al disco della frizione e mette in moto l'albero intermedio tramite z_1 . **Albero intermedio o treno fisso.** Gli ingranaggi z_2 , z_3 , z_6 , z_7 , z_9 e z_{11} sono solidali all'albero.

Albero secondario. È l'albero di uscita ed è collegato alla trasmissione (albero cardanico). In funzione del rapporto inserito, i manicotti d'innesto scorrevoli rendono solidale il relativo ingranaggio libero, z_4 , z_6 , z_8 , z_{10} o z_{12} all'albero secondario. Per l'innesto dei rapporti, i manicotti scorrevoli S1, S2 e S3 si spostano verso sinistra o verso destra. In tal modo, l'ingranaggio corrispondente (ruota folle) si accoppia rigidamente all'albero secondario.

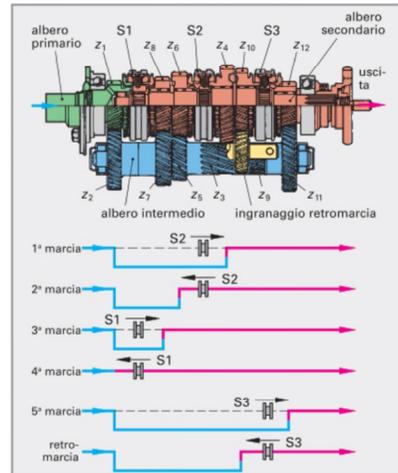


Figura 2: Cambio a 5 velocità coassiale

Tutti i rapporti di trasmissione (i), eccetto la presa diretta (4º rapporto nella fig. 2), sono ottenuti grazie a due coppie di ingranaggi.

Marcia diretta (4ª marcia): il manicotto d'innesto scorrevole S1 è spostato verso sinistra e l'albero secondario risulta collegato solidamente all'albero primario. Coppia e regime di rotazione rimangono invariati.

16.6.2 Dispositivi di sincronizzazione

I dispositivi di sincronizzazione devono sincronizzare il manicotto scorrevole e l'ingranaggio libero e garantire un cambio marcia silenzioso e rapido.

L'adattamento del regime di rotazione tra i due elementi avviene grazie all'attrito radente prodotto dall'anello sincronizzatore sulla superficie conica dell'ingranaggio libero. Questo processo è detto sincronizzazione.

Tipologie costruttive

- Dispositivi di sincronizzazione semplici (a cono singolo) con sincronizzazione interna ed esterna.
- Dispositivi di sincronizzazione multipli (a 2 e/o 3 con).

Dispositivo di sincronizzazione semplice con sincronizzazione interna (sistema Borg-Warner)

Struttura

Il dispositivo di sincronizzazione (fig. 1) include il manicotto d'innesto scorrevole, il mozzo, 3 pattini, 2 molle di ritegno, l'anello sincronizzatore e un ingranaggio libero.

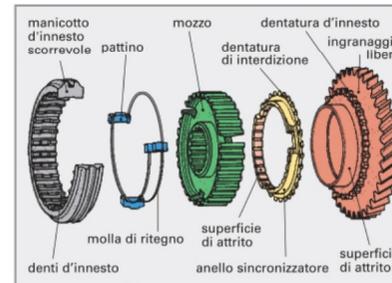


Figura 1: Dispositivo di sincronizzazione Borg-Warner

Manicotto d'innesto scorrevole. La dentatura d'innesto del manicotto scorrevole s'ingrana nelle gole del mozzo. I tre pattini vengono movimentati dal mozzo e spinti dalle due molle di ritegno contro i denti d'innesto del manicotto scorrevole. Il manicotto d'innesto è trattenuto al centro sul mozzo.

Mozzo. È solidale all'albero dell'ingranaggio libero (ingranaggio di velocità).

Anello sincronizzatore. È dotato di una superficie conica di attrito all'interno e di una dentatura di interdizione all'esterno. Le tre gole presenti nell'anello sincronizzatore ne impediscono la rotazione rispetto ai pattini.

Ingranaggio libero. Sul lato rivolto verso l'anello sincronizzatore presenta una superficie di attrito conica dietro la quale è presente la dentatura d'innesto.

Funzionamento

Posizione di folle (fig. 2). Quando nessuna marcia è innestata, il manicotto d'innesto scorrevole è mantenuto in posizione sul mozzo dai pattini. L'ingranaggio scorre libero sull'albero.

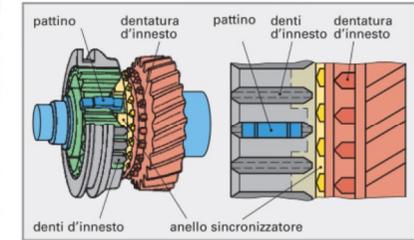


Figura 2: Posizione di folle

Fase di accostamento e di sincronizzazione (fig. 3).

Azionando la leva delle marce, la forcilla mette in movimento il manicotto scorrevole che trascina i 3 pattini grazie alla loro "gobba". Questi spingono l'anello sincronizzatore a contatto con la superficie d'attrito conica dell'ingranaggio libero. Data la differenza di rotazione tra mozzo e ingranaggio, si produce una coppia d'attrito che trascina l'anello sincronizzatore, in battuta sul fianco dei 3 pattini, nella relativa sede. I denti di spinta dell'anello sincronizzatore si posizionano in corrispondenza dei denti del manicotto scorrevole, bloccando così lo spostamento assiale di quest'ultimo. A questo punto, la forza prodotta dal conducente sulla leva delle marce agisce, tramite il manicotto scorrevole, sulla corona dentata del mozzo. Maggiore è la forza, maggiore è l'effetto frenante che si produce sulla superficie conica dell'ingranaggio libero. L'azione di bloccaggio è grande e la parità dei giri (sincronizzazione) è ottenuta rapidamente.

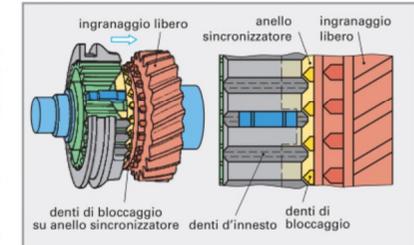


Figura 3: Posizione di bloccaggio e sincronizzazione

Marcia innestata (fig. 1, pag. 415). A seguito della sincronizzazione tra l'ingranaggio libero e il manicotto scorrevole, sull'anello sincronizzatore non agisce più nessuna forza periferica. La coppia di trascinamento cessa e, a

questo punto, prevale la forza muscolare, che fa ruotare il mozzo nella posizione centrale. Il manicotto scorrevole è ora libero di spostarsi assialmente, innestandosi sulla dentatura frontale dell'ingranaggio libero e rendendolo solidale ad esso. In tal modo, è stabilito un collegamento rigido tra l'albero secondario e l'ingranaggio libero.

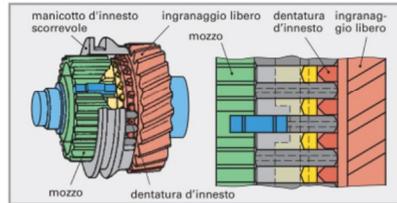


Figura 1: Marcia innestata

Sincronizzatori a doppio e triplo cono

Sono impiegati generalmente per l'innesto delle marce basse. In questo caso, le differenze di regime di rotazione tra il manicotto d'innesto scorrevole e l'ingranaggio libero sono maggiori rispetto alle marce elevate. Per adeguare i regimi di rotazione (accelerazione o rallentamento degli ingranaggi), sono necessarie forze di attrito maggiori. Nei cambi meccanici attuali, si utilizza una sincronizzazione a triplo cono per la 1ª e 2ª marcia, una sincronizzazione a doppio cono per la 3ª e la 4ª marcia, e una sincronizzazione semplice per la 5ª e la 6ª marcia e per la retromarcia.

Vantaggi della sincronizzazione multipla

- Maggiore forza di attrito a parità di forza d'innesto.
- Cambi marcia più rapidi e agevoli.
- Minore usura dei coni di attrito poiché la forza è ripartita su una superficie più grande.

Sincronizzatore a doppio cono

Struttura (fig. 2)

- Anello interno di sincronizzazione.
- Manicotto d'innesto scorrevole.
- Anello esterno di sincronizzazione.
- Mozzo.
- Anello intermedio.
- Ingranaggio libero.

L'anello intermedio è solidale all'ingranaggio libero, mentre l'anello sincronizzatore interno è solidale all'anello sincronizzatore esterno. In caso di sincronizzazione a doppio cono, sono disponibili due coppie di anelli di attrito (anello sincronizzatore interno/anello intermedio e anello intermedio/anello sincronizzatore esterno). Ne deriva una maggior superficie d'attrito utile, che risulta quasi doppia rispetto alla superficie di un sincronizzatore semplice.

Funzionamento. Durante la sincronizzazione, l'anello sincronizzatore esterno viene spinto dal manicotto d'innesto scorrevole verso l'anello intermedio che, a sua volta, viene sospinto verso l'anello sincronizzatore interno. Durante la fase di accostamento, i due anelli sincronizzatori sono ruotati fino a che la dentatura d'interdizione dell'anello esterno impedisca un ulteriore spostamento del manicotto scorrevole.

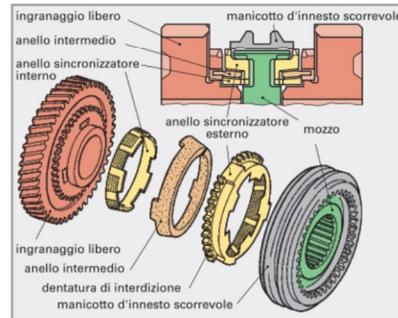


Figura 2: Sincronizzazione a doppio cono

Sincronizzatore ad anello rovesciato (fig. 3)

Struttura. Le superfici di attrito coniche si trovano sul lato esterno dell'anello sincronizzatore e sul lato interno del manicotto d'innesto scorrevole. Il bloccaggio avviene ad opera dei 3 denti smussati sull'anello sincronizzatore. Le molle interne fissano l'anello sincronizzatore all'ingranaggio libero.

Procedura di bloccaggio. Se il regime di rotazione è diverso, l'anello sincronizzatore è ruotato sino al punto in cui i denti impediscono un ulteriore azionamento del manicotto d'innesto. Quando si raggiunge la parità del regime di rotazione e non c'è più nessuna coppia d'attrito, i denti possono essere spinti all'interno delle cavità della dentatura di innesto. In questo modo, il manicotto d'innesto scorrevole ingrana la dentatura d'innesto. Grazie all'aumento del diametro di attrito, è possibile eseguire cambi di marcia più agevoli e rapidi.

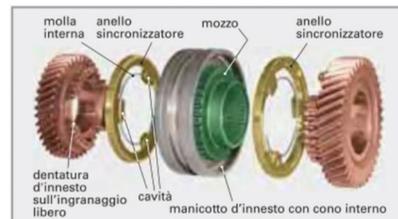


Figura 3: Sincronizzatore ad anello rovesciato

16.6.3 Interventi di manutenzione e ricerca guasti nei cambi meccanici

Lavori di manutenzione periodica

- Verificare ed eventualmente rabboccare il livello olio.
- Controllare che l'innesto delle marce sia agevole e funzioni bene.
- Eseguire il cambio olio secondo le indicazioni del costruttore.
- Verificare l'assenza di eventuali perdite d'olio dalla scatola del cambio.

Verifiche finalizzate a guasti e anomalie

- Ispezioni visive, per esempio dei supporti elastici del cambio e della tiranteria di comando.
- Verifica della rumorosità, per esempio di ingranaggi e cuscinetti, in folle e durante le variazioni di carico.
- Verifiche funzionali, per esempio della sincronizzazione durante il cambio marcia.

Ricerca guasti		
Guasto/anomalia	Causa	Rimedio
Le marce non entrano o entrano con difficoltà.	Deformazione della tiranteria del cambio. Supporto cambio difettoso. Regolazione errata.	Sostituire i componenti rovinati. Correggere la regolazione.
Il rapporto fuoriesce spontaneamente.	Forcella usurata. Usura della dentatura d'innesto. Difetto al dispositivo di posizionamento delle leve. Supporto motore o cambio danneggiato.	Sostituire la forcella. Sostituire gli ingranaggi. Sostituire il supporto.
Cattiva sincronizzazione.	Usura dell'anello sincronizzatore. Olio non adatto al tipo di cambio.	Sostituire gli anelli sincronizzatori. Utilizzare l'olio adatto.
Rumorosità durante la guida in condizioni di carico.	Cuscinetti del cambio rovinati. Dentatura danneggiata.	Sostituire i cuscinetti del cambio. Sostituire gli ingranaggi.
Perdita olio dal cambio.	Anelli di tenuta, guarnizioni che perdono.	Sostituire i componenti rovinati.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Per quale motivo un veicolo con motore a combustione interna necessita di un cambio?
- 2 Quali compiti ha il cambio nel veicolo?
- 3 Che cosa si intende per zona elastica in un motore a combustione interna?
- 4 Spiegate il concetto di rapporto di trasmissione utilizzando l'esempio di un rotismo semplice.
- 5 Un rapporto di trasmissione $i > 1$ come influenza la conversione di coppia e di regime motore in un cambio?
- 6 In che cosa si differenziano i cambi coassiali e non coassiali?
- 7 Un cambio manuale in 1ª marcia ha un rapporto di trasmissione di $i = 3,5$ e in 5ª marcia di $i = 0,73$. Con questi rapporti di trasmissione come vengono convertiti una coppia motrice di 100 Nm e un regime motore di 1000 giri/min?
- 8 Sotto quali punti di vista si differenzia il cambio manuale?
- 9 A quali condizioni è possibile che nello stesso cambio diversi rotismi siano costantemente in presa?
- 10 Come viene garantito il flusso di forza nel cambio con manicotto d'innesto scorrevole tra ingranaggio libero e albero del cambio?
- 11 Tramite quanti rotismi è garantito il flusso di forza nei cambi coassiali e nei cambi non coassiali?
- 12 Quali compiti hanno i dispositivi di sincronizzazione nei cambi con manicotto d'innesto scorrevole?
- 13 Elencate i componenti della sincronizzazione a cono semplice.
- 14 Spiegate le operazioni di sincronizzazione e di bloccaggio nella sincronizzazione a cono semplice.
- 15 Quali vantaggi comportano i sincronizzatori a doppio cono rispetto a quelli semplici?
- 16 Spiegate la struttura di un dispositivo di sincronizzazione a doppio cono.
- 17 In quali marce sono utilizzate la sincronizzazione semplice, doppia e a tre coni?
- 18 Elenca le manutenzioni periodiche da eseguire sui cambi.
- 19 Come è possibile localizzare i guasti nei cambi?
- 20 Quali anomalie possono essere presenti quando una marcia fuoriesce spontaneamente?
- 21 La sincronizzazione del cambio non avviene correttamente. Indicate le possibili cause.

16.7 Il cambio automatico

Si distinguono cambi semiautomatici (automatizzati) e cambi completamente automatici.

Cambio semiautomatico

- L'interruzione del flusso di forza (disaccoppiamento dal motore) avviene automaticamente.
- Il cambio marcia è gestito elettricamente o elettroidraulicamente, ma su comando del conducente.

Cambio automatico

- Il cambio marcia avviene praticamente senza interruzione della coppia motrice.
- Il cambio marcia avviene automaticamente, elettroidraulicamente oppure elettropneumaticamente, anche senza l'intervento del conducente.



Per esempio, cambi manuali automatizzati ASG, Easytronic, Direct-Shift Gearbox (DSG).

Per esempio, cambi automatici a 5, 6 o 8 velocità con convertitore.

Per esempio, Ecotronic, Multitronic (CVT = Continuously Variable Transmission).

16.7.1 Cambi manuali automatizzati

I **cambi manuali automatizzati** sono cambi meccanici convenzionali a 5, 6 o 7 velocità, dove selezione, innesto dei rapporti e frizione sono pilotati automaticamente.

Cambio manuale automatizzato ASG

Nel cambio manuale automatizzato (fig. 1), l'azionamento della frizione e il cambio marcia avvengono elettroidraulicamente.

Il cambio marcia può anche avvenire manualmente, per esempio attivando le leve al volante oppure utilizzando il selettore nella funzione Tiptronic. Le **principali grandezze di comando** per il cambio marcia automatizzato sono: velocità di marcia, posizione del selettore, programma di guida selezionato e posizione del pedale acceleratore. Per garantire innesti e disinnesti della frizione a slittamento controllato, sono impiegati dei sensori per la rile-

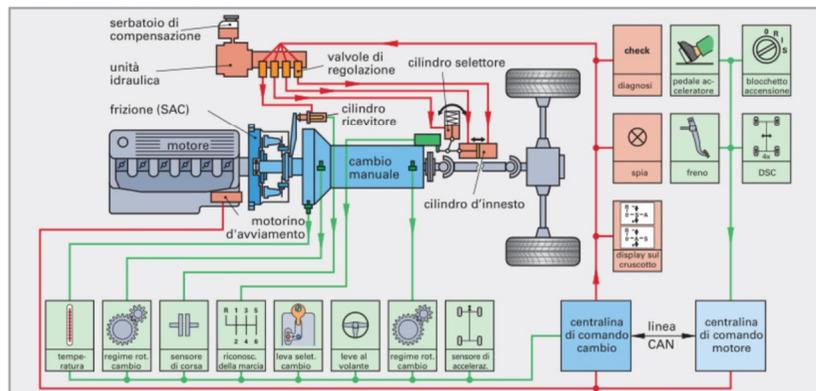


Figura 1: Cambio manuale automatizzato ASG con unità idraulica

vazione del regime motore, del regime di rotazione all'entrata del cambio e della corsa della frizione. Il sensore longitudinale di accelerazione serve per riconoscere salite e pendenze, nonché per la rilevazione di accelerazioni e decelerazioni. Il cambio marcia avviene tramite un cilindro selettore e un cilindro d'innesto, le cui posizioni sono rilevate dai rispettivi sensori. L'inserimento dei rapporti, inoltre, è influenzato dalla temperatura dell'olio del cambio rilevata dall'apposito sensore.

Gestione del sistema. La centralina di comando ASG valuta i segnali di ingresso dei sensori con un software dedicato al cambio e alla frizione. Sulla base dei diagrammi caratteristici memorizzati, calcola i segnali di uscita per la gestione del cilindro ricevitore della frizione, del cilindro selettore e del cilindro d'innesto. Il processo di cambio marcia è costituito da 3 fasi: disinnesto frizione, inserimento marcia e innesto frizione. Per garantire un buon comfort e tempi brevi durante il cambio marcia, le 3 fasi vengono variate a seconda della relativa situazione di guida. Come dispositivi di sicurezza sono previsti, per esempio, dei sensori sul pedale del freno e nei contatti delle porte. In alcuni casi, il cambio marcia avviene sequenzialmente, cioè può essere inserito solo il rapporto immediatamente superiore o inferiore. In questo caso, è definito anche cambio sequenziale.

Frizione e attuatore della frizione. Viene utilizzata una frizione autoregolante (SAC). L'attuatore della frizione si compone di un cilindro ricevitore con sensore di corsa.

Cambio manuale e attuatori del cambio. Viene impiegato un cambio manuale a 6 velocità sul qua-

le sono montati un cilindro selettore e un cilindro d'innesto (sistema add-on). Vengono messi idraulicamente in azione ed eseguono le movimentazioni dell'albero d'innesto e della forcella d'innesto necessarie per il cambio marcia.

Unità idraulica. La pompa dell'olio genera la pressione di esercizio. Le elettrovalvole, comandate dalla centralina in funzione di una mappatura in essa memorizzata, inviano una pressione regolata ai cilindri di selezione e di innesto nonché della frizione.

Collegamento di sistema. La centralina di comando del cambio ASG è collegata tramite la linea CAN-bus con altri sistemi di gestione come, per esempio, i sistemi di comando del motore e di regolazione della dinamica del veicolo.

Direct-Shift Gearbox (DSG)

Il Direct-Shift Gearbox (DSG) è un cambio automatizzato in cui un cambio manuale con doppia frizione è messo in azione da attuatori elettrici.

Caratteristiche (fig. 1)

- Doppia frizione a bagno d'olio o a secco per la partenza o per il cambio marcia.
- Cambio manuale a 6 o 7 velocità.
- Pompa, radiatore e filtro dell'olio.
- Comando elettroidraulico del cambio.
- Sensori per rilevazione dei segnali d'ingresso.
- Attuatori elettrici per l'azionamento delle frizioni K1 e K3 e per l'innesto delle marce.
- 2 alberi primari.
- Park lock (blocco parcheggio).

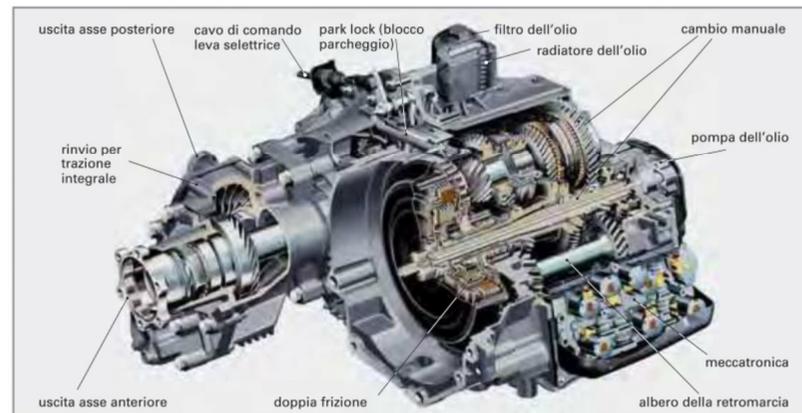


Figura 1: Direct-Shift Gearbox a 6 velocità con frizione a bagno d'olio e modulo meccatronico

Struttura illustrata con l'esempio di un cambio manuale a 6 velocità con doppia frizione a bagno d'olio (fig. 1). Il cambio si compone di due semicambi. La disposizione degli elementi corrisponde a un cambio manuale compatto a 6 velocità. All'albero primario 1 (albero pieno) sono assegnate le marce dispari (1ª, 3ª, 5ª e retromarcia). All'albero primario 2 (albero cavo) sono assegnate le marce pari (2ª, 4ª e 6ª). L'albero primario 1 è accoppiato alla frizione K1, mentre l'albero primario 2 è accoppiato alla frizione K2.

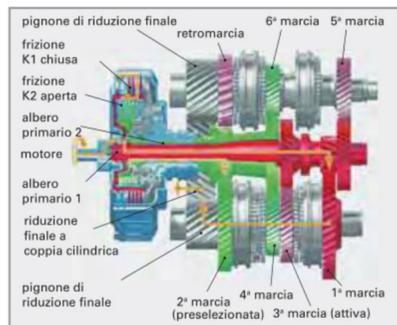


Figura 1: Direct-Shift Gearbox a 6 velocità

Circuito d'olio. Garantisce la circolazione del flusso di olio a una determinata pressione per:

- le frizioni lamellari (doppia frizione);
- l'unità idraulica per l'innesto;
- la frizione;
- la lubrificazione dei componenti.

La pompa dell'olio è azionata da un albero che ruota allo stesso regime dell'albero motore. La pressione d'innesto è compresa tra 3 e 20 bar. Una valvola di limitazione della pressione si apre a circa 32 bar per proteggere i componenti da pressioni troppo elevate. Un filtro mantiene l'olio del cambio privo da impurità.

Il radiatore dell'olio è collegato direttamente con il cambio tramite una flangia e integrato nel circuito di raffreddamento del motore. Gli ingranaggi e i cuscinetti sono lubrificati direttamente dall'olio degli ugelli nebulizzatori. In questo modo, è possibile mantenere basso il livello dell'olio, riducendo le perdite da "sbattimento" di olio (effetto pompa) e migliorando l'efficienza.

Park lock (fig. 2). Generalmente, a motore spento non è presente un flusso di forze (K1 e K2 sono aperte) e il DSG necessita, quindi, di un park lock. L'ingranaggio del park lock è collegato con il differenziale (ruota dentata cilindrica). Il nottolino del park lock può essere azionato solo meccanicamente tramite il cavo del selettore (fig. 1, pag. 418).



Figura 2: Park lock meccanico

Gestione del sistema. Il cambio DSG può essere utilizzato in modalità automatica o Tiptronic. La centralina di gestione che si occupa del cambio marce è il modulo meccatronico (fig. 3) che è posizionato nel cambio ed è l'unità di comando centrale del sistema. Esso raggruppa, in un unico componente, l'unità di comando elettroidraulica (attuatori), la centralina elettronica e gran parte dei sensori (modulo elettronico); per esempio, i sensori giri AP1 e AP2, che servono per gestire lo slittamento della frizione, o il sensore di temperatura dell'olio del cambio.

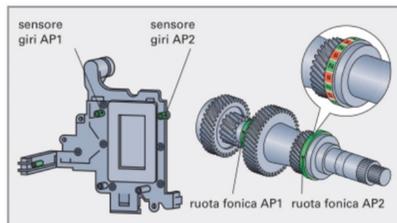


Figura 3: Modulo meccatronico e alberi primari

Altri segnali necessari per il cambio marcia, giungono al modulo meccatronico via CAN-bus.

Comando delle frizioni

I sensori a effetto Hall (cfr. pag. 591) rilevano il regime di rotazione dell'albero primario e secondario del cambio e, quindi, lo slittamento delle frizioni. Sugli alberi sono posizionate delle ruote foniche; esse presentano sulla propria circonferenza alcuni magneti che si alternano con polarità inversa (fig. 3). La centralina di comando confronta il regime di rotazione dell'albero primario con quello del motore e calcola lo slittamento delle frizioni K1 e K2. In base allo slittamento, la centralina di comando riconosce lo stato di apertura e chiusura delle frizioni.

Cambio marcia. Durante il cambio marcia sono inseriti due rapporti: il rapporto in uso e il rapporto successivo, già preselezionato affinché il cambio marcia possa avvenire rapidamente e senza interruzioni di coppia. Se il cambio avviene, per esempio, dalla 1ª alla 2ª marcia, la K1 è chiusa. Anche la 2ª marcia risulta già innestata e la frizione K2 è aperta (fig. 1, pag. 419). In base ai segnali in ingresso, la centralina di comando del cambio individua il punto di cambio marcia ideale. Il cambio marcia è azionato tramite le valvole delle frizioni (fig. 1). La frizione K1 della 1ª marcia è disinnestata, quindi aperta. La frizione K2 della 2ª marcia è innestata, ovvero chiusa.

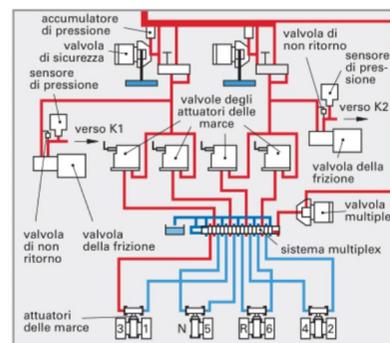


Figura 1: Modulo meccatronico con valvole di comando e attuatori delle marce

Si verifica una sovrapposizione tra la frizione K1, che viene disinnestata, e la frizione K2, che viene innestata. Il processo di cambio marcia è eseguito in un lasso temporale compreso tra 6,2 e 0,4 s. I quattro manicotti d'innesto scorrevoli vengono pilotati dagli attuatori idraulici delle marce (forcelle d'innesto, fig. 2). Ogni forcella d'innesto è inserita in due manicotti d'acciaio, a loro volta inseriti a pressione nella scatola del cambio, che formano la camera del cilindro per i pistoni idraulici. I manicotti pilotano assialmente le forcelle d'innesto. La pressione di comando arriva attraverso degli ugelli nella scatola del cambio alle camere di pressione del cilindro e agisce sui pistoni idraulici. A seconda delle necessità viene assunta la posizione di fine corsa a sinistra o a destra (marcia inserita), oppure la posizione centrale (posizione di folle) tramite le valvole degli attuatori delle marce e il multiplex. Nella posizione di folle, la forcella d'innesto è mantenuta nella posizione centrale dal fermo. Il manicotto d'innesto dispone di un fermo per la posizione di folle. Ogni forcella d'innesto dispone di un sensore di corsa che, tramite i magneti, ne rileva la posizione esatta.

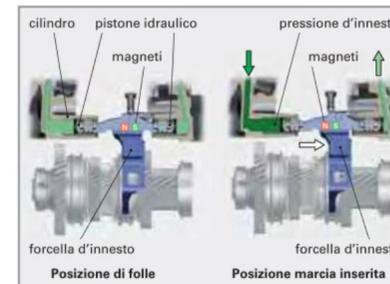


Figura 2: Comando idraulico

Recovery. In caso di emergenza, una parte del cambio può essere disabilitata tramite una valvola di sicurezza. Per esempio, in caso di avaria, del sensore di giri dell'albero primario AP2 (fig. 3, pag. 419), la vettura può procedere solo in 2ª marcia.

Regolazione del creeping (slittamento controllato). La vettura procede lentamente, per esempio durante le manovre di parcheggio, senza azionare il pedale acceleratore. La 1ª marcia o la retromarcia è inserita e la frizione è impostata su un valore predefinito.

Funzione hill-holder (partenza in salita). La pressione della frizione è aumentata automaticamente affinché il veicolo non arretri in caso di partenza in salita con marcia inserita. Se necessario, è aumentata la coppia motore.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

- In caso di traino, il selettore deve essere nella posizione "N". La velocità di traino massima consentita è 50 km/h e possono essere percorsi al massimo 50 km.
- In caso di guasto al modulo meccatronico, è necessario sostituirlo interamente.
- I trasmettitori di segnale non possono essere posizionati nelle vicinanze dei magneti.
- Sostituire la cartuccia del filtro in caso di cambio dell'olio e di riparazioni.
- Per il filtraggio supplementare, sono previsti dei magneti permanenti sul filtro dell'olio e sul tappo di scarico dell'olio.
- Dopo la sostituzione della meccatronica, oppure in caso di errori memorizzati riguardanti il cambio, è necessario rieseguire, nella centralina di comando, l'impostazione delle posizioni delle forcelle d'innesto. Tale procedura viene eseguita con il tester diagnostico, accedendo al menu *Impostazioni di base*. In questo modo, si impostano le posizioni di fine corsa e i punti di sincronizzazione di tutte le forcelle d'innesto. Infine, occorre eseguire un giro di adattamento su strada.

16.7.2 Cambio automatico a stadi con convertitore di coppia idrodinamico

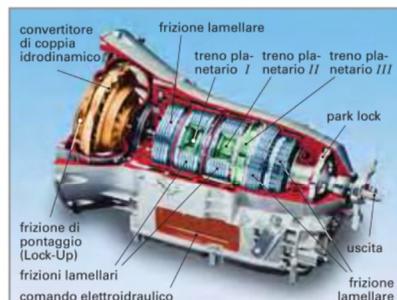


Figura 1: Cambio automatico a 5 velocità con treno planetario Wilson

Componenti del cambio

- **Convertitore di coppia idrodinamico.** Funge da frizione per la partenza e incrementa la coppia nell'area di conversione.
- **Treno planetario.** È installato dopo il convertitore di coppia idrodinamico, trasforma coppia e regime di rotazione, inverte il senso di rotazione per la retromarcia. Sono utilizzati i seguenti treni planetari:
 - treno Ravigneaux;
 - treno Simpson;
 - treno Wilson;
 - treno Lepelletier;
 - diversi treni planetari semplici collegati in serie.

Il treno Ravigneaux e il treno Simpson possono essere seguiti o preceduti da un treno planetario semplice.

- **Comando elettroidraulico.** Eseguce l'inserimento automatico del rapporto superiore o inferiore al momento opportuno.

Le principali grandezze di comando sono:

- **posizione della leva di selezione;**
- **velocità del veicolo;**
- **carico motore** (posizione dell'acceleratore).

I cambi automatici moderni sono dotati di un comando adattivo con autoapprendimento (AGS). In questo modo, le strategie di cambio automatico vengono adeguata allo stile di guida del conducente e alle condizioni di marcia.

Convertitore di coppia idrodinamico

Compiti

- Convertire e trasmettere la coppia motore.
- Garantire una partenza dolce e progressiva.
- Ammortizzare le oscillazioni torsionali del motore.

Struttura

Il convertitore di coppia idrodinamico (fig. 2) è composto da:

- una girante pompa (ruota di pompa);
- uno statore con ruota libera;
- una girante turbina (ruota di turbina);
- una frizione di pontaggio (Lock-Up).

La girante pompa, la girante turbina e lo statore sono delle ruote a pale curvate che girano all'interno di una scatola piena di olio idraulico. La girante pompa è trainata dal volano tramite la scatola del convertitore in base al regime motore.

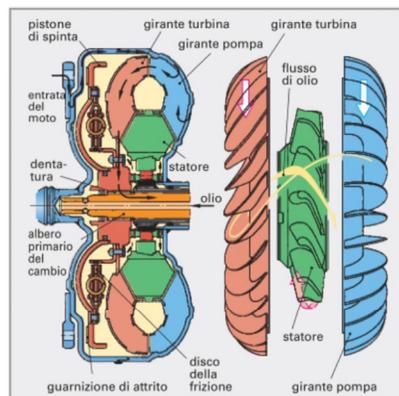


Figura 2: Convertitore di coppia idrodinamico

Circuito dell'olio (fig. 3)

Una pompa dell'olio è azionata dalla girante pompa del convertitore di coppia. La pompa assicura una pressione di alimentazione, generalmente di 3-4 bar nel convertitore. Inoltre, fa circolare l'olio per i comandi idraulici in un circuito che passa attraverso una strozzatura, un radiatore dell'olio e un serbatoio dell'olio e un serbatoio.

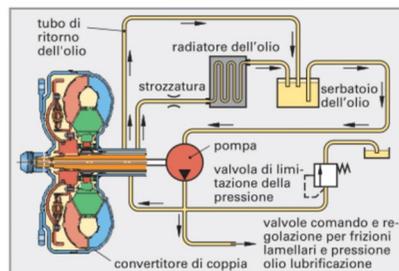


Figura 3: Circuito dell'olio

La pressione di alimentazione nel convertitore di coppia idrodinamico impedisce la cavitazione (formazione di bollicine), che diminuirebbe il rendimento.

Funzionamento

Fase di conversione (fig. 1). Alla partenza, la girante pompa gira con lo stesso regime di rotazione del motore, mentre la girante turbina e lo statore rimangono fermi. L'olio passa dalla girante pompa alla girante turbina, cedendole la sua energia e venendo deviato nuovamente verso la girante pompa (fig. 2, pag. 421). La ruota di turbina inizia a girare quando la coppia sulla turbina stessa è maggiore della coppia resistente sull'albero primario del cambio. Il flusso d'olio in uscita dalla girante turbina incontra le pale dello statore e cerca di muoverle contro il senso di rotazione della girante pompa e della girante turbina. Tale movimento, però, è bloccato dalla ruota libera. L'olio preme sulle pale del diffusore, che sono curvate di circa 90°. In tal modo, si crea un riflusso nel senso di rotazione del motore, che si traduce in un aumento della forza di rotazione sulle pale della girante turbina. Con l'aumento della forza di rotazione, la coppia motrice sull'albero primario del cambio è maggiore della coppia resistente in entrata nel convertitore di coppia.

Lo statore dirige il flusso dell'olio sulle pale della girante pompa, mantenendo un angolo favorevole. In tal modo si chiude il circuito dell'olio.



Figura 1: Andamento dei flussi

All'aumentare del regime di rotazione della girante turbina, diminuisce la differenza di giri fra la girante pompa e la girante turbina.

Il flusso dell'olio subisce una deviazione minore e incontra le pale del diffusore con un angolo minore (fig. 1). In tal modo diminuisce la forza di sostegno e, quindi, l'ulteriore forza che agisce sulle pale della girante turbina. Si riduce così l'aumento della coppia.

Fase di accoppiamento. Quando la girante pompa e la girante turbina hanno pressoché lo stesso regime di rotazione (rapporto fra i giri $n_T/n_P \approx 0,85-0,9$), l'olio arriva sulla parte posteriore dello statore e la ruota libera si sblocca. Di conseguenza, lo statore inizia a girare. Da questo punto in poi, sulla girante turbina non agisce più nessuna forza di riflusso e, quindi, non si ha più nessun aumento di coppia. Questo punto è detto **punto di accoppiamento**.

Curve caratteristiche del convertitore di coppia idrodinamico. Il diagramma in fig. 2 rappresenta le linee caratteristiche del convertitore per una coppia motrice M_P sulla girante pompa, per esempio, di 200 Nm.

L'andamento della curva caratteristica della coppia M_T sulla turbina (= coppia di entrata nel cambio) indica che la coppia maggiore viene erogata durante la partenza.

Nell'esempio, con un incremento $M_T/M_P = 2,5$ la coppia della girante turbina è di 500 Nm.

All'aumentare del numero di giri della girante turbina, diminuisce l'incremento M_T/M_P .

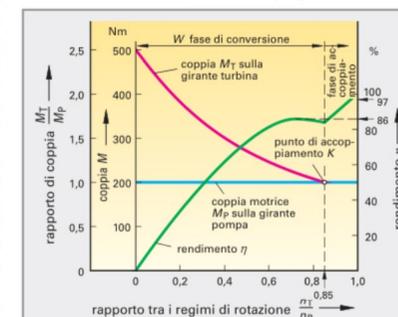


Figura 2: Curve caratteristiche del convertitore di coppia

Rendimento η . Il rendimento del convertitore di coppia idrodinamico, oltre il punto di accoppiamento e ad elevati regimi di rotazione, corrisponde al 97% circa.

Si ha dunque uno slittamento del 3%.

Lo slittamento è definito come differenza del numero di giri fra la girante pompa e la girante turbina.

Si può migliorare il rendimento eliminando le perdite di flusso, mediante una frizione di pontaggio (Lock-Up), inserita all'interno del convertitore stesso.

Caratteristiche del convertitore di coppia idrodinamico

- Nessuna usura meccanica.
- Partenza dolce e confortevole.
- Il motore non rischia di spegnersi in partenza.
- L'aumento di coppia si adatta automaticamente alle diverse condizioni di marcia.
- Il massimo aumento di coppia si ha durante la partenza.
- Gli sbalzi di coppia e le oscillazioni torsionali sono ammortizzati grazie all'olio idraulico.
- Funzionamento silenzioso.

Frizione di pontaggio del convertitore

Ha il compito di impedire che si verifichino delle perdite nella fase di accoppiamento, allo scopo di risparmiare carburante.

La frizione di pontaggio del convertitore entra in funzione dopo che quest'ultimo ha superato il punto di accoppiamento.

Struttura (fig. 1)

Il supporto dei dischi esterni è collegato alla girante pompa (scatola del convertitore), mentre il supporto dei dischi interni è collegato alla girante turbina. La frizione lamellare è innestata e disinnestata dal pistone di spinta tramite la pressione dell'olio.

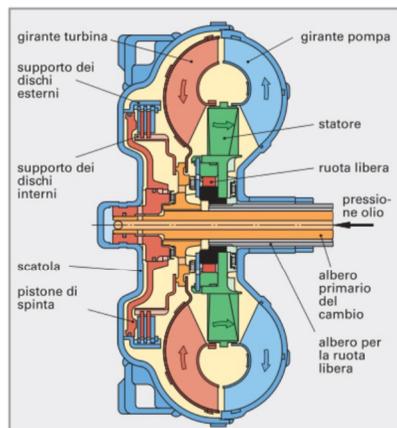


Figura 1: Convertitore di coppia con frizione di pontaggio a lamelle

Funzionamento

Frizione di pontaggio aperta. L'olio passa attraverso un foro dell'albero primario e giunge sul lato destro del pistone, spingendolo verso sinistra: la frizione lamellare viene disinnestata (si apre).

Frizione di pontaggio chiusa. L'olio giunge sul lato sinistro del pistone che viene spinto verso destra, comprimendo il pacco delle lamelle: la frizione lamellare si innesta (si chiude).

La girante e la turbina, a questo punto, sono accoppiate dinamicamente e senza slittamento.

Le frizioni di pontaggio del convertitore, in genere, vengono inserite automaticamente a seconda del carico motore e della velocità di marcia, per esempio in 3ª, in 4ª e in 5ª. Prima del loro inserimento, è necessario che sia raggiunta la temperatura d'esercizio del motore. Nella fase di rilascio e in frenata, la frizione di pontaggio viene aperta.

Frizione di pontaggio regolabile

Questo tipo di frizione prevede tre possibili condizioni di funzionamento:

- aperta;
- con slittamento;
- chiusa.

Funzionamento

Le condizioni di funzionamento della frizione di pontaggio del convertitore sono regolate mediante diagrammi caratteristici memorizzati nel software della centralina. A tal fine, la centralina comanda una valvola elettromagnetica, che controlla la pressione dell'olio dall'albero primario fino alla camera di pressione del pistone. Nella fase di regime critico, in cui si presentano le oscillazioni torsionali create dal motore, la frizione funziona con un certo slittamento. In tal modo, si aumenta il comfort di marcia e diventa superflua la presenza di un ammortizzatore torsionale. I diagrammi caratteristici memorizzati nel software di comando tengono conto delle seguenti condizioni di funzionamento:

- posizione del pedale acceleratore;
- salita/discesa;
- posizione della leva del cambio;
- temperatura del motore;
- temperatura olio cambio.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Come è strutturato un cambio automatizzato?
- 2 Come avviene il cambio marcia nei cambi automatizzati?
- 3 Quali sono i componenti di un cambio automatico con convertitore?
- 4 Spiegate il funzionamento di un Direct-Shift Gearbox (DSG) durante il cambio marcia.
- 5 Quali sono i compiti del convertitore di coppia idrodinamico?
- 6 Quali sono i componenti del convertitore di coppia idrodinamico?
- 7 Spiegate come avviene la conversione di coppia del convertitore idrodinamico durante la partenza.
- 8 Spiegate che cosa si intende per punto di accoppiamento di un convertitore di coppia.
- 9 In quale fase aumenta la coppia in un convertitore idrodinamico?
- 10 Quali caratteristiche ha il convertitore di coppia idrodinamico?
- 11 Quali sono i compiti della frizione di pontaggio del convertitore?
- 12 Spiegate il funzionamento della frizione di pontaggio nella posizione chiusa.
- 13 Quali grandezze di riferimento sono prese in considerazione nei diagrammi caratteristici del software di comando di una frizione di pontaggio del convertitore?

16

Treno planetario

Un treno planetario semplice (fig. 1) si compone di:

- satelliti;
- portasatelliti;
- corona con dentatura interna;
- pignone solare.

I satelliti con i loro assali sono posizionati nel portasatelliti. Ruotano sulla dentatura interna della corona dentata e sulla dentatura esterna del pignone solare. Tutti gli ingranaggi sono costantemente in presa. Il pignone solare, la corona dentata e il portasatelliti possono essere messi in movimento o bloccati. L'uscita della forza avviene tramite la corona dentata o tramite il portasatelliti.

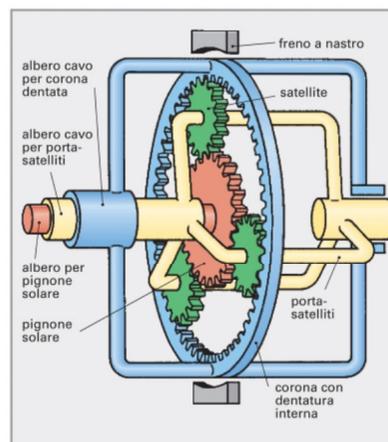


Figura 1: Treno planetario semplice

Funzionamento

I diversi rapporti sono ottenuti mediante l'azionamento del pignone solare, della corona dentata oppure del portasatelliti. È importante che la parte non azionata venga bloccata. L'uscita della forza avviene tramite la parte che non è stata né azionata né bloccata.

Rapporti del cambio. Sono possibili 5 rapporti nello stesso senso di rotazione e 2 nel senso inverso.

Azionamento. Una delle parti del treno planetario è messa in moto tramite una frizione a lamelle (frizione di trasmissione), che le imprime un movimento rotatorio.

Bloccaggio. La parte corrispondente è collegata alla scatola del cambio tramite una frizione a lamelle ("freno a lamelle") o un freno a nastro.

Esempio di un treno planetario a 3 velocità

1ª velocità (fig. 2). Il pignone solare dà il moto, mentre la corona dentata è bloccata. I satelliti si muovono sulla dentatura interna della corona. Il portasatelliti e l'albero di uscita ad esso solidale hanno lo stesso senso di rotazione del pignone solare condotto. In questo modo si ottiene una grande demoltiplicazione.

2ª marcia (fig. 2). La corona dentata dà il moto, il pignone solare è bloccato. I satelliti si muovono sulla dentatura esterna del pignone solare. Il portasatelliti e l'albero di uscita hanno lo stesso senso di rotazione della corona dentata condotta. Quindi, si ha una demoltiplicazione minore.

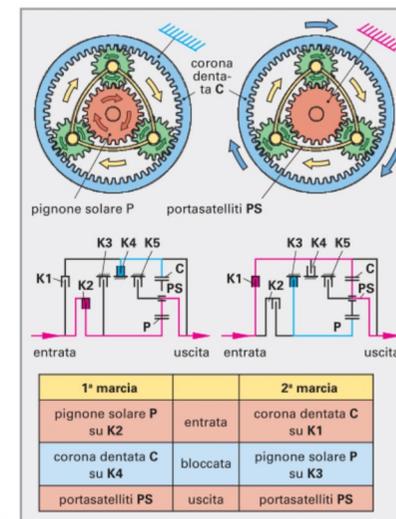


Figura 2: 1ª marcia e 2ª marcia

3ª marcia (fig. 1, pag. 425). L'azionamento simultaneo del pignone solare e della corona dentata causa il bloccaggio del treno planetario. I satelliti non si muovono più e agiscono come nottolini di trascinamento.

L'uscita ha lo stesso senso di rotazione dell'entrata del moto e può avvenire, in questo caso, tramite il portasatelliti.

Retromarcia (fig. 1, pag. 425). Il pignone solare è l'ingranaggio conduttore mentre il portasatelliti è bloccato. I satelliti provocano l'inversione del senso di rotazione della corona dentata rispetto all'entrata.

Si ottiene, anche in questo caso, una grande demoltiplicazione.

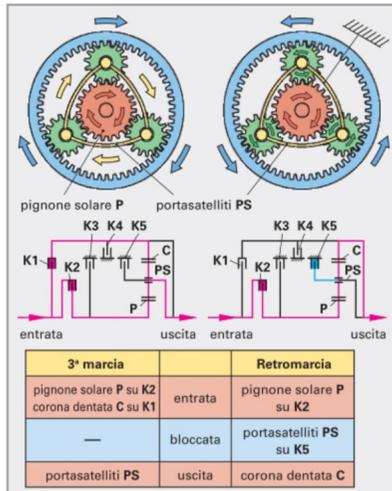


Figura 1: 3ª marcia e retromarcia

Logica cinematica. È una rappresentazione sommaria dell'interazione delle diverse parti di un treno planetario, come sottoinsiemi di un cambio automatico. Nella tab. 1, è rappresentata la logica cinematica di un treno planetario semplice, con 3 marce avanti e una retromarcia.

Un treno planetario semplice non è utilizzabile per i cambi automatici, in quanto, non fornendo una quantità sufficiente di rapporti utili, necessiterebbe di due alberi di uscita. Per tale motivo, si collegano in serie 2 o 3 treni planetari semplici.

La struttura del **treno Ravigneaux** (fig. 2) include:

- una corona dentata comune;
- un portasatelliti comune;
- due pignoni solari di diverso diametro;
- satelliti corti e lunghi.

Analogamente al treno planetario semplice, i diversi rapporti di trasmissione sono ottenuti mediante l'azionamento e il bloccaggio di determinate parti, oppure mediante il bloccaggio dell'intero treno planetario.

L'uscita avviene tramite la corona dentata, oppure per mezzo del portasatelliti.

Il treno Ravigneaux, rappresentato nella fig. 2, consente 2 marce in avanti e la retromarcia.

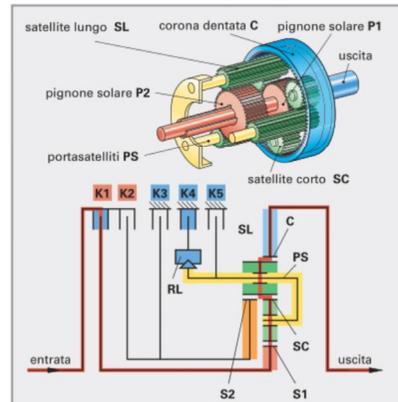


Figura 2: Treno Ravigneaux, inserimento 1ª marcia

K1 frizione di accoppiamento del motore – aziona il pignone solare piccolo **P1**
K2 frizione di accoppiamento del motore – aziona il pignone solare grande **P2**
K3 frizione di freno – blocca il pignone solare **P2**
K4 frizione di freno – blocca la ruota libera **RL**
K5 frizione di freno – blocca il portasatelliti **PS**
RL ruota libera – sostiene il portasatelliti **PS**

Esempio per la 1ª marcia
K1 e **K4** sono azionate. **K4** mantiene bloccato il portasatelliti in una direzione tramite la ruota libera **RL**. Andamento del flusso di forza: Ingresso ⇒ **K1** ⇒ **S1** ⇒ **SC** ⇒ **SL** ⇒ **C** ⇒ Uscita.

La struttura del **treno Simpson** (fig. 1, pag. 426) include:

- un pignone solare comune;
- due corone dentate dello stesso diametro;
- due portasatelliti con satelliti.

L'uscita della forza avviene attraverso la corona dentata esterna (**C1**). Il treno Simpson è utilizzato, per esempio, per i cambi automatici a 4 velocità in combinazione a un treno planetario semplice.

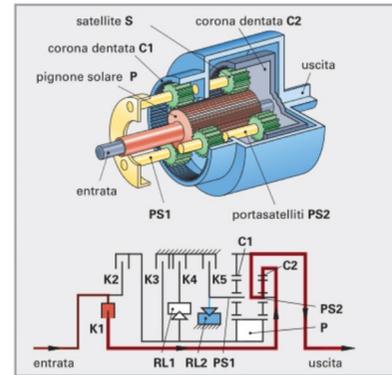


Figura 1: Treno Simpson, 1ª marcia

P pignone solare comune
C1, C2 2 corone dentate (corona dentata esterna e interna)
PS1, PS2 2 portasatelliti
S1, S2 satelliti (di pari dimensioni)
K1, K2 frizioni di accoppiamento del motore, **K1** aziona **C2**, **K2** aziona **P**
K3, K4, K5 frizioni di freno, **K3** frena **P**, **K4** frena **RL1**, **K5** frena **PS1**
RL1, RL2 ruote libere, **RL1** supporta **P**, quando **K4** è collegata. **RL2** sostiene **PS**

Tabella 1: Logica cinematica del treno Simpson

Marcia	K1	K2	K3	K4	K5	RL1	RL2
1ª	•						•
2ª	•		• ¹⁾	•		•	
3ª	•	•					
Retro						•	

• con accoppiamento dinamico per la posizione D del selettore
¹⁾ nella posizione 2 del selettore **K3** è azionata, **P** è bloccato

Combinazione di treni planetari

La combinazione di diversi treni planetari, per esempio un treno Ravigneaux seguito da un treno planetario semplice, oppure un treno Simpson seguito da un treno planetario semplice, rende possibile la realizzazione di cambi automatici a 4 e a 5 marce.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali sono i componenti di un treno planetario semplice?
- 2 Come si ottengono i diversi rapporti di trasmissione del treno planetario semplice?
- 3 Come sono inserite la 1ª e la retromarcia in un treno planetario semplice?

Treno Wilson (fig. 2)

Il treno Wilson è composto da 3 semplici treni planetari (T1, T2, T3) posizionati l'uno dietro l'altro. L'uscita di forza avviene in tutte le marce tramite il portasatelliti dell'asse posteriore.

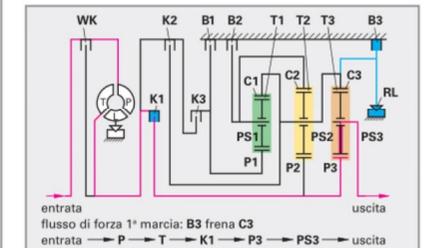


Figura 2: Treno Wilson, 1ª marcia inserita

P1, P2, P3 pignoni solari **RL** ruota libera
C1, C2, C3 corone dentate
PS1 ... PS3 portasatelliti
K1, K2, K3 frizioni di accoppiamento del motore
B1, B2, B3 frizioni di freno
WK frizione di esclusione del convertitore

Marcia	Organi del cambio in funzione ¹⁾							
	K1	K2	K3	B1	B2	B3	RL	WK
Folle								
1ª	•							•
2ª	•			•				•
3ª	•				•			•
4ª	•	•						•
5ª	•	•						•
Retro								•

• con accoppiamento dinamico
¹⁾ posizione D del selettore
²⁾ attivazione richiesta per la fase di rilascio
³⁾ il cambio di velocità avviene con controllo dello slittamento
⁴⁾ scalarità $i_G = \frac{i_{G1}}{i_{G5}}$

Treno Lepelletier

Si compone di un treno planetario semplice seguito da un treno Ravigneaux che consente di ottenere 6 rapporti più una retromarcia.

Caratteristiche dei treni planetari

- Le marce possono essere innestate senza interruzione del flusso di forza.
- Le forze che agiscono sui singoli denti sono minori, in quanto la coppia è distribuita su più ingranaggi.
- Funzionamento silenzioso.

- 4 Quali sono le differenze strutturali fra il treno Ravigneaux e il treno Simpson?
- 5 Come è strutturato un treno Wilson?
- 6 Quali componenti azionano il pignone solare, la corona dentata e i portasatelliti nei treni planetari e quali li bloccano?

16.7.3 Comando elettroidraulico del cambio

Nel cambio automatico a gestione elettroidraulica, i sensori rilevano diverse condizioni di esercizio. Tali dati vengono elaborati dalla centralina elettronica di comando del cambio. Le elettrovalvole sono pilotate elettricamente a seconda della situazione di guida. Queste comandano a loro volta delle valvole che controllano la pressione idraulica nei vari elementi di comando. Nel cambio automatico, il cambio di marcia viene attuato azionando e bloccando diversi elementi di comando (fig. 1).

Caratteristiche

- Cambio di marcia più confortevole.
- Tempi di cambio ridotti.
- Utilizzo comune di sensori.
- Ottimizzazione di emissioni e consumi.
- Possibilità di selezionare le curve caratteristiche del cambio, per esempio, economy, sport, invernale, manuale (Tiptronic, Steptronic).
- Possibilità di adattamento del programma del cambio alla tipologia di conducente (CAC – comando adattivo del cambio e/o SDCV – scelta dinamica del programma di cambio di velocità).
- Semplice esecuzione di diverse funzioni di sicurezza, per esempio, del blocco del selettore.

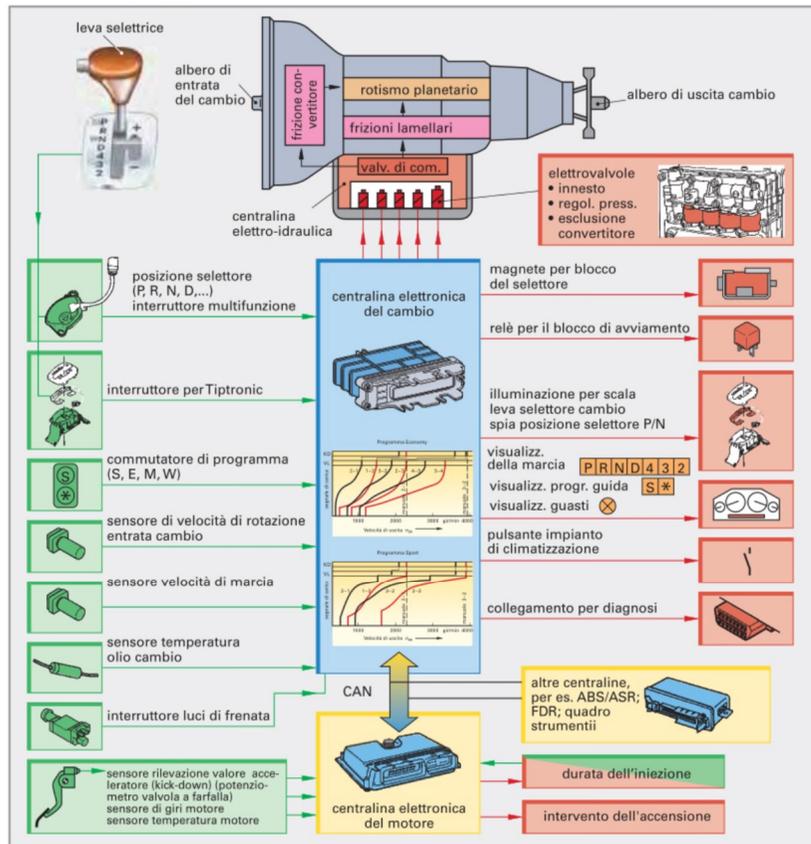


Figura 1: Schema - comando elettronico/elettroidraulico del cambio

Struttura del sistema di comando (fig. 1, pag. 427)

Il sistema di comando include:

- sensori, per esempio leva selettoria con interruttore multifunzione, potenziamento pedale acceleratore (segnale di carico), sensore di velocità. Questi sensori comunicano le grandezze di comando principali.
- Centralina elettronica, che comunica attraverso la linea CAN con altre centraline, per esempio con la centralina di comando motore.
- Centralina elettroidraulica con elettrovalvole e valvole idrauliche di innesto e controllo.
- Elementi di comando, per esempio frizioni lamellari, freni a nastro, ruote libere.

Funzionamento di base

Centralina Elettronica di Comando del Cambio (CECC). Elabora i segnali di entrata dei diversi sensori, degli interruttori nonché i segnali di altre centraline di comando attraverso la linea CAN.

Segnali lato veicolo

- leva selettoria: **P** parcheggio, **R** retromarcia, **N** folle, **D** drive (tutte le marce in avanti), **4** 1ª ... 4ª marcia, **3** 1ª ... 3ª marcia, **2** 1ª/2ª marcia.
- Funzione Tiptronic = cambio manuale.
- Commutatore di programma: **S** sport, **E** economy, **W**/* invernale (partenza, per esempio in 2ª marcia).
- Interruttore luci di frenata.
- Segnali da altri sistemi del veicolo, per esempio ABS/ASR, ESP, cruise control.

Segnali lato cambio

- Regime di rotazione in entrata del cambio.
- Regime di rotazione vengono selezionati sulla base di diagrammi caratteristici salvati nella CECC a seconda delle condizioni di esercizio del veicolo.
- Temperatura dell'olio del cambio.

Segnali lato motore

- Posizione del pedale acceleratore con kick-down (posizione della valvola a farfalla).
 - Carico motore (tempo di iniezione).
 - Regime motore.
 - Temperatura del liquido di raffreddamento.
- Ogni cambio marcia, così come il controllo della frizione di pontaggio del convertitore, avviene pilotando delle elettrovalvole presenti nella **centralina elettroidraulica**.

Funzioni aggiuntive della CECC

Comando del display sul cruscotto. Visualizzazione marcia inserita, programma di cambio di velocità e segnalazione guasti.

Intervento del motore. Per migliorare la qualità del cambio marcia e la durata della vita utile degli ele-

menti di comando (frizioni lamellari), nei motori a ciclo Otto l'accensione viene brevemente ritardata per ridurre la coppia motrice durante l'innesto marcia. Nei motori Diesel, è ridotta la quantità di iniezione per un breve lasso di tempo.

Sicurezza in caso di scalata. Le scalate con il selettore vengono eseguite solo se non provocano un incremento troppo elevato del regime motore.

Blocco del selettore – shift-lock. Solo dopo avere acceso il quadro è possibile spostare la leva selettoria con freno premuto da **P** o **N** in una nuova posizione, affinché la vettura non esegua una partenza non intenzionale. A tal fine, la CECC pilota un magnete a sbarra.

Blocco R/P. In caso di velocità di marcia superiore ai 10 km/h, il selettore non può essere spostato da **R** a **P**. In questo modo si evengono eventuali danni meccanici al cambio.

Blocco di avviamento. Per avviare il motore, il selettore deve essere nella posizione **P** oppure **N** e il pedale del freno azionato. Diversamente, la CECC non pilota il relè di blocco dell'avviamento.

Il **gruppo elettroidraulico** (fig. 1) comprende:

- pompa dell'olio per la generazione della pressione;
- valvola di regolazione della pressione per la regolazione della pressione di lavoro;
- valvola a cassetto di selezione per la distribuzione del flusso dell'olio alle diverse valvole;
- valvole di comando per il pilotaggio delle frizioni lamellari, dei freni a nastro e della frizione del convertitore;
- valvole di regolazione della pressione di innesto.

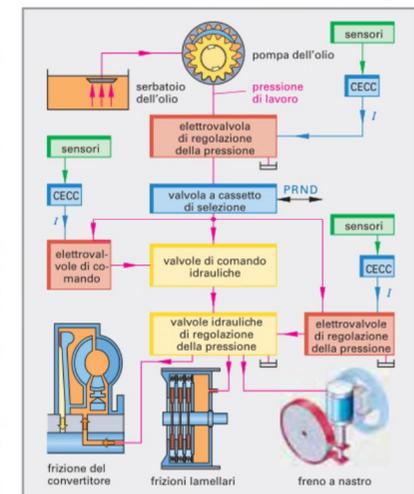


Figura 1: Schema a blocchi del gruppo elettroidraulico

Comando del punto di innesto dei rapporti. Le elettrovalvole gestiscono la pressione dell'olio per le valvole di comando.

Controllo della qualità del cambio marcia. La pressione d'innesto è pilotata tramite diverse valvole di regolazione della pressione, a seconda di diversi parametri di esercizio (carico, regime) per garantire il comfort durante il cambio marcia.

Comando della frizione di pontaggio del convertitore. In base ai diagrammi caratteristici, le elettrovalvole comandate in PWM comandano le valvole di regolazione idrauliche, che, a loro volta, comandano l'attivazione o la disattivazione della frizione del convertitore. La frizione del convertitore può essere azionata anche con slittamento controllato per ammortizzare le oscillazioni torsionali generate dal motore.

Generazione della pressione (fig. 1, pag. 428)

Pompa dell'olio. È normalmente azionata dalla frizione pompa del convertitore di coppia e genera la pressione di lavoro (pressione principale).

La pressione principale è la pressione più elevata nel sistema idraulico (sino a 25 bar). Da questa pressione derivano tutte le altre: le pressioni di comando, le pressioni di controllo, la pressione di riempimento del convertitore e la pressione dell'olio di lubrificazione.

Pressione dell'olio di lubrificazione. Grazie alla pressione, l'olio percorre il convertitore di coppia e il radiatore dell'olio. Inoltre, lubrifica i supporti del convertitore e del treno planetario.

Valvola di selezione a cassetto (fig. 1). È posizionata nel gruppo elettroidraulico ed è azionata dal conducente tramite il selettore. Qui è presente la pressione di lavoro. A seconda della sua posizione, invia la pressione di lavoro verso le valvole di comando. Nella posizione **D** possono essere innestate tutte le marce avanti.

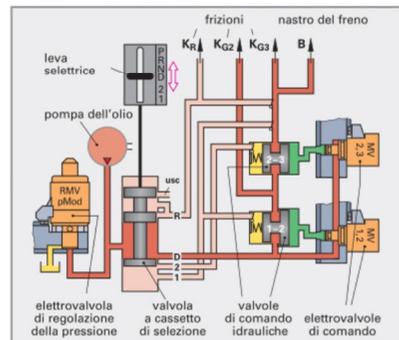


Figura 1: Valvola di selezione a cassetto

Park lock. Nella posizione **P**, l'albero di uscita del cambio automatico viene bloccato meccanicamente da un nottolino, impedendo così che la vettura possa muoversi (fig. 2).

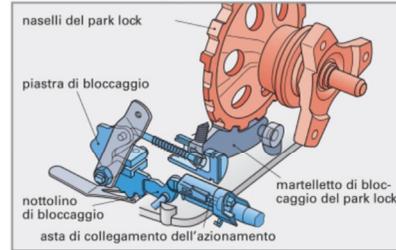


Figura 2: Meccanica del park lock

Valvole di comando. Sono pilotate dalla pressione modulata dalle valvole a solenoide e definiscono la pressione di lavoro diretta agli elementi di comando.

Le **valvole di regolazione della pressione** comandano:

- la pressione di lavoro a seconda del carico motore;
- una pressione di innesto variabile (6-12 bar) per consentire un cambio marcia confortevole;
- l'attivazione e la disattivazione contemporanea di due frizioni lamellari, per comandare la fase di "sovrapposizione", attraverso la regolazione della pressione di innesto.

Elementi di comando

Collegano e/o bloccano diversi componenti del treno planetario.

Si distinguono in:

- frizioni di accoppiamento al motore (frizioni lamellari);
- frizioni di freno e/o freni a nastro;
- ruote libere.

Frizione (fig. 1, pag. 430)

Frizione accoppiata. La pressione di lavoro, che è inviata dalla valvola di comando, agisce sul pistone il quale aziona la molla Belleville che a sua volta comprime il pacchetto di lamelle. In tal modo è stabilito l'accoppiamento delle parti e quindi il flusso di forza.

Frizione disaccoppiata. Non agisce sul pistone alcuna pressione di lavoro per cui è respinto dalla molla Belleville. Si interrompe, così, l'accoppiamento e, quindi, il flusso di forza. Mediante un comando appropriato della pressione di lavoro, è possibile chiudere completamente la frizione.

In tal modo si migliora la qualità dell'innesto del rapporto.

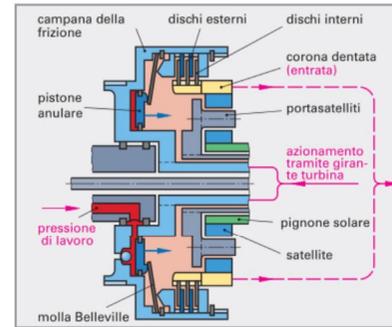


Figura 1: Frizione

Ruota libera. Ha il compito di collegare determinate parti del treno planetario in un unico senso di rotazione. La ruota libera con elementi di bloccaggio, raffigurata in fig. 2, è composta da un anello esterno, da un anello interno e dagli elementi di bloccaggio contenuti in una gabbia. Quando è bloccata, l'anello interno e l'anello esterno girano verso destra, mentre gli elementi di bloccaggio si sollevano, stabilendo un collegamento resistente alla torsione (bloccaggio). Il collegamento (bloccaggio) viene soppresso se il senso di rotazione dell'anello esterno è verso sinistra.

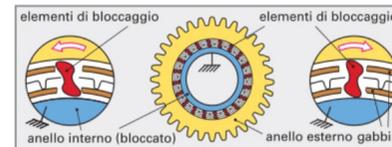


Figura 2: Ruota libera con elementi di bloccaggio

Freno a nastro (fig. 3). Comprende una fascia in acciaio, una guarnizione di attrito, l'asta del pistone, il pistone, la scatola, le molle e un dispositivo di regolazione.

Funzionamento. Quando la pressione di lavoro giunge sulla superficie destra del pistone, l'asta del medesimo chiude il nastro, il quale blocca la rotazione del tamburo. Per allentare il nastro, è necessario che la pressione di lavoro agisca sulla superficie sinistra del pistone (in aiuto alla molla di richiamo).

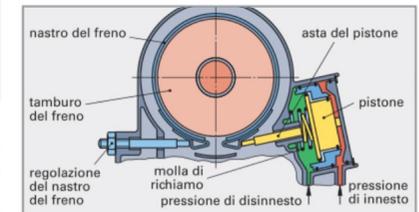


Figura 3: Freno a nastro

Cambio automatico a 3 velocità con treno Ravigneaux (fig. 4). Dalla logica cinematica (tab. 1) si evince quali elementi di comando (frizioni, freno a nastro, ruota libera) sono innestati nelle varie marce e quali componenti del treno planetario sono trainati oppure frenati.

Tabella 1: Logica cinematica								
Marcia	Entrata	Bloc.	Uscita	B	K _{G2}	K _{G3}	RL	K _R
1 ^a	P1	P2	PS	•			•	
2 ^a	C	P2	PS	•	•			
3 ^a	P1 + C	-	PS		•	•		
Retro	P1	C	PS			•		•

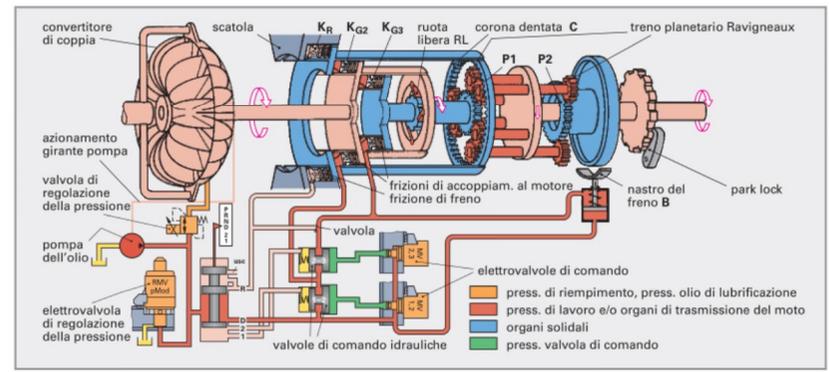


Figura 4: Schema cambio automatico a 3 velocità con comando elettroidraulico – selettore in posizione **D**, 3^a marcia

Comando del punto d'innesto dei rapporti

Il programma di base di cambio marcia comprensivo dei punti di innesto di marce superiori o inferiori dipende dalle grandezze di comando principali (posizione del selettore, posizione del pedale acceleratore e velocità di marcia).

Il programma di cambio e la selezione delle curve caratteristiche possono essere adattati in base a diversi parametri di esercizio: temperatura dell'olio del cambio, temperatura del liquido di raffreddamento del motore, posizione del commutatore di programma, kick-down, stile di guida, presenza di salite/discese, presenza di un traino, attivazione del cruise control e condizioni del fondo stradale.

Segnale di carico e velocità di marcia. Sono le due grandezze principali utilizzate per determinare i punti di cambio marcia. Maggiore è l'apertura della valvola a farfalla, maggiore sarà il regime del motore con il quale avverrà il cambio marcia. Le scalate delle marce avvengono, in genere, a regimi del motore più bassi rispetto ai regimi di innesto delle marce superiori. In tal modo, si evita un continuo alternarsi fra due marce.



Figura 1: Diagramma d'innesto - posizione del selettore in D

Commutatore di programma (economy, sport, invernale, manuale). Il programma sport prevede che le marce più alte siano innestate a regimi del motore più elevati rispetto al programma economy. Il veicolo acquisisce un miglior comportamento in accelerazione ma aumenta il consumo di carburante. Nel programma invernale si parte con una marcia più alta, per esempio, in 2ª, allo scopo di ridurre la coppia motrice e impedire lo slittamento delle ruote. Con il programma manuale, il conducente può scalare (M+) o aumentare (M-) le marce tramite una scanalatura separata nel selettore, con un breve impulso su quest'ultimo. Non è più in funzione, a questo punto, il cambio automatico.

Kick-down (scalata forzata). Premendo fino in fondo il pedale dell'acceleratore, per esempio durante una manovra di sorpasso, si scala di una o due marce. Le marce innestate sono portate al massimo regime per migliorare l'accelerazione del veicolo.

Temperatura dell'olio del cambio. Se la temperatura dell'olio del cambio supera determinati valori critici, le marce sono innestate soltanto a regimi del motore più elevati. In tal modo, aumenta la quantità d'olio che, inviato dalla pompa, può passare attraverso il radiatore.

Comando della qualità del cambio di marcia

Per evitare gli innesti bruschi, durante il cambio marcia entrano in funzione delle valvole elettromagnetiche che azionano, con una pressione dosata in funzione del carico, le frizioni a lamelle e la frizione di pontaggio del convertitore.

Nella fig. 2 è rappresentata, in uno schema elettroidraulico semplificato, la regolazione della pressione di innesto. Al punto di cambio marcia, l'elettrovalvola di comando 3/2 è pilotata elettricamente dalla CECC. La valvola di comando idraulica è azionata dalla pressione inviata dall'elettrovalvola di comando ed entra così in azione. In tal modo viene azionato un cilindro di lavoro che, per esempio, attiva le frizioni a lamelle.

Per non alimentare immediatamente il cilindro di lavoro con la completa pressione di lavoro, la CECC aziona un'elettrovalvola che riduce la pressione di lavoro durante la fase di cambio marcia. La pressione di lavoro è modificata in funzione del carico allo scopo di ottenere la pressione massima necessaria per l'innesto. Inoltre, la CECC comanda un'elettrovalvola di regolazione tramite una valvola di limitazione della pressione a monte.

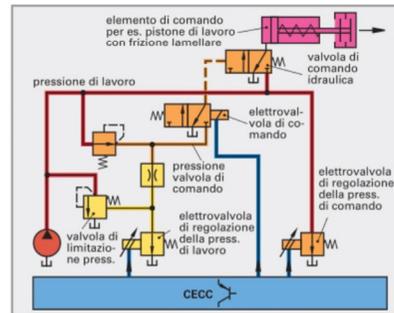


Figura 2: Schema per il controllo della pressione di innesto

Comando della fase di "sovrapposizione" (fig. 3)

Nella frizione inserita K1, la pressione diminuisce e, allo stesso tempo, la pressione aumenta nella frizione da azionare K2. In questo caso, è possibile eseguire un cambio marcia con slittamento senza interruzione di coppia.

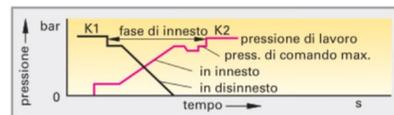


Figura 3: Controllo della pressione durante la fase di "sovrapposizione"

Parametri di esercizio per la gestione della frizione di pontaggio del convertitore

La frizione di pontaggio del convertitore è comandata da una valvola elettromagnetica, in funzione del regime d'uscita del cambio (velocità veicolo), del regime del motore, del regime d'entrata del cambio, dell'interruttore della luce d'arresto e della temperatura del motore.

La frizione di pontaggio del convertitore è normalmente aperta allo scopo di:

- ottenere una coppia motrice elevata alla partenza, nelle marce basse;
- assorbire le variazioni di rotazione del motore che si generano specialmente a bassi regimi e sotto carico;
- impedire lo spegnimento del motore quando viene premuto il pedale del freno.

Grazie al comando elettroidraulico, è possibile, inoltre, far funzionare la frizione di pontaggio con un certo slittamento. In tal modo, si aumenta il rendimento del convertitore, impedendo contemporaneamente l'insorgere di "oscillazioni" negli organi della trasmissione.

Funzioni speciali

Interlock (Keylock). La chiave dell'accensione può essere estratta dal blocchetto di accensione solamente quando il selettore si trova nella posizione P. L'interlock è ottenuto, per esempio, meccanicamente tramite un comando a cavo flessibile. In tal modo, si impedisce che il veicolo si muova dopo la rimozione della chiave di accensione.

Comando adattativo del cambio (CAC). Selezione automaticamente, secondo diversi criteri, il programma di gestione del cambio più idoneo, per esempio economy o sport.

Esempio di schema elettrico di un cambio automatico a gestione elettronica (fig. 1)

Lo schema mostra un esempio semplificato di un cambio automatico elettronico a 4 velocità, senza linea CAN, con due elettrovalvole di comando per l'innesto marce, comando della frizione di pontaggio e comando della regolazione della pressione di lavoro.

Alimentazione elettrica. Tramite il PIN 18, la centralina di comando è alimentata in permanenza dal morsetto 30. Tramite il PIN 17, la centralina è alimentata dal morsetto 15 (+). I PIN 22 e 35 sono collegati al morsetto 31 (massa).

Avviamento. Il motore può essere messo in moto soltanto se il selettore è in posizione P o N. Il relè di inibizione dell'avviamento è comandato tramite i morsetti J e K. Allo stesso tempo, è indispensabile che l'interruttore delle luci d'arresto S4 sia azionato dal pedale del freno. Tramite il PIN 11, la centralina di comando riceve un segnale positivo. In tal modo si impedisce l'avviamento involontario del motore.

Posizione del selettore (tab. 1). Il commutatore della posizione del selettore S1 è collegato alla centralina tramite i PIN 9, 10, 27, 28. A seconda della sua posizione, i morsetti A, B, C ed E alimentano con un segnale positivo i PIN corrispondenti della centralina. La logica di questo processo è predefinita e riportata nello schema elettrico.

Tabella 1: Comando dei PIN con segnale positivo ⊕

PIN	P	R	N	D	3	2	1
9	⊕	⊕			⊕	⊕	
10		⊕	⊕	⊕	⊕		
27			⊕				⊕
28				⊕	⊕	⊕	⊕

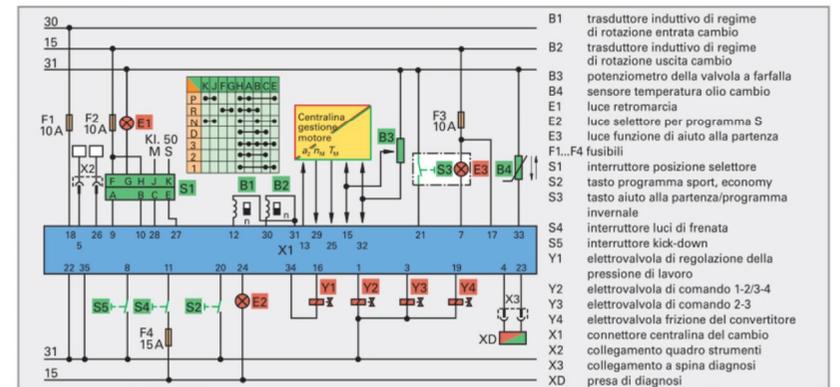


Figura 1: Schema elettrico del comando elettronico del cambio (semplificato)

Segnale di carico del potenziometro della farfalla acceleratore B3. Il potenziometro è alimentato dal PIN 32 della centralina (positivo) e dal PIN 31 (massa, negativo). Sul PIN 15 della centralina, arriva un segnale di tensione variabile, in funzione della posizione dell'acceleratore.

Interruttore Kick-Down S5. Azionando S5 tramite il pedale acceleratore, il PIN 8 della centralina di comando chiude verso massa il circuito di rilevamento.

Pulsante sport/economy S2. Azionando S2, attraverso un impulso di massa sul PIN 20, si inserisce il programma sport o economy. Quando è in funzione il programma sport, il PIN 24 è collegato alla massa; E2 si illumina.

Pulsante per l'aiuto alla partenza/programma invernale S3. Azionando S3 si inserisce, grazie al PIN 21, la funzione di aiuto alla partenza e, quindi, si illumina E3. La centralina di comando del cambio aziona poi le valvole di comando elettromagnetiche Y2 e Y3, in modo da permettere la partenza con una marcia più alta, per esempio con la seconda.

Segnali di regime (B1, B2, n_M). Attraverso i PIN 12, 30, 31 e 29, la centralina di comando riceve dai trasduttori induttivi dei segnali di tensione alterata con una frequenza variabile, in funzione dei rispettivi regimi di rotazione.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Recovery per guasti elettrici

Per interruzioni di cavi, elettrovalvole di comando difettose, segnali di sensori assenti e guasti dell'elettronica del cambio, il veicolo può essere mosso in modo limitato (per esempio solo in 2^a e in R) posizionando il selettore in posizione D. Le funzioni di sicurezza, come il blocco del selettore, sono disattivate. In caso di riavvio, non è più possibile inserire un'altra posizione del selettore. Gli errori sono salvati e devono essere cancellati dopo la riparazione.

Recovery a causa di errori meccanici-idraulici (l'elettronica del cambio è funzionante)

Se la frizione lamellare slitta, significa che è usurata. L'usura è riconosciuta dalle differenze del regime di rotazione (se superiore al 3%). L'ultima marcia inserita riconosciuta rimane innestata. È possibile inserire la retromarcia. Il blocco del selettore è attivo. Al riavvio del veicolo, l'errore è resettato. Tuttavia, è possibile che l'errore non sia salvato nell'autodiagnosi della centralina.

Traino. In caso di traino di veicoli con cambi automatici è fondamentale attenersi alle indicazioni del costruttore poiché la pompa dell'olio non è azionata. Pertanto la lubrificazione nel cambio non è garantita. Il selettore deve essere in posizione N. Nei veicoli con park lock azionato elettromagneticamente, la sua

Sensore della temperatura dell'olio cambio B4 (NTC). All'aumentare della temperatura dell'olio del cambio, a causa della diminuzione della resistenza di B4, diminuisce la caduta di tensione fra il morsetto 31 e il PIN 33 (positivo).

Segnale della temperatura del motore (T_M). Tramite il PIN 25, la CECC riceve dalla centralina di comando del motore l'informazione di temperatura dello stesso.

Segnali d'uscita. La centralina di comando del cambio elabora segnali d'uscita e pilota, tramite gli stadi finali di potenza, i corrispondenti PIN con segnali positivi o negativi. Per azionare per esempio:

- le elettrovalvole di comando Y2 (PIN 1) e Y3 (PIN 3);
- l'elettrovalvola regolatrice della pressione di lavoro Y1 (PIN 16/34);
- l'elettrovalvola della frizione del convertitore Y4 (PIN 19).

Controllo. Mediante un interconnettore e un multiplex, si possono controllare, sui collegamenti del connettore della centralina, i seguenti componenti:

Y1: PIN 16 – PIN 34 B1: PIN 12 – PIN 31
Y2: PIN 1 – PIN 22/35 B2: PIN 30 – PIN 31
Y3: PIN 3 – PIN 22/35 S2: PIN 20 – PIN 22/35
Y4: PIN 19 – PIN 22/35 S3: PIN 21 – PIN 22/35

Attraverso il collegamento a spina X3, è possibile leggere gli errori (con un programma diagnostico) ed effettuare una diagnosi degli attuatori.

disattivazione deve avvenire meccanicamente. Velocità di traino generalmente ≤ 50 km/h; distanza percorsa con traino ≤ 50 km.

Diagnosi dei guasti. Nei cambi automatici è necessario eseguire le seguenti verifiche prima di procedere allo smontaggio.

- Livello dell'olio. Un livello troppo elevato comporta cambi poco fluidi ed eventuali perdite. Un livello troppo basso comporta un trasferimento di moto insufficiente e punti di innesto con slittamento. **Durante i rimbocchi fare attenzione alla tipologia di olio ATF.**
- Qualità dell'olio. Se l'olio ha odore di bruciato, significa che le frizioni lamellari e/o i nastri dei freni sono usurati.
- Eseguire l'autodiagnosi con il tester.
- Verificare i punti di innesto delle marce a seconda della posizione del selettore, del carico e della velocità di marcia.
- Verificare la posizione del selettore.
- Nel caso di cambi automatici più vecchi verificare la regolazione del cavo della valvola a farfalla.
- Verificare le pressioni idrauliche.
- Verificare l'eventuale imbrattamento del filtro dell'olio nella scatola delle valvole a cassetto.
- Verificare il regime di bloccaggio (stall speed).
- Attenersi alle indicazioni del costruttore.

16.74 Comando adattativo del cambio

Tale comando seleziona, secondo diversi criteri, il programma di gestione del cambio più idoneo, per esempio economy o sport. Il conseguente comando del cambio marcia è influenzato da diversi fattori, per esempio le condizioni di guida del veicolo (fig. 1).

Selezione del programma di cambio velocità

Dipende fondamentalmente dalla valutazione del tipo di guida, dalle rilevazioni ambientali e dalla rilevazione delle condizioni di marcia. La selezione del programma di cambio velocità dipende, inoltre, dalla rilevazione dell'intervento del conducente, per esempio sul commutatore di programma (se disponibile), oppure dalla selezione della modalità manuale.

Valutazione del tipo di guida. Il comportamento di guida del conducente è valutato con un indicatore dinamico, in base al quale viene selezionato un diagramma caratteristico di comando adeguato. Per determinare l'indicatore dinamico vengono prese in considerazione le seguenti caratteristiche.

- **Rilevazione dell'avviamento.** Quando è premuto l'acceleratore per la prima volta, moderatamente o in maniera spinta, è selezionato un adeguato programma di cambio velocità.
- **Valutazione kick-fast.** Valuta quanto velocemente il conducente apre la farfalla acceleratore. Se il conducente preme velocemente sul pedale dell'acceleratore, si passa da un programma economico a uno sportivo.
- **Valutazione kick-down.** Premendo a fondo il pedale dell'acceleratore, è selezionato un programma sportivo che scala di una o due marce.
- **Valutazione delle condizioni di funzionamento.** In condizioni di marcia costante, si passa dal programma sport a un programma economy inserendo la marcia più elevata possibile.
- **Valutazione della frenata.** Viene valutata la riduzione di velocità in base all'azione dei freni, determinando i punti di cambio marcia inferiore.

Rilevazioni ambientali. Viene selezionato un programma di cambio velocità che riduce la potenza del veicolo e inserisce marce superiori. La rilevazione avviene tramite un confronto della velocità di rotazione delle ruote motrici con la velocità di rotazione delle ruote non motrici.

Rilevamento della situazione di guida. In salita o con rimorchio collegato, sono selezionati programmi di velocità ottimizzati per evitare cambi continui.

Selezione della marcia

Oltre alla selezione del programma di cambio di velocità, sono presenti altri parametri che determinano direttamente la selezione della marcia. Di seguito se ne descrivono alcuni esempi.

- **Riconoscimento delle curve.** Nelle curve veloci, non sono innestate marce più alte o più basse, per evitare variazioni di carico.
- **Riconoscimento di tratti in discesa.** Si evita l'inserimento di rapporti superiori per sfruttare al meglio l'effetto del freno motore.
- **Valutazione fast-off** (quando il conducente diminuisce la pressione sul pedale dell'acceleratore). Quando il conducente rilascia rapidamente l'acceleratore, la marcia resta inserita. In questo modo, si sfrutta meglio l'effetto del freno motore.
- **Riconoscimento dell'intervento manuale del conducente** (Tiptronic/ Steptronic M+ / M-). L'inserimento delle marce è determinato dal conducente. L'elettronica controlla e impedisce eventuali fuorigiri.
- **Rilevazione ABS/ASR/ESP.** Durante l'intervento di questi sistemi, non vengono eseguiti cambi che potrebbero avere un impatto negativo sul controllo della trazione.
- **Rilevazione Stop and Go.** Non è eseguita la scalata in 1^a marcia riducendo così il consumo di carburante.

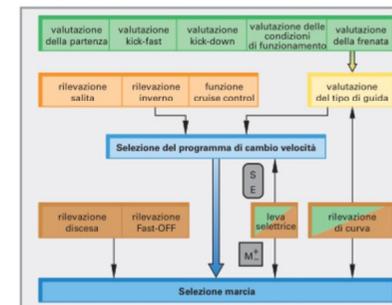


Figura 1: Struttura dei programmi di un comando adattativo del cambio

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Di quali elementi si compone il sistema di comando di un cambio automatico elettroidraulico?
- 2 Quali segnali elabora la CECC?
- 3 Quali compiti hanno la pompa dell'olio, la valvola a cassetto di selezione, le valvole di comando, le valvole di regolazione della pressione e gli elementi di comando nel cambio automatico?
- 4 Quali grandezze principali di comando determinano i punti di innesto nel cambio automatico?
- 5 Che cosa si intende per comando della fase di "sovrapposizione"?
- 6 Da quali parametri dipende il comando della frizione di esclusione del convertitore?
- 7 Che cosa si intende per shift-lock e inter-lock?
- 8 Da quali parametri dipende la selezione dei programmi di innesto nel comando autoadattativo del cambio?

16.7.5 Cambio automatico a variazione continua con nastro a elementi articolati scorrevoli oppure catena articolata

La variazione del rapporto avviene in modo continuo e senza punti d'innesto predefiniti per l'intero campo di funzionamento.

I cambi a variazione continua sono anche definiti **cambi CVT** (Continuously Variable Transmission).

Struttura (fig. 1)

La struttura di questi cambi è composta da: puleggia conica primaria e secondaria, frizioni lamellari, cilindro di pressione, nastro a elementi articolati scorrevoli e treno planetario.

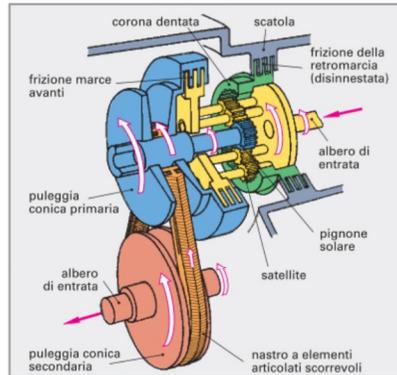


Figura 1: Cambio automatico CVT con nastro a elementi articolati scorrevoli

Funzionamento. Quando è azionata la frizione, la puleggia conica primaria è trascinata dal treno planetario. La puleggia conica primaria trascina la puleggia conica secondaria tramite un nastro a elementi articolati e/o una catena articolata (fig. 2).

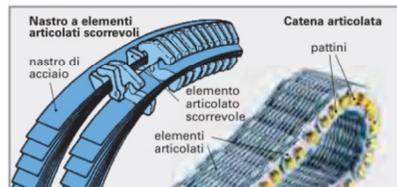


Figura 2: Nastro a elementi articolati scorrevoli, catena articolata

La variazione del rapporto di trasmissione avviene tramite uno spostamento assiale per ogni semipuleggia disposta in diagonale. I bracci di leva utili r_{w1} e r_{w2} vengono variati **costantemente** e in senso opposto, ovvero vengono, da un lato, allungati e, dall'altro lato, accorciati (fig. 3).

Si ottiene il rapporto di trasmissione più elevato quando il nastro a elementi articolati scorrevoli fa presa sul più piccolo braccio di leva utile della puleggia primaria (r_{w1}) e sul braccio di leva più grande della puleggia secondaria (r_{w2}).

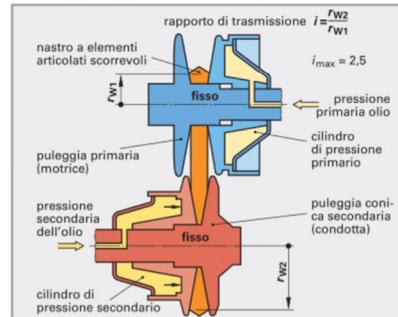


Figura 3: Posizione delle pulegge con una grande demoltiplicazione

Il rapporto di trasmissione utile è dato dal rapporto tra i bracci di leva della puleggia conica secondaria r_{w2} e i bracci di leva della puleggia conica primaria r_{w1} .

Selettore in posizione N (folle) e P (parcheggio). Entrambe le frizioni sono libere. Non c'è trasmissione di forza. Nella posizione **P**, la puleggia conica secondaria è bloccata dal park lock.

Selettore in posizione D (marcia avanti) e L (carico). La frizione per le marce avanti è chiusa, mentre la frizione per la retromarcia è libera. Il portasatelliti, i satelliti, la corona dentata e il pignone solare girano in un unico blocco e trascinano, mediante il nastro d'acciaio, la puleggia conica secondaria che trasmette la coppia all'albero d'uscita. L'albero di entrata, la puleggia conica primaria, la puleggia conica secondaria e l'albero di uscita hanno il medesimo senso di rotazione.

Selettore in posizione R (retromarcia). La frizione per le marce avanti è libera, mentre la frizione per la retromarcia è chiusa. La corona dentata è frenata sulla scatola del cambio. I satelliti, trascinati dal portasatelliti, invertono il senso di rotazione e determinano una demoltiplicazione.

Comando. Avviene elettroidraulicamente, a seconda della posizione del selettore, dell'acceleratore e della velocità di marcia. Come frizione di partenza, si può utilizzare, per esempio, un convertitore di coppia idrodinamico, oppure una frizione lamellare a slittamento controllato.

Cambio automatico a variazione continua - Ecotronic

È un cambio automatico con 2 coppie di pulegge coniche (variatori) e catena articolata, in cui i rapporti di trasmissione sono variati in continuo.

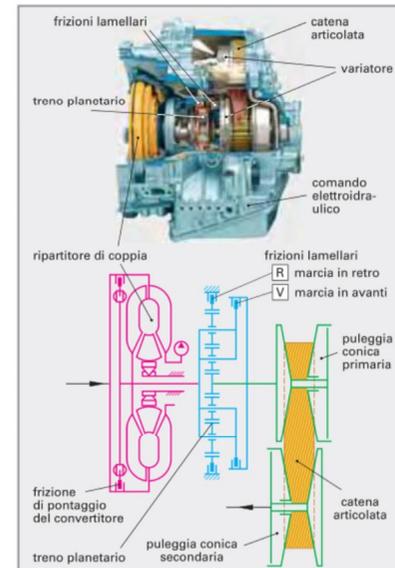


Figura 1: Cambio CVT Ecotronic

Funzionamento

Trasmissione della forza. Trasferita dalla puleggia conica primaria, passando per una catena articolata, arriva alla puleggia conica secondaria. Rispetto al nastro a elementi articolati, la forza non è trasferita tramite la pressione, bensì attraverso la trazione.

Variazione del rapporto di trasmissione. Avviene continuamente grazie allo spostamento assiale delle pulegge antistanti ai variatori. I bracci di leva utili si allungano e si accorciano.

Comando del cambio. Avviene elettroidraulicamente e pilota le pressioni idrauliche che determinano lo spostamento assiale delle semipulegge. Le principali grandezze di comando sono: posizione del selettore, programma di guida selezionato, velocità di marcia e posizione del pedale acceleratore (carico). Il comando del cambio è adattivo. Il rapporto di trasmissione viene selezionato in base a un processo di autoapprendimento.

Partenza. Per la partenza si ricorre a una frizione di pontaggio del convertitore.

Cambio automatico continuo - Multitronic

Nel cambio Multitronic, per il trasferimento del moto, è utilizzata una catena articolata con pattini a forcella.

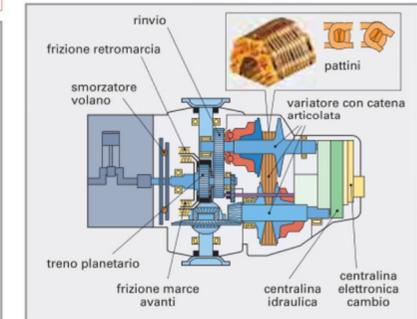


Figura 2: Struttura di un cambio Multitronic

Trasmissione della forza. La coppia motore viene trasmessa attraverso il volano, la frizione lamellare, il treno planetario e il rinvio alla puleggia conica primaria (fig. 2). Il trasferimento di coppia avviene, senza perdite, alla puleggia conica secondaria tramite la catena articolata con pattini a forcella.

Variazione del rapporto di trasmissione. Avviene continuamente grazie allo spostamento assiale delle 2 pulegge dei variatori antistanti in diagonale.

Comando del cambio. Avviene elettroidraulicamente e seleziona in maniera adattativa (autoapprendimento) il rapporto di trasmissione corretto dal diagramma caratteristico.

Schema del cambio (fig. 3). Tra le curve caratteristiche della modalità economy e di quella sport, si trova l'area del diagramma caratteristico di riferimento per tutti i possibili rapporti di trasmissione. Per le marce inserite manualmente con il sistema Tiptronic, sono disponibili 6 curve caratteristiche.

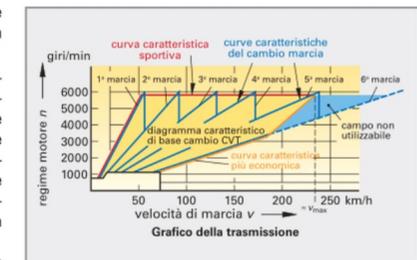


Figura 3: Schema del cambio Multitronic

16.8 Alberi di trasmissione, semiassi e giunti

Compiti

- Trasmettere la coppia.
- Consentire diversi angoli di lavoro.
- Consentire variazioni di lunghezza (spostamenti).
- Ammortizzare le oscillazioni torsionali.

La coppia motrice, trasformata dal cambio, è trasmessa al ponte di trazione e, quindi, alle ruote motrici.

Trazione posteriore con motore anteriore. Il flusso di forza nella catena cinematica (fig. 1) passa dall'albero di trasmissione (albero cardanico) al ponte di trazione, per arrivare ai semiassi con giunti omocineticici e, infine, alle ruote motrici.

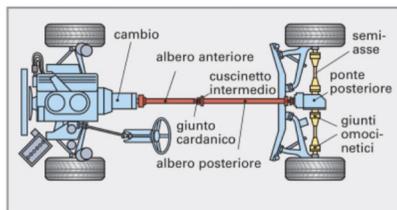


Figura 1: Trasmissione con trazione posteriore e motore anteriore

Trazione anteriore con motore anteriore e trazione posteriore con motore posteriore. La coppia in uscita dal cambio è trasmessa direttamente all'assale di trazione, quindi ai semiassi con giunti omocineticici e, infine, alle ruote motrici. Il cambio e il differenziale sono collocati in un'unica scatola; non è quindi necessario l'albero di trasmissione.

16.8.1 Alberi di trasmissione

Nei veicoli a trazione posteriore con motore anteriore disposto longitudinalmente, gli alberi di trasmissione sono generalmente inseriti tra il cambio e il ponte di trazione.

Gli alberi di trasmissione sono composti da un tubo cavo, da un manicotto scorrevole e da giunti, per esempio due giunti cardanici (fig. 2).

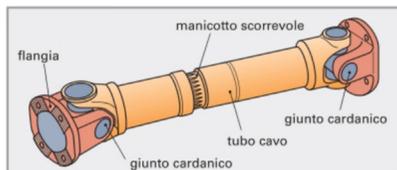


Figura 2: Albero di trasmissione con due giunti cardanici

Nei veicoli con sospensione a ruote indipendenti, la distanza fra il cambio e il ponte posteriore è spesso molto grande. In tal caso si utilizza un albero di trasmissione in due parti, sostenuto da un cuscinetto intermedio (fig. 3).

Per rendere possibile uno spostamento relativo tra il cambio e il ponte posteriore, si montano, per esempio, giunti elastici (flettori) e giunti cardanici.

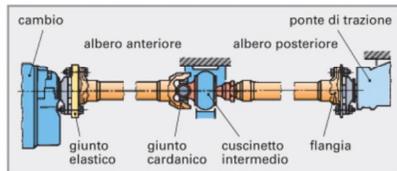


Figura 3: Albero di trasmissione in due tronchi

Cuscinetto intermedio (fig. 3). Costituisce il supporto elastico dell'albero quando è diviso in due parti. Il cuscinetto intermedio è fissato sul pianale del veicolo mediante un supporto. Contiene un cuscinetto a sfere e un supporto in gomma. Grazie a questa configurazione, si ottiene un funzionamento più "morbido", esente da oscillazioni e rumori da risonanza.

16.8.2 Semiassi (semialberi)

Sono disposti, nella catena cinematica, tra il ponte di trazione e le ruote motrici.

Sul lato rivolto verso il ponte di trazione, i semiassi possono essere dotati, per esempio, di un giunto tripode, mentre, sul lato rivolto alle ruote motrici, di giunti sferici.

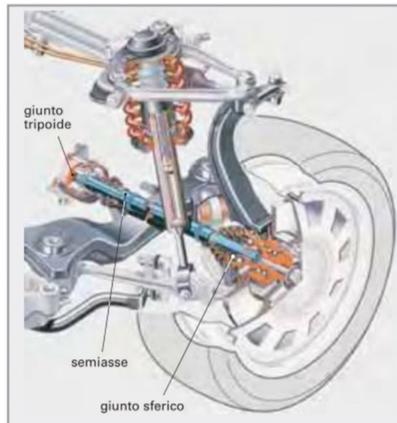


Figura 4: Semiassa di una trazione anteriore

16.8.3 Giunti

Si utilizzano:

- giunti cardanici;
- giunti omocineticici (tripoidi a biglie);
- giunti omocineticici fissi (sferici, doppi, elastici, intrecciati in tessuto e silentbloc).

Giunti cardanici (fig. 1). Le forcelle del giunto sono collegate tra di loro in modo articolato mediante una crociera. I perni della crociera sono supportati da cuscinetti ad aghi, completamente chiusi, che, generalmente, non necessitano di manutenzione.

Nei veicoli, i giunti cardanici sono utilizzati per ottenere angoli di lavoro fino a 8°. Esistono dei modelli particolari, per esempio per trasmissioni secondarie, che permettono di ottenere un angolo di lavoro anche maggiore.

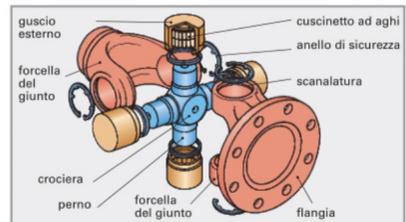


Figura 1: Giunto cardanico

Utilizzando un solo giunto cardanico con grandi angoli di lavoro, si crea un moto non uniforme sul lato d'uscita.

Se tra l'albero di entrata e l'albero di uscita di un giunto cardanico si crea un angolo di lavoro β (fig. 2), l'albero di uscita produce un movimento non uniforme, con una velocità di rotazione ω_1 che varia secondo una curva sinusoidale, mentre l'albero di entrata mantiene la sua velocità di rotazione ω_2 .

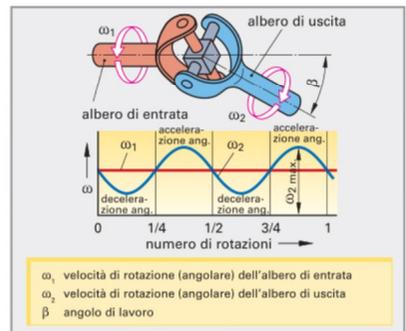


Figura 2: Giunto cardanico e angolo di lavoro

Errore cardanico. Ad ogni giro dell'albero di entrata, sull'albero di uscita si manifestano due accelerazioni e due decelerazioni angolari (errore cardanico, fig. 2).

Un albero cardanico o semialbero con un **unico giunto cardanico** può essere utilizzato soltanto con **angoli di lavoro β ridotti**.

Per angoli di lavoro maggiori, per esempio, nei veicoli con assale rigido, è necessario un albero con **due giunti cardanici (fig. 3)**.

In questo modo l'errore cardanico del giunto A viene compensato dall'errore cardanico, con lo stesso angolo ma opposto, del giunto B (compensazione ω).

Condizioni necessarie alla compensazione dell'errore cardanico:

- gli angoli di lavoro β_1 del giunto A e β_2 del giunto B devono avere lo stesso valore;
- le forcelle dei giunti dell'albero di collegamento devono trovarsi sullo stesso livello. Questo aspetto è da considerare soprattutto per il montaggio dell'albero intermedio (manicotto scorrevole).

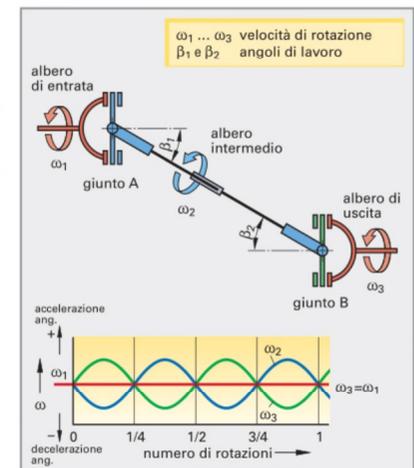


Figura 3: Albero di trasmissione con due giunti cardanici curvi

Le variazioni di lunghezza che si manifestano durante il lavoro delle sospensioni sono compensate dal **manicotto scorrevole**.

I giunti cardanici sono utilizzati, per esempio, per gli alberi di trasmissione tra il cambio e il ponte di trazione posteriore. Nei veicoli industriali sono montati anche sui semiassi.

Giunti omocinetici

I giunti omocinetici (snodi) trasmettono il moto rotatorio in modo uniforme, anche in caso di elevati angoli di lavoro.

Giunti omocinetici scorrevoli

Giunti tripoidi (fig. 1). I giunti tripoidi possono essere utilizzati su veicoli con sospensione a ruote indipendenti, sia a trazione anteriore sia a trazione posteriore.

I giunti tripoidi permettono di ottenere angoli di lavoro fino a 26° e scorrimenti assiali fino a 55 mm.

La crociera tripode è sempre montata sul lato del differenziale.

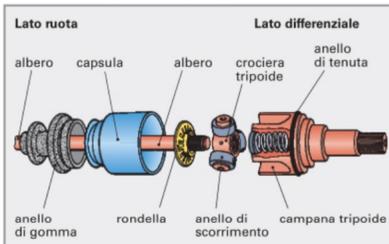


Figura 1: Giunto tripode

Giunti a biglie (fig. 2). Sono giunti sferici guidati da una gabbia; scorrono nelle relative **piste di rotolamento diritte** ricavate nella crociera sferica e nella calotta.

I giunti a biglie consentono un angolo di lavoro sino a 22° e spostamenti assiali sino a 45 mm.

I giunti a biglie sono montati sul lato del ponte differenziale.

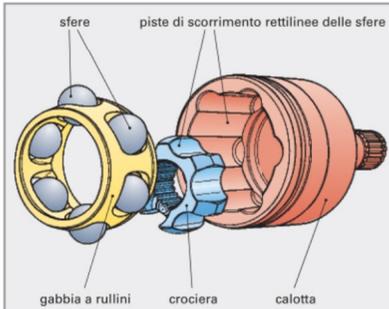


Figura 2: Giunto a biglie

Giunti omocinetici fissi

Giunti sferici

Sono composti da una crociera sferica, dalla calotta, dalla gabbia e dalle sfere (fig. 3).

La calotta e la crociera hanno delle piste di rotolamento curvate sulle quali scorrono le sfere.

I giunti sferici consentono un angolo di lavoro pari a un massimo di 38° nella versione normale e di 47° nelle versioni speciali. Non consentono spostamenti assiali.

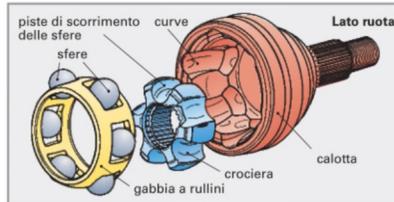


Figura 3: Giunto sferico come giunto omocinetico fisso

Giunti doppi

Sono costituiti da due giunti cardanici riuniti in un unico elemento (fig. 4). Per garantire un perfetto funzionamento, all'interno del giunto, le estremità dei due alberi sono centrate.

I giunti doppi sono utilizzati nei veicoli industriali.

I giunti doppi consentono un angolo di lavoro sino a 50°. Non consentono spostamenti assiali.

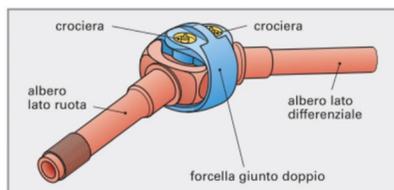


Figura 4: Giunto doppio

Giunti elastici (flettori)

I giunti elastici non necessitano di lubrificazione. Essi permettono di ottenere ridotti angoli di lavoro e piccole variazioni di lunghezza. Sono utilizzati soprattutto come elementi elastici per l'assorbimento di eventuali vibrazioni e rumori. Sono montati su veicoli nei quali il ponte di trazione è solidale con il telaio.

Si distinguono in:

- giunti intrecciati in tessuto;
- giunti silentbloc.

Giunti intrecciati in tessuto (fig. 1)

Diverse boccole in acciaio, per esempio 6, sono intrecciate al tessuto in maniera tale che le boccole adiacenti risultino avvolte, a due a due, in pacchetti di tessuto. Il tessuto e le boccole di acciaio sono vulcanizzate nella gomma.

I giunti elastici a un disco (dischi Hardy) costituiscono gli elementi intermedi elastici per gli alberi cardanici e le trasmissioni assiali (fig. 1). I due mozi sono centrati.

I giunti intrecciati in tessuto consentono un angolo di lavoro sino a 5° e spostamenti assiali sino a 1,5 mm.



Figura 1: Giunto intrecciato in tessuto

Giunti silentbloc (fig. 2). Diversi blocchetti silentbloc, per esempio 6, composti da supporti in gomma con guida-bussola, sono riuniti in un involucro di lamiera e avvitati su entrambi i lati alle flange a tre bracci. Il pezzo centrale può essere centrato o mobile, a seconda del tipo di collegamento dell'albero di trasmissione.

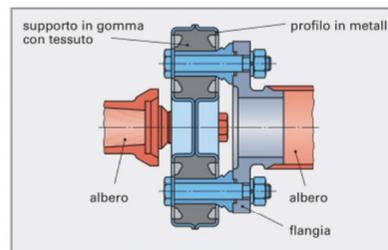


Figura 2: Giunto silentbloc

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali compiti hanno gli alberi di trasmissione?
- 2 In quali gruppi vengono suddivisi i giunti?
- 3 Quali giunti omocinetici vengono impiegati nei veicoli?
- 4 Quali compiti ha il manicotto scorrevole di un albero di trasmissione?
- 5 Quali compiti hanno i giunti elastici?

16.9 Assale motore

Compiti

- **Trasmettere e moltiplicare la coppia;** la coppia trasformata dal cambio deve essere aumentata nel differenziale per mettere a disposizione delle ruote motrici coppie sufficienti per ogni condizione di guida.
- **Demoltiplicare i regimi;** i regimi di rotazione convertiti dal cambio sono demoltiplicati tramite il rapporto costante della coppia conica.
- **Deviare, se necessario, il flusso di forza;** se il motore è orientato nel senso dell'asse longitudinale del veicolo, il flusso di forza deve essere deviato di 90° in quanto i semiassi sono sempre perpendicolari all'asse longitudinale del veicolo. La deviazione può avvenire tramite un ingranaggio conico o un ingranaggio a vite (fig. 3).

Nei veicoli con motore disposto trasversalmente al loro asse longitudinale, non è necessario deviare il flusso di forza. In questo caso si utilizzano trasmissioni assiali a ingranaggi a ruote dentate cilindriche.

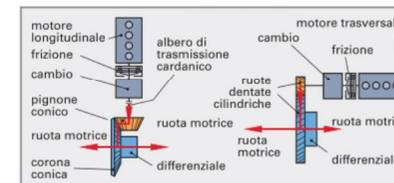


Figura 3: Coppia conica, ponte con coppia cilindrica

16.9.1 Coppia conica

La coppia conica è composta dal pignone conico e dalla corona conica. Si distinguono due tipologie di coppia conica (fig. 4):

- con **pignone in asse;**
- con **pignone disassato** (trasmissione ipoide).

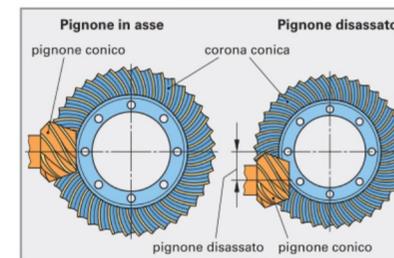


Figura 4: Coppia conica con pignone in asse e disassato (trasmissione ipoide)

Vantaggi della trasmissione ipoide

- **Funzionamento più silenzioso**, perché ha un numero maggiore di denti in presa.
- **Maggiore carico ammissibile**, in quanto il diametro e la larghezza dei denti del pignone conico sono più grandi.
- **Occupa meno spazio** perché, a parità di sollecitazione, la corona conica ha un diametro minore. Di conseguenza, nei veicoli con motore anteriore e a trazione posteriore, si può montare l'albero di trasmissione più in basso. Si abbassano, quindi, anche il tunnel dell'albero di trasmissione e il baricentro.

In seguito al disassamento degli assali, durante il rotolamento si presentano maggiori pressioni fra i fianchi dei denti in contatto. E, quindi, indispensabile l'utilizzo di oli ipoidi, particolarmente resistenti alla pressione.

I tipi di dentatura utilizzati sono la dentatura Gleason e la dentatura elicoidale.

Dentatura Gleason (fig. 1)

- I fianchi dei denti della corona conica sono parte di un arco di cerchio.
- Il profilo dei denti della corona si restringe dall'esterno verso l'interno.
- La cresta del dente diventa più fine verso l'interno.

Dentatura elicoidale (fig. 1)

- La forma del dente è parte di una spirale.
- Il profilo del dente ha una larghezza costante.

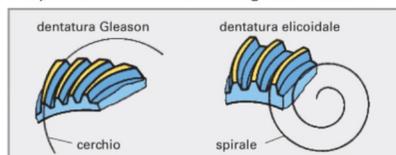


Figura 1: Dentatura Gleason ed elicoidale

16.9.2 Coppia cilindrica

La coppia cilindrica è composta da un pignone conduttore a forma cilindrica e da una corona dentata condotta, anch'essa a forma cilindrica. Entrambi gli ingranaggi hanno una dentatura elicoidale, la cui produzione è più economica rispetto alla dentatura Gleason.

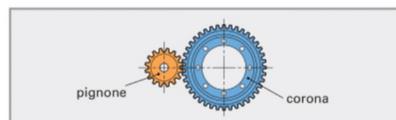


Figura 2: Coppia cilindrica

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

La corretta sinergia del pignone conico e della corona è indispensabile per un funzionamento silenzioso e una lunga durata della coppia conica. Il pignone e la corona sono rodati a coppie; per garantire un funzionamento perfetto devono essere accoppiati dalla ditta produttrice (fig. 3). Hanno un numero di accoppiamento p , indicato sul lato frontale del pignone e sul lato della flangia della corona. R e T sono le misure di costruzione di base.

Le correzioni r e t di queste misure di costruzione sono determinate dal costruttore durante il rodaggio dei pignoni. Con tali correzioni, gli ingranaggi lavorano insieme senza rumore. È necessario, quindi, considerare tali correzioni quando si regola l'altezza del pignone conico.

Sulla corona sono indicati la correzione t e il gioco sui fianchi dei denti z . La correzione r è indicata sul lato frontale del pignone.

Inoltre, sono dotati di una particolare marcatura i denti della coppia conica fra i quali è stato misurato il gioco z .

Pignone e corona devono essere sostituiti solo in coppia.

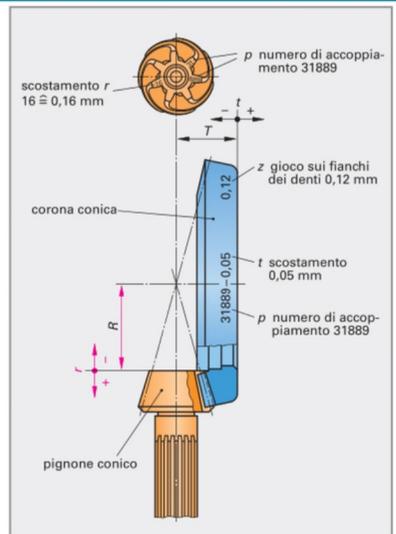


Figura 3: Pignone conico e corona conica

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Ogni modifica della distanza tra corona e pignone comporta una modifica del gioco sui fianchi dei denti. In questo modo, pignone e ruota non entrano più in presa correttamente. Il carico sui denti aumenta e subentra un fischio a seconda della velocità e del carico motore.

Procedura per la rilevazione del gioco sui fianchi dei denti

- Fare defluire l'olio.
- Rimuovere il coperchio del ponte.
- Posizionare il comparatore, fissare il pignone e rilevare il gioco sui fianchi dei denti muovendo la corona.
- Ripetere la procedura in almeno 4 punti della corona (ogni 90°) (fig. 1).



Figura 1: Rilevazione del gioco del fianco del dente

Valutazione. La differenza tra il gioco più elevato e quello più basso deve essere inferiore a 0,04 mm. Se i valori rilevati rientrano nella tolleranza, la planarità è garantita. Se i valori non rientrano nella tolleranza, è presente un'eccentricità o una acircularità. Non è però possibile valutare se l'irregolarità è riconducibile alla corona, al pignone o alla flangia della scatola del differenziale.

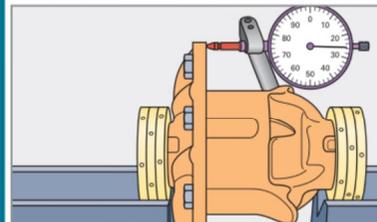


Figura 2: Verifica della planarità della flangia

Verifica della planarità della flangia. Se la differenza durante le 4 misurazioni è superiore a 0,4 mm, è necessario verificare la planarità della flangia (fig. 2). In questo caso, è necessario smontare la corona. La tolleranza massima consentita è 0,01 mm. Se il valore è distante dalla tolleranza,

è necessario sostituire la scatola del differenziale oppure eventualmente l'intero assale. Se il valore rientra nella tolleranza, è necessario sostituire pignone e corona conica.

Regolazione del pignone. Se il gioco dei fianchi dei denti è troppo elevato, è necessario riposizionare o sostituire pignone e corona ed eseguire una nuova registrazione. Il pignone deve essere calibrato per ogni accoppiamento come stabilito dal costruttore (fig. 3, pag. 441).

Misurazione

- Posizionare il pignone con lo spessore fornito e serrare al valore di coppia prescritto oppure secondo il coefficiente di attrito prescritto.
- Posizionare il calibro principale e/o il calibro a tampone nel supporto della corona conica e inserire i cilindri graduati prescritti.
- Fissare il comparatore sul piano di misurazione sulla scatola del differenziale.
- Azzerare il comparatore sul calibro tampone. Misura A e B con spessore (distanza tra cilindro calibrato e zero).
- La misura di controllo C deve essere 0,16 mm.

Verifica delle corrette dimensioni dello spessore

La differenza tra i valori A e B misurati è pari a 0,22 mm. Dalla differenza tra cilindro graduato e calibro tampone va sottratta la distanza $r = +0,16$ mm. La dimensione dello spessore da registrare è pertanto pari a $s = 0,22$ mm - $(+0,16$ mm) = 0,06 mm. Come spessore di base, è stato scelto uno spessore che misura $s = 3,38$ mm. Lo spessore aggiornato è pertanto pari a $s = 3,38$ mm + 0,06 mm = 3,44 mm. Dopo avere inserito correttamente il nuovo spessore, è necessario eseguire una misurazione di controllo. Durante la misurazione di controllo, il valore C visualizzato può essere al massimo 0,16 mm.

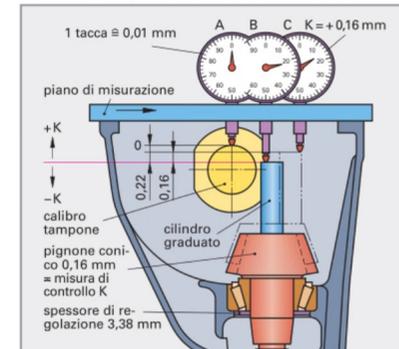


Figura 3: Rilevazione dell'altezza del pignone

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

Regolazione della corona conica

La regolazione della corona può avvenire nei seguenti modi:

- inserendo degli spessori;
- invertendo gli spessori a destra e a sinistra;
- ruotando i dadi o gli anelli di registro.

La corretta registrazione può essere verificata misurando il gioco sul fianco del dente.

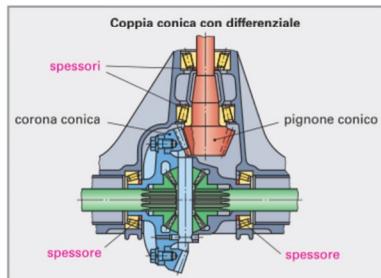


Figura 1: Regolazione con spessori

Valutazione dell'impronta della dentatura

Con una valutazione dell'impronta della dentatura, è possibile verificare la corretta regolazione di pignone e corona conica.

Valutazione dell'impronta della dentatura Gleason**Esempi di impronte scorrette (fig. 2)****Contatto sulla testa**

L'impronta si trova nella zona della testa del dente. Per correggere tale difetto, occorre alzare il pignone mediante uno spessore più grosso.

Contatto sulla base

L'impronta si trova nella zona bassa dei denti. Per correggere questo difetto, è necessario abbassare il pignone con uno spessore più fine.

Contatto sui talloni

L'impronta si trova nella zona esterna della corona. È necessario quindi avvicinare la corona al pignone.

Contatto sulle dita

L'impronta si trova nella zona interna della corona. È necessario allontanare la corona dal pignone.

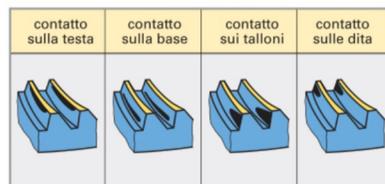


Figura 2: Impronte errate

Esempio di impronta corretta

Presenta una forma ellissoidale al centro del fianco di pressione del dente (fig. 3).

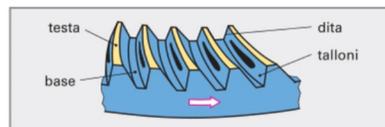


Figura 3: Impronta corretta

16.10 Differenziali**Compiti**

- Compensare i diversi regimi di rotazione tra le ruote motrici.
- Equilibrare la coppia trasmessa alle ruote motrici.

Compensare i diversi regimi di rotazione tra le ruote motrici. Quando si percorre una curva, le ruote di un veicolo che si trovano all'esterno della curva devono percorrere un tragitto maggiore rispetto alle ruote che si trovano all'interno della curva. Anche le irregolarità della strada possono generare differenze di percorso. Per questo, le ruote di un assale hanno regimi di rotazione differenti.

Il differenziale compensa i diversi regimi di rotazione delle ruote motrici. La ruota motrice all'esterno della curva gira tanto più velocemente quanto più lentamente gira la ruota interna alla curva.

Equilibrare la coppia trasmessa alle ruote motrici. Il differenziale trasmette la stessa coppia a entrambe le ruote motrici, anche se, per esempio, una ruota motrice gira più velocemente dell'altra in curva.

Il valore della coppia trasmessa è determinato dalla ruota motrice che presenta la peggiore aderenza al suolo.

Tipologie costruttive

- **Differenziali a ingranaggi conici.** Sono collocati insieme al ponte di trasmissione in una scatola (differenziale).
- **Differenziali a ingranaggi a viti senza fine (differenziale Torsen).** Sono utilizzati, per esempio nei veicoli a trazione integrale tra gli assali, come ripartitori di coppia con bloccaggio automatico.

Differenziali a ingranaggi conici**Struttura (fig. 1)**

Il pignone conico è collegato all'albero di trasmissione e trascina la corona conica, sulla quale è avvitata la scatola del differenziale. Nella scatola del differenziale, i satelliti possono ruotare su se stessi pur essendo solidali all'asse portasatelliti. I satelliti del differenziale ingranano con i planetari che, a loro volta, sono collegati ai semialberi.

Funzionamento

Marcia in rettilineo. Entrambe le ruote motrici e i planetari girano alla stessa velocità. I satelliti del differenziale non girano. In questo momento fungono da nottolini di trascinamento e trasmettono le coppie motrici in parti uguali al planetario destro e a quello sinistro.

Una ruota slitta, l'altra è ferma. Il planetario della ruota che slitta fa girare i satelliti del differenziale, che ruotano attorno al planetario fermo. La differenza del regime di rotazione è compensata facendo girare la ruota che pattina al doppio della velocità della corona conica. La distribuzione di coppia ai satelliti del differenziale avviene in parti uguali e dipende dalla ruota motrice che presenta la peggiore aderenza. Dato che la ruota slittante non può trasmettere nessuna coppia, anche l'altra ruota non trasmette più nessuna coppia e, quindi, senza nessuna forza di trazione, il veicolo si ferma.

Curva (per esempio curva a sinistra, fig. 1). Le ruote esterne devono percorrere un tragitto maggiore e girano a velocità superiore rispetto alle ruote interne. Ciò è reso possibile dai satelliti del differenziale, che compensano le differenze di regime esistenti tra il planetario destro e quello sinistro. I satelliti del differenziale, disposti nella scatola, girano attorno al loro asse. La fig. 1 mostra i sensi di rotazione dei semialberi e dei satelliti in una curva a sinistra. La ruota motrice sinistra all'interno della curva gira tanto più lentamente quanto più velocemente gira la ruota destra esterna alla curva. La differenza di regime di rotazione è compensata dai

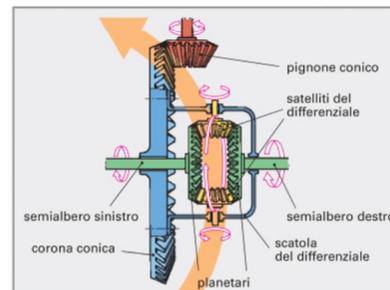


Figura 1: Differenziale a ingranaggi conici

satelliti del differenziale. Ogni ruota motrice riceve la stessa coppia.

16.11 Dispositivi di bloccaggio del differenziale

Il bloccaggio della compensazione del regime avviene tra:

- le ruote di un assale motore (bloccaggio trasversale);
- le trasmissioni assiali dei due assali motori nei veicoli a trazione integrale (bloccaggio longitudinale).

Bloccaggio trasversale. Blocca la compensazione del regime di rotazione tra le ruote motrici dello stesso assale.

Un bloccaggio trasversale assegna una maggiore coppia alla ruota motrice che ha la migliore aderenza (trazione).

Esempio. Se una ruota motrice slitta su una strada ghiacciata o su un fondo con basso coefficiente di aderenza, essa trasmette una forza di trazione insufficiente per muovere il veicolo. In tal caso, il differenziale risulta svantaggioso, perché la ruota motrice che ha una buona aderenza riceve la stessa coppia. La coppia trasmissibile è determinata dal valore di bloccaggio del differenziale installato e dalle condizioni di aderenza.

Coefficiente di bloccaggio

Il coefficiente di bloccaggio **S** indica la maggiore differenza possibile di coppia fra la ruota motrice destra e quella sinistra di un assale motore, in entrambe le direzioni rispetto al valore nominale, oppure fra 2 trasmissioni assiali dell'assale anteriore e di quello posteriore dei veicoli a trazione integrale.

$$S = \frac{\text{Differenza delle coppie}}{\text{Somma delle coppie}} \cdot 100\%$$

Il coefficiente di bloccaggio **S** è indicato come un valore percentuale e si riferisce al momento di carico applicato alla corona.

Esempio: valore di bloccaggio 40%. La ruota motrice con migliore aderenza può trasmettere il 40% di coppia in più rispetto all'altra.

Bloccaggio longitudinale. Blocca la compensazione del regime di rotazione tra le ruote di due assali.

Un bloccaggio longitudinale assegna una maggiore coppia alle ruote motrici dell'asse che ha la migliore aderenza (trazione).

Esempio. Se in un veicolo a trazione integrale le ruote di un assale slittano, è trasferita più coppia alle ruote dell'assale con migliore aderenza.

16.11.1 Dispositivi attivabili di bloccaggio del differenziale

Il dispositivo di bloccaggio del differenziale rappresentato in **fig. 1** è composto da un comando e da un accoppiamento a innesto dentato. Il comando può essere meccanico/manuale o pneumatico.

Funzionamento. L'accoppiamento ad innesto dentato collega il semialbero destro alla scatola del differenziale e alla corona conica. Attraverso la dentatura interna del manicotto di innesto e la dentatura esterna sul lato destro della scatola, si ottiene un accoppiamento geometrico e resistente alle torsioni fra il semialbero destro e la scatola del differenziale. I satelliti del differenziale non possono più ruotare sui planetari, ma possono agire soltanto da nottolini di trascinamento. Il differenziale è bloccato al 100%. Per evitare danni all'accoppiamento ad innesto dentato e agli ingranaggi, i dispositivi di bloccaggio comandati, in condizioni di aderenza normale delle ruote motrici, devono essere disinseriti.

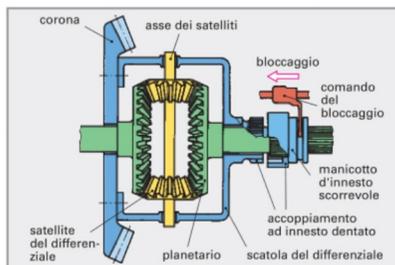


Figura 1: Dispositivo attivabile di bloccaggio del differenziale

16.11.2 Differenziali autobloccanti

Garantiscono che la compensazione del regime di rotazione, per esempio, tra le ruote motrici di un assale, avvenga automaticamente. La ruota motrice con maggiore aderenza riceve più coppia.

I coefficienti di bloccaggio sono normalmente compresi tra il 25 e il 70%.

Tipologie costruttive

- Differenziale autobloccante con frizioni a lamelle.
- Differenziale Torsen.
- Differenziale a bloccaggio elettronico (EDS).
- Differenziale autobloccante attivo.
- Frizione Haldex.

Differenziale autobloccante con frizioni a lamelle

Struttura (fig. 2)

Questo differenziale possiede, accanto ai componenti generali di ogni differenziale, anche due anelli di pressione e due frizioni a lamelle.

La superficie laterale degli anelli di pressione è dotata di nottolini di trascinamento che ingranano nelle scanalature della scatola del differenziale. Gli anelli di pressione sono, quindi, collegati alla scatola a prova di torsioni, ma possono spostarsi assialmente al suo interno.

Tra le superfici frontali esterne degli anelli di pressione e le superfici frontali della scatola del differenziale sono disposte le frizioni a lamelle.

Le frizioni a dentatura esterna ingranano nelle scanalature longitudinali della scatola del differenziale. Le frizioni a dentatura interna ingranano nella dentatura esterna dei semialberi.

Sulla superficie frontale interna, i due anelli di pressione hanno 4 superfici con scanalatura conica, in cui sono disposti gli assi dei satelliti del differenziale. Per precaricare le frizioni, si montano delle molle Belleville.

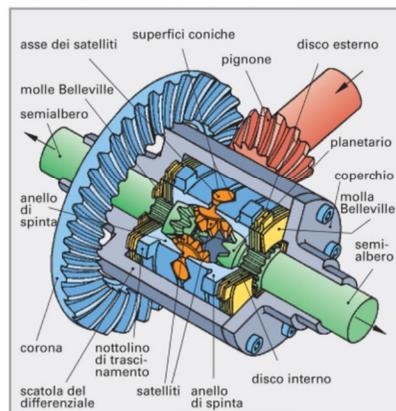


Figura 2: Differenziale autobloccante con frizioni a lamelle

Funzionamento

La coppia proveniente dal cambio è moltiplicata dalla coppia conica e trasmessa agli anelli di pressione attraverso la corona e la scatola del differenziale.

Aderenza omogenea. Si trasmette il 50% della coppia su ogni ruota motrice.

La coppia viene trasmessa tramite la corona alla scatola del differenziale e tramite gli anelli di pressione, che si muovono in senso assiale, alle frizioni a lamelle e, infine, ai semialberi dentati.

Aderenza non omogenea. Se, per esempio, scivola la ruota motrice destra, cominciano a girare i satelliti del differenziale. I loro assali premono gli anelli di pressione contro i due pacchi di frizioni. Questa for-

za di pressione crea un momento d'attrito che varia a seconda del carico tra le frizioni a dentatura interna, che girano più velocemente, e le frizioni a dentatura esterna del pacco di frizioni destro. L'attrito è condotto attraverso la scatola del differenziale, il pacco di frizioni sinistro e la dentatura del semialbero sinistro alla ruota motrice e agisce in aggiunta alla normale coppia motrice della ruota destra.

Differenziale Torsen

Il funzionamento del differenziale Torsen si basa sul principio di irreversibilità della vite senza fine accoppiata con una ruota elicoidale. L'ampiezza del bloccaggio automatico dipende dall'angolo di inclinazione della dentatura della vite senza fine (planetario) e della ruota elicoidale (satellite). Il bloccaggio automatico è annullato quando la vite senza fine muove la ruota elicoidale.

Il differenziale Torsen (Torque Sensing = sensibile alla coppia) distribuisce la coppia proveniente dal cambio in funzione della trazione.

Può essere utilizzato sia come bloccaggio longitudinale, per esempio, nel differenziale centrale con ripartizione omogenea o non omogenea della coppia (**fig. 1**, 40% ant. : 60% post.), sia come bloccaggio trasversale (**fig. 2**).



Figura 1: Differenziale Torsen come bloccaggio longitudinale con ripartizione non omogenea della coppia

Struttura (fig. 1)

Un differenziale Torsen è composto da due ingranaggi planetari a vite senza fine (vite senza fine e satellite a ingranaggi senza fine). Mediante le ruote dentate cilindriche di accoppiamento, i due ingranaggi elicoidali sono accoppiati geometricamente; sono collocati nella scatola del differenziale e sono liberi di ruotare. Ogni vite senza fine è collegata solidamente ad un semialbero. In caso di ripartizione di coppia uguale, i satelliti a ingranaggi elicoidali sono della stessa dimensione (**fig. 2**), mentre se la ripartizione è diversa, presentano diametri diversi (**fig. 1**).

Funzionamento

Flusso di forza nel differenziale Torsen

La coppia motrice proveniente dal pignone conico passa attraverso la corona conica ed è trasmessa

dalla scatola del differenziale ai satelliti a vite elicoidali e alle viti senza fine dei due semialberi.

Aderenza omogenea. Durante la marcia in rettilineo, le ruote motrici hanno lo stesso regime. In questo caso, la vite elicoidale e le ruote dentate cilindriche laterali non girano, ma fungono da nottolini di trascinamento. La coppia è distribuita in parti uguali ai due semialberi.

Aderenza non omogenea, curve. Quando, per esempio, la ruota motrice sinistra gira più velocemente, la vite senza fine sinistra trascina i suoi satelliti. Le ruote dentate cilindriche del lato sinistro trasmettono il movimento rotatorio alle ruote dentate cilindriche e ai satelliti del lato destro. Fra la ruota a vite elicoidale e la vite senza fine del lato destro si manifesta un bloccaggio automatico corrispondente al valore di bloccaggio. La ruota con la migliore aderenza, ossia con il minore numero di giri, in questo caso la ruota destra, riceve la maggior parte della coppia.

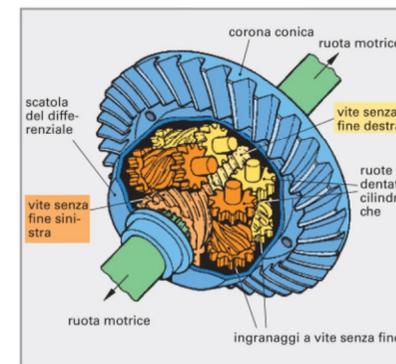


Figura 2: Differenziale Torsen come bloccaggio trasversale

Differenziale a bloccaggio elettronico

Il sistema elettrico di bloccaggio (ESD/EDS) è integrato nel sistema ABS/ESP ed è utilizzato per facilitare la partenza. L'effetto di bloccaggio è prodotto mediante i freni sulla ruota slittante.

Caratteristiche

- Miglioramento della trazione in condizioni di scarsa aderenza.
- Aumenta la stabilità di marcia e impedisce lo sbandamento della vettura in accelerazione.
- Maggiore usura delle pastiglie freno.
- A causa delle forti sollecitazioni termiche, è poco adatto a essere impiegato su fuoristrada.

Struttura

Il sistema ESD/EDS è integrato in un'unità ABS/ESP ed è composto dalle seguenti unità:

- l'**unità idraulica** (fig. 1) che include il motore della pompa, la centralina di comando integrata, le valvole di afflusso di mandata, le valvole di aspirazione e di scarico e le valvole di commutazione e di blocco con limitatore della pressione;
- l'**impianto elettrico** che è composto dalla centralina ABS/ESP/EDS integrata nell'unità idraulica e dai sensori di giri delle ruote.

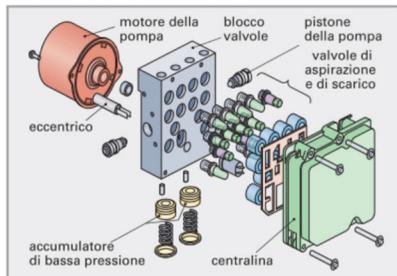


Figura 1: Unità idraulica ESD/EDS

Funzionamento

Autodiagnosi, memorizzazione degli errori. All'accensione del quadro strumenti, si avvia la fase di autodiagnosi. La spia si spegne se il sistema non presenta errori. Se subentra un errore elettrico, questo viene salvato nella memoria guasti e il sistema viene disabilitato. Il conducente viene informato dalla relativa spia di colore rosso.

Condizione di guida (fig. 2). Durante una frenata, nessuna elettrovalvola è alimentata e la pressione del liquido dei freni può fluire al freno della ruota tramite le valvole di blocco e di aspirazione. La valvola di commutazione idraulica è chiusa dalla pressione del liquido dei freni nella linea di comando.

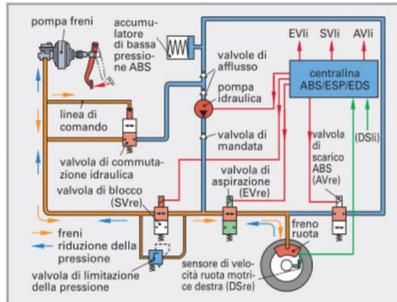


Figura 2: Circuito dei freni EDS di una ruota motrice

Aumento della pressione (fig. 3). Grazie all'aiuto del sensore di giri, la centralina di comando riconosce lo slittamento di una ruota. Essa comanda la valvola di bloccaggio e la pompa di recupero. Questa aspira, tramite la valvola di commutazione idraulica, il liquido dei freni e frena la ruota che slitta, rallentandola. Frenando la ruota che slitta, viene simulato il lavoro di un differenziale autobloccante. In questo modo, la coppia motrice può essere trasferita alla ruota con miglior aderenza.

Mantenimento della pressione (fig. 3). La valvola di aspirazione tipo NA (normalmente aperta) viene alimentata e, quindi, chiusa. La pressione nella pinza dei freni rimane costante.

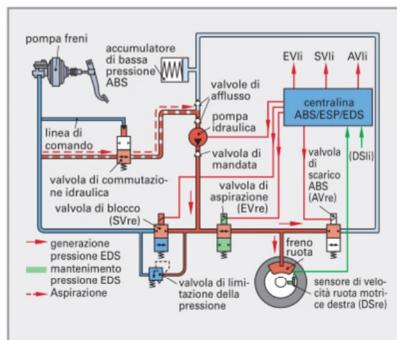


Figura 3: Aumento e mantenimento della pressione nel sistema EDS

Riduzione della pressione (fig. 2). Quando la ruota cessa di slittare, oppure è rilevata nuovamente una condizione di aderenza, la pressione diminuisce. Viene interrotta l'alimentazione alle valvole. La pressione dei freni attraverso la valvola di aspirazione e di blocco aperta e raggiunge la pompa freni.

Differenziale a bloccaggio elettromeccanico

È un differenziale con bloccaggio completamente automatico in grado di bloccare il differenziale posteriore al 100% grazie a un motore elettrico dotato di moltiplicatore.

Struttura (figg. 1 e 2, pag. 448)

La scatola del differenziale posteriore con pignone conico e corona conica include:

- una frizione a dischi multipli con scatola del differenziale;
- un dispositivo meccanico di pressione con sede di snodo sferico;
- un motore elettrico per l'attuazione del blocco.



Figura 1: Differenziale a bloccaggio elettromeccanico

Funzionamento (fig. 2). In caso di slittamento di una ruota motrice, il motore elettrico è alimentato. Tramite il moltiplicatore, è messo in rotazione il disco con corona dentata, dotato di una serie di alloggiamenti conici nei quali scorrono delle biglie. In questo modo, l'anello di spinta esegue un movimento assiale. I dischi interni, collegati al semialbero, e i dischi esterni, collegati alla scatola del differenziale, sono compressi dall'anello di spinta. Il differenziale risulta bloccato al 100%. Se il motore elettrico non è alimentato, le molle comprimono l'anello di spinta e la frizione è nuovamente aperta.



Figura 2: Componenti elettromeccanici

Differenziale autobloccante attivo

È un differenziale autobloccante completamente automatico che può distribuire, con adeguamento costante, a seconda della situazione di guida, la coppia motrice alle singole ruote posteriori.

Caratteristiche

- Miglioramento della trazione con condizioni di aderenza diverse (massimo coefficiente di bloccaggio 30-40%).
- Elevata stabilità di marcia durante le curve, tramite generazione di un momento che controlla l'imbardata.

Struttura (figg. 3 e 4). La scatola del differenziale posteriore con pignone conico e corona conica in-

tegra i seguenti elementi:

- su ogni lato è presente un gruppo epicicloideale con un pignone solare e una corona dentata, che possono essere accoppiati tramite frizioni lamellari;
- un comando elettroidraulico per l'attuazione delle frizioni lamellari.

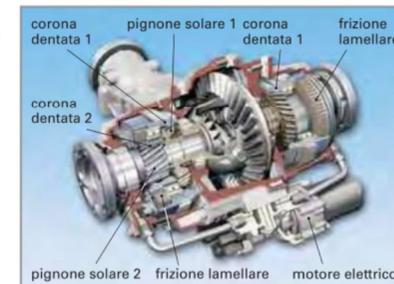


Figura 3: Differenziale autobloccante attivo

Funzionamento

Attraverso il pilotaggio della frizione lamellare, le ruote motrici ricevono una diversa coppia motrice, a seconda della velocità di marcia, dell'angolo di sterzo e del momento di imbardata. In questo modo, è possibile modificare il comportamento dinamico del veicolo. Se si desidera aumentare la coppia in una ruota motrice, la frizione lamellare si chiude e collega $S_1 \rightarrow H_1$ con $H_2 \rightarrow S_2$ (fig. 4). In virtù dei diversi rapporti di trasmissione in gioco ($S_1 \rightarrow H_1$ rispetto a $H_2 \rightarrow S_2$), sull'altra ruota viene generato un aumento di coppia. In caso di marcia su tratti rettilinei, le frizioni sono disinnestate e la coppia motrice viene distribuita uniformemente sulle ruote.

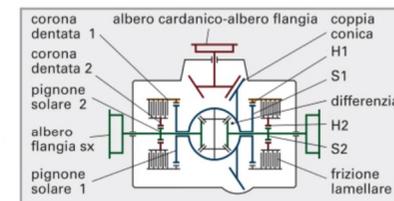


Figura 4: Principio di funzionamento

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali compiti ha l'assale motore?
- 2 Quali compiti ha il differenziale?
- 3 Quali sono gli elementi che compongono l'EDS?
- 4 Come funziona un differenziale a bloccaggio elettromeccanico?
- 5 Quali sono le caratteristiche di un differenziale autobloccante attivo?

16.12 Trazione integrale

Una ruota motrice di un autoveicolo non può trasmettere tutta la forza motrice F_A sulla superficie stradale in quanto è limitata dalla forza d'attrito esistente tra lo pneumatico e la strada.

Prendiamo come esempio un veicolo con una massa complessiva di 2.000 kg, come rappresentato in fig. 1. Se la massa è distribuita uniformemente, ogni ruota è caricata con 500 kg. Ciò corrisponde a un carico sulla ruota di 5.500 N. Su una strada ghiacciata, per esempio con $\mu_H = 0,1$, ogni ruota può trasmettere al massimo una forza motrice $F_A = F_N \times \mu_H = 5.500 \text{ N} \times 0,1 = 550 \text{ N}$.
Di conseguenza avremo:

- per la trazione a 2 ruote: $F_A = 2 \times 550 \text{ N} = 1.100 \text{ N}$
- per la trazione a 4 ruote: $F_A = 4 \times 550 \text{ N} = 2.200 \text{ N}$

Un veicolo a trazione integrale con 4 ruote motrici e con distribuzione uniforme del peso è in grado di trasmettere il doppio della forza motrice rispetto a un veicolo con 2 ruote motrici.

Si distinguono i seguenti sistemi di trazione integrale: inseribile e permanente.

- **Trazione integrale inseribile**
Le ruote dell'assale motore sono sempre motrici, mentre l'altro assale può essere inserito in caso di necessità.
- **Trazione integrale permanente (fig. 1)**
Tutte le ruote sono sempre motrici. È necessario il montaggio di un differenziale centrale per la compensazione delle differenze tra il regime delle ruote dell'assale anteriore e quello posteriore.



Figura 1: Veicolo a trazione integrale permanente

Struttura

Nei veicoli con trazione integrale permanente, sono impiegati i seguenti componenti (fig. 1):

- ripartitore di coppia con differenziale centrale e bloccaggio longitudinale;
- ponte di trazione anteriore con differenziale;
- ponte di trazione posteriore con differenziale a bloccaggio trasversale.

Compiti del ripartitore di coppia con differenziale centrale:

- distribuzione della coppia tra assale anteriore e posteriore. A seconda della tipologia la coppia può essere ripartita in modo simmetrico (50:50) o asimmetrico;
- compensazione del regime di rotazione tra assale anteriore e posteriore in curva;
- bloccaggio della compensazione del regime di rotazione. Se i regimi di rotazione dell'assale anteriore e di quello posteriore sono diversi, il bloccaggio longitudinale può avvenire automaticamente oppure può essere inserito manualmente.

Differenziale anteriore e posteriore

Compensa le differenze di regime delle ruote e distribuisce la coppia in parti uguali alle ruote motrici del relativo assale.

Quando slitta una ruota, la compensazione può essere bloccata tramite un dispositivo di **bloccaggio trasversale**. La ruota con migliore aderenza riceve, di conseguenza, più coppia.

Per poter trasmettere in tutte le condizioni di funzionamento il massimo della coppia, un veicolo a trazione integrale ha bisogno di 1 dispositivo di bloccaggio longitudinale e di 2 dispositivi di bloccaggio trasversali.

Differenziale centrale e ripartitore di coppia

Sono generalmente posizionati nello stesso modulo dietro il cambio. I **ripartitori di coppia** possono essere muniti di:

- differenziale a ingranaggi conici;
- ripartitore di coppia a dischi multipli;
- gruppo epicicloidale;
- gruppo a giunto viscoso;
- differenziale Torsen;
- frizione Haldex;
- differenziale con ruote a corona.

Nella fig. 1 sono elencate le possibili ripartizioni di coppia tra assale anteriore e posteriore.

Tipologia	Possibile ripartizione della coppia	
	Asse anteriore	Asse posteriore
Differenz. a coppia conica	50%	50%
Gruppo epicicloidale	per es. 42%	58%
Frizione lamellare	0% 100%	100% 0%
	98% 2%	2% 98%
Giunto viscoso	22% 78%	78% 22%
	100% 0%	0% 100%
Differenz. con ruote a corona	15% 70%	85% 30%

Figura 1: Ripartizione della coppia nei distributori di coppia

Differenziale centrale a ingranaggi conici (fig. 2).

Compensa le differenze di regime tra le ruote motrici e distribuisce la coppia proveniente dal cambio nel seguente modo: 50% al ponte di trazione posteriore e 50% a quello anteriore. Un differenziale a ingranaggi conici può essere bloccato completamente (100%) meccanicamente (fig. 2), elettricamente o pneumaticamente.

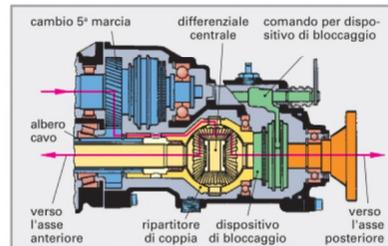


Figura 2: Differenziale centrale con ingranaggi conici

Ripartitore di coppia a dischi multipli (fig. 3)

Struttura. È utilizzato in caso di trazione integrale

inseribile. Il gruppo comprende l'albero di entrata trainato dal cambio, gli ingranaggi intermedi, che trainano l'assale centrale, e una frizione lamellare inseribile. L'albero di trasmissione collegato all'assale posteriore riceve permanentemente il moto dal motore tramite l'albero di entrata del cambio. In caso di slittamento delle ruote posteriori, il servomotore viene pilotato e la frizione lamellare viene chiusa dalla leva di regolazione con rampa sferica (cfr. pag. 448). In questo modo, le ruote anteriori possono trasmettere sino al 100% della coppia.



Figura 3: Ripartitore di coppia a dischi multipli (X-Drive)

Differenziale centrale autobloccante con gruppo epicicloidale (fig. 4)

La coppia viene distribuita nella fase di non bloccaggio con un rapporto costante pari al 42% all'anteriore e al 58% al posteriore.

Struttura (fig. 4). Si compone di un semplice treno planetario. L'albero di trasmissione dell'assale anteriore è trainato da un pignone solare e da una catena articolata. La corona dentata trascina l'albero di trasmissione dell'assale posteriore. Tra la corona dentata e il portasatelliti sono posizionate delle lamelle di attrito per il bloccaggio longitudinale.



Figura 4: Differenziale centrale autobloccante

Funzionamento. Il portasatelliti trainato trasferisce la coppia ai satelliti, con un rapporto di coppia fissa, tramite il pignone solare e la corona dentata, per esempio, il 42% all'assale anteriore e il 58% all'assale posteriore. La ripartizione non omogenea della coppia avviene grazie alla diversa lunghezza dei bracci di leva del pignone solare e della corona dentata (fig. 1).

Bloccaggio. Se le ruote dell'assa motrice slittano, le lamelle di attrito sono compresse, a seconda delle condizioni di carico dalla forza motrice utile. La trasmissione risulta così bloccata longitudinalmente.

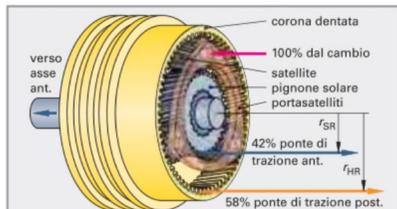


Figura 1: Ripartizione della coppia con gruppo epicicloidale

Ripartizione dinamica della coppia

Nella fig. 2, è raffigurata la distribuzione di coppia in diverse situazioni del fondo stradale. A t_1 l'assale anteriore (AA) riceve il 58% di coppia e l'assale posteriore (AP) il 42%.

Scarsa aderenza dell'assale anteriore (t_2). Se le ruote dell'assale anteriore perdono aderenza (di circa 180 Nm), la coppia di trazione sull'assale posteriore aumenta nella stessa misura tramite il bloccaggio del differenziale (180 Nm) passando a 760 Nm.

Trazione ridotta di tutte le ruote motrici. Scarsa aderenza dell'assale posteriore (t_3). La coppia di trazione totale diminuisce a 820 Nm grazie all'intervento del freno EDS. Tramite il bloccaggio e l'intervento del freno, l'assale anteriore riceve una coppia di trazione di 600 Nm e l'assale posteriore di 220 Nm. Quando le ruote hanno nuovamente una buona aderenza (t_4), le ruote posteriori ricevono 580 Nm e le ruote anteriori 420 Nm.

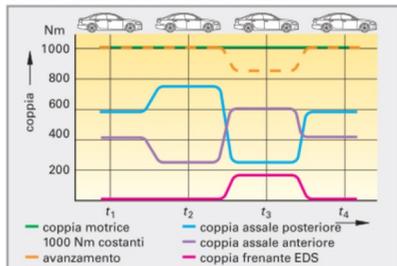


Figura 2: Ripartizione dinamica della coppia

Giunto viscoso (fig. 3)

Compensa le diverse velocità di rotazione dei ponti di trazione e funge da bloccaggio a seconda delle condizioni di aderenza.

Struttura (fig. 3). Il giunto viscoso include:

- la scatola riempita con olio al silicone;
- i dischi in acciaio forati a dentatura esterna;
- i dischi in acciaio con intagli radiali a dentatura interna.

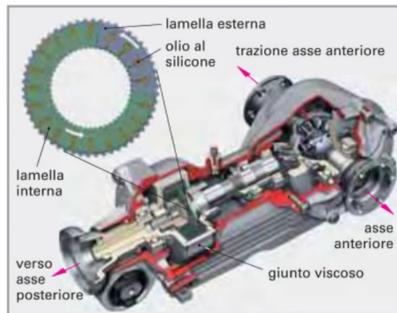


Figura 3: Giunto viscoso

Funzionamento. In questa configurazione, la trazione avviene principalmente tramite l'assale posteriore. In caso di normale aderenza (le ruote non slittano), la coppia motrice viene scaricata completamente a terra dall'assale posteriore. Se le ruote posteriori iniziano a slittare, le lamelle ruotano le une rispetto alle altre. L'olio al silicone, sottoposto alle forze di taglio, aumenta la sua temperatura e pressione. Il giunto viscoso, in caso di grosse differenze di rotazione dell'assale posteriore rispetto a quello anteriore, blocca con un coefficiente di bloccaggio sino al 30% (>100 giri/min). Una parte della forza motrice dell'assale posteriore è trasferita, tramite le lamelle a dentatura interna, alle lamelle con dentatura esterna del mozzo, sino ad arrivare al pignone conico del ponte di trazione anteriore. Il giunto viscoso è costruito in modo tale da non applicare nessun bloccaggio in caso di differenze minime della velocità di rotazione. In questo modo non viene influenzato il normale intervento dell'ABS ed è possibile compensare eventuali differenze di velocità di rotazione tra gli assali in curva. Non è necessario un differenziale longitudinale.

Differenziale Torsen. È integrato, per esempio, nel cambio. A seconda delle versioni, la coppia motrice può essere trasferita:

- in parti uguali alle ruote motrici dell'asse anteriore (50%) e dell'asse posteriore (50%);
- in parti diverse alle ruote anteriori (40%) e alle ruote posteriori (60%).

Differenziale Torsen con ripartizione simmetrica della coppia. Il differenziale centrale (fig. 1) distribuisce la coppia uniformemente tra il ponte di trazione anteriore e quello posteriore, tramite satelliti a ingranaggi elicoidali della stessa dimensione. Come differenziale centrale può compensare diverse velocità di rotazione tra l'asse anteriore e l'asse posteriore. In caso di slittamento delle ruote anteriori, il differenziale Torsen interviene con un coefficiente di bloccaggio, che dipende dalla tipologia costruttiva della scatola degli ingranaggi elicoidali (per esempio del 56%). Alle ruote con maggior aderenza viene quindi trasferita più coppia.

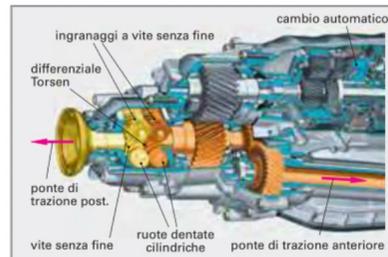


Figura 1: Differenziale Torsen con ripartizione della coppia

Frizione Haldex

È montata sull'asse posteriore. Può trasferire la coppia motrice all'asse posteriore in funzione delle necessità, da 0% (aperto), fino al bloccaggio longitudinale completo (100%).

Struttura

La frizione Haldex (figg. 2, 3 e 4) è posizionata sul lato di entrata del ponte di trazione posteriore e si compone dei seguenti elementi:

- pompa per la generazione della pressione di lavoro;
- accumulatore per mantenere la pressione costante;
- serbatoio di riserva dell'olio e filtro dell'olio;
- pacco di frizioni con pistone di lavoro per la commutazione della coppia sulle ruote motrici;

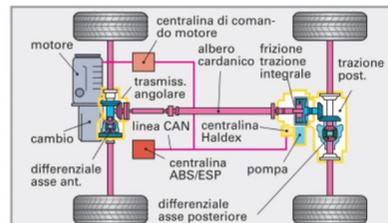


Figura 2: Trazione integrale con frizione Haldex

- valvola di comando della pressione dell'olio sul pistone di lavoro;
- centralina Haldex per la gestione elettronica del sistema.

Funzionamento (figg. 3 e 4). Le ruote anteriori sono trainate tramite il differenziale dell'asse anteriore. A seconda della situazione di guida e delle condizioni di aderenza, la coppia motrice può essere trasferita all'asse posteriore attraverso il grado di chiusura della frizione. All'avviamento del motore, la pompa elettrica genera la pressione che nell'accumulatore è mantenuta costante a circa 30 bar. Durante le partenze e nelle fasi di accelerazione, la frizione si chiude e la trazione viene trasferita alle ruote posteriori. Grazie al bloccaggio longitudinale, il veicolo riceve la massima forza di trazione. In caso di elevata velocità di marcia e di frenata, la frizione Haldex può essere inserita e disinserita a seconda delle necessità e delle condizioni di aderenza. Se, per esempio, solo una ruota di un asse slitta, si ottiene un bloccaggio trasversale attraverso l'intervento del sistema EDS.

In caso di avaria della pompa, della valvola di comando o della presenza di errori nell'impianto elettrico, è possibile proseguire la marcia con trazione anteriore.

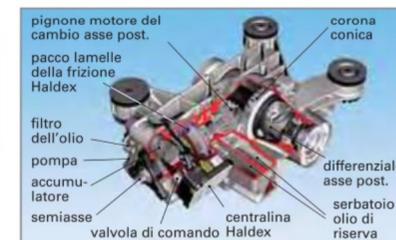


Figura 3: Componenti della frizione Haldex

Gestione della frizione Haldex (fig. 4)

La pompa aspira olio dal serbatoio e lo trasferisce alla valvola di comando. La valvola è pilotata dalla centralina di comando tramite un segnale in PWM che regola la pressione dell'olio e la pressione di chiusura della frizione lamellare.

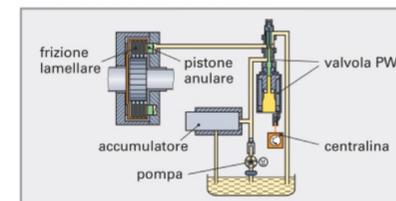


Figura 4: Schema idraulico della frizione Haldex

Differenziale a ruote a corona

È un differenziale centrale autobloccante con distribuzione asimmetrica-dinamica della coppia. Ripartisce la coppia in maniera variabile, a seconda della trazione, all'assale anteriore (dal 70 al 15%) e all'assale posteriore (dal 30 all'85%).

Struttura (fig. 1). Il differenziale a corona si compone dei seguenti elementi:

- scatola con 4 satelliti del differenziale;
- 2 ruote a corona con diametri primitivi per la trasmissione dell'assale anteriore e posteriore;
- frizione lamellare come bloccaggio longitudinale.



Figura 1: Componenti del differenziale a corona

Ripartizione della coppia. Il differenziale con ruote a corona determina la ripartizione della coppia motrice attraverso un diverso bloccaggio in fase di accelerazione e di rilascio. In questo modo, si ottiene un buon comportamento dinamico in ogni condizione di marcia.

Ripartizione asimmetrica (fig. 2). Attraverso i diversi diametri primitivi sui quali i satelliti del differenziale trasferiscono il moto, i diversi bracci di leva determinano una ripartizione della coppia, per esempio, del 40% alle ruote anteriori (braccio di leva corto) e del 60% alle ruote posteriori (braccio di leva lungo).



Figura 2: Ripartizione di base nel differenziale a corona

Ripartizione asimmetrica-dinamica della coppia (fig. 3)

Se le ruote dell'asse anteriore perdono aderenza, subentra un bloccaggio sino all'85%, con conseguente trasferimento all'assale posteriore, grazie all'azione di bloccaggio delle lamelle di attrito. Inoltre, l'ESP interviene sulle ruote dell'asse anteriore, le frena e genera così la coppia di supporto necessaria.

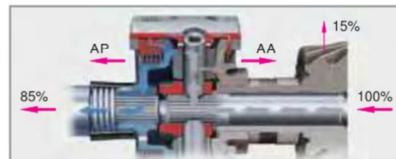


Figura 3: Ripartizione asimmetrica-dinamica della coppia

Se l'asse posteriore perde aderenza, è possibile trasferire sino al 70% della coppia all'asse anteriore attraverso il bloccaggio (fig. 4). Se viene superato il limite di slittamento, interviene l'ESP e all'asse anteriore viene trasferito il 70% di coppia motrice.

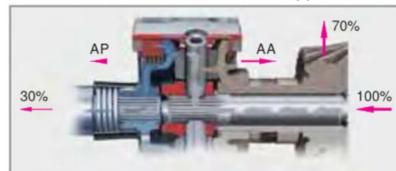


Figura 4: Ripartizione asimmetrica-dinamica della coppia

Trazione permanente con differenziale a corona e differenziale autobloccante attivo

Il differenziale a corona è rallentato, attraverso l'intervento dell'ESP, tramite un controllo della coppia selettivo ruota per ruota, in modo tale che le ruote abbiano tutte un'ottima aderenza. In questo modo, è trasferita più coppia motrice alle ruote esterne alla curva, migliorando il comportamento di marcia del veicolo. Se sull'assale posteriore è montato anche un differenziale autobloccante attivo, il controllo della coppia selettivo ruota per ruota agisce solo sull'assale anteriore, poiché è il differenziale stesso a eseguire la ripartizione di coppia.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

- Eseguire il test di potenza solo su banco a rulli specifico per trazione integrale.
- Eseguire il test dei freni su banchi a rulli a velocità ridotta (< 5 km/h).
- Non è consentito il traino con asse sollevato.
- Attenersi alle indicazioni del costruttore.

Differenziale a ruote a corona

È un differenziale centrale autobloccante con distribuzione asimmetrica-dinamica della coppia. Ripartisce la coppia in maniera variabile, a seconda della trazione, all'assale anteriore (dal 70 al 15%) e all'assale posteriore (dal 30 all'85%).

Struttura (fig. 1). Il differenziale a corona si compone dei seguenti elementi:

- scatola con 4 satelliti del differenziale;
- 2 ruote a corona con diametri primitivi per la trasmissione dell'assale anteriore e posteriore;
- frizione lamellare come bloccaggio longitudinale.



Figura 1: Componenti del differenziale a corona

Ripartizione della coppia. Il differenziale con ruote a corona determina la ripartizione della coppia motrice attraverso un diverso bloccaggio in fase di accelerazione e di rilascio. In questo modo, si ottiene un buon comportamento dinamico in ogni condizione di marcia.

Ripartizione asimmetrica (fig. 2). Attraverso i diversi diametri primitivi sui quali i satelliti del differenziale trasferiscono il moto, i diversi bracci di leva determinano una ripartizione della coppia, per esempio, del 40% alle ruote anteriori (braccio di leva corto) e del 60% alle ruote posteriori (braccio di leva lungo).



Figura 2: Ripartizione di base nel differenziale a corona

Ripartizione asimmetrica-dinamica della coppia (fig. 3)

Se le ruote dell'asse anteriore perdono aderenza, subentra un bloccaggio sino all'85%, con conseguente trasferimento all'assale posteriore, grazie all'azione di bloccaggio delle lamelle di attrito. Inoltre, l'ESP interviene sulle ruote dell'asse anteriore, le frena e genera così la coppia di supporto necessaria.

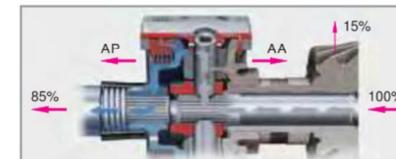


Figura 3: Ripartizione asimmetrica-dinamica della coppia

Se l'asse posteriore perde aderenza, è possibile trasferire sino al 70% della coppia all'asse anteriore attraverso il bloccaggio (fig. 4). Se viene superato il limite di slittamento, interviene l'ESP e all'asse anteriore viene trasferito il 70% di coppia motrice.

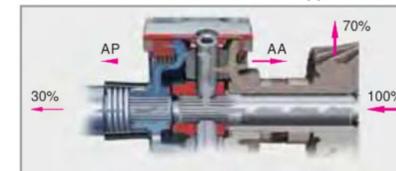


Figura 4: Ripartizione asimmetrica-dinamica della coppia

Trazione permanente con differenziale a corona e differenziale autobloccante attivo

Il differenziale a corona è rallentato, attraverso l'intervento dell'ESP, tramite un controllo della coppia selettivo ruota per ruota, in modo tale che le ruote abbiano tutte un'ottima aderenza. In questo modo, è trasferita più coppia motrice alle ruote esterne alla curva, migliorando il comportamento di marcia del veicolo. Se sull'assale posteriore è montato anche un differenziale autobloccante attivo, il controllo della coppia selettivo ruota per ruota agisce solo sull'assale anteriore, poiché è il differenziale stesso a eseguire la ripartizione di coppia.

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

- Eseguire il test di potenza solo su banco a rulli specifico per trazione integrale.
- Eseguire il test dei freni su banchi a rulli a velocità ridotta (< 5 km/h).
- Non è consentito il traino con asse sollevato.
- Attenersi alle indicazioni del costruttore.