

AS TRANSMISSÕES MECÂNICAS SEMI-CONTÍNUAS NOS TRACTORES

1992

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1- Introdução..... | 3 |
| 2- Trens epicicloidais | 3 |
| 2.1- Constituição e funcionamento de um trem epicicloidal | 3 |
| 2.2- Aplicações dos trens epicicloidais | 4 |
| 3- As transmissões mecânicas semi-contínuas | 5 |
| 3.1- Os amplificadores de tracção | 5 |
| 3.1.1- O sistema amplificador «Hi-Lo» | 6 |
| 3.1.2- O sistema amplificador «Dual Power» | 7 |
| 3.1.3- O sistema amplificador «Tractoshift» | 8 |
| 3.2- As caixas de velocidades semi-automáticas | 9 |
| 3.3.1- Automatização limitada | 10 |
| 3.3.2- Automatização parcial | 11 |
| 3.3.2.1- Caixas quádruplas com carretos sempre engrenados | 11 |
| 3.3.2.1.1- Caixas quádruplas com inversor hidráulico integrado | 12 |
| 3.3.2.1.2- Caixa electro-hidráulico quádrupla com inversor mecânico | 13 |
| 3.3.2.2- Caixa quádrupla com trens epicicloidais | 15 |
| 3.3.2.2.1- Caixa quádrupla com trens epicicloidais simples | 15 |
| 3.3.2.2.2- Caixa semi-automática quádrupla com inversor e trens epicicloidais múltiplos | 18 |
| 3.3.3- Automatização ampliada | 20 |
| 3.3.4- Automatização total | 24 |
| 3.3.4.1- Caixas automáticas constituídas por carretos e de comandos hidráulicos | 24 |
| 3.3.4.2- Caixas automáticas constituídas por trens epicicloidais e de comandos hidráulicos..... | 25 |
| 3.3.4.3- Caixas automáticas constituídas por carretos e com comandos electrónicos | 26 |
| Bibliografia | 28 |

1- Introdução

A utilização de caixas de velocidades convencionais implica, para alterar as relações de transmissão, a interrupção momentânea da transmissão da potência do motor para as rodas motrizes, que tem como principais inconvenientes a diminuição da velocidade do tractor, ou mesmo a sua paragem, com a conseqüente perda de tempo, desgaste do disco da embraiagem, etc.

A aplicação de **amplificadores de tracção e caixas de velocidades semi-automáticas** (powershift), permitem atenuar ou ultrapassar os problemas citados pelo que a sua utilização tem sido muito expandida. Nestas transmissões, para além da conjugação de pares de carretos, estes formam trens epicicloidais, cujas características são a seguir referidas.

2- Trens epicicloidais

Os trens epicicloidais, também designados por trens planetários, são mecanismos constituídos por vários carretos engrenados entre si e que estão montados em veios paralelos.

2.1- Constituição e funcionamento de um trem epicicloidal

A utilização de pares de carretos a funcionar como redutores tem como principal inconveniente o volume ocupado, situação que é agravada quando se pretende inverter o sentido de rotação do veio conduzido pois, neste caso, é necessário intercalar entre este e o condutor, um terceiro carreto.

Assim, e com o objectivo de diminuir o volume dos redutores, é possível substituir o carreto maior (conduzido) por uma roda de coroa, com dentes interiores, que está ligada ao veio de saída, que se encontra no seguimento do veio de entrada (veio do carreto condutor). Este conjunto, em que os veios são coaxiais, forma assim um trem epicicloidal; esta designação deve-se à forma da trajectória percorrida por um ponto da circunferência de um satélite em relação à roda de coroa, durante o movimento desta.

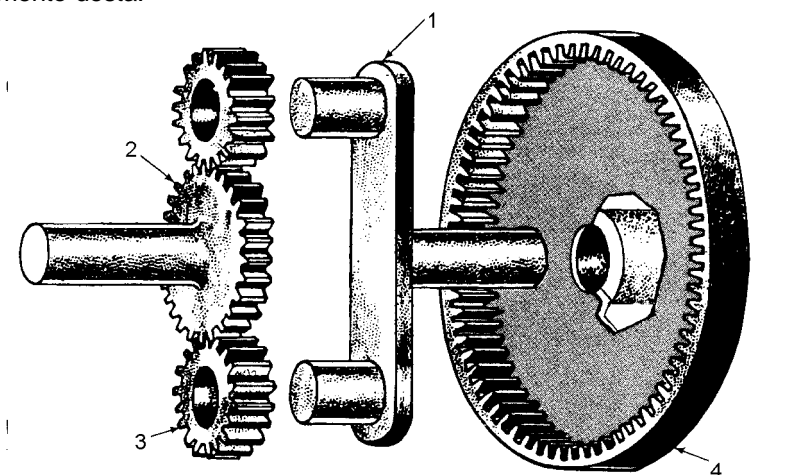


Figura 1- Representação de um trem epicicloidal
 1- Porta-satélites 2- Planetário 3- Satélite 4- Roda de coroa
 Fonte: AAVIM

Como se pode observar na figura 1, um trem epicicloidal é constituído por um carreto central, designado por planetário ou solar, carretos intermédios, que giram loucos no seu eixo, que são os

satélites, e a roda de coroa. A designação de satélites prende-se com o movimento que estes carros têm quando a roda de coroa não roda, pois giram em torno do seu eixo e deslocam-se no interior da roda de coroa e à volta do planetário, à semelhança do movimento da terra em torno do sol; para um maior equilíbrio estes trens têm mais que um satélite cujos eixos se reúnem num mesmo porta-satélites.

2.2- Aplicações dos trens epicicloidais

A utilização mais frequente dos trens epicicloidais é para redução dos regimes por forma a aumentar-se o binário disponível no veio de saída; o caso mais comum é a sua aplicação como redutores finais nas transmissões às rodas e nas caixas de velocidades semi-automáticas em que se pode utilizar mais que um trem.

Relativamente à variação da quantidade do movimento esta depende do número de dentes do planetário e da roda de coroa, pois a redução será tanto maior quanto maior for o número de dentes da roda de coroa e menor o do planetário.

Quadro 1- Variação da quantidade de movimento de um trem epicicloidal em que a roda de coroa tem 60 dentes e o planetário 20.

| Entrada do movimento | Peça fixa | Saída do movimento | Relação entre o regime do veio de saída e o de entrada | r: redução m: multiplicação | Inversão s: sim n: não |
|----------------------|-----------------|--------------------|--|--------------------------------|------------------------------|
| Planetário | Coroa | Porta-satélites | 1/4 | r | n |
| Planetário | Porta-satélites | Coroa | 1/3 | r | s |
| Coroa | Planetário | Porta-satélites | 3/4 | r | n |
| Coroa | Porta-satélites | Planetário | 3 | m | s |
| Porta-satélites | Planetário | Coroa | 4/3 | m | n |
| Porta-satélites | Coroa | Planetário | 4 | m | n |

Para além da variação da quantidade de movimento os trens podem ser utilizados para inversão do sentido de rotação do movimento do veio de saída.

A determinação da variação de quantidade de movimento e sentido de rotação pode ser efectuado utilizando um método vectorial, onde estão representados o planetário, porta-satélite e a roda de coroa.

Assim, considerando a figura 2-A observa-se que quando a entrada de movimento se faz pelo planetário e o elemento fixo é a roda de coroa a saída efectua-se pelo porta-satélites, sendo o sentido da rotação igual ao do elemento de entrada e a quantidade de movimento inferior a este (1/4). Na figura 2-B a entrada do movimento faz-se pelo planetário, mas é o porta-satélites que se encontra

imobilizado pelo que a saída se faz pela roda de coroa, sendo o movimento de sentido contrário ao da entrada e desmultiplicado (1/3).

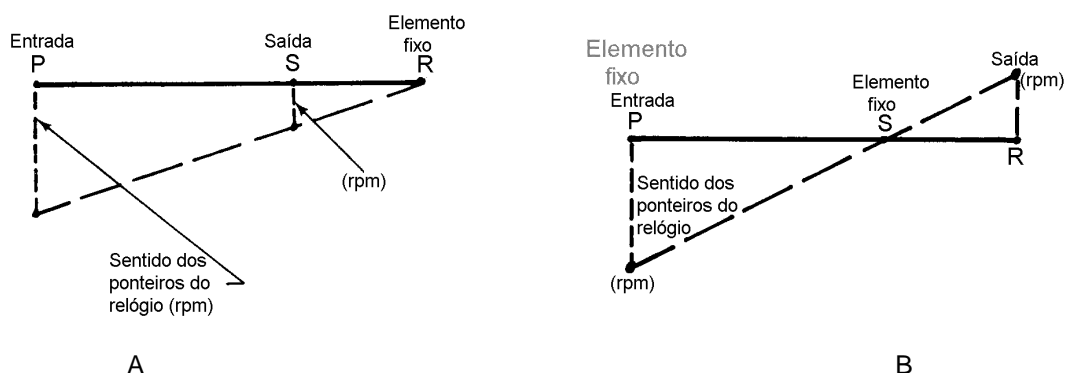


Figura 2- Representação vectorial do movimento num trem epicicloidial
P- planetário S- Porta-satélites R- Roda de coroa
Fonte: AAVIM

3- As transmissões mecânicas semi-contínuas

A aplicação de transmissões mecânicas semi-contínuas nos tractores permite ultrapassar os inconvenientes das transmissões convencionais (clássicas), pois a mudança das relações de transmissão faz-se sob carga.

As transmissões mecânicas semi-contínuas compreendem:

- amplificadores de tracção;
- caixas de velocidades semi-automáticas (power-shift)

3.1- Os amplificadores de tracção

Os amplificadores de tracção, também designados por redutores de velocidade, são montados em complemento das caixas de velocidades convencionais e permitem aumentar para o dobro ou triplo, o número de relações de transmissão e modificar, em carga, estas relações, sem interromper o movimento de avanço do tractor; estes dispositivos podem ser montados conjuntamente com um inversor do sentido de deslocamento.

Assim, as principais vantagens destes elementos são as de aumentar a força de tracção disponível, por alteração da gama normal para a gama amplificadora (sem desembraiar), dentro dos limites da relação de desmultiplicação do amplificador de binário e da aderência do tractor. Nos trabalhos à TDF a redução da velocidade resultante da passagem para a gama amplificadora pode ser suficiente para evitar a diminuição do regime do motor, ou mesmo a sua paragem; a redução de velocidade está normalmente compreendida entre os 20-25 %, o que corresponde, teoricamente, a um acréscimo de força de tracção de 25-33 %.

Dos sistemas amplificadores de tracção mais utilizados apenas serão apresentados os seguintes:

- sistema «Hi-Lo»;

- sistema «Dual Power»;
- sistema «Tractoshift».

3.1.1- O sistema amplificador «Hi-Lo»

O sistema «Hi-Lo», que se encontra colocado à entrada da caixa de velocidades, é constituído por dois conjuntos de carretos redutores axiais e dois conjuntos multidiscos, em que um é uma embraiagem que permite ligar (desligar) o porta-satélites com o veio de saída; a operação de embraiar é feita hidraulicamente e a de desembraiar mecanicamente, por molas. O segundo conjunto funciona de travão, imobilizando o porta-satélites e tornando-o solidário com o carter da transmissão; a operação de imobilização do porta-satélite é efectuada ao contrário da anterior, ou seja, mecanicamente por molas e a libertação dos discos por pressão hidráulica. O conjunto de discos da embraiagem permite que o sistema funcione em posição "alta (normal)" «Hi» e os discos dos travões em posição "baixa (lenta)" «Lo»; o accionamento mecânico dos discos dos travões permite que, em caso de falta de pressão do óleo, a gama baixa seja engrenada, assegurando-se assim uma ligação mecânica permanente entre as rodas e o motor, por forma a que este possa funcionar como travão numa descida e ser posto a trabalhar por reboque.

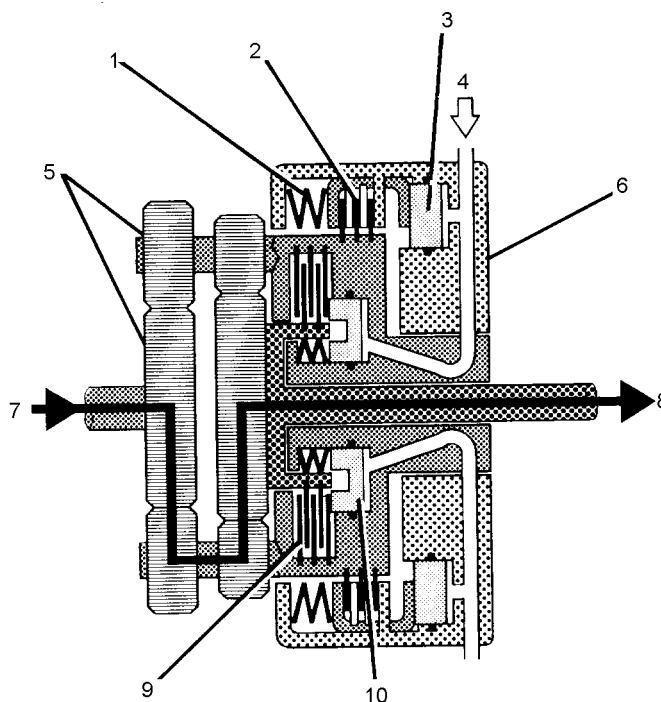


Figura 3- Esquema de um dispositivo amplificador de tração «Hi-Lo» da John Deere.

1- Mola 2- Freio multidiscos 3- Êmbolo 4- Pressão de comando 5- Carretos redutores 6- Carter 7- Entrada do movimento 8- Saída do movimento 9- Embraiagem multidiscos 10- Êmbolo

Fonte: CEMAGREF (1992)

Quando o amplificador funciona na gama normal (high) a pressão do óleo liberta os discos de travagem, actuando nos de embraiagem, por forma a tornar solidário o porta-satélites do redutor com o veio de saída, que vai para a caixa de velocidades; nesta situação a relação de transmissão não de altera, ou seja, a velocidade à entrada e saída do amplificador é igual.

Como se pode observar na figura 3, na gama lenta (low) verifica-se a anulação da pressão nos discos da embraiagem, sendo os discos de travagem pressionados por molas immobilizando o porta-satélites com o carter, dando-se então uma desmultiplicação do movimento entre os veios de entrada e saída através dos satélites; a redução da velocidade é de $\pm 25\%$.

3.1.2- O sistema amplificador «Dual Power»

O sistema «Dual Power», caracterizado por ser montado antes da caixa de velocidades convencional, é constituído por:

- um trem epicicloidal no qual a roda de coroa é condutora, o porta-satélites conduzido e o planetário fixo ou móvel conforme a combinação desejada;
- uma embraiagem e um sistema de travagem multidisco comandados hidraulicamente, permitindo a primeira tornar solidário o carreto central e o porta-satélites, por forma a obter-se a gama normal, e o segundo, imobilizar o carreto central com o carter das transmissões, para se obter a gama ampliada (lenta).

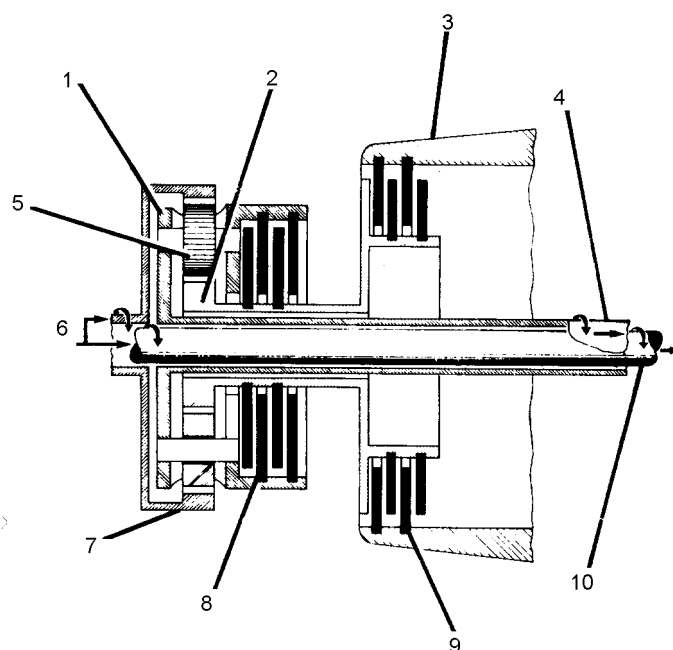


Figura 4- Representação de um amplificador de tracção «Dual Power» da Ford

1- Porta-satélites 2- Planetário 3- Carter fixo da transmissão 4- Veio primário da caixa de velocidades 5- Satélites 6- Motor 7- Roda de coroa 8- Embraiagem multidiscos 9- Travões multidiscos 10- Veio da TDF.

Fonte: CEMAGREF (1992)

Assim na gama normal os discos do sistema de travagem encontram-se livres e os da embraiagem tornam o carreto solar solidário com o porta satélite, o que faz com que os diferentes carretos do trem fiquem solidários, sendo o regime à saída igual ao de entrada (motor). Na gama de amplificação da tracção (lenta) os travões fazem com que o carreto solar fique solidário com o carter, ao mesmo tempo que se desembraia o porta-satélites, verificando-se assim uma desmultiplicação do

regime motor em $\pm 22 \%$; os discos, com dentado interior, dos travões e embraiagem estão montados no planetário.

3.1.3- O sistema amplificador «Tractoshift»

O sistema amplificador «Tractoshift» encontra-se colocado entre a caixa de velocidades propriamente dita e a caixa de pré-selecção, e permite alterar a relação de transmissão obtendo-se quatro relações de transmissão, ou seja, uma rápida, uma normal, uma lenta e a inversão do sentido do movimento; o funcionamento deste sistema é semelhante a uma caixa de velocidades semi-automática pois não é necessário desembraiar o motor da transmissão.

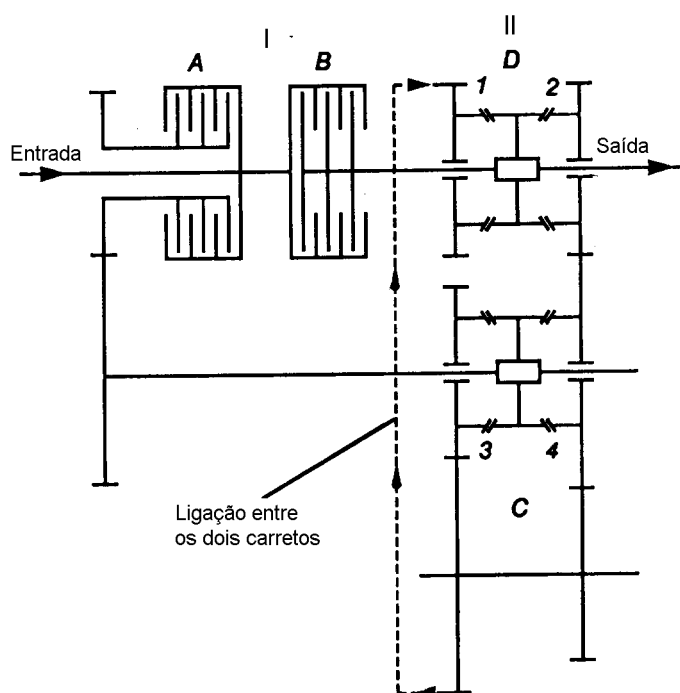


Figura 5- Representação esquemática de um amplificador-inversor de tracção «Tractoshift»
 A- embraiagem para desmultiplicação (gama baixa) B- Embraiagem (gama normal)
 I- Embraiagens multidiscos; II- Sincronizadores, 1, 2, 3, 4- Carretos
 Fonte: CEMAGREF (1992)

O sistema representado na figura 5 é constituído por duas embraiagens multidiscos e dois sincronizadores, com comandos electro-hidráulicos, cujas combinações são as representadas no quadro 2; as duas embraiagens constituem um mesmo conjunto cujo carter condutor é comum.

Quadro 2 Diferentes combinações das relações de transmissão de um sistema amplificador-inversor de tracção «Tractoshift»

| Combinação seleccionada | Relação obtida | Embraiagem accionada | Posição do sincronizador |
|-------------------------|----------------|----------------------|--------------------------|
| Para a frente: | | | |
| rápido | 1.2 | A | C4 e D2 |
| normal | 1 | B | C3 e D2 (inactivos) |
| lento | 0.8 | A | C3 e D2 |
| Para trás | 1 | A | C3 e D1 |

A utilização de sincronizadores nestes amplificadores permite reduzir as suas dimensões, o que torna possível a utilização do carter das transmissões clássicas, e limitar as perdas por atrito nas embraiações multidiscos; a posição dos sincronizadores é dada por captosres que só permitem a embraiagem quando os carretos se encontram na posição correcta.

3.2- As caixas de velocidades semi-automáticas

As caixas de velocidades semi-automáticas, também designadas por caixas de velocidades «powershift», permitem alterar as relações de transmissão em carga, sem desembraiar, portanto sem interromper a transmissão da potência do motor; o termo «powershift» significa mudança da relação de transmissão sob potência.

Assim, nos tractores que dispõem destas caixas, que podem substituir as convencionais, é possível escolher, sem interrupção da cadeia de transmissão, a velocidade de tracção que melhor se ajuste a cada trabalho, ou mesmo inverter o sentido de marcha.

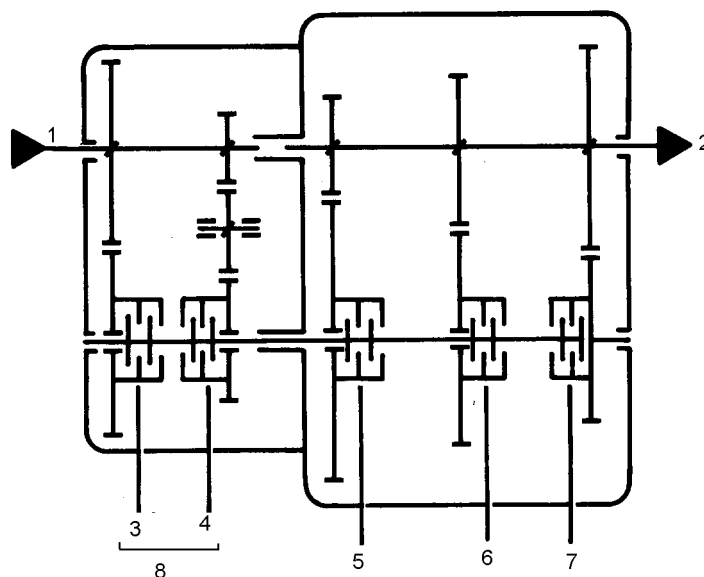


Figura 6- Representação geral de uma caixa de velocidades «Powershift»

1- Entrada do movimento 2- Saída do movimento 3- Embraiagem para deslocamento para a frente 4- Embraiagem para deslocamento para trás 5- 3ª RT 6- 2ª RT 7- 1ª RT 8- Inversor

Fonte: CEMAGREF (1992)

Considerando o esquema da figura 6, constata-se que existem três relações para a frente e três para trás, e que todos os carretos se encontram permanentemente engrenados, tornando-se solidários com o veio intermédio por embraiagens multidiscos; esta operação é executada pelo operador do seu posto de condução não sendo necessário utilizar a embraiagem principal. A utilização de sistemas de embraiagem multidiscos implica perdas de potência significativas pois, quando se desembraia, há atrito entre os disco; considerando estas perdas a utilização das caixas semi-automáticas, em associação com uma caixa de velocidades convencional, apresenta vantagens.

Relativamente à classificação destas caixas ela pode ser feita considerando os mecanismos de engrenamento (trens epicicloidais e pares de carretos sempre engrenados), a forma como se faz o comando hidráulico de selecção das relações (directa, por alavanca com curso rectilíneo e assistência electrónica, por dupla alavanca de deslocamento cruzado) ou pela amplitude da sua automatização, ou seja, o número de relações que podem ser mudadas em carga.

Considerando este último aspecto tem-se:

- automatização limitada;
- automatização parcial;
- automatização ampliada;
- automatização total (integral).

3.3.1- Automatização limitada

A automatização limitada corresponde às caixas «powershif» mais simples, pois apenas permite a passagem, sob carga, de duas relações de transmissão, a partir da RT base, o que faz variar a velocidade em cerca de 20 %; estas caixas complementam as caixas convencionais.

A passagem entre as relações é obtida por comandos electro-hidráulicos, cujo accionamento é efectuado por dois contactos colocados no selector de velocidades, mas com automatizações diferentes.

No caso mais simples estas caixas são constituídas por dois trens epicicloidais, comandados por três embraiagens (travões), o que permite obter três relações diferentes (caixas triplicadoras), uma das quais directa, e estão colocadas a seguir ao motor, tendo depois dela uma embraiagem multidiscos comandada hidraulicamente; entre esta embraiagem e a caixa de velocidades convencional, geralmente com 9 RT, encontra-se um inversor mecânico sincronizado com esta, pelo que se tem um total de 27 RT para a frente e para trás, das quais 3 podem ser mudadas sob carga, por comando hidráulico, mas sem gestão electrónica.

Nas caixas de velocidades de automatização limitada, mas mais elaboradas, existe um grupo de carretos permanentemente engrenados, que são accionados por duas embraiagens comandadas electro-hidraulicamente, mas sob controlo electrónico para manter o motor num regime de consumo moderado. A caixa triplicadora, que está colocada depois da embraiagem, funciona juntamente com um inversor, que é gerido electronicamente, o que permite obter a mesma

velocidade para a frente e para trás. O comando electrónico posiciona os sincronizadores nos carretos do inversor, pelo que estes só são engrenados quando o regime é suficientemente baixo e depois de pressionado o pedal de aproximação do controlo electrónico; este pedal assegura a segurança e precisão durante as manobras nas cabeceiras e ligação das alfaias. As caixas de velocidades convencionais montadas juntamente com estas caixas automáticas triplicadoras permitem geralmente obter 8 RT, pelo que o total de velocidades é de 24 RT.

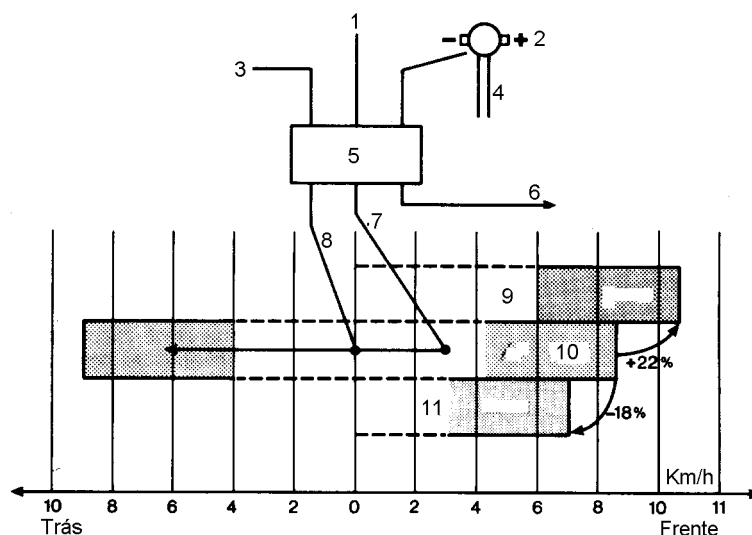


Figura 7- Representação do funcionamento de uma caixa semi-automática com inversor triplo
 1- Alavanca inversora 2- Botões do amplificador triplo 3- Pedal de aproximação 4- Alavanca de velocidades 5- Caixa electrónica 6- Embraiagens do amplificador triplo 7- Posição dos sincronizadores 8- Engrenamento do inversor 9- Gama das velocidades rápidas 10- Gama das velocidades base 11- Gama das velocidades lentas

Fonte: BP (1993)

3.3.2- Automatização parcial

As caixas de velocidades «powershift» com automatização parcial mais utilizadas, permitem alterar quatro RT em carga (caixas quádruplas), com uma progressão de velocidade de $\pm 25\%$. A sua colocação é anterior à caixa de velocidades convencional e caracteriza-se por:

- os carretos se encontrarem permanentemente engrenados ou por terem trens epicicloidais;
- por serem comandadas por uma ou mais alavancas controladas electronicamente.

3.3.2.1- Caixas quádruplas com carretos sempre engrenados

Estas caixas, cujo accionamento é feito por embraiagens de comandos electro-hidráulicos, apresentam dois tipos distintos:

- caixas quádruplas com inversor hidráulico integrado;
- caixas quádruplas electro-hidráulico com inversor mecânico.

3.3.2.1.1- Caixas quádruplas com inversor hidráulico integrado

Nestas caixas o grupo das quatro RT(s) que se mudam sob carga, é accionado directamente pelo motor, que tem um limitador de binário, e é constituído por oito carretos e quatro embraiagens montadas em dois veios. Depois destes elementos existe um inversor e uma caixa de velocidades convencionais com 4 RT sincronizadas o que permite obter 18 RT para a frente; a escolha de uma das 4 RT, que se muda em carga, é efectuada por uma alavanca que se movimenta em linha recta em 4 posições, e que está ligada a um dispositivo electrónico que inclui um captor de velocidade, que controla a sincronização das válvulas electro-hidráulicas das embraiagens tornando os carretos solidários com os veios.

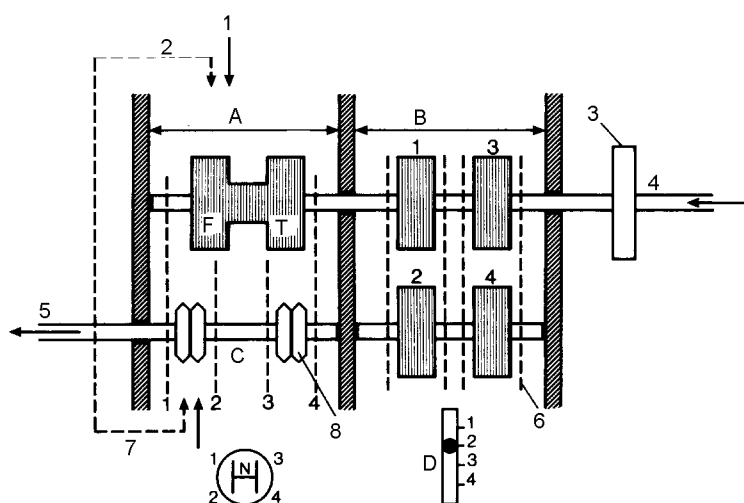


Figura 8- Disposição e comandos de uma caixa semi-automática quádrupla com inversor integrado.
 A- Embraiagens do inversor AF- Embraiagem para deslocamento para a frente AT- Embraiagem para deslocamento para trás B- Embraiagens (4) da caixa «powershift» B1- Carreto da 1ª RT B2- Carreto da 2ª RT B3- Carreto da 3ª RT B4- Carreto da 4ª RT C- Alavanca das gamas das velocidades C1(2, 3, 4)- Diferentes gamas de velocidades D- Alavanca de velocidades assistida electronicamente D1(2, 3, 4)- Diferentes velocidades
 1- Alavanca com modulação hidráulica para selecção do sentido do movimento 2- Pedal de aproximação 3- Limitador de binário 4- Motor 5- Ponte traseira 6- Alinhamento dos carretos 7- Mudança de gama 8- Sincronizadores
 Fonte: BP (1993)

Relativamente ao inversor hidráulico os seus carretos estão ligados por embraiagens comandadas por válvulas electro-hidráulicas, com modulação da pressão para evitar choques; as embraiagens são comandadas por um pedal de aproximação que é utilizado no arranque do tractor ou para alteração das RT(s) sincronizadas, quando não existe a embraiagem clássica.

A escolha do sentido de marcha é efectuada com uma alavanca posicionada junto ao volante, que permite obter 12 RT para trás, cujas velocidades são superiores, em cerca de 20 %, às correspondentes para a frente.

Para além dos elementos apresentados estas caixas podem ainda ser complementadas por um conjunto de carretos clássicos, sincronizados, obtendo-se assim mais oito RT(s), em duas gamas e com inversão, cujas velocidades estão compreendidas entre os 0.4 e 1.7 km/h. A utilização destas caixas permite obter 24 RT para a frente e 20 para trás.

3.3.2.1.2- Caixa electro-hidráulico quádrupla com inversor mecânico

Nas caixas quádruplas com inversor mecânico integrado o grupo das quatro RT(s), que funcionam sob carga, é accionado directamente pelo motor, e a embraiagem accionada por pedal, utilizada apenas para manobras de aproximação e mudança das relações da caixa de velocidades clássica. As embraiagens das RT(s) que se mudam sob carga, são em número de quatro, repartidas em dois compartimentos, um antes e outro depois da caixa convencional, e permitem a ligação dos carretos aos veios; aqueles compartimentos estão separados pelos constituintes mecânicos do inversor sincronizado e pelas duas gamas das 4 RT(s), que são também sincronizadas mas que funcionam depois de se actuar no pedal da embraiagem. Esta disposição permite passar da última RT da gama lenta para a primeira da gama alta; considerando a constituição desta caixa automática tem-se 16 RT(s) para a frente e para trás, com uma variação de + 22 % e -18 %, respectivamente; estas caixas podem ser complementadas com uma caixa convencional sincronizada, com 8 RT(s) que permitem velocidades de deslocamento muito baixas.

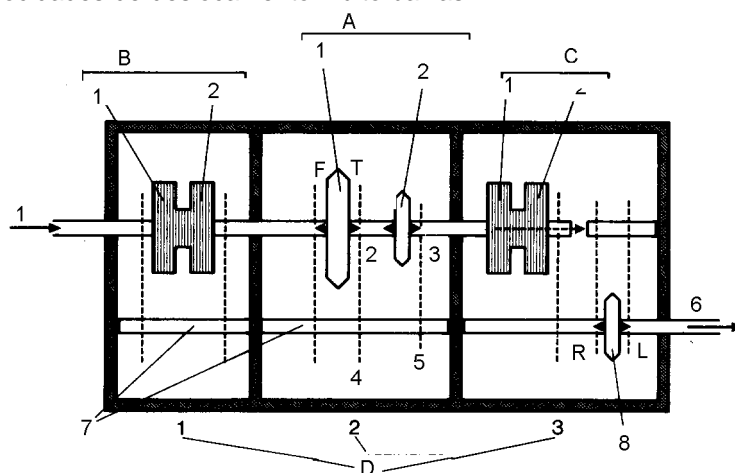


Figura 9 Representação esquemática de uma caixa semi-automática quádrupla com comandos electro-hidráulicos e inversor mecânico

A- Sincronizadores (2) A1- Inversor A2- Duas gamas com 4 RT B- Embraiagens B1- Desmultiplicação B2- Tomada directa C- Embraiagens C1- Velocidades rápidas C2- Velocidades Médias D- Diferentes compartimentos da caixa (D1, D2, D3)

1- Motor e embraiagem 2- Velocidades para a frente 3- Velocidades para trás 4- Tomada directa 5- Redução 6- Ponte traseira 7- Velocidades rápidas 8- Velocidades lentas 9- Veios intermédios 10- Sincronizador da gama base

Fonte: BP (1993)

Relativamente aos sistemas de controlo electrónico das caixas quádruplas eles permitem receber informações dos captores de regime do motor e do veio de saída daquela e da pressão do óleo, assim como dos contactos das gamas ou do sentido de marcha. Aqueles sistemas estão ainda ligados com os solenoides das electroválvulas de comando das embraiagens e das electroválvulas de descarga, com o potenciómetro do pedal de aproximação e com os indicadores luminosos do painel de controlo.

Considerando o seu funcionamento eles permitem controlar e gerir os seguintes elementos:

- a passagem, sob carga, das 4 RT(s) e a alteração da gama sincronizada;

- a libertação do óleo das embraiagens quando o inversor está em posição neutra ou o pedal de aproximação é actuado;
- o arranque, depois do controlo da paragem real do tractor e da posição das alavancas de comando;
- a detecção de anomalias e sua indicação no painel de controlo;
- a má utilização da caixa com a consequente colocação em ponto morto;
- os códigos de diagnóstico dos captores.

Em relação à constituição do grupo «powershift» e do inversor tem-se:

- um compartimento onde está o veio de entrada que acciona um carter no interior do qual estão duas embraiagens que efectuem a ligação directa ou uma sobremultiplicação do movimento (figura 9, B);
- um segundo compartimento, em que o sincronizador do inversor está no veio accionado pelo veio de entrada precedente, que comanda o sentido do deslocamento. O sincronizador das duas gamas das 4 RT(s) está montado num veio que tem ligação com o compartimento seguinte, efectuando uma redução para o 1º grupo e uma passagem directa para o segundo (figura 9, A);
- no terceiro, e último compartimento, o veio anterior do sincronizador acciona duas embraiagens obtendo-se dois regimes de saída, estando o sincronizador de base das duas relações situado sobre este veio;
- o pedal de aproximação comanda uma válvula de modulação da pressão de óleo para funcionamento progressivo das duas embraiagens.

Considerando os comandos destas caixas eles são constituídos por três selectores com cursos rectilíneos, paralelos e do mesmo comprimento, que são (figura 10):

- a alavanca das velocidades lentas ou rápidas, que permite passar, sob carga, as 4 RT (s) para a frente e para trás;
- a alavanca das gama 2 × 4, que são sincronizadas para passar de uma das quatro primeiras para as quatro segundas, utilizando para o efeito o pedal de pé da embraiagem. O módulo electrónico evita que se passe da 4ª RT da gama baixa para a 4ª RT da gama alta (só é possível passar para a 1ª desta gama);
- alavanca de inversão que é sincronizada com o ponto morto.

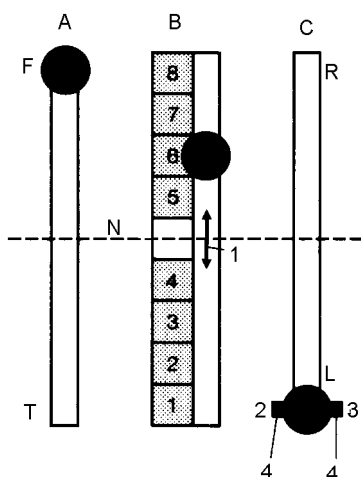


Figura 10- Disposição das alavancas de comando do amplificador electro-hidráulico quádruplo com inversor mecânico. A- Inversor AF- Para a frente AT- Para trás B- Alavanca das 2 gamas de RT(s) C- Alavanca das altas (R) e baixas (L)
Fonte: BP (1993)

A selecção das alavancas anteriores é indicada num mostrador de cristais líquidos onde aparece também a velocidade teórica do tractor e os códigos das anomalias que eventualmente estejam a ocorrer.

3.3.2.2- Caixa semi-automática quádrupla com trens epicicloidais

As caixas quádruplas, accionadas por embraiagens e travões assistidos electronicamente, distinguem-se entre si pelo tipo e número de trens epicicloidais e pela forma de assistência dos comandos; as engrenagens das caixas estão separadas das dos inversores que têm comandos independentes.

Considerando-se os diferentes tipos destas caixas tem-se:

- caixa quádrupla com trens epicicloidais simples;
- caixa quádrupla com inversor e trens epicicloidais múltiplos.

3.3.2.2.1- Caixa quádrupla com trens epicicloidais simples

Neste tipo de caixas o grupo das quatro RT(s) que funcionam sob carga é accionado directamente pelo motor e é constituído por:

- dois trens epicicloidais iguais tendo cada um um carreto solar, quatro satélites e uma roda de coroa;
- duas embraiagens, uma à entrada e outra à saída, com engrenamento mecânico por molas e desengrenamento por um travão comandado hidraulicamente por um êmbolo exterior alimentado por uma electroválvula.

Relativamente à posição deste grupo está colocado antes do inversor e da caixa de velocidades convencional, que tem 8 RT sincronizadas e duas gamas, obtendo-se assim um total de 32 RT(s).

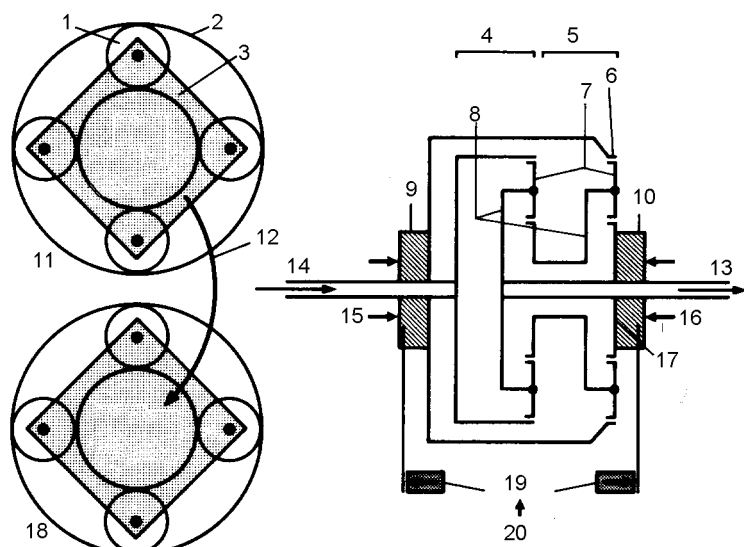


Figura 11- Representação esquemática dos elementos que constituem a caixa quádrupla com trens epicicloidais simples

1- Satélite 2- Roda de coroa 3- Porta-satélites 4- 1º Trem 5- 2º Trem 6- Roda de coroa 7- Satélite 8- Porta-satélite 9- Embraiagem de entrada 10- Embraiagem de saída 11- 2º Trem 12- Comando de bloqueio ou rotação 13- Caixa de velocidades convencional 14- Motor 15- Mola 16- Mola 17- Planetário 18- 1º Trem 19- Êmbolos das embraiagens dos freios 20- Electro-válvulas

Fonte: BP (1993)

A transmissão nos trens epicicloidais faz-se pela entrada do movimento pela roda de coroa e a saída pelo porta-satélites do trem seguinte, sendo as 4 RT(s) obtidas pela velocidade de rotação do planetário do primeiro trem que é accionado pelo porta-satélites do segundo trem. Assim, considerando as diferentes RT(s) estas obtêm-se por:

- 1ª RT, por bloqueio do planetário pela roda de coroa do segundo trem, sendo esta bloqueada pelos travões de entrada;
- 2ª RT, velocidade lenta, por accionamento do planetário pois a roda de coroa do segundo trem é accionada por engrenamento provocado pelas molas da embraiagem de entrada;
- 3ª RT, velocidade média, por rotação da roda de coroa do segundo trem, que é accionado como o anterior, e bloqueio do planetário do segundo trem que está ligado ao freio de saída, mas que não interfere com o veio de saída;
- 4ª RT, transmissão directa, por rotação da coroa e do planetário do segundo trem, com engrenamento pelas molas das duas embraiagens.

Considerando a forma como se efectua a selecção das RT(s) em carga, esta é obtida por deslocamento de uma alavanca de curso curvilíneo e com quatro posições, cuja colocação permite que a mão direita fique livre; a relação seleccionada, assim como a gama da caixa de velocidades convencional, é indicada no mostrador de bordo.

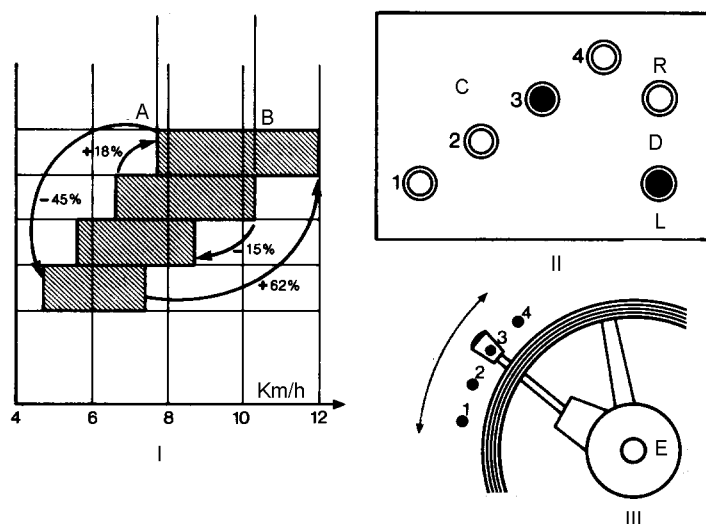


Figura 12- Caixa semi-automática quádrupla com trens planetários simples

A- Regime correspondente ao binário máximo B- Regime máximo C- Indicadores luminosos das relações engrenadas D- Gamas de velocidades (R- rápidas L- lentas) E- Volante da direcção
I- Escalonamento das velocidades II- Indicações do quadro de bordo III- Comando por alavanca de deslocamento rápido

Fonte: BP (1993).

As principais características deste comando são:

- a temporização da segurança no caso de se passar da 1ª para a 4ª RT, pois o módulo electrónico efectua a passagem pelas velocidades intermédias conforme a carga do motor, ou seja, faz com que haja uma quebra de regime de $\pm 12\%$, entre a 1ª e a 2ª, ou a supressão da passagem pelas RT(s) superiores caso o regime motor seja baixo. Inversamente a retrogradação das RT(s) superiores não pode ser efectuada enquanto o regime do motor não se aproximar do regime nominal;
- a limitação económica do regime do motor para os trabalhos de transporte, nomeadamente ao regime máximo para a 2ª RT, a 90 % do regime para a 3ª RT, e a 75 % do regime para a 4ª RT;
- a limitação da velocidade máxima em transporte, por acção do módulo electrónico, com indicação sonora quando a velocidade se aproxima dos 30 Km/h, e retorno automático à 2ª RT quando a velocidade atinge os 33 Km/h.

Para além dos aspectos apresentados estas caixas apresentam outras características, nomeadamente a mesma percentagem de variação de velocidade entre as várias relações, pois os dois trens têm as mesmas dimensões; a variação, quando se muda para uma RT superior, é de + 18 %, e para uma relação inferior de - 15 %, o que permite uma variação total de + 62 % e - 45 %, respectivamente. A utilização de embraiagens de accionamento mecânico, por molas, permite que o tractor se mantenha engrenado quando está parado, o que é um factor de segurança importante quando aquele se encontra em terrenos inclinados; estas embraiagens não substituem a embraiagem principal que é necessária para alterar as duas gamas de 4 RT(s) da caixa clássica.

3.3.2.2- Caixa quádrupla com inversor e trens epicicloidais múltiplos

Nas caixas quádruplas com inversor e trens epicicloidais múltiplos o grupo das 4 RT(s) que funcionam sob carga é accionado directamente pelo motor e dispõe de duas embraiagens, em que a 1ª, que está colocada entre o grupo e o inversor, funciona de embraiagem principal, e a 2ª, que está integrada no inversor e é accionada hidraulicamente, dispõe de um ponto morto. O grupo das RT que se mudam em carga apresenta dois compartimentos, um para as 4 RT(s) para deslocamento para diante, que permitem um acréscimo de 21 % no regime, e um outro, para o inversor, que permite aumentos de 18 %, em relação às RT anteriores.

Relativamente às RT(s) que possibilitam o tractor deslocar-se para a frente são obtidas por trens epicicloidais com três planetários de diferentes diâmetros, uma roda de coroa e três conjuntos de satélites montados num porta-satélites.

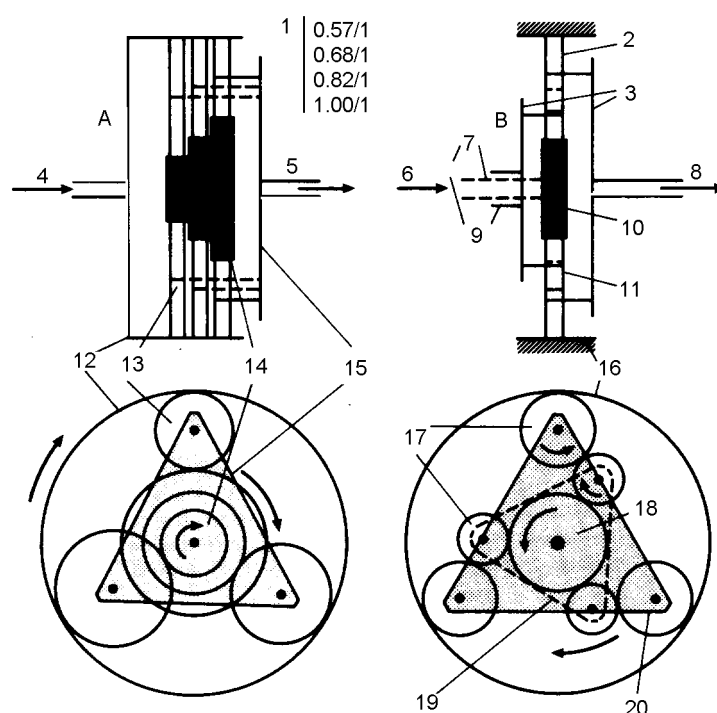


Figura 13- Representação do funcionamento de dois trens epicicloidais com vários planetários.

A- Trem epicicloidal para obtenção de quatro relações de transmissão sob carga B- Trem para obtenção da marcha a trás

1- Diferentes desmultiplicações 2- Satélite interior 3- Porta-satélites 4- Motor 5- Inversor 6- Embraiagem 7- Veio 8- Caixa de velocidades convencional 9- Tambor 10- Planetário 11- Satélite exterior 12- Roda de coroa 13- Três conjuntos de satélites 14- Três planetários 15- Porta -satélites 16- Roda de coroa fixa 17- Satélites interiores e exteriores 18- Planetário 19- Porta-satélites exterior 20- Porta-satélites interior

Fonte: BP (1993)

Relativamente ao accionamento estes trens são comandados hidraulicamente por êmbolos que actuando em três travões que condicionam o movimento do porta-satélites. A inversão do sentido da marcha é obtida por um segundo trem múltiplo (vários planetários), uma roda de coroa e satélites interiores ou exteriores a esta última, montados num porta-satélites.

O funcionamento os trens epicicloidais relativos às RT(s), que estão sob carga, faz-se pelo accionamento da roda de coroa pelo motor, accionando o porta-satélites o veio onde estão montadas as quatro embraiagens; estas relações são obtidas pelos três planetários de diferentes diâmetros.

Considerando separadamente as RT(s) estas obtêm-se por:

- 1ª RT, correspondente à velocidade mais baixa, bloqueio do 1º carreto, rotação do satélite e do porta-satélites, que gira mais devagar que a roda de coroa;
- 2ª RT, por bloqueio do 2º carreto, rotação do satélite do meio e do porta-satélites, que gira mais devagar que a roda de coroa, mas é mais rápido que na situação anterior;
- 3ª RT, por solidarização do 3º planetário com a embraiagem e sua travagem pelo porta-satélites para que o seu movimento seja mais rápido que o anterior;
- 4ª RT, transmissão directa, solidarização dos dois planetários, um com o veio da embraiagem e o outro com o carter desta. Nesta situação os satélites estão bloqueados e o porta-satélites gira com a roda de coroa que é directamente accionada pelo motor.

O funcionamento os trens epicicloidais relativos ao inversor faz-se, em deslocamento para a frente, por transmissão do movimento pelo veio da 1ª embraiagem, cujo carter é solidário com o porta-satélites; o veio da embraiagem forma o carreto central que está solidário com o veio de saída, accionando o carter este veio. Em deslocamento para trás, a roda de coroa é bloqueada e o porta-satélites, accionado pela embraiagem, provoca primeiro a rotação dos satélites exteriores em volta da roda de coroa que está imóvel, e depois a rotação dos satélites interiores em sentido inverso; o porta-satélites destes últimos acciona o veio de saída da caixa também em sentido inverso.

Considerando a selecção das RT(s) e do sentido de marcha aquele é efectuado por uma única alavanca, com curso rectilíneo contínuo, mas com um ponto morto central.

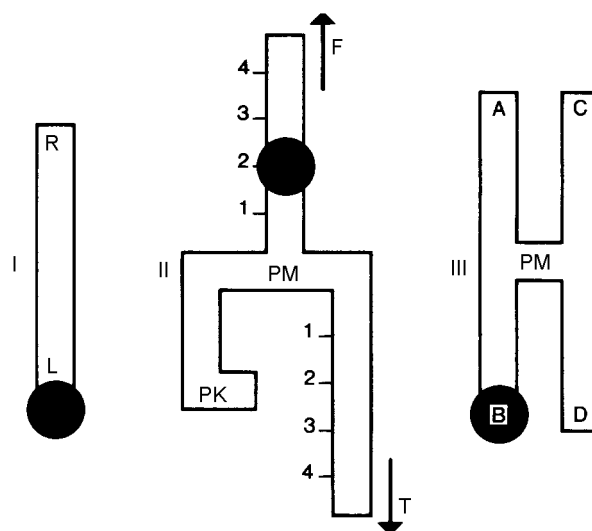


Figura 14- Representação esquemática das diferentes posições da alavanca de comando da caixa quádrupla com inversor e trens epicicloidais múltiplos.

I- Alavanca das gamas de velocidades II- Curso da alavanca da caixa III- Curso da alavanca das velocidades;

IR- Gama alta IL- Gama baixa F- Para a frente PK- Travão de estacionamento T- Para trás IIIA (B, C, D)- Diferentes posições da alavanca de velocidades

Fonte: BP (1993)

Como se pode observar o curso da alavanca para engrenar as RT(s) para a frente ou trás, tem as mesmas indicações, sendo o comando de accionamento assistido por dispositivos de regulação e de modulação da pressão do óleo para assegurar a suavidade na alteração das relações e do sentido de deslocamento.

Para além dos aspectos apresentados a caixa-inversora quádrupla constitui um elemento modular de transmissão o que permite a sua montagem posterior nos tractores com caixas clássicas com velocidades sincronizadas.

3.3.3- Automatização ampliada

A automatização ampliada refere-se às caixas «powershift» em que é possível passar sob carga e com inversão de marcha 9 RT(s), e que estão associadas com uma caixa de velocidades convencional com 3 RT(s), obtendo-se assim um total de 27 RT(s) para a frente e para trás.

Para além dos elementos mencionados estas transmissões apresentam:

- uma embraiagem principal, accionada por pedal, para mudança das RT(s) da caixa convencional;
- um inversor mecânico de controlo electrónico.

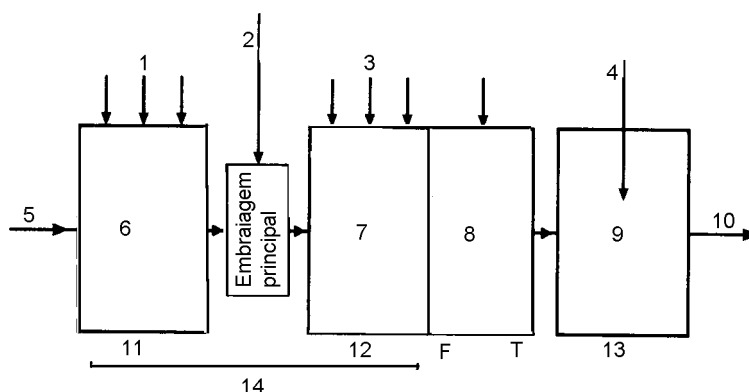


Figura 15- Representação esquemática de uma caixa «powershift» com automatização ampliada.
 1- Três embraiagens dos travões 2- Três discos de embraiagem 3- Um disco de embraiagem 4- Pedal de comando directo 5- Alavanca da caixa de velocidades 6- Motor 7- Embraiagem principal 8- Carretos montados em dois veios 9- Inversor 10- Caixa de velocidades convencional 11- Diferencial 12- Três RT 13- Três RT 14- Nove RT.

Fonte: B.P. (1993)

Relativamente à constituição dos dois grupos de 9 RT(s), cujo accionamento é efectuado por embraiagens de comando electro-hidráulico e em que progressividade entre relações é de 15 - 20 %, (ver figura 15) tem-se:

- 1º grupo, constituído por dois conjuntos de trens epicicloidais comandados por três embraiagens ou travões que permitem obter as três primeiras RT(s);

- 2ª grupo, formado por carretos comandados por três embraiagens, que permitem obter as três últimas RT(s).

Considerando o controlo dos comandos ele é assegurado electronicamente por um microprocessador que gere o funcionamento das válvulas das embraiagens, controlando assim a escolha da relação conforme os regimes do motor e do veio de saída da caixa; nos casos mais simples a escolha da relação é efectuada por meio de uma alavanca com dois cursos rectilíneos e paralelos, ligados entre si por um curso transversal neutro, sendo a indicação da relação escolhida e sentido de deslocamento indicada num mostrador.

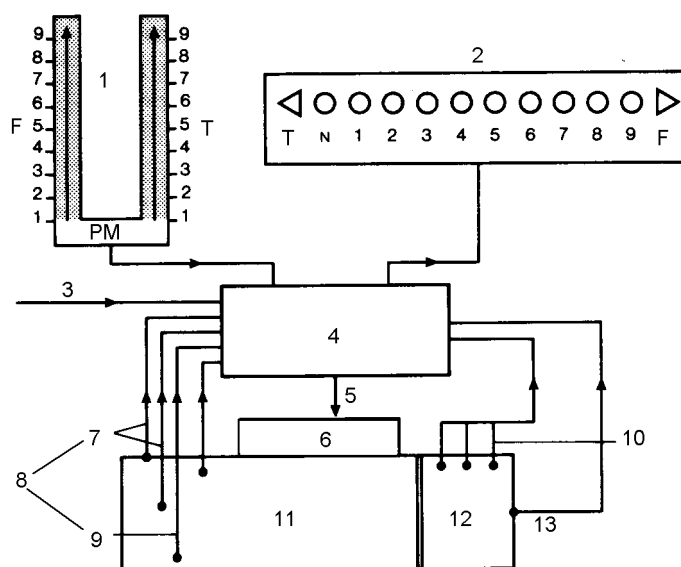


Figura 16- Representação da posição dos comandos e controlos da transmissão da caixa «powershift» com automatização ampliada.

1- Alavanca das velocidades 2- Indicar da relação engrenada 3- Captor do regime motor 4- Caixa electrónica 5- Captor do sentido do deslocamento 6- Caixa das electroválvulas 7- Captor de pressão 8- Captore de óleo 9- Captore da temperatura do óleo 10- Captor da gama 11-Caixa «powershift» 12- Caixa de velocidades com 3 gamas 13- Captor do regime de saída da caixa

Fonte: B.P. (1993)

O microprocessador nestas caixas impõe a passagem pelas RT(s) intermédias e a sua permanência, caso seja necessário obter uma variação progressiva da velocidade.

Quanto aos comandos manuais estes utilizam-se para:

- inversão do sentido da marcha;
- alteração da gama das velocidades;
- accionamento directo da caixa de velocidades convencional. Nesta operação é necessário actuar no pedal da embraiagem principal antes de engrenar a RT, mas, caso o regime seja demasiado alto para a relação que se pretende, o microprocessador comanda a retrogradação das relações.

Para além do controlo electrónico do regime do motor e do veio de saída da caixa, a central electrónica está ligada a captore que indicam o sentido do deslocamento e a gama de velocidades

engrenada e a captos de controlo da pressão, da temperatura do óleo da transmissão e da pressão do óleo da embraiagem principal. A central electrónica detecta as anomalias de funcionamento podendo, nas situações pouco graves, alterar apenas as RT(s), ou, para as situações graves, imobilizar o tractor.

Os comandos destas caixas podem apresentar uma colocação diferente da referida podendo, por exemplo, estarem dispostos numa consola transportável ou então numa alavanca multifuncional.

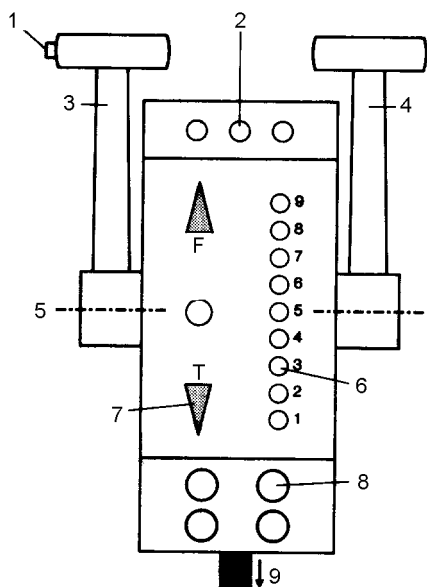


Figura 17- Representação da disposição dos comandos e controlos numa consola transportável.

1- Fixação 2- Indicador de gama 3- Alavanca de inversão do sentido 4- Alavanca para engrenar as 9 RT 5- Eixo de rotação 6- Indicador luminoso da relação engrenada 7- Indicador do controlo do inversor 8- Interruptores dos comandos anexos 9- Ligações eléctricas

Fonte: B.P. (1993)

Como se observa na figura 17, existem duas alavancas laterais, sendo a da direita para passagem das 9 RT sob carga e a da esquerda para a inversão do sentido de deslocamento, ou obtenção do ponto morto. Para além destas alavancas existem ainda três indicadores luminosos relativos às gamas de velocidades e

quatro interruptores para accionamento de comandos das transmissões.

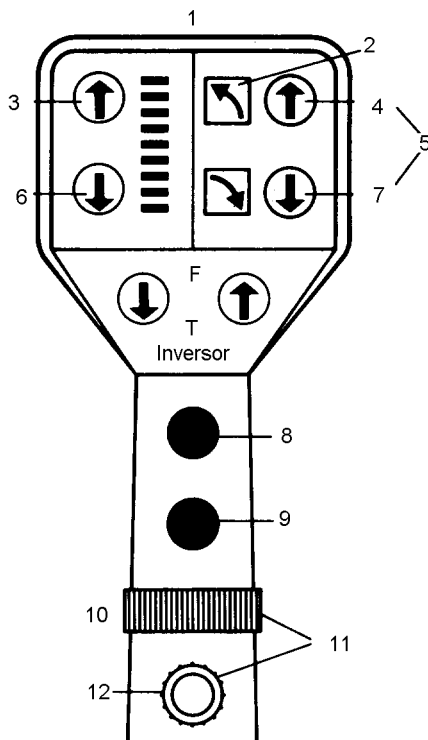


Figura 18- Representação dos comandos de uma alavanca multifuncional

1- Escala luminosa das RT 2- Testemunha luminosa 3- RT(s) para a frente 4- Subida 5- Sistema hidráulico 6- Rt(s) para trás 7- Descida 8- Indicação de ponto morto 9- Retorno ao comando inicial 10-

Zona de rotação da alavanca 11- Reguladores de posição da alavanca 12- Regulador de posição para a frente e trás

Fonte: B.P. (1993).

A alavanca multifuncional, figura 18, que é orientável apresenta vários botões para engrenamento das RT(s) de deslocamento para a frente ou para trás, e para o inversor e posição de ponto morto. Para além destes comandos estas alavancas podem ainda apresentar indicadores luminosos, botões para variação do regime do motor e accionamento do sistema de ligação das alfaias, etc.

3.3.4- Automatização total

A automatização total é caracterizada pela possibilidade que existe de se mudar qualquer RT sob carga, sem desembraiar, utilizando apenas uma alavanca de velocidades.

Estas caixas de velocidades «powershift», apenas utilizadas em tractores de grande potência, são de três tipos diferentes, que se distinguem por:

- serem constituídas por carretos clássicos ou trens epicicloidais, de engrenamento permanente;
- terem comandos hidráulicos, que podem ser accionados directamente por uma ou duas alavancas com curso rectilíneo, ou comandos assistidos electronicamente tendo então as alavancas um curso cruzado e muito pequeno. Neste caso, existe sempre uma embraiagem accionada por pedal para as manobras de maior precisão.

3.3.4.1- Caixas automáticas constituídas por carretos e de comandos hidráulicos

Estas caixas automáticas são constituídas por carretos solidários com os veios através de embraiagens comandadas hidraulicamente.

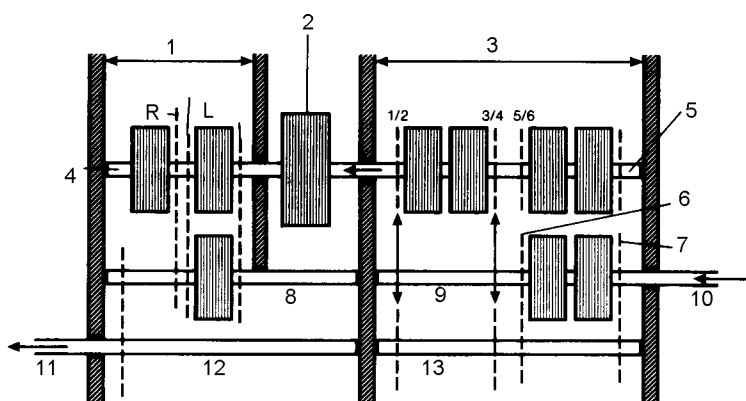


Figura 19- Representação de uma caixas automáticas constituídas por carretos e com comandos hidráulicos

1- Caixa de selecção das gamas com três embraiagens 2- Embraiagem principal 3- Caixa de velocidades com seis embraiagens 4- Veio primário principal 5- Veio secundário 6- Relações ímpares 7- Relações pares 8- Veio intermédio 9- Veio primário da caixa de velocidades 10- Motor 11- Diferencial 12- Veio secundário 13- Veio intermédio

Fonte: B.P. (1993)

Como se pode observar na figura 19, existe, à entrada, uma caixa de velocidades com três veios, sendo um relativo ao veio primário, que recebe movimento do motor, e que tem um disco amortecedor e dois carretos um das RT ímpares e o outro das pares. O segundo veio (secundário) tem quatro carretos relativos a três velocidades para a frente e uma para trás, e o terceiro, que é um veio intermédio, permite obter 6 RT(s) para a frente e 2 RT(s) para trás.

Para além da caixa anterior existe ainda uma outra relativa às gamas, com três veios, dos quais o primário e o intermédio têm três carretos, transmitindo outros tantos regimes ao veio secundário.

Os comandos hidráulicos destas caixas permitem tornar solidários ou libertar os carretos com os veios em que estão montados, havendo ainda uma embraiagem principal de grande diâmetro, que liga as duas caixas anteriores, para permitir um escorregamento temporário por forma a que a mudança das RT(s) se faça com suavidade e para limitar o binário transmitido; o bloqueio das engrenagens sobre os veios é feito por embraiagens accionadas por um distribuidor hidráulico rotativo, comandado por uma alavanca de selecção e assistido por dois acumuladores de pressão e uma válvula de protecção.

Relativamente à alavanca de velocidades ela é deslocada segundo dois cursos rectilíneos paralelos e com uma posição de bloqueio

3.3.4.2- Caixas automáticas constituídas por trens epicicloidais e com comandos hidráulicos.

Estas caixas automáticas são constituídas por quatro conjuntos de trens epicicloidais cujo movimento é controlado por:

- embraiagens de accionamento dos veios;
- travões para bloqueio das rodas de coroa, para permitir a transmissão ao porta-satélites e satélites.

Relativamente à colocação dos trens um está à entrada da caixa e três à saída. O primeiro conjunto, que é precedido por duas embraiagens, e seguido por uma embraiagem e um travão, permite obter 4 RT(s) e o segundo conjunto, em que os dois primeiros trens são duplos, permite 5 RT(s) para a frente e 2 RT(s) para trás; no total dispõe-se de 19 RT(s) para a frente e 7 RT(s) para trás.

Quanto aos comandos hidráulicos de assistência electrónica estes permitem o accionamento das embraiagens e travões através de fluxos de óleo sob pressão, que são dirigidos por um distribuidor rotativo comandado por uma alavanca com curso rectilíneo. O funcionamento do distribuidor é complementado por um dispositivo de temporização e progressividade da pressão do óleo que permite suavizar as mudanças das RT(s); é possível passar do ponto morto para, por exemplo, a 7ª RT, pois a caixa engrena sucessivamente as RT(s) intermédias.

3.3.4.3- Caixas automáticas constituídas por carretos e com comandos electrónicos.

As caixas automáticas constituídas por carretos e com comandos electrónicos, têm 22 carretos, engrenados permanentemente, sobre vários veios horizontais cuja rotação é controlada por embraiagens de comando hidráulico mas sob o controlo de uma caixa electrónica.

Em relação aos elementos mecânicos, existe uma embraiagem à entrada, que funciona de limitador de binário, e mais 9 distribuídas igualmente por três grupos; o 1º grupo tem as duas embraiagens relativas às gamas (para a frente) e uma para trás, fornecendo as 6 seguintes, 6 RT(s) em dois níveis diferentes. No total existem 18 RT(s) para a frente e 9 para trás, que são obtidas por um par de carretos de cada um dos grupos.

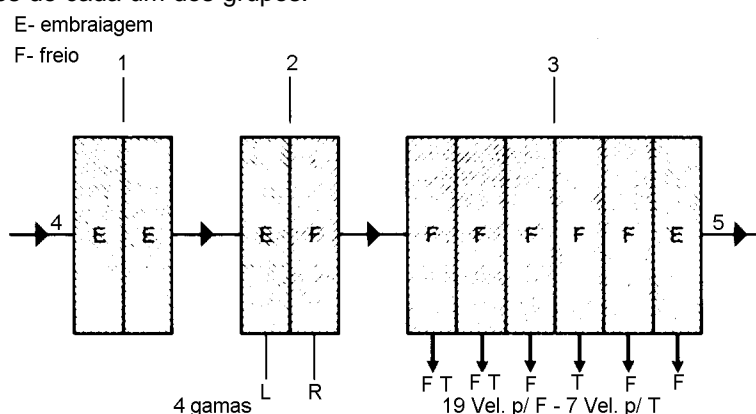


Figura 20- Representação dos comandos das engrenagens dos trens epicicloidais

1- Embraiagens de entrada 2- Trem epicicloidal de entrada 3- Trem epicicloidal de saída 4- Motor 5- Ponte traseira

L- Velocidades lentas R- Velocidades rápidas F- Velocidades para a frente T- Velocidades para trás.

Fonte: BP (1993)

O microprocessador que gere permanentemente a caixa electrónica, que é accionada por um pedal e uma alavanca, tem as seguintes funções:

- interpreta as medições efectuadas pelos captore de regime colocados à entrada e saída da caixa;
- programa a RT proposta pela posição da alavanca de velocidades e posição do pedal;
- acciona os comandos eléctricos das electro-válvulas que accionam as embraiagens, sob pressão modulada de óleo em função dos regimes de entrada e saída do motor e da velocidade de deslocamento, para engrenar a relação escolhida.

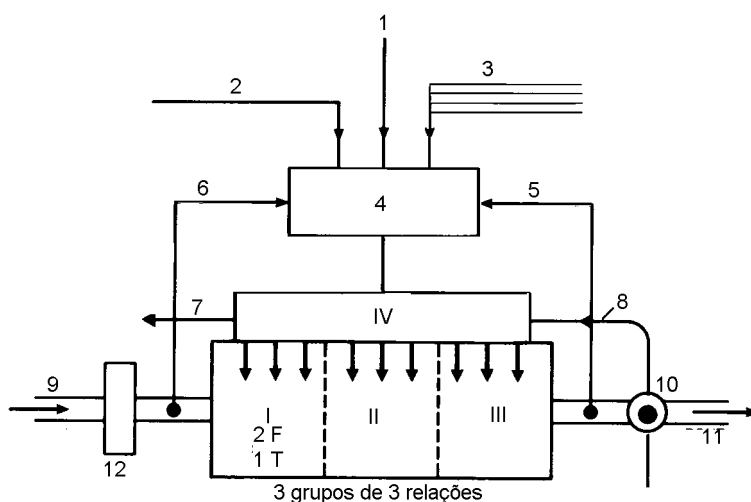


Figura 21- Representação dos comandos electrónicos de uma caixa com comandos electrónicos sobre os carretos.

I, II, III- Compartimentos da caixa de velocidades com engrenagens clássicas e nove embraiagens; IV- Caixa das electroválvulas

1- Contacto 2- Pedale 3- Contactos da alavanca 4- Microprocessador 5- Captor do regime à saída da caixa de velocidades 6- Captor do regime do motor 7- Retorno 8- Óleo sob pressão 9- Motor 10- Bomba hidráulica 11- Ponte traseira 12-

Embraiagem limitadora de binário

Fonte: BP(1993).

As indicações relativas ao sentido de deslocamento, relação seleccionada e os códigos de diagnóstico das anomalias são visualizados num mostrador.

Relativamente aos comandos geridos pelo operador eles são a alavanca de velocidades, o programador de inversão de marcha e o pedal da embraiagem. A primeira pode ser utilizada aplicando pequenos impulsos para obter a relação imediata ou por pressão prolongada para passar relações sucessivas até se atingir a desejada. Deslocando a alavanca no sentido longitudinal, para a frente (trás), o tractor desloca-se nesse sentido, correspondendo a posição central ao ponto morto; o deslocamento transversal para a direita (esquerda) da alavanca em cada uma das posições anteriores, faz aumentar (diminuir) o número da RT.

A inversão do sentido de marcha, para uma dada relação, efectua-se automaticamente por pressão sobre uma alavanca, que muda todas as relações intermédias; a relação de transmissão a obter pode ser programada previamente.

O pedal da embraiagem permite fazer manobras de precisão, para o que é desligada a transmissão pelo processador, podendo assim o operador ficar com as duas mãos livres. Esta situação é muito útil nos trabalhos de transporte em que o operador ao actuar neste pedal e no acelerador faz variar a RT, pois o processador interpreta as variações da posição do pedal e do regime do motor para modificar a RT.

Bibliografia

AAVIM. Tractor transmissions. Georgia. AAVIM

B.P. (1991). Perfectionnements récents des tracteurs **156**: 1-24. B.P.

B.P. (1993). Récentes transmissions Powershift de tracteur **159**: 1-24. B.P.

CEMAGREF. (1992). Les tracteurs agricoles. Technologie de l'agriculture. Antony. CEMAGREF.

CNEEMA- Livre du Maître.(1976). Tracteurs et machines agricoles. Antony. CNEEMA.

Deterre, D. (1983). Les trains planétaires et leurs applications. TMA **811**: 41-44. CEMAGREF

Deterre, D. (1984). Les systèmes amplificateurs de couple manoeuvrables sans débrayer. TMA **812**: 39-44. CEMAGREF.

Lecocq, J. (1991). Les boîtes de vitesse semi-automatique des tracteurs à changement des rapports sous charge. Perspectives Agricoles **162**: 59-64.