



S5bC



Corsi di formazione per autoriparatori
Manuale ALLIEVO

Funzionamento e diagnosi dei cambi automatici



www.texaedu.com

TEXA

EDU

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
1.1 Concetti di coppia e potenza	5
1.2 La trasmissione del moto	7
1.3 Tipologie di cambi	8
1.4 Contenuti del corso	9
2. IL CAMBIO AUTOMATICO AD INGRANAGGI EPICICLOIDALI	10
2.1 Struttura	10
2.1.1 Il convertitore di coppia	10
2.1.2 La pompa olio cambio	13
2.1.3 Gli ingranaggi epicicloidali	14
2.1.4 Freni e frizioni	15
2.1.5 Il gruppo meccatronico	16
3. IL CAMBIO AUTOMATICO A VARIAZIONE CONTINUA (CVT)	18
3.1 Struttura	18
3.1.1 La frizione elettromagnetica	18
3.1.2 La cinghia di trasmissione	19
3.1.3 Gli ingranaggi epicicloidali nei CVT	20
3.1.4 Il gruppo meccatronico	20
4. IL CAMBIO AUTOMATICO EGS6HP DELLA BMW (E90)	22
4.1 Struttura	23
4.2 La leva selettrice	24
4.2.1 Elettromagnete Interlock/Sblocco di emergenza della leva selettrice	26
4.2.2 Elettrovalvola Shiftlock	27
4.3 Il gruppo meccatronico	28
4.3.1 Sensori giri ingresso/uscita cambio	30
4.3.2 Elettrovalvole modulatorie di pressione 	31
4.5 Autodiagnosi Procedure e adattamenti 	32
4.6 Manutenzione e assistenza	33
4.6.1 Traino del veicolo	33
4.6.2 Controllo livello olio cambio	33
4.6.3 Sostituzione olio cambio	33
5. IL CAMBIO AUTOMATICO 7G TRONIC DELLA MERCEDES	35
5.1 Struttura	36
5.2 Gruppo epicicloidale Ravigneaux	37
5.3 Circuito di raffreddamento e sensore di T° olio cambio	37
5.4 La leva selettrice EWM	38
5.4.1 Elettromagnete blocco posizione P/R e sblocco di emergenza della leva	39
5.5 Il gruppo meccatronico e la centralina del cambio	40
5.5.1 Sensore giri ingresso cambio/sensore giri albero intermedio	42
5.5.2 Sensore giri uscita cambio	43
5.5.3 Sensore selezione rapporto	43
5.6 Pompa olio elettrica supplementare (7G-tronic Plus)	44
5.7 Comando frizione blocco convertitore	44
5.8 Prova di stallo	45
5.9 Autodiagnosi procedure e adattamenti 	45
5.10 Manutenzione e assistenza	46
5.10.1 Traino	46
5.10.2 Sostituzione e controllo del livello dell'olio del cambio	46
6. TEST DRIVE: VERIFICHE IN STRADA DEL CAMBIO AUTOMATICO	48
6.1 Test della frizione di Lock Up (blocco del convertitore)	48
6.2 Prova di stallo	49
7. CASISTICHE GUASTO	51

1. INTRODUZIONE

1.1 Concetti di coppia e potenza

Prima di chiarire i concetti di coppia e potenza è bene analizzare alcuni principi di fisica di base. Innanzitutto consideriamo la forza ed il lavoro.

La forza è la causa che fa compiere un'accelerazione ad un corpo, nel senso che ne modifica il suo stato di riposo e lo mette in movimento. La forza (F) è il prodotto della massa (m) per l'accelerazione (a) che viene impressa:

$$F = m \times a$$

dove per massa si intende la "quantità di materia" presente in un corpo (che ci dà la misura dell'opposizione di quel corpo a cambiare il suo stato) e per accelerazione si intende il rapporto tra la variazione di velocità (m/s) e il tempo necessario affinché questa variazione avvenga (s).

Calcolo dell'accelerazione:

1km/h = 0,0167km/min = 0,000278km/s = 0,278m/s = 1/3,6m/s (quindi dividendo i km/h per 3,6 abbiamo i m/s mentre moltiplicando i m/s per 3,6 abbiamo i km/h).

Esempio:

Un'auto va da 0-100km/h in 10 secondi. Calcolare la sua accelerazione.

$$\Delta V = 100\text{km/h} = 27,8\text{m/s}$$

$a = 27,8\text{m/s} \div 10\text{s} = 2,78\text{m/s}^2$ (ciò significa che ogni secondo la velocità dell'auto aumenta di 2,78m/s):

1° secondo: velocità 2,78m/s

2° secondo: velocità 2,78m/s × 2

3° secondo: velocità 2,78m/s × 3

10° secondo: velocità 2,78m/s × 10 = 27,8m/s = 100km/h

L'unità di misura della forza è il Newton (N), della massa è il kg e dell'accelerazione è il m/s². Da questo si evince che la forza di 1N è la forza necessaria ad imprimere ad un corpo avente una massa di 1kg un aumento di velocità pari ad 1m/s e questo ogni secondo (m/s²):

$$1\text{N} = 1\text{kg} \times 1\text{m/s}^2$$

La massa è un concetto diverso dal peso il quale rappresenta la forza di attrazione gravitazionale esercitata sulla massa di quel corpo (quindi l'unità di misura del peso è la stessa che viene usata per la forza ma invece di considerare 1m/s² si considerano 9,8m/s² che è appunto l'accelerazione gravitazionale). Questo ci permette di ricavare un'altra unità di misura più specifica: mentre l'unità di misura della forza è il Newton l'unità di misura di quella forza particolare che è il peso è il kilogrammo-peso (Kgp):

$$1\text{kgp} = 1\text{kg} \times 9,8\text{m/s}^2 = 9,8(1\text{kg} \times 1\text{m/s}^2) = 9,8\text{N}$$

1kgp è la forza applicata ad un corpo di massa pari a 1kg capace di farne aumentare la velocità di 9,8m/s ogni secondo. Siccome l'accelerazione gravitazionale terrestre è una costante, il peso di un corpo è direttamente proporzionale alla sua massa. Questo significa che corpi di massa uguale hanno peso uguale e quindi possiamo ricondurre il confronto tra due masse ad un confronto tra due pesi. A questo punto possiamo affermare che un corpo avente massa di 1kg ha un peso di 1kgp, un corpo avente massa di 2kg ha un Peso di 2kgp e così via.

Analizzato il concetto di forza prendiamo ora in considerazione quello di lavoro.

Abbiamo lavoro quando il punto di applicazione di una forza agente su un corpo subisce uno spostamento (è la forza stessa che viene spostata):

$$L = F \times s$$

L'unità di misura del lavoro è il Joule e quindi possiamo affermare che 1J è il lavoro che viene prodotto quando il punto di applicazione della forza di 1N viene spostato di 1m:

$$1\text{J} = 1\text{N} \times 1\text{m}$$

Un'altra unità di misura del lavoro è il kilogrammetro (kgm), dove 1kgm è il lavoro che viene prodotto quando il punto di applicazione della Forza di 9,8N (1kgp) viene spostato di 1m:

$$1\text{kgm} = 9,8\text{N} \times 1\text{m} = 9,8\text{Nm}$$

Un'applicazione pratica di questa formula si ha nel serraggio delle viti con chiave dinamometrica: un serraggio di 10kgm equivale, infatti, ad un serraggio di 98Nm.

Con il cambio di velocità, invece, si è avviato a tutto questo partendo da un rapporto di trasmissione alto fino ad arrivare ad un rapporto di trasmissione basso.

Al momento della partenza, in accelerazione ed in salita le ruote devono disporre di più forza (più coppia ricevuta per vincere l'inerzia del veicolo e la forza di gravità) che, come abbiamo detto, si ottiene aumentando il rapporto di trasmissione riducendo quindi la frequenza di rotazione ricevuta. Infatti la prima cosa che facciamo prima di effettuare un sorpasso oppure in salita è quella di scalare marcia per ottenere più coppia.

1.3 Tipologie di cambi

I cambi di velocità si dividono nelle due macro famiglie di "manuali" ed "automatici".

I cambi manuali inoltre si dividono in cambi "coassiali" e "non coassiali" mentre quelli automatici si dividono in "cambi robotizzati" e "cambi automatici puri" suddivisi a loro volta in "cambi epicicloidali" e in "cambi a variazione continua".

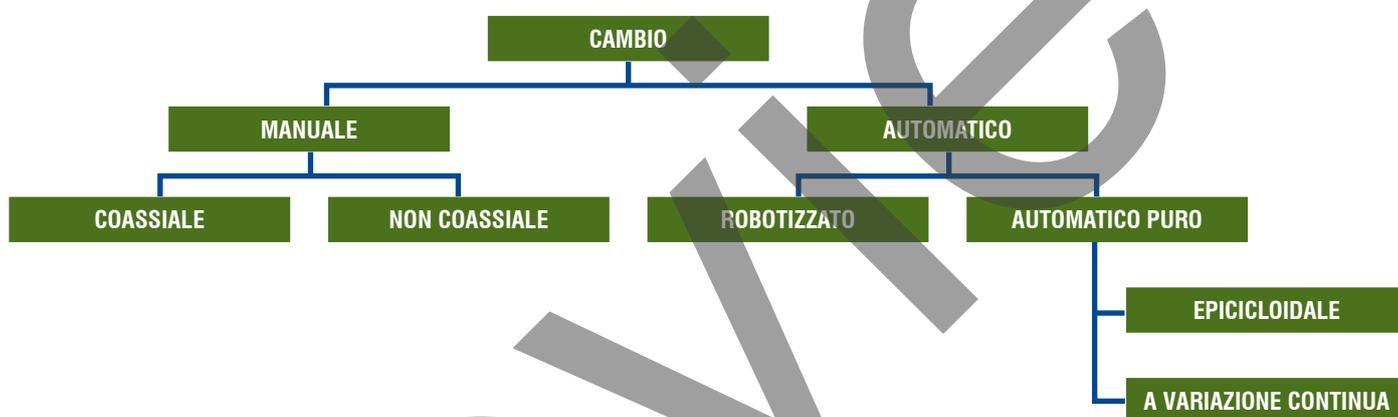


Diagramma 1: Tipologie di cambi

La struttura di un cambio robotizzato è simile a quella di un cambio manuale con la differenza che l'innesto delle marce non avviene direttamente tramite leve azionate dal guidatore ma tramite attuatori comandati da una centralina in base alle indicazioni del guidatore.

I cambi epicicloidali e a variazione continua, invece, sono dei cambi automatici veri e propri dove i primi adottano degli ingranaggi inseriti all'interno di un sistema epicicloidale mentre i secondi adottano un meccanismo a variazione continua dove il rapporto di trasmissione varia senza soluzione di continuità.

Il maggior costruttore di cambi robotizzati e di cambi a variazione continua è la LuK, mentre il maggior costruttore di cambi epicicloidali è la ZF.

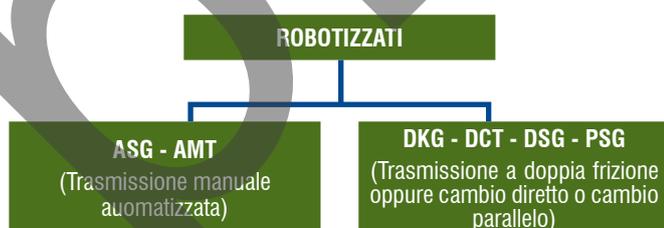


Diagramma 2: Tipologie di cambi robotizzati

Legenda:

ASG: Automatic Shift Gear Box
 AMT: Automatic Manual Transmission
 DKG: DoppelKupplungGetriebe
 DCT: Dual Clutch Transmission
 DSG: Direct Shift GearBox
 PSG: Parallel Shift GearBox

2. IL CAMBIO AUTOMATICO AD INGRANAGGI EPICICLOIDALI

2.1 Struttura

Il cambio automatico ad ingranaggi epicicloidali, come già detto in precedenza, adotta degli ingranaggi inseriti all'interno di un sistema epicicloidale. Tali ingranaggi, gestiti da un sistema di freni e frizioni, permettono il cambio marcia.

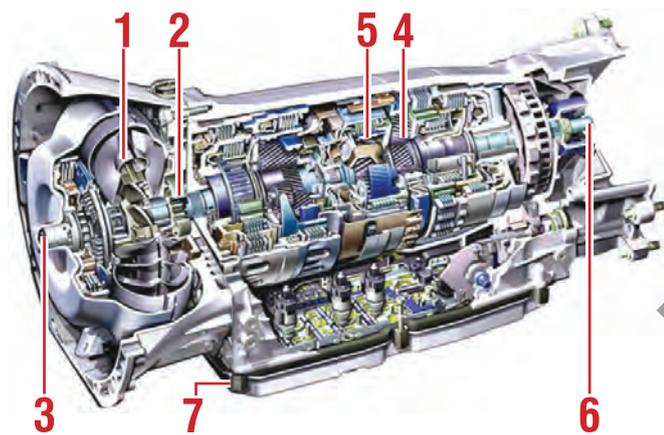


Figura 3

Un cambio epicicloidale è costituito dai seguenti componenti:

1. Convertitore di coppia
2. Pompa olio
3. Albero ingresso cambio
4. Ingranaggi epicicloidali
5. Freni e frizioni
6. Albero uscita cambio
7. Gruppo meccatronico

2.1.1 Il convertitore di coppia

Il convertitore di coppia è un dispositivo che sfrutta il fluido della trasmissione e i giri motore per accoppiare e disaccoppiare il motore dalla trasmissione. Sostituisce la frizione sia nella sua funzione che nella sua posizione di montaggio. E' composto dai seguenti componenti:

1. Pompa del convertitore
2. Statore
3. Turbina del convertitore
4. Frizione blocco convertitore (Lock up)³

3) *Questo componente è opzionale, ma è quasi sempre presente nei cambi più recenti.*

5. Guscio del convertitore
6. Albero di trasmissione ingresso cambio



Figura 4: Componenti del convertitore

Pompa e turbina del convertitore: la pompa del convertitore è vincolata direttamente al volano e gira agli stessi giri dell'albero motore. La turbina invece è collegata alle ruote (tramite gli ingranaggi e le frizioni).

La pompa del convertitore, trascinato dal motore, spinge l'olio nella turbina facendola girare. Per fare un esempio che ci aiuti a capire questo principio di funzionamento, prendiamo due ventilatori e li poniamo uno di fronte all'altro. Uno di questi lo alimentiamo alla rete elettrica e lo facciamo girare, mentre l'altro lo lasciamo senza alimentazione. Noteremo che immediatamente anche le pale del ventilatore che abbiamo lasciato senza alimentazione cominceranno a girare sotto la spinta del flusso di aria generato dal ventilatore acceso.

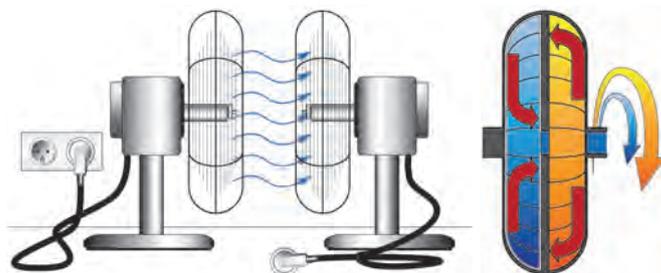


Figura 5: Principio di funzionamento del convertitore

Questa è la stessa cosa che accade all'interno di un convertitore di coppia dove al posto dell'aria abbiamo il fluido

della trasmissione ed al posto della rete elettrica abbiamo la spinta del motore.



Figura 6: Pompa e turbina del convertitore

Statore: lo statore invece è una ruota libera che si trova tra la pompa e la turbina. Lo statore consente la moltiplicazione della coppia trasmessa: dopo che l'olio ha fatto girare le palette della turbina, lo statore lo invia nuovamente verso la pompa per massimizzare il rendimento. Inoltre, senza di esso, l'olio in uscita dalla turbina si scontrerebbe con quello in entrata vanificandone l'effetto.

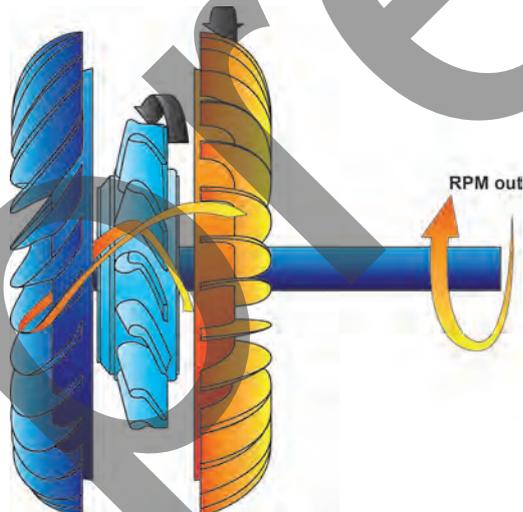


Figura 7: Localizzazione dello statore

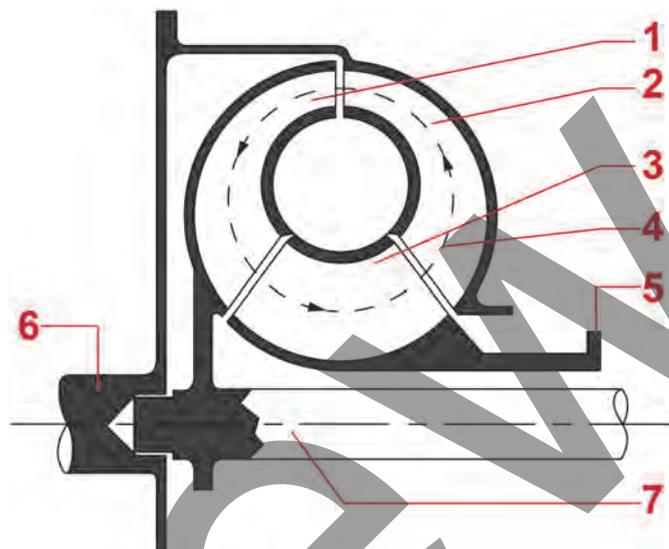


Figura 8: Schema concettuale del funzionamento dello statore

- Legenda:**
- 1) Turbina
 - 2) Pompa
 - 3) Statore
 - 4) Flusso dell'olio
 - 5) Carter fisso
 - 6) Albero d'entrata
 - 7) Albero d'uscita

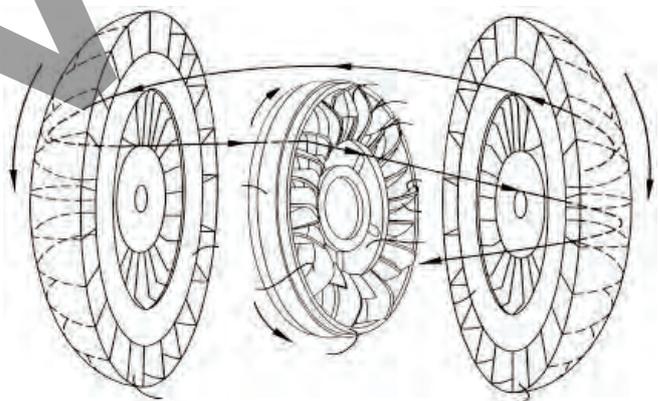


Figura 9: Lo statore

Frizione blocco convertitore: la frizione blocco convertitore ha il compito di eguagliare i giri motore ai giri ingresso cambio. Lo fa bloccando la turbina con il carter del convertitore, in questo modo i giri turbina sono uguali ai giri pompa e quindi ai giri motore.

Il blocco del convertitore serve in quanto, nel migliore dei casi, la velocità della turbina è circa il 90% della velocità

3. IL CAMBIO AUTOMATICO A VARIAZIONE CONTINUA (CVT)

3.1 Struttura

Il cambio automatico a variazione continua (CVT = Continuously Variable Transmission) è un cambio automatico in cui il rapporto di trasmissione varia senza soluzione di continuità tra due valori limite.



Figura 21: Cambio CVT

Un cambio CVT è costituito dai seguenti componenti:

- Frizione elettromagnetica⁶ o Convertitore di coppia;
- Pompa olio;
- Albero ingresso cambio;
- Ingranaggi epicicloidali;
- Puleggia ingresso cambio;
- Cinghia metallica o catena;
- Puleggia uscita cambio;
- Albero uscita cambio;
- Gruppo mecatronico.

La caratteristica fondamentale di questo tipo di cambio è la presenza di una coppia di pulegge, una di ingresso del moto (detta motrice) e una di uscita (detta condotta). Ognuna di queste pulegge è costituita da due coni all'interno dei quali va a posizionarsi una cinghia. La peculiarità dei coni di queste pulegge è che essi si possono avvicinare o allontanare.

Aumento del rapporto: Quando i coni della puleggia motrice si avvicinano e quelli della puleggia condotta si allontanano abbiamo un rapporto lungo adatto alla pianura ed alle alte velocità.

⁶⁾ Utilizzata ad esempio da Nissan Micra e Subaru Justy

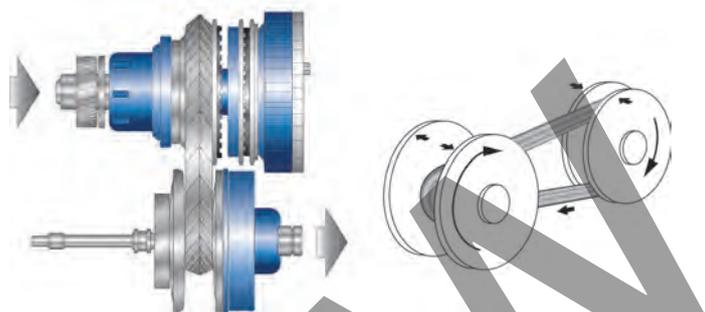


Figura 22: Aumento del rapporto

Diminuzione del rapporto: Quando i coni della puleggia motrice si allontanano e quelli della puleggia condotta si avvicinano abbiamo un rapporto corto adatto alla salita.

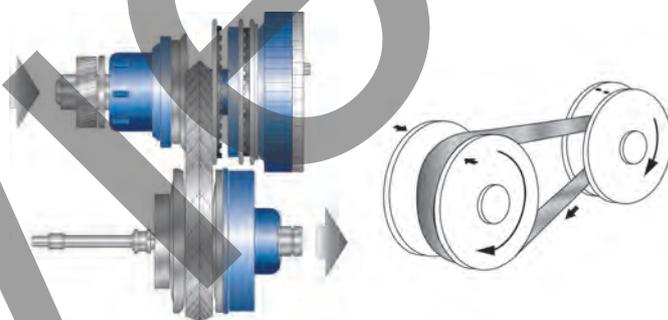


Figura 23: Diminuzione del rapporto

L'avvicinamento e l'allontanamento dei coni avviene tramite pressione idraulica gestita da opportune elettrovalvole comandate dalla centralina cambio automatico.

Modalità sequenziale: In questo tipo di cambio i giri motore salgono senza soluzione di continuità proporzionalmente all'aumento della velocità del veicolo. A questo proposito i CVT di ultima generazione offrono la possibilità di un utilizzo sequenziale: spostando la leva del cambio nel settore Tip Tronic si fanno avvicinare e/o allontanare i coni in maniera determinata e non più continua in modo tale da simulare il cambio delle marce.

3.1.1 La frizione elettromagnetica

Nei cambi CVT montati su piccole utilitarie, in luogo del convertitore di coppia, possiamo trovare una frizione elettroma-

gnetica composta da due dischi: uno collegato al motore e l'altro collegato al cambio. Essi sono resi solidali da un passaggio di corrente. Variando l'intensità della magnetizzazione si modula la progressività dell'innesto.

3.1.2 La cinghia di trasmissione

La cinghia ha il compito fondamentale di trasmettere il moto dall'albero di ingresso cambio all'albero di uscita cambio tramite le forze di attrito che si creano tra la cinghia stessa e le gole delle pulegge. Nelle prime applicazioni del CVT le cinghie erano in gomma, ma queste limitavano drasticamente le coppie che potevano essere trasmesse ed inoltre erano soggette a facile rottura per le forze di attrito in gioco.

A metà degli anni '80 la ditta Olandese Van Doorne introdusse la cinghia metallica, permettendo di superare molti dei vincoli imposti dalla precedente soluzione dando di fatto il via allo sviluppo su larga scala di questo tipo di cambio. Questa cinghia è formata da due nastri di acciaio paralleli (a loro volta composti da più nastri) tenuti insieme da delle piastrine di metallo che vanno a fare attrito con le gole delle pulegge.



Figura 24: Dettaglio della cinghia di trasmissione

La caratteristica di questo tipo di cinghia è che non trasmette la forza per trazione ma per spinta. Infatti le piastrine di metallo vengono spinte tra di loro per effetto della rotazione della puleggia motrice e fatte aderire alla puleggia condotta che si mette in rotazione.

Alcuni sistemi, come il Multitronic Audi, adottano una catena progettata dalla Luk che, rispetto alla cinghia che abbiamo visto in precedenza, lavora in trazione.

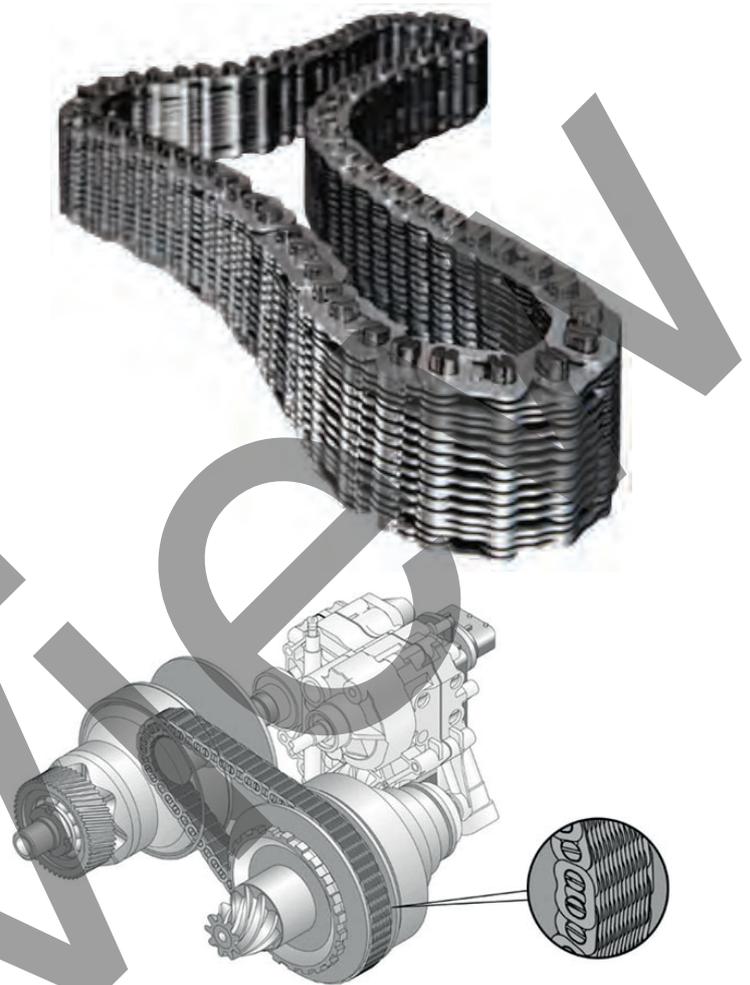


Figura 25: Catena di trasmissione



Figura 26

Tra le poche case automobilistiche che adottano la catena per la trasmissione c'è anche la Subaru con il cambio Lineartronic ECVT, che attualmente la adotta sulla Legacy e sulla Outback anno 2010 motore H4 2.5L.

4. IL CAMBIO AUTOMATICO EGS6HP DELLA BMW (E90)

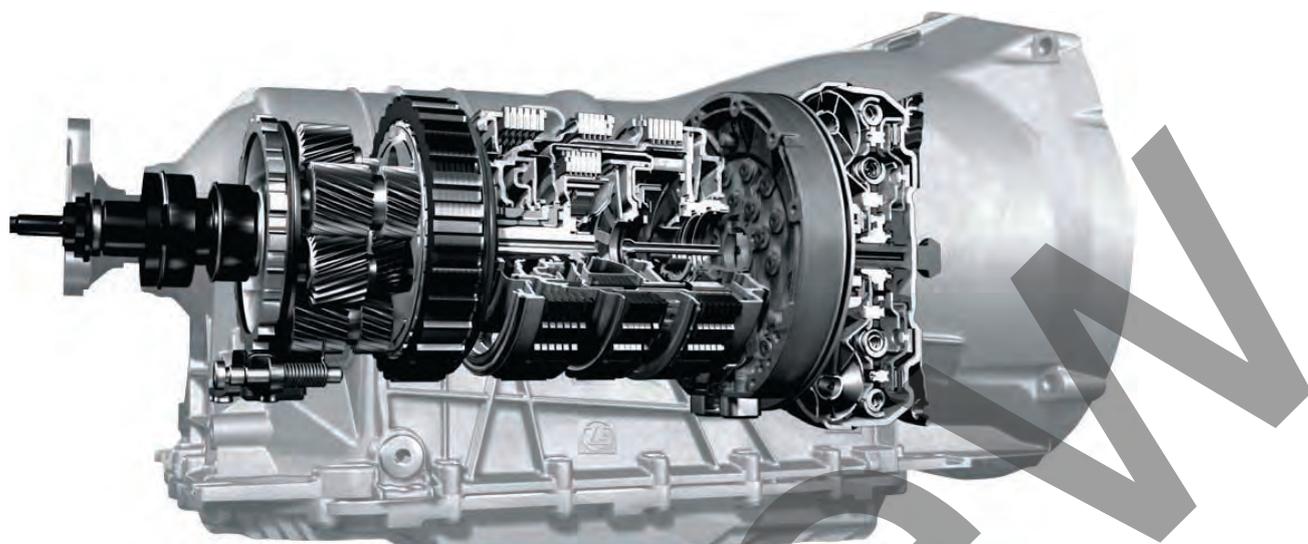


Figura 29: ZF6HP26

Il cambio in oggetto è un cambio automatico a 6 marce più retro marcia prodotto dalla ZF. Il 6HP è realizzato in differenti versioni in funzione della coppia massima trasmissibile e quindi del motore cui deve essere accoppiato. La prima generazione vede:

- GA6HP 19 e 19X⁷: 400Nm (BMW, Audi, VW);
- GA6HP 26 e 26X: 600Nm (BMW, Aston Martin, Ford USA e Australia, Jaguar, Range Rover, Maserati, Audi, Bentley);
- GA6HP 32: 750Nm (BMW, VW).

La seconda generazione ha dei miglioramenti che hanno consentito di ridurre in maniera sensibile i tempi di innesto delle marce (circa il 50%) e migliorato i consumi (5%).

- GA6HP 19 TU e 19X: 400Nm (BMW);
- GA6HP 21 e 21X: 450Nm (BMW);
- GA6HP 28 e 28X: 700Nm (BMW);
- GA6HP 34: 850Nm (BMW).

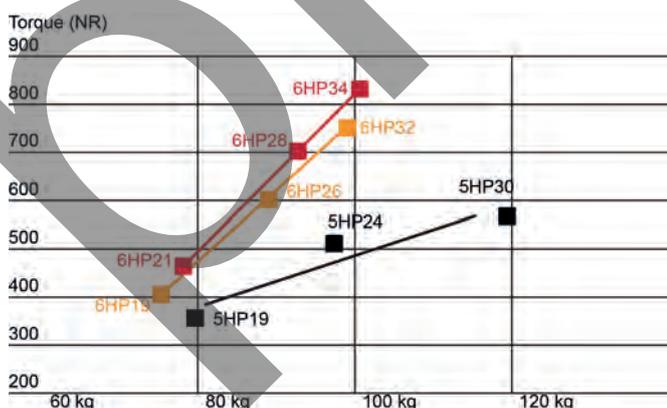


Figura 30: Comparazione fra coppia (Nm) e peso (kg) dei cambi 6HP rispetto alla vecchia generazione 5HP. In rosso la seconda generazione dei cambi 6HP

7)

Versione 4 ruote motrici

La BMW Serie 3 adotta il 6HP 19Z per i benzina 316i, 318i, 320i, 325i, 335i e per i diesel 318d sul 320d e xd, 325d. Mentre viene utilizzato il più robusto 6HP 26Z per il 330d e xd.

Il cambio 6HP19Z è utilizzato dalle seguenti vetture: 1' E81, 1' E82, 1' E87, 1' E88, 3' E90, 3' E90, 3' E91, 3' E92, 3' E93.

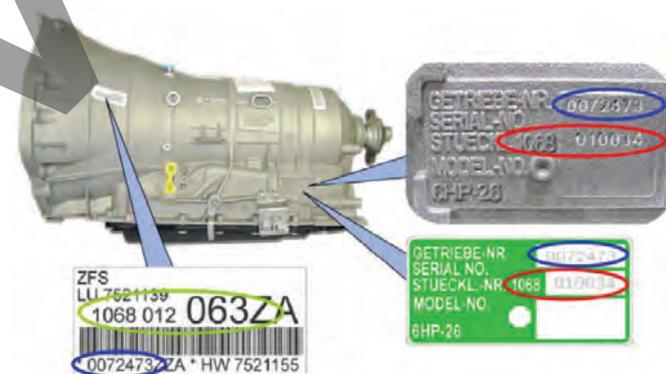


Figura 31: Riconoscimento del cambio

Legenda:

- Elenco dei componenti principali
- Numero di serie
- Numero del tipo di trasmissione

Il cambio 5HP è un cambio epicicloidale a 5marce. Conserva la stessa struttura del 6HP. La centralina però non è integrata al gruppo elettroidraulico, ma è separata. Questo è stato utilizzato da BMW a partire dal 1997 (serie 3 E46, 5 E39, 7 E38), ma era già utilizzato da Audi nel 1995 su A4 e A8 e successivamente nel 1996 da Volkswagen su Passat e infine su Porsche.

4.1 Struttura

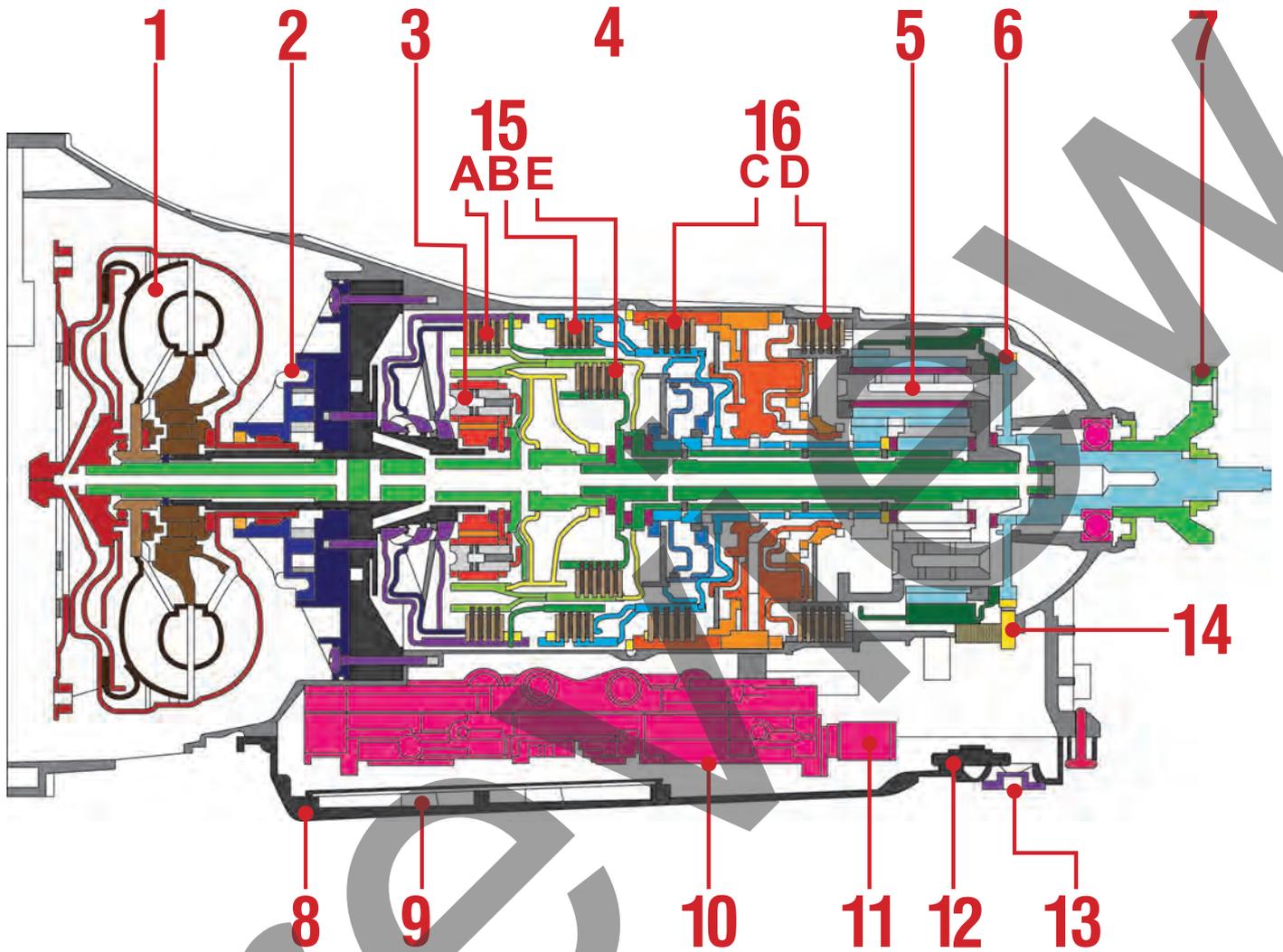


Figura 32

Legenda:

- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|---|
| 1) Convertitore di coppia | 7) Albero di uscita | 13) Tappo di scarico |
| 2) Pompa | 8) Coppa dell'olio | 14) Ingranaggio di blocco in parcheggio |
| 3) Ingranaggio epicicloidale | 9) Filtro dell'olio | 15) Frizioni |
| 4) Scatola marce | 10) Meccatronico | 16) Freni |
| 5) Ingranaggio epicicloidale doppio | 11) Regolatore di pressione | |
| 6) Ingranaggio di parcheggio | 12) Magnete | |

5. IL CAMBIO AUTOMATICO 7G TRONIC DELLA MERCEDES

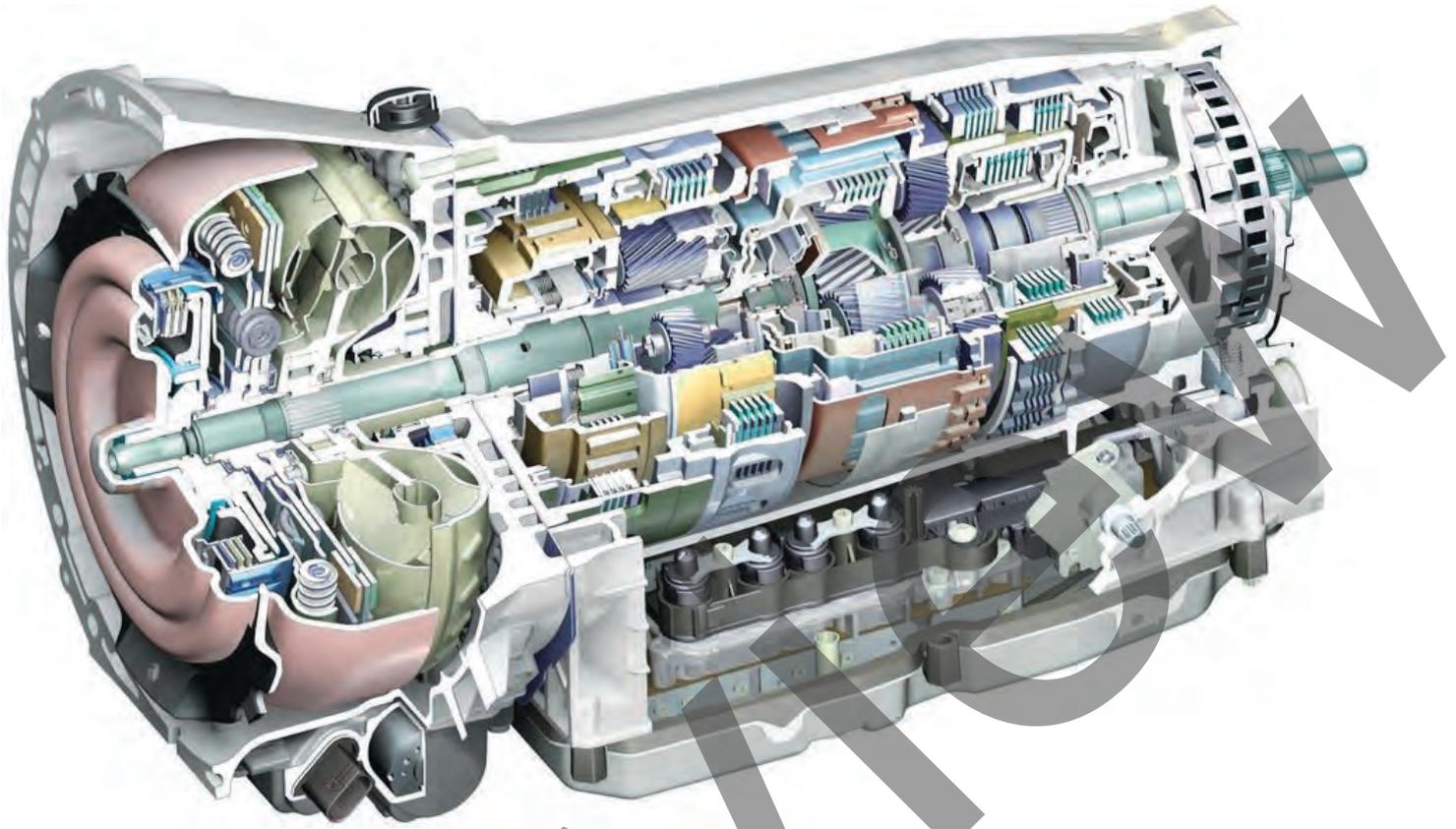


Figura 54: 7 G-Tronic plus. Vista del cambio con in primo piano la pompa elettrica (a sinistra)

Attualmente Mercedes sta adottando 6 tipologie di cambio automatico: il 722.6, il 722.7, il 722.8, il 722.9 e 722.9 Plus ed il recentissimo 724.0.

- **722.6:** È anche chiamato NAG1 o 5G Tronic. Adottato per la prima volta nel 1996 sulla W140. È un cambio 5 marce più retromarcia. Attualmente non è più adottato da Mercedes, ma è ancora prodotto in quanto è utilizzato da Jeep;
- **722.7:** È un cambio 5 marce robotizzato prodotto da LUK. Utilizza il convertitore di coppia;
- **722.8:** È un CVT. Mercedes lo chiama FCVT. È adottato sulle vetture a trazione anteriore, come classe A e B;
- **722.9:** È anche chiamato 7G Tronic o NAG2 è un cambio automatico a 7 marce più 2 retromarce prodotto direttamente da Mercedes con centralina Siemens. È stato installato per la prima volta nel 2003 veicoli 4MATIC MY 2004: S430, S500(W220), CL500 (C215), E500(W211), SL500(R230) in sostituzione del 722.6 (NAG 1) (prodotto fino al 2012), di cui rappresenta un'evoluzione;
- **722.9 Plus:** Un'evoluzione del 7G Tronic è il 7G Tronic Plus (anno 2010) che presenta un miglioramento del-

le prestazioni in termini di consumi e potenza. Questo è stato ottenuto grazie anche ad un diverso sistema di lock up, ad una pompa olio elettrica supplementare (il cui funzionamento vedremo più avanti), alla modalità di utilizzo ECO¹¹ e non meno importante ad un nuovo fluido di lubrificazione;

- **724.0:** Recentemente Mercedes ha sviluppato un proprio cambio a doppia frizione, il 724.0, anche chiamato 7G DCT. Questo cambio dispone di 7 marce e la prima vettura ad utilizzarlo è stata la nuova classe B.

In questo corso tratteremo il 722.9 nelle due varianti, normale e Plus. In entrambi la centralina è contenuta nel modulo mecatronico. Il sensore di posizione della leva è inserito nel modulo mecatronico e viene spostato tramite un cavo Bowden. Agendo su questo cavo si aziona anche il bloccaggio per il parcheggio.

¹¹⁾ È una modalità di gestione software del cambio selezionabile tramite apposito pulsante che consente di ridurre sensibilmente i consumi.

5.1 Struttura

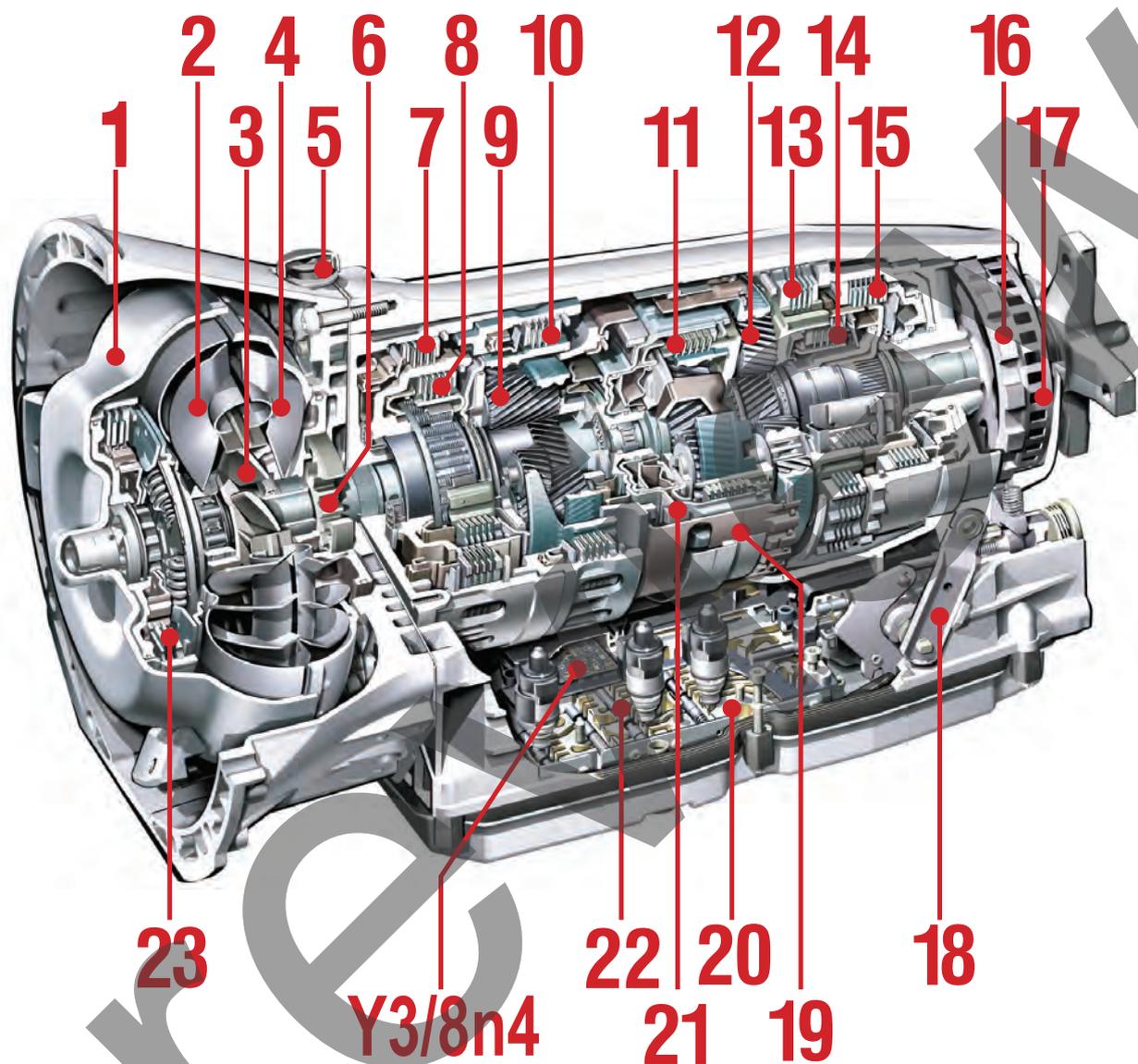


Figura 55: Cambio automatico 7G-Tronic

Legenda:

- 1) Convertitore
- 2) Girante turbina
- 3) Statore o Girante conduttrice
- 4) Girante della pompa
- 5) Sfiato scatola del cambio
- 6) Pompa dell'olio
- 7) Freno a dischi multipli B1
- 8) Frizione a dischi multipli K1
- 9) Ruote dentate Ravigneaux
- 10) Freno a dischi multipli B3
- 11) Frizione a dischi multipli K2
- 12) Gruppo epicicloidale semplice
- 13) Freno a dischi multipli BR
- 14) Frizione a dischi multipli K3
- 15) Freno a dischi multipli B2
- 16) Ingranaggio blocco parcheggio

- 17) Ruota fonica per il rilevamento del n. di giri uscita
- 18) Leva di selezione rapporti
- 19) Magnete anulare per il rilevamento del n. di giri n2
- 20) Centralina elettroidraulica
- 21) Magnete anulare per il rilevamento del n. di giri turbina
- 22) Elettrovalvola di regolazione
- 23) Blocco del convertitore
- Y3/8n4) Centralina di comando cambio
