

Uno sguardo al “*passato remoto*” delle trasmissioni

In questo scritto si illustrano alcuni tipi di cambi di velocità per autoveicoli ideati ed applicati all'inizio del '900, cioè agli albori dell'industria automobilistica. I dispositivi originali, che prevedono perfino il cambio continuo della velocità, sono i precursori degli attuali moderni cambi automatici nelle autovetture.

Le notizie qui riportate si trovano su un libro veramente interessante intitolato L'automobile a benzina scritto da due alti ufficiali dell'esercito italiano e destinati all'istruzione del personale automobilistico militare.

Gli autori sono il generale Maggiorotti ed il colonnello Puglieschi che hanno scritto la prima edizione del libro nel 1913 (quella da cui sono tratte le notizie qui riportate è la sesta edizione che risale al 1927).

In questo libro, che ha ben 460 pagine, sono descritti con un'impressionante dovizia di particolari, tutti gli organi dell'automobile: motore, carburatore, dispositivi d'accensione, circuiti di raffreddamento e di lubrificazione, frizione, cambio, differenziale, gruppo sterzo, freni, ecc. insomma un trattato completo che illustra teoria ed applicazioni pratiche attuali oltre 80 anni fa.

La lettura del capitolo dedicato ai cambi di velocità è molto interessante anche perché sono descritte numerose idee, applicate e non, ma che dimostrano in maniera inequivocabile la grande fantasia e la elevata preparazione tecnica dei pionieri dell'industria automobilistica.

Dalla lettura di queste descrizioni si può capire come erano concepite e come funzionavano le vecchie trasmissioni, e ci si può rendere pienamente conto di quanta strada è stata percorsa da allora. Si tratta in definitiva di leggere un pezzo di storia delle trasmissioni.

Di seguito quindi si riportano fedelmente, salvo piccole e marginali modifiche, una parte del “*Capo IX – Del cambio di velocità*” del libro di cui sopra.

Il linguaggio a volte sa un po' d'antico, ma questo non fa che aggiungere un certo fascino alla lettura.

I diversi tipi di cambi di velocità studiati e concretati si possono raggruppare nei seguenti:

A – Cambi di velocità comandati a variazione progressiva.

B – Cambi di velocità automatici a variazione progressiva.

C – Cambi di velocità comandati a variazione discontinua; i quali possono essere:

- *a torri di pulegge;*
- *ad ingranaggi sempre in presa;*
- *a treni d'ingranaggi scorrevoli.*

D – Cambi di velocità automatici a variazione discontinua.

Di tutti questi però, i soli pratici sono quelli della categoria C, e tra essi quasi esclusivamente usati sono quelli a treni d'ingranaggi scorrevoli.

Cambi di velocità comandati progressivi

Possono essere di tipo vario, tutti però poco pratici. Il “tipo a dischi di frizione” (figura N°1) è costituito da un disco K di grande diametro che fa parte del volano del motore.

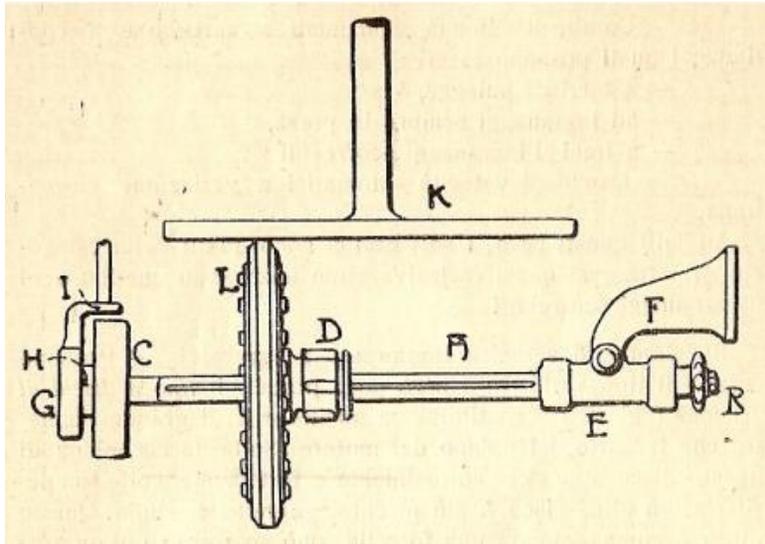


Figura N°1- Schema di un cambio comandato progressivo a dischi di frizione

Sulla faccia piana di questo disco appoggia normalmente e fortemente, colla sua periferia, un altro disco L più piccolo, guarnito di cuoio.

Questo disco L comandato da una forcella, può scorrere su di un asse A, trasversale, il quale, essendo a sezione poligonale, ruota insieme al disco e trasmette il suo movimento di rotazione alle ruote motrici.

L'asse A è situato nel piano orizzontale passante per l'albero motore, ed è normale a questo, di modo che il disco piccolo scorrendo, si muove lungo il diametro orizzontale del disco grande; se trovasi al suo centro la macchina sta ferma, e a mano a mano che esso si sposta verso l'esterno la macchina si muove con velocità maggiore.

Il "tipo a pulegge estensibili" (figura N°2), consiste in due gruppi di coni a e b penetranti uno nell'altro, cioè costituiti con tante aste intrecciantesi in modo da formare tra i coni come una gola di puleggia. Il complesso meccanico di ciascun gruppo è così formato che si può variare la penetrazione dei coni per variare il raggio della gola.

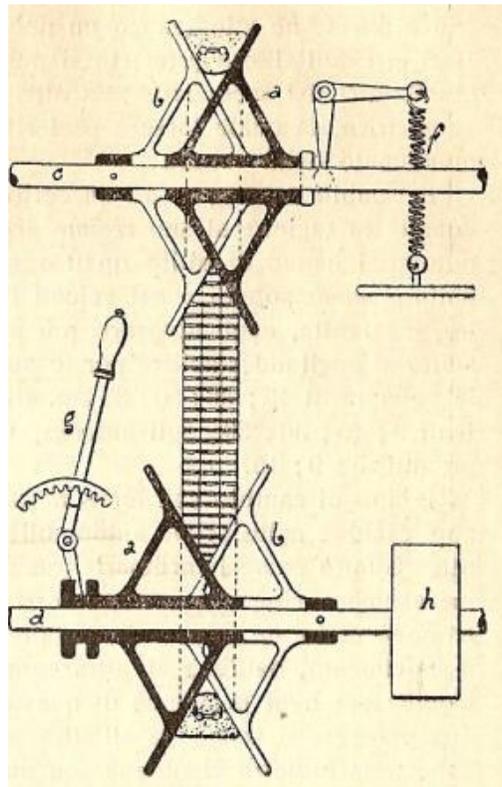


Figura N°2- Schema di un cambio comandato progressivo a pulegge estensibili

I due gruppi sono infilati su due assi paralleli, ed una forte cinghia li abbraccia aderendo alle loro gole.

I due gruppi variano il loro raggio in modo inverso, cioè se uno cresce l'altro diminuisce della stessa quantità, sicché la cinghia che li collega è sempre in tensione e può trasmettere il moto da uno all'altro.

Questo dispositivo, che è impiegato su macchine elettriche e fisse, ha avuto solo qualche rarissima applicazione nelle automobili a benzina.

Cambi di velocità automatici progressivi.

Sono molto studiati in questi ultimi anni; finora però non hanno ancora raggiunto un certo grado di praticità. Alcuni tipi tendono ad ottenere il funzionamento del cambio progressivo applicandovi regolatori di forza centrifuga.

Altri sistemi ricorrono ad una massa pendolare interposta tra l'albero motore e l'albero secondario, la quale ha lo scopo di trasmettere da quello a questo la potenza del motore automaticamente ridotta, ma sempre massima in confronto allo sforzo resistente che si ha sull'albero secondario.

Cambi di velocità a variazione discontinua

Generalmente questi cambi consistono in una serie (tre o quattro) di ruote d'ingranaggio poste sull'albero motore, detto anche albero primario o conduttore, le quali ingranano con una uguale serie di ruote d'ingranaggio calettate su un altro albero, detto secondario o condotto, parallelo al primo.

Questo, col loro intermezzo, comunica il movimento alle ruote motrici.

Secondo il rapporto che corre tra i diametri delle varie coppie di ingranaggi, e facendo funzionare l'una o l'altra coppia, si ha che, pur mantenendo al motore il suo regime, si trasmette alle ruote una velocità diversa nei vari casi.

L'esperienza dimostra che con questi cambi discontinui si può ottenere una sufficiente dolcezza nel movimento della vettura, anche ricorrendo ad un numero ristretto di velocità, purché opportunamente scalate.

Questa graduazione delle velocità si può fare in vari modi: alcuni adottano la progressione aritmetica, cioè ad esempio, per 1000 giri dell'albero motore, o primario, l'albero secondario può fare 250, 500, 750, e 1000 giri a seconda che agisce la 1^a, 2^a, 3^a o la 4^a velocità.

Altri adottano la progressione aritmetica per le prime tre velocità e poi se ne allontanano un po' per la quarta. Da altri è adottata la progressione geometrica, la quale forse è preferibile per ottenere un miglior movimento della vettura.

Il cambio dà origine ad un certo numero di velocità ben definite in ragione al suo regime ordinario.

Nelle vetture più potenti si hanno di solito quattro rapporti di velocità; nelle vetture meno potenti e nei veicoli industriali sono spesso solo tre, e talvolta, negli autocarri più pesanti, anche solo due.

Di solito si sogliono stabilire per le autovetture di medio turismo la velocità di 15, 30, 50, 80 Km all'ora; alle vetture meno potenti di 9, 15, 30, 50; agli autobus 10, 20, 30; agli autocarri pesanti 5, 9, 15.

Il tipo di cambio a torri di pulegge, ha avuto qualche applicazione nelle prime automobili.

Nella sua forma più semplice è fatto come le ordinarie trasmissioni in uso nelle officine meccaniche: cioè due serie, o torri, di pulegge di vari diametri sono collocate su due assi paralleli, ed una cinghia trasmette il movimento da una all'altra spostando la cinghia sulle pulegge; per ogni posizione di questa si ha che la velocità di una puleggia si trasmetta all'altra secondo un certo rapporto.

La marcia indietro si ottiene con una cinghia separata, avente l'avvolgimento incrociato che si fa passare sulle pulegge al momento del bisogno.

Questi tipi a cinghia però presentano moltissimi inconvenienti, tra cui quello dell'inevitabile allungamento e consumo rapido delle cinghie, che ne fa mancare il funzionamento e quindi furono presto abbandonati.

Un tipo di cambio con ingranaggi sempre in presa è quello con innesto a cricchi, o nottolini interni, già adoperato nel 1902 dalla casa FIAT.

Era costituito da due serie di ingranaggi sempre in presa: una fissa sull'albero primario e l'altra folle ed infilata sull'albero secondario, ciascuna ruota folle (figura N°3) portava nel suo interno una coppia di cricchi o nottolini MN, foggiate ciascuno con due braccia: il braccio M era spinto da una molla d'acciaio m a contrastare contro i denti interni degli ingranaggi; il braccio N invece si appoggiava a pressione contro l'albero secondario, col quale era solidale tutto questo insieme di cricchi o nottolini con le rispettive molle.

Questo albero era fatto a tubo, e portava delle finestrette in corrispondenza dei bracci N dei nottolini, i quali vi penetravano.

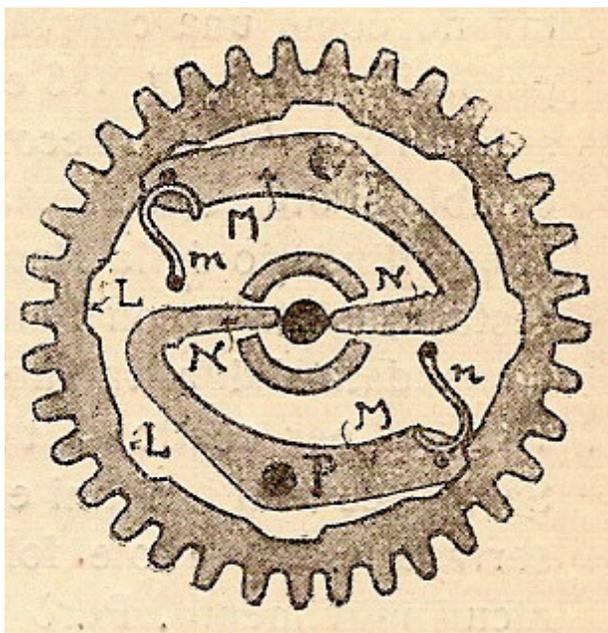


Figura N°3- Tipo di innesto a cricchi , o a nottolini, per un cambio con ingranaggi sempre in presa (FIAT 1902)

Manovrando la leva del cambia si otteneva che le due braccia N dei nottolini, spinte dalle molle, si impegnassero nelle finestrette mentre le altre due braccia contrastavano contro i denti interni dell'ingranaggio folle.

Siccome questo ingranaggio girava continuamente, essendo sempre in presa con la ruota corrispondente dell'albero primario, così esso trascinava anche l'albero secondario.

L'inconveniente di questi cambi era la loro complicazione e delicatezza giacchè dovendo i nottolini sopportare tutto lo sforzo della trasmissione erano soggetti a rompersi facilmente.

Un secondo tipo di cambio con ingranaggi sempre in presa era quello con innesto laterale.

In esso l'albero primario portava quattro ingranaggi (per le quattro velocità) fissi all'albero; e l'albero secondario portava quattro ruote, folli, che ingranavano continuamente con quelle del primario.

Queste ruote folli avevano un mozzo che presentava dei denti da una parte.

Tra l'una e l'altra delle ruote folli, l'albero secondario aveva sezione poligonale, e su questa portava infilati dei manicotti, i quali giravano con esso, pure potendosi spostare lungo l'albero.

Tali manicotti avevano dei denti che potevano ingranare nei denti dei mozzi anzidetti.

E però, facendo scorrere, mediante leve, comandate a mano dal conduttore, l'uno o l'altro di tali manicotti si faceva in modo che l'una o l'altra delle ruote folli si ingranasse o si disinnestasse dal manicotto e quindi dall'albero secondario, il quale si rendeva così solidale, o meno, all'albero primario; secondo poi il rapporto che correva tra gli ingranaggi in presa si aveva l'una o l'altra velocità.

Il terzo tipo di questo cambio già usato sulle vetture di piccola potenza, era quello con innesto a frizione.

In esso l'albero primario portava le ruote d'ingranaggio fisse, e l'albero secondario le ruote folli sempre ingranate nelle precedenti.

Queste ultime però erano cave, come a tamburo, e nel loro interno portavano come una coppia di segmenti estensibili detti anche pattini, i quali erano solidali con l'albero secondario. Mediante le leve di manovra del cambio si otteneva che tali pattini potessero serrarsi contro il vano cilindrico della rispettiva ruota folle, obbligando questa a restare solidale con l'albero secondario; e poiché essa girava comandata dall'altra ruota fissa all'albero primario, così il movimento per effetto di tale frizione si trasmetteva al secondario.

Se invece tutti i pattini erano abbandonati a loro stessi, si disiserravano dalle ruote folli, le quali giravano senza trasmettere alcun movimento.

Però in questo tipo era facile che i segmenti slittassero ed allora mancava l'aderenza con grave pericolo della vettura.

Un quarto tipo infine dello stesso tipo di cambio, con ingranaggi sempre in presa, fu quello ad innesto a pressione d'olio (brevetto Enrico) nel quale ciascuno degli ingranaggi folli, ruotanti sull'albero secondario, portava internamente un vero e proprio innesto a frizione a cono rovescio, il cui cono esterno faceva parte della ruota d'ingranaggio folle mentre il cono interno era solidale all'albero secondario; quest'albero era cavo e pieno d'olio e portava interamente un alberello scorrevole munito di un pistoncino.

Per mezzo di una pompetta manovrata dal conduttore, si trasmetteva al pistoncino una pressione la quale determinava l'aderenza di una o dell'altra frizione a cono, e quindi la trasmissione del movimento dall'albero principale al secondario.

Cambi di velocità ad ingranaggi scorrevoli

Il sistema ad ingranaggi scorrevoli è quello quasi esclusivamente usato oggi; esso è detto anche a blocchi o treni scorrevoli (francese: trains baladeurs).

In esso l'albero primario generalmente ha sezione poligonale, e porta, infilati, e trascina nella sua rotazione, le ruote d'ingranaggio su esso scorrevoli.

Queste possono essere riunite in un sol blocco detto anche treno o in due treni, e quindi abbiamo cambi di velocità ad un treno scorrevole o a due treni scorrevoli: nel primo caso si avrà una sola asta che comanda il cambio, nel secondo invece due aste, oltre a quella della marcia indietro.

Nella figura N°4 si ha un cambio per quattro velocità ad un treno scorrevole. Questo comprende il gruppo o blocco di ingranaggi della 1^a, 2^a, 3^a velocità (I, H, G) montato rigidamente su di un unico manicotto DF, che scorre lungo l'albero primario E.

Tale blocco è manovrato dal conduttore, mediante una leva.

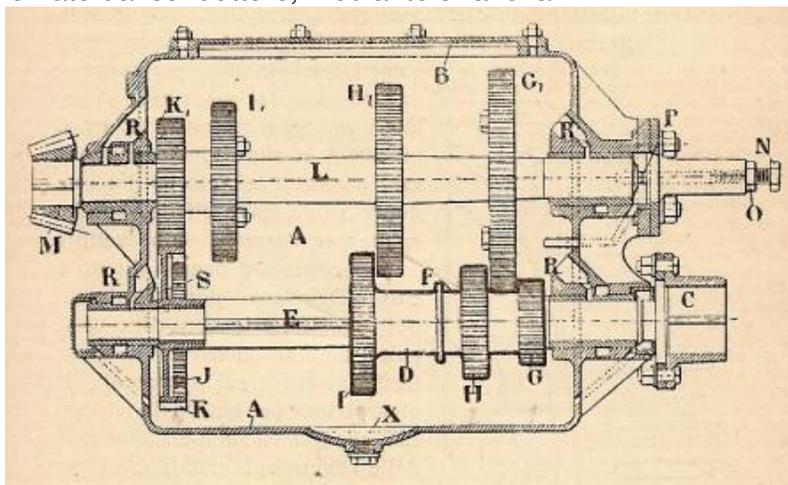


Figura N°4 – Schema di cambio ad ingranaggi scorrevoli (un solo treno scorrevole)

Nella posizione della figura nulla è ingranato, però spostando il manicotto DF verso sinistra è evidente che si ingranano successivamente la 1^a (G colla G₁) poi la 2^a (H con la H₁) poi la 3^a (I con la I₁) ed infine I può dopo ingranare nell'interno della ruota SK la quale è folle sul primario ed ingrana sempre con la K, per la 4^a velocità.

L'ingranamento delle diverse velocità deve essere preceduto dal distacco della frizione che si innesta poi di nuovo subito dopo compiuto l'ingranamento. Inoltre i denti degli ingranaggi hanno un invito o una smussatura A dalla parte dell'imboccatura (figura N°5).

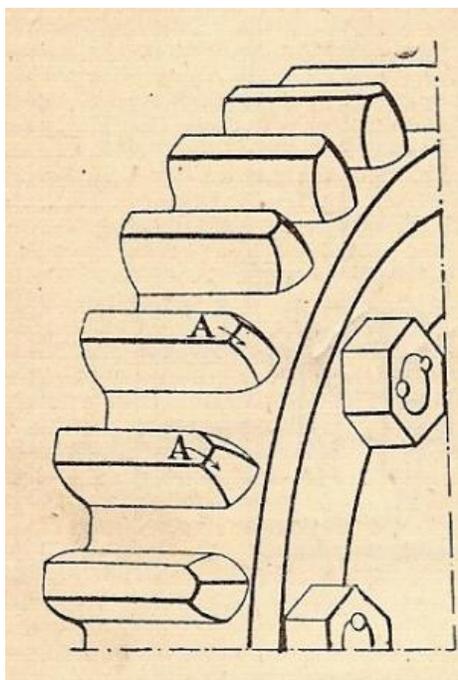


Figura N°5- Invito sui denti frontali per facilitare l'innesto

Questo sistema di cambio è molto semplice, ma presenta due inconvenienti: anzitutto ha una lunghezza rilevante ed incomoda, ed inoltre, per ritornare da una velocità superiore ad una inferiore non successiva, per esempio dalla 4^a alla 1^a, bisogna passare per tutte le velocità intermedie, ciò ch'è grave difetto, specialmente per l'arresto della vettura.

Per ovviare a questo difetto la casa DAIMLER, per la prima, e poi quasi tutte le altre ditte in seguito, adottarono il cambio di velocità a due treni scorrevoli.

La disposizione per questo tipo di cambio, che trovasi sulla maggior parte delle vetture automobili, è indicata schematicamente nella figura N°6.

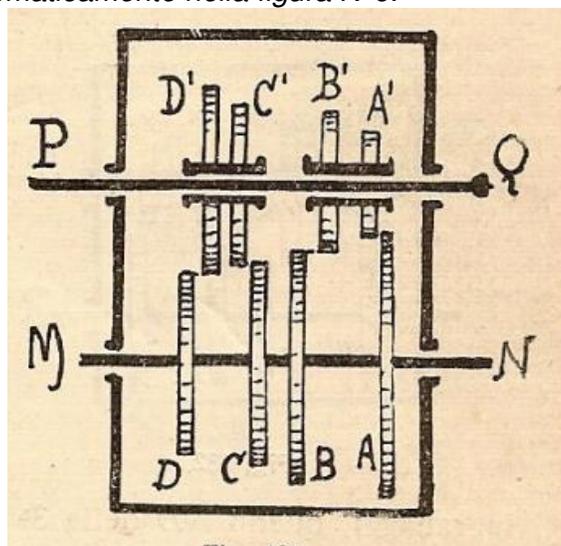


Figura N°6- Schema di cambio con due treni di ingranaggi scorrevoli (Daimler)

Gli ingranaggi dell'albero principale PQ sono raggruppati, in due coppie, o treni, uno per la 1^a e la 2^a (A' e B') ed uno per la 3^a e la 4^a (C' e D').

Ciascuno di questi treni è comandato da un'asta che termina ripiegata con una forcella abbracciante un manicotto solidale al treno e che si sposta lungo l'albero primario.

Poscia si ha l'albero secondario MN che porta quattro ingranaggi (D, C, B, A) di diametro e posizione tale che possano ingranare rispettivamente con la D', C', B', e A'.

Manovrando le aste anzidette si fanno ingranare successivamente le quattro velocità in modo affatto indipendente l'una dall'altra.

Una terza asta, poi, comanda il rocchetto della marcia indietro, il quale è situato sotto le ruote della 1^a velocità e si sposta in modo da ingranare contemporaneamente in entrambe di esse, e per ciò ha una lunghezza di denti sufficiente a tale scopo, ottenendo così un doppio ingranaggio per il quale la ruota dentata del secondario assume una rotazione di senso opposto all'albero primario.

Queste tre aste sono manovrate per mezzo di una leva del cambio di velocità, che è a portata del conduttore.

In questi cambi ad ingranamento di punta si ha che gli ingranaggi sono soggetti a consumo nel punto del loro primo contatto.

Per diminuire tale effetto essi sono costruiti in acciaio speciale durissimo; e per aumentarne la durezza esterna dei denti, pur conservando una certa elasticità all'acciaio interno, sono assoggettati a quella speciale operazione che dicesi cementazione.

La casa RENAULT di Parigi usò alcuni anni fa un cambio assai caratteristico: era a treni scorrevoli come il precedente, soltanto che l'ingranamento dei denti, anziché fatto di punta rispetto i denti veniva fatto di fronte, e perciò contemporaneamente allo spostamento laterale del treno si aveva anche l'avvicinamento e l'allontanamento dell'asse secondario a quello principale.

Con questo sistema il consumo dei denti era insignificante; però la sua complicazione lo rendeva di difficile e delicata costruzione, talchè venne presto abbandonato.

Il cambio di velocità comune, a treni scorrevoli, ha raggiunto oramai una buona perfezione, sia di costruzione, sia per i materiali impiegati e gli inconvenienti che esso può dare sono quasi sempre dovuti a imperizia o trascuratezza di chi manovra.

Cambi di velocità a presa diretta

Vengono così chiamati quei cambi di velocità ad ingranaggi, la cui massima velocità, che è in generale la 4^a, è ottenuta congiungendo direttamente l'albero primario coll'albero trasversale, che va alle ruote, senza alcun rapporto intermedio di ingranaggi.

Si viene così a togliere la resistenza passiva data da questi, ottenendo nella massima velocità, che è quella più usata, un maggior rendimento ed una marcia più silenziosa.

L'applicazione della presa diretta sui cambi di velocità spetta al costruttore RENAULT, che ne prese il brevetto fin dal 1899; ma la sua adozione è entrata nell'uso generale solo dal 1905.

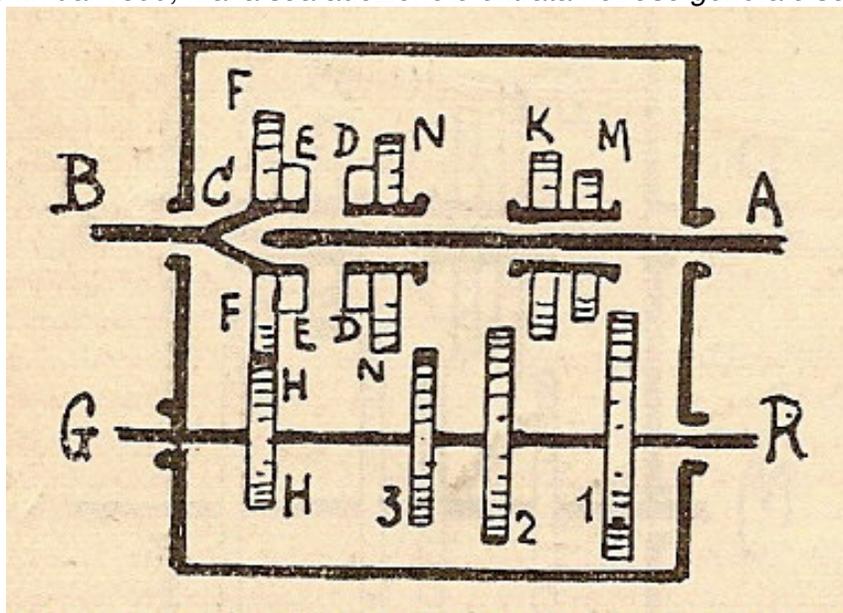


Figura N°7- Schema di un cambio con due treni di ingranaggi scorrevoli e presa diretta
(Brevetto Renault 1899)

Nella figura N°7 si ha uno schema di presa diretta: l'albero primario AB è interrotto in un punto C e la parte CA è quella che va al motore; la parte CB va alle ruote.

Il tratto AC porta infilati e scorrevoli due treni: quello MK per la 1^a e la 2^a velocità, costituito da due ingranaggi, quello ND della 3^a e 4^a velocità, formato da un solo ingranaggio N, il cui manicotto ha dei denti laterali D.

Al tratto CB dell'albero primario è fissato un ingranaggio FF munito anch'esso di denti laterali EE, che corrispondono ai denti DD innanzi detti.

L'albero secondario GR, porta fisse le solite ruote dentate per le varie velocità, meno quella della 4^a, in luogo della quale porta un ingranaggio HH che ingrana sempre con quello FF dell'albero principale.

Nella disposizione rappresentata dallo schema di figura N°7, l'albero AC gira, ma poiché nessuno dei tre ingranaggi M, K ed N fan presa con quelli dell'albero secondario, così questo sta fermo.

Se però con le leve di comando si obbliga uno dei treni MK o N a scorrere ed ad ingranaire una delle tre coppie (N con 3, K con 2 o M con 1) allora il movimento dell'albero primario si trasmette all'albero secondario; questo a sua volta fa girare la ruota dentata HH, la quale trascina nella rotazione la ruota F, e questa comunica il movimento al pezzo BC di albero primario, e quindi alle ruote.

Volendo poi marciare in 4^a velocità, non si fa altro che spingere con l'apposita leva, il blocco DN ad ingranaire con i denti D nei denti E, ottenendo così di rendere solidali tra loro i due pezzi dell'albero primario, che in tal caso funziona come se fosse intero, e questo innesto costituisce la presa diretta, perché in tal modo non si ha alcuna coppia di ingranaggi che interrompa l'albero motore.

Con la presa diretta, mentre si consegue un maggior rendimento per la 4^a velocità, si ha per contro una perdita nella trasmissione delle altre velocità, che hanno bisogno di un rimando con una coppia di ingranaggi sempre in presa.

Questo il motivo per cui non tutte le ditte lo adottano. Ad ogni modo vi sono già nell'uso dei tipi di cambi a presa diretta, in cui si è cercato di eliminare l'inconveniente della doppia trasmissione per le prime tre velocità.

Questo tipo è solo possibile per vetture con trasmissione a catena, ed ha poche applicazioni

Nel tipo di cambio rappresentato in figura N°8, si hanno due accoppiamenti conici P e Q tra le estremità degli alberi primario e secondario e l'albero trasversale V che va alle ruote: quello in corrispondenza dell'albero secondario B trasmette il movimento dei diversi rapporti di 1^a, 2^a e 3^a; l'altro che è in corrispondenza dell'albero primario A, serve per la 4^a a presa diretta.

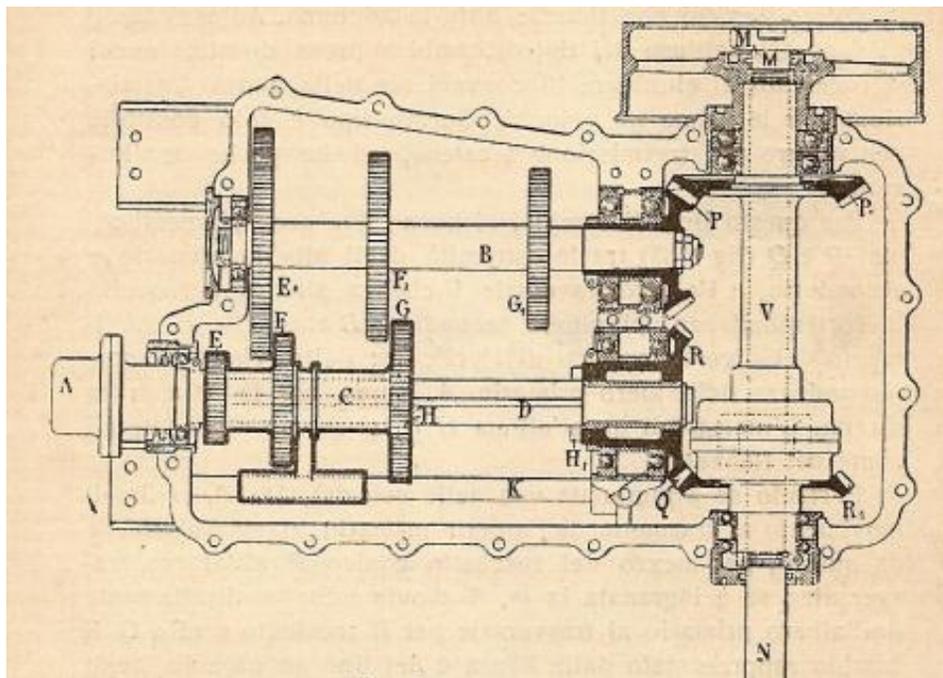


Figura N°8- Schema di cambio a 4 velocità con presa diretta ottenuta con l'ausilio di coppie coniche

L'innesto di quest'ultima $H H_1$ si fa con dei denti laterali come RENAULT.

Pertanto se è ingranata una delle velocità 1^a , 2^a o 3^a , il movimento si trasmette dall'albero primario al secondario, e da questo, per mezzo del rocchetto conico P all'albero trasversale; se è ingranata la 4^a , il movimento va direttamente dall'albero primario al trasversale per il rocchetto conico Q .

Il cambio rappresentato dalla figura è del tipo ad un solo treno scorrevole.

Nella figura N°9 si ha un esempio con tre velocità e due prese dirette.

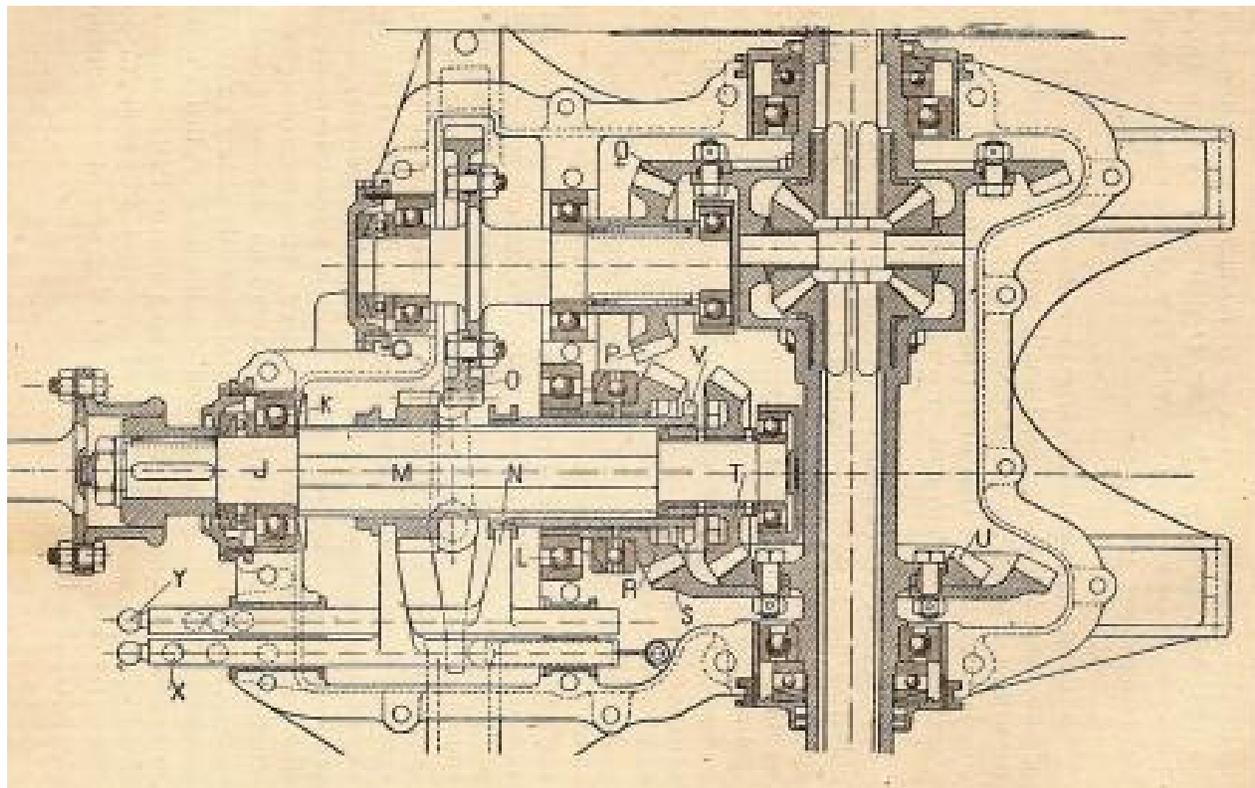


Figura N°9- Cambio di velocità a tre marce e due prese dirette.

In essa JT è l'albero motore, sul quale sono infilati due rocchetti conici R e T , che ingranano permanentemente con altri due S e U fissi ad un albero trasversale perché la vettura è del tipo a catena.

In mezzo ai due rocchetti R e T vi è una piccola ruota dentata V , la quale è calettata sopra un manicotto scorrevole manovrato dal collare N e dal tirante Y .

Questa ruota, pur essendo scorrevole, gira con l'albero motore, e può ingranare o dentro il rocchetto R o dentro il rocchetto T , obbligando o l'uno o l'altro a rendersi solidale con l'albero motore, e costituendo in tal modo due prese dirette una per la 3^a ed una per la 2^a velocità.

Per la prima velocità si ha un blocco scorrevole comandato dal tirante X , il quale può ingranare con la ruota O dell'albero secondario, e questo, attraverso coppia conica P e Q comunica il movimento all'albero trasversale.

Considerazioni sul cambio delle velocità ad ingranaggi

Quest'organo destinato a trasmettere con i suoi ingranaggi sforzi rilevanti, è considerato come una "debolezza organica" del sistema di trasmissione delle macchine automobili, perché, oltre ad avere il difetto d'origine della discontinuità, è soggetto a facili logoramenti e guasti che inutilizzano la macchina.

E' ben vero che i costruttori, con una lavorazione molto accurata dei denti, colla scelta di materiali appropriati, colla loro cementazione, ed infine col far muovere le ruote quasi totalmente immerse nel lubrificante, hanno ottenuto risultati di durata e rendimento veramente sorprendenti; pur tuttavia i denti degli ingranaggi sono obbligati, qualunque ne sia il profilo, ad

un lavoro che li logora, e quando il piccolo strato di tempratura e cementazione è assottigliato o scomparso, il logoramento si accentua rapidamente ed il movimento cessa di essere "dolce".

Nelle autovetture, in cui il sistema di sospensione è sempre molto elastico, e le ruote sono cerchiati con pneumatici, nessun altro movimento entra in giuoco ad affrettare il dissesto del cambio, fuorché il detto logorio.

Ma nei veicoli industriali, in cui l'appoggio sul terreno avviene per mezzo di gomme piene, un elemento più grave interviene a disonestare il meccanismo di trasmissione, ed è l'azione degli urti più o meno intensi, trasmessi alla macchina dalle ineguaglianze delle strade.

Ad ogni modo emerge da quanto si è detto la necessità della massima cura per quest'organo importante, cura che si deve esplicare in frequenti verifiche, affinché le varie parti, specialmente i cuscinetti, mantengano inalterate le loro posizioni iniziali.

Manovra del cambio

La manovra del cambio richiede speciali avvertenze altrimenti si rovinano o si rompono i denti degli ingranaggi.

Perché una coppia di ruote dentate possano ingranare facilmente occorre che queste abbiano all'incirca uguale velocità di rotazione periferica e che uno di essi giri a folle nel momento dell'innesti. I casi tipici di manovre sono i seguenti:

a)- per passare da fermo alla prima velocità: poiché si ha l'ingranaggio dell'albero secondario fermo, così occorre che anche l'altro sia quasi fermo; perciò, si distacca la frizione, si attende alquanto affinché l'ingranaggio fisso all'albero motore, che girava, si arresti, e poi, manovrando la leva si fa l'innesto.

b)- per passare da una velocità ad un'altra superiore: in questo caso l'ingranaggio dell'albero primario, che è quello minore, gira già con una data velocità angolare, uguale a quella dell'ingranaggio maggiore che è sull'albero secondario, perciò la velocità periferica di quest'ultimo è molto maggiore di quella del primario: bisogna quindi prima dare coll'acceleratore un impulso all'albero motore affinché l'ingranaggio acceleri la rotazione, poi distaccare la frizione, indi disinnestare e, mentre dopo pochi istanti di disinnesto l'albero secondario tende a rallentare, ingranare allorché si giudica che le velocità dei due ingranaggi quasi si eguagliano

c)- per passare da una velocità ad altra inferiore: in questo caso se si fa senz'altro il disinnesto avviene che l'ingranaggio dell'albero secondario è trascinato dalla macchina quindi diminuisce ben poco la velocità, mentre l'ingranaggio del primario quando è distaccata la frizione diminuisce rapidamente di velocità; quindi i due ingranaggi in luogo di acquistare velocità periferiche quasi uguali, ne acquistano sempre più differenti; perciò bisogna: distaccare la frizione, mettere la leva in posizione folle, riattaccare la frizione, dar un'accelerata al motore, distaccare nuovamente la frizione ed innestare la marcia inferiore.