

A ELECTRÓNICA NOS TRACTORES AGRÍCOLAS 1997

1- Introdução

A utilização e expansão da electrónica nos equipamentos agrícolas não tem acompanhado o desenvolvimento verificado em outras actividades, nomeadamente as militares e do sector automóvel, pois, para além de uma evolução mais lenta dos equipamentos agrícolas, as condições de realização das operações nesta actividade são, geralmente, de difícil reprodutividade.

Apesar destes constrangimentos, as marcas de maior implantação, têm absorvido gradualmente estas tecnologias, melhorando quer as condições de conforto e segurança do operador, quer o funcionamento das máquinas. Pode afirmar-se que, num futuro não muito distante, a electrónica será utilizada em praticamente todos os equipamentos, tornando-se o tractor uma central de decisão, de utilização obrigatória para a gestão das explorações.

Assim, a utilização da electrónica permitirá a assistência na condução e a automatização de determinadas operações, tornando o trabalho do operador mais preciso e simples.

2- A aplicação de captores e sistemas electrónicos nos tractores agrícolas

A aplicação da electrónica nos tractores baseia-se na utilização de captores que, quando sujeitos à acção de parâmetros físicos e mecânicos, permitem a sua quantificação. Estes são posteriormente transmitidos, como sinais eléctricos de corrente contínua, com valores de tensão e intensidade muito baixos, para uma unidade central, com um ou mais microprocessadores, que trata a informação e a envia para os elementos de recepção. Estes podem ser passivos, quando a informação é armazenada em memória, ou activos, quando, por exemplo, são accionados determinados mecanismos, como, por exemplo, electroválvulas.

Nos tractores a electrónica é utilizada, basicamente, para:

- controlo do funcionamento do tractor;
- automatização das operações.

2.1- Controlo do funcionamento do tractor

A utilização de computadores de bordo para controlo (monitorização) do funcionamento do tractor, designada genericamente por electrónica monitorizada, permite:

- receber, quase instantaneamente, os dados medidos pelos captores, nomeadamente os referentes à velocidade real, regime motor, etc.;
- fazer cálculos, a partir dos dados medidos, para determinação, por exemplo, do escorregamento, consumo de combustível, etc.;
- comparar os dados medidos e calculados com valores de referência e valores memorizados.

Os sistemas electrónicos são considerados computadores de bordo quando o condutor pode intervir nas operações sujeitas a controlo electrónico; o comportamento do tractor deve-se, assim, em parte, à acção do condutor.

2.1.1- Controlo da velocidade real

O controlo da velocidade relativamente ao solo é, regra geral, efectuado por um radar dirigido para o terreno, com uma inclinação de 35°-45°, cujo funcionamento se baseia no efeito de Doppler. Este consiste na variação aparente da frequência da onda electromagnética recebida, relativamente à emitida, apresentando o sinal recebido, após reflexão no solo, uma variação de frequência proporcional à velocidade de deslocamento do tractor. As frequências variam entre os 10 - 24 GHz (Gigahertz), proporcionando os valores mais elevados uma melhor definição do sinal e, portanto, maior sensibilidade.

Não sendo a radiação emitida perigosa para o homem deve, no entanto, evitar-se olhar directamente para o emissor durante o funcionamento.

Considerando as frequências emitida (Fe) e recebida (Fr) a fórmula que traduz o fenómeno de emissão - recepção das ondas, que induzem ao funcionamento do radar, é a seguinte:

$$Fr - Fe = Fe \times \text{Erro!};$$

em que o sinal de \pm depende do sentido do movimento.

Os captores de medição de velocidade devem ser colocados, sensivelmente, a meio do tractor, por forma a minimizar as oscilações verticais do trem dianteiro, e as radiações devem ser emitidas em sentido oposto do movimento, para maior protecção do captor.

O grau de precisão, que depende da velocidade de deslocamento, regularidade do terreno, mudança da textura e coloração do solo, etc., situa-se, para velocidades superiores a 2 km.h⁻¹, nos 2 - 3%.

2.1.2- Controlo do escorregamento das rodas motrizes

O escorregamento, medido em percentagem, é a razão entre a diferença da distância teórica (D) e real (d), e a distância teórica, ou seja:

$$g (\%) = \frac{D - d}{D}$$

Em termos de velocidade, o escorregamento é obtido por:

$$g (\%) = \frac{Vt - Vr}{Vt}$$

em que Vt é a velocidade teórica e Vr a real.

Para determinação da distância teórica é necessário conhecer o número de voltas e o diâmetro das rodas. O diâmetro é introduzido através da consola do sistema electrónico e o número de voltas das rodas é medido por um sensor, magnético ou óptico, colocado em posição fixa, que conta os impulsos criados por uma roda dentada, ou pelas faixas radiais de uma coroa circular, montada na jante; estas faixas são alternadamente escuras e claras para permitir a sua contagem. Com o número de impulsos o processador calcula o número de voltas da roda que, juntamente com o diâmetro, permite determinar a distância teórica; a distância real é obtida por um radar.

As taxas de escorregamento dependem, fundamentalmente, da força de tracção desenvolvida, considerando-se como aceitáveis, em condições de trabalho no campo, valores de 10 - 15% ou perdas de velocidade de 1 km/h. Valores superiores conduzem a gastos exagerados de combustível e pneus e maior compactação do solo e valores inferiores, motivados por uma lastragem exagerada, conduzem ao aumento da resistência ao rolamento com a consequente perda de potência e aumento do consumo.

O sistema de controlo de escorregamento é muito importante, havendo mesmo tractores em que se sobrepõe ao sistema de controlo de tracção e posição, ou seja, quando se atinge o valor máximo de escorregamento definido, o equipamento levanta. A substituição do controlo de tracção pelo de escorregamento é especialmente indicada para solos em que a aderência dos pneus é muito variável. Por exemplo, numa zona em que as rodas tenham um baixo coeficiente de aderência, a força de tracção diminui, podendo o tractor ficar imobilizado; uma vez que, nesta situação, o controlo de tracção não actua.

O cálculo da taxa máxima de escorregamento pode ser efectuado de duas formas diferentes:

- seleccionando numericamente no computador de bordo, uma taxa máxima de escorregamento. Quando a regulação efectuada no sistema de elevação não permite manter o escorregamento num nível inferior ao valor introduzido, o computador faz com que a alfaia levante, sendo o operador avisado;

- seleccionando de uma forma contínua, a taxa máxima de escorregamento, que é definida depois de determinada, pelo computador, a taxa média. Este tipo de controlo só é utilizado com os sistemas de elevação do tipo digital, sendo a taxa máxima de escorregamento determinada em função das condições de trabalho.

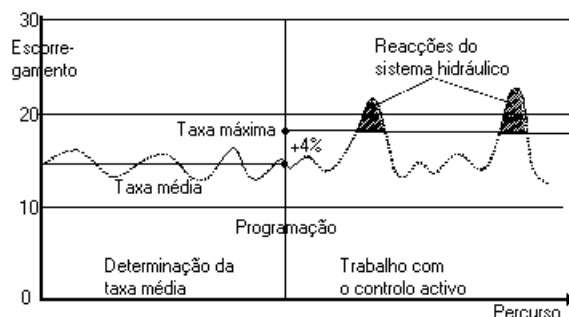


Figura 1 - Programação da taxa máxima de escorregamento em função da taxa média
Fonte: BP Nº 156 (1991)

primeiro corresponde ao consumo medido num espaço de tempo muito curto e o segundo refere-se, por exemplo, ao tempo de trabalho numa parcela.

Utilizando a melhor combinação da relação de transmissão e regime do motor, limitando o escorregamento, é possível obter uma economia média de combustível de $\pm 10\%$.

Assim, em função do valor médio do escorregamento, o operador introduz a variação máxima admissível. Na figura 1 este valor é de 4 %, por forma a poder ultrapassar as variações da força de tracção que se verificam em trabalho contínuo.

2.1.3- Controlo do consumo de combustível

As indicações sobre o consumo de combustível podem referir-se ao consumo instantâneo ou ao consumo médio. O primeiro corresponde ao consumo medido num espaço de tempo muito curto e o segundo refere-se, por exemplo, ao tempo de trabalho numa parcela.

2.1.4- Controlo das funções de manutenção

Os sistemas electrónicos para monitorização das funções de manutenção, dispõem de dispositivos de auto-diagnóstico e auto-controlo. Determinadas marcas de tractores dispõem de sistemas que memorizam os problemas existentes, permitindo que o operador actue antes que estes impeçam o tractor de trabalhar.

2.2- Automatização na execução das operações

A automatização na execução das operações, designada genericamente por electrónica automatizada, permite comandar o funcionamento de determinados sistemas, simplificando o trabalho do condutor, por forma a que este se possa concentrar noutras tarefas. Os dados medidos, calculados ou memorizados, pelo sistema de controlo do funcionamento do tractor, são utilizados para automatização das operações, não tendo o operador ou o meio, interferência na sua determinação.

Os sistemas onde o automatismo é mais utilizado são:

- no bloqueio dos diferenciais;
- na ligação da tracção às quatro rodas;
- na caixa de velocidades;
- na regulação electrónica da injeção
- na regulação electrónica do sistema hidráulico;
- na regulação de embraiar / desembraiar da TDF.

2.2.1- Bloqueio dos diferenciais

A utilização, em situações difíceis, de tractores de quatro rodas motrizes (4RM), faz com que as rodas fiquem sujeitas a diferentes condições de carga e de contacto com o solo. Nestas situações, uma das rodas pode apresentar escorregamento contínuo, o que provoca uma diminuição da força de tracção e desgaste exagerado do pneu, podendo, no caso da falta de aderência ser numa das rodas direccionais, tornar a direcção difícil de controlar.

Para contornar a falta de aderência, o diferencial do trem dianteiro deve ser bloqueado, para evitar que a força de tracção seja desenvolvida, quase exclusivamente, pelo eixo traseiro.

Em alguns tractores de 4RM o ângulo de viragem das rodas dianteiras, é determinado por um sensor, que permite desengatar o trem dianteiro, quando o raio de viragem é superior a um dado valor ($\pm 15^\circ$).

O sistema de bloqueio pode, igualmente, accionar-se automaticamente quando a diferença de velocidade de rotação das rodas, incluindo as dianteiras, atinge um determinado valor ($\pm 18\%$).

2.2.2- Ligação da tracção às quatro rodas

Alguns tractores têm embraiagens multidisco, em banho de óleo, que permitem ligar ou desligar, de uma forma automática, o eixo dianteiro, tornando-o motriz, ou não, conforme as situações. Por exemplo, para velocidades elevadas ($> 14-15$ km/h), a tracção dianteira desliga-se automaticamente, voltando a ligar-se para velocidades baixas. Nestes tractores, com travões nas rodas da frente, quando se trava, liga-se a tracção às quatro rodas permitindo que a aderência das rodas dianteiras melhore a eficiência da travagem.

2.2.3- Caixas de velocidades

As caixas de velocidades mais evoluídas e com comandos electrónicos, permitem uma regulação global da transmissão, ou seja, a escolha optimizada da relação de transmissão e regime motor, para cada situação.

A selecção pode ser efectuada pela definição prévia, a partir de um gráfico com os valores do regime e binário, das curvas de isoconsumo específico, relativas às zonas de consumo mínimo, cuja representação matemática é introduzida no computador de bordo. O computador determina, em função da relação regime motor / regime das rodas, qual a relação de transmissão que está engrenada, e, em função do regime motor e binário, o consumo específico. Quando este consumo difere do consumo específico mínimo, o microprocessador pesquisa na curva de consumo mínimo o ponto em que as prestações do tractor são equivalentes, procedendo à correcção da relação de transmissão e regime motor. Este sistema não pode ser utilizado em trabalhos à TDF, em que é necessário manter constante o regime motor.

A constituição destas caixas consta de uma parte mecânico - hidráulica, formada por um conjunto de carretos permanentemente engrenados, cuja transmissão de movimento é assegurada por embraiagens multidisco, em banho de óleo, e uma parte electrónica, formada por um conjunto de captosres, accionadores, processadores, comandos e indicadores.

Relativamente aos comandos electrónicos estes constam de:

- um selector multifuncional;
- um comando de inversão de sentido de marcha;
- um pedal de accionamento progressivo ("embraiagem").

O selector multifuncional permite escolher a relação de transmissão desejada, deslocando o tractor para a frente, para trás, ou imobilizando-o. Movimentando transversalmente o selector, ao nível dos pontos anteriores, acelera-se (movimento para a direita) ou reduz-se a velocidade (movimento para a esquerda).

A deslocação do selector, para obter a relação imediata, é efectuada apenas com um ligeiro impulso, pois, mantendo-se a pressão na alavanca, as relações vão sendo sucessivamente introduzidas; a indicação, num mostrador numérico, permite ao condutor conhecer qual a relação de transmissão que está a utilizar.

A inversão do sentido de marcha pode ser obtido pelo deslocamento do selector multifuncional até à relação desejada, passando pela posição neutra. A presença de um transmissor de binário permite automatizar a inversão do movimento, pois absorve as diferenças de regime entre o motor e a caixa de velocidades.

O pedal de accionamento progressivo, que se encontra ligado ao processador, tem duas funções principais:

- permitir o deslocamento do tractor, de uma forma gradual e precisa, em trajectos curtos, como por exemplo, para aproximação aos reboques;

- mudar a relação de transmissão, sem utilizar o selector multifuncional, permitindo que a operação seja efectuada sem utilizar as mãos; basta, para o efeito, pressionar o pedal de accionamento progressivo e o acelerador. O número de relações de transmissão que são "passadas", depende do tempo que se tem o pé apoiado no pedal de accionamento.

Para além das funções apresentadas os dispositivos electrónicos permitem ainda:

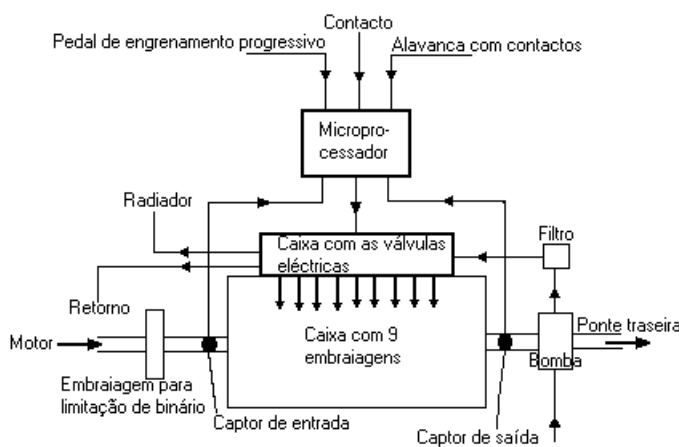
- a inversão do sentido da marcha, de uma forma progressiva, a uma velocidade elevada, pela utilização de diferentes relações de transmissão. Apenas quando se atinge uma velocidade baixa a embraiagem da mudança de sentido é accionada;
- a partir de uma dada relação de transmissão, as alterações poderem ser efectuada apenas com o pedal de accionamento progressivo, sem intervenção do selector;
- seleccionar a relação de transmissão para arranque do tractor.

2.2.4- Regulação electrónica da injeção

As bombas de injeção de accionamento mecânico, com regulador mecânico ou pneumático, têm o débito condicionado pelo operador, que utiliza o acelerador, e pelo regime e carga do motor, que interferem no regulador.

O sistema de regulação mecânico, que é o mais utilizado, tem duas massas que, à medida que aumenta o regime motor, se afastam de um eixo, provocando a compressão das molas do regulador e a diminuição do débito da bomba; não sendo a compressão das molas uniforme

Figura 2- Exemplo de uma caixa de velocidades de comando electrónico
 Fonte: BP Nº 156 (1991)



a diminuição do débito não é directamente proporcional ao deslocamento das massas. A diminuição gradual do débito da bomba dá-se durante um intervalo de regimes, correspondente à compressão das molas, que se designa por zona de acção do regulador ou zona de "corte" de combustível; a existência da zona de acção do regulador faz com que o regime máximo, sem carga, seja superior ao regime máximo (nominal), com carga.

O ajustamento do ponto de injeção, em relação ao regime motor, apenas se verifica nas bombas rotativas, que apresentam um dispositivo corrector do avanço automático. Na maioria das bombas em linha não é possível adaptar o débito ao regime.

O funcionamento das bombas injectoras, com dispositivos electrónicos, não apresenta grandes alterações relativamente às de accionamento mecânico, sendo, no entanto, diferente o sistema de regulação e aceleração. Nestas bombas, o regime é determinado por um captor sendo, nas bombas em linha, a cremalheira de regulação do débito, accionada por uma bobina electro-magnética e, nas bombas rotativas, a regulação do débito e avanço à injeção, efectuados utilizando pequenos motores eléctricos.

As alavancas do sistema de aceleração das bombas de injeção electrónica são substituídas por um fio ligado a um captor de posição do acelerador (potenciómetro), tornando a aceleração muito sensível e precisa, pois não é necessário fazer pressão no pedal para vencer a resistência das molas, nem o atrito das várias articulações.

A regulação electrónica é efectuada em função dos dados introduzidos pelo operador e os determinados pelos captores, nomeadamente os relativos ao regime motor e à carga a que está sujeito, à localização do ponto morto superior de um êmbolo de referência, ao início da injeção (o captor está colocado no bico do injecto), à pressão e temperatura do óleo, à temperatura de funcionamento do motor, à pressão do ar de admissão, e outros. Estas

informações são enviadas para o microprocessador de gestão, que dá as "ordens" de comando relativas ao débito e avanço da injeção; esta gestão permite uma maior segurança no funcionamento do motor e uma redução na libertação de fumos, quando das acelerações.

O grau de irregularidade do regulador nestas bombas é pequeno, podendo o motor ultrapassar as variações de carga, com um regime mais ou menos constante.

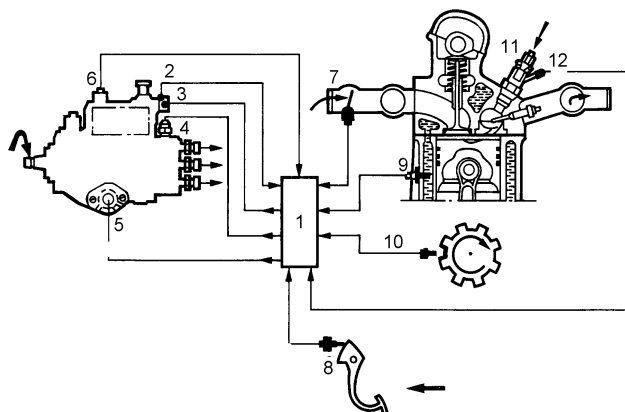


Figura 3- Princípio de funcionamento de um sistema de injeção com comando electrónico

1- Calculador 2- Captor de dosagem 3- Servo-comando de dosagem 4- Stop electrónico 5- Comando de avanço automático 6- Sonda de temperatura do gasóleo 7- Debímetro do ar de admissão 8- Captor de posição do acelerador 9- Sonda de temperatura da água 10- Captor de velocidade 11- Injetor 12- Captor do débito de injeção

Fonte: CEMAGREF (1991)

2.2.5 - Regulação electrónica do sistema hidráulico

O sistema hidráulico, com regulação electrónica, difere do sistema clássico pela forma como são efectuadas as regulações, que são mais precisas, e pela possibilidade de conjugar o funcionamento deste sistema com o sistema de controlo do escorregamento. A utilização de tecnologia hidráulica e mecânica nos sistemas clássicos atingiu níveis qualitativos bastante elevados, pelo que não é previsível uma melhoria significativa, sendo, deste modo, a electrónica a alternativa possível.

O sistema electrónico é constituído por:

- captores de tracção montados nos braços inferiores do sistema tripolar que, através de sistemas deformáveis (barras de flexão), com transdutores de movimento por indução, indicam, pela variação de um sinal eléctrico, a força de tracção;
- captores de posição, montados no veio de rotação dos braços de elevação que, mediante rotação, accionam um transdutor de movimento linear;
- um sistema electrónico de accionamento que, recebendo os sinais dos captores, os compara com os parâmetros introduzidos pelo operador, fazendo actuar um electro - distribuidor.

Não havendo dispositivos mecânicos, ao nível dos comandos, consegue-se, com este sistema, uma grande fiabilidade e insensibilidade ao desgaste. Para além destes aspectos é possível obter várias funções, tais como:

- limitar a altura máxima de elevação da alfaia, evitando ângulos exagerados nos veios de transmissão;
- bloquear, na posição máxima, o sistema de elevação;

Para além dos aspectos mencionados a introdução da electrónica permitiu uma maior reserva de binário, facilitou a condução e optimizou a utilização da potência em condições difíceis. Os motores desenvolvem potências, mais ou menos constantes, junto do regime nominal do motor.

Assim, e em resumo, pode afirmar-se que o controlo electrónico das bombas injectoras, tem as seguintes vantagens:

- ajustamento do débito, em função das diferentes condições de funcionamento;
- optimização dos consumos, em função da carga do motor;
- temporização do débito, quando das acelerações bruscas;
- maior progressividade nas acelerações;

- regular a velocidade para levantar / baixar o equipamento;
- indicar a posição da alfaia, por forma a estimar a sensibilidade da regulação;

Representando esquematicamente o sistema hidráulico com regulação electrónica tem-se:

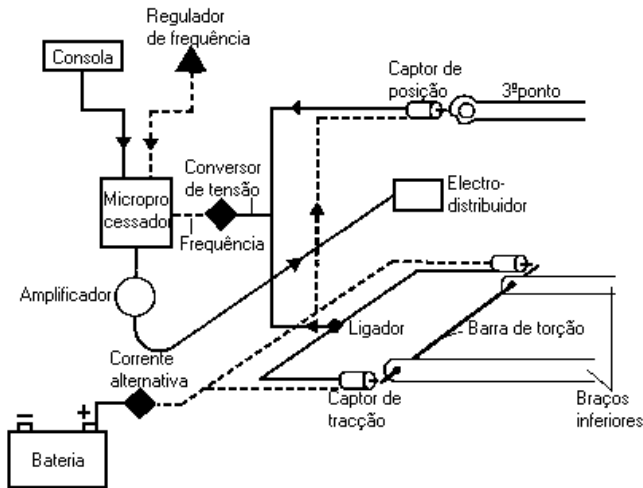


Figura 4- Representação geral do sistema hidráulico de elevação das alfaias com regulação electrónica
Fonte: BP Nº 138 (1982)

O controlo do fluxo de óleo nos êmbolos é assegurado por um electro-distribuidor, gerido pelo microprocessador, em função dos dados introduzidos pelo operador e das informações recebidas dos captores de posição e tracção; os dados fornecidos pelo operador referem-se ao modo de controlo ou sua supressão, profundidade de trabalho e sensibilidade.

O microprocessador, comparando as informações, actua nas electro - válvulas, deslocando-as rapidamente e com grande precisão de movimento, o que permite uma boa qualidade de trabalho.

2.2.5.1- O controlo de posição

A posição dos braços superiores do sistema tripolar é dada pelo contacto dos captores, montados no eixo daqueles, com um excêntrico, do qual resulta a emissão de um sinal eléctrico, cujo valor é comparado com a tensão definida, num potenciómetro, pelo operador

Caso os dois sinais sejam diferentes, o processador envia um sinal eléctrico para o distribuidor que deixa passar o óleo para os êmbolos (subida) ou cárter (descida), fazendo assim movimentar os braços para a posição correcta; neste caso o sinal captado é igual ao fixado.

2.2.5.2- O controlo de tracção

A força de tracção depende da resistência oferecida pelo equipamento com que se está a trabalhar, reflectindo-se no binário desenvolvido ao nível dos semi-eixos. Aumentando o binário nos semi-eixos a carga do motor também cresce, diminuindo o regime, que se aproxima do regime de binário máximo; antes de se atingir este valor é enviado um sinal eléctrico para o distribuidor, para correcção da posição dos braços do sistema hidráulico.

O somatório dos sinais provenientes dos captores, efectuado pelo processador, mesmo que as cargas sejam assimétricas, é proporcional à força de tracção, sendo a correcção efectuada em função do valor médio.

2.3- Regulações na TDF

Na transmissão do movimento para a TDF, a electrónica pode ser utilizada para modular a pressão do óleo na embraiagem, por forma a que o escorregamento, independentemente da carga, não seja superior a um determinado valor ($\pm 2\%$). Pode igualmente ser utilizada para embraiar / desembraiar a cadeia de transmissão e para desligar automaticamente a TDF se o equipamento bloquear.

3- Utilização integrada da electrónica

Os sistemas electrónicos funcionam em conjunto, melhorando as condições de execução dos trabalhos efectuados à tracção e à tomada de força.

3.1- Melhoria da eficiência à tracção

A melhoria da eficiência à tracção é um dos principais objectivo da utilização da electrónica nos tractores. Considerando que esta eficiência depende, entre outros factores, das condições de funcionamento do motor, da caixa de velocidades, da profundidade de trabalho e da eficácia do contacto solo - órgãos de locomoção, é necessário conhecer a relação entre estes factores.

3.1.1- Eficiência da tracção resultante do funcionamento do motor

O aumento da eficiência de tracção, utilizando a regulação da bomba de injeção, baseia-se na relação existente entre o binário motor e a força de tracção desenvolvida.

Quando se utiliza o controlo de tracção e a resistência oposta pelo equipamento aumenta, o binário motor também cresce, fazendo com que o regulador da bomba injectora, gerido pelo processador, conduza a um aumentando de débito; o processador recebe igualmente informações provenientes do sistema hidráulico, pelo que, o aumento de débito e a elevação parcial das alfaias, funcionam, geralmente, em simultâneo.

A utilização do sistema de controlo de posição, para regulação do débito da bomba injectora, verifica-se quando o regime motor diminui, aproximando-se do regime correspondente ao binário máximo, evitando-se assim sobrecargas do motor; alguns destes sistemas "aconselham" a mudança da relação de transmissão.

3.1.2- Eficiência da tracção obtida pela alteração das relações de transmissão

A máxima eficiência à tracção consegue-se com a combinação da relação de transmissão e regime do motor, que permite a diminuição do consumo de combustível e desgaste motor.

Utilizando o regime motor, o regime da rodas e o binário desenvolvido, o computador determina, com os dois primeiros, a relação de transmissão engrenada e, com o regime do motor e binário desenvolvido, o consumo específico. Caso este seja diferente do consumo mínimo, a unidade de controlo baixa a relação de transmissão e o regime, aumentando o binário, até que o consumo se aproxime do seu valor mínimo; o consumo mínimo é dado pelas curvas características do motor.

Alguns tractores utilizam, em vez da economia de combustível, referida no parágrafo anterior, o aumento do débito de combustível (aumento do regime ou da relação de transmissão), em situação de plena carga (binário máximo), com o consequente aumento de rendimento.

A determinação do binário é, geralmente, efectuada indirectamente pela medição da temperatura dos gases de escape.

3.1.3- Eficiência da tracção ao nível das rodas

A capacidade de tracção, depois de consideradas as "performances" do motor e transmissões, depende da aderência do sistema de locomoção.

Implicando a força de tracção um certo escorregamento das rodas, o seu valor deve ser suficientemente baixo, sem sobrecarregar excessivamente os semi-eixos, para que não se verifiquem perdas acentuadas de potência, desgaste anormal dos pneus e compactação exagerada do solo.

Dependendo o aumento da eficiência à tracção da taxa de escorregamento, é aconselhável fazer depender o funcionamento do sistema hidráulico da referida taxa, substituindo o controlo de tracção pelo controlo do escorregamento (controlo do tipo activo).

Quando a força de tracção é obtida com um valor de escorregamento superior ao previamente definido, o sistema hidráulico actua, em tempo real, elevando a alfaia, voltando esta à sua posição inicial, quando se verificar novamente uma melhoria das condições de aderência.

3.2- Funcionamento dos equipamentos accionados pela TDF

O conhecimento da potência desenvolvida pelo motor e pela TDF, medida a partir do binário e regime motor, permite detectar qualquer aumento do regime motor provocado por uma diminuição da potência à TDF; esta diminuição pode resultar, por exemplo, de um decréscimo acentuado no binário provocado pelo escorregamento das rodas.

Conjugando o controlo do sistema hidráulico com o da bomba injectora é possível, quando se utiliza todo o binário motor, estabelecer a força de tracção máxima e, comparando os regimes motor e da TDF, determinar a potência transmitida às alfaias accionadas por esta.

Assim, nesta situação, é possível, interferindo no sistema hidráulico, limitar a força de tracção e, conseqüentemente, a potência para accionamento da TDF, ajustando-as à potência desenvolvida pelo motor e ao escorregamento das rodas.

Bibliografia

- Bodria, L. (1990). La electrónica en el tractor y las máquinas agrícolas. Máquinas e Tractores **7**: 21-29
- Bontemps, P. (1985). Le relevage «electronique» - Exemple des tracteurs Massey Ferguson, Série 2005. BI **333**: 43-47
- B.P. (1982). Tracteurs de grande puissance. La documentation agricole **138**: 1-24
- B.P. (1991). Perfectionnements récents des tracteurs. La documentation agricole **156**: 1-24
- CEMAGREF (1991). Les tracteurs agricoles. Antony. CEMAGREF.
- Deterre, D. (1983). Contrôle électronique des relevages du BIMA. TMA **804**: 22-23
- Deterre, D. (1984). L' électronique pour réguler la pompe d'injection. TMA **813**: 60-61.
- Deterre, D. (1990). Commande électronique de l' injection. TMA **904**: 62-68
- Deterre, D. (1992). Rélevage électronique Zetor. Economie et simplicité. TMA **925**: 20-21
- Lecocq, J. (1990). Liaisons tracteurs, machines, bureau. TMA **904**: 56-60
- Vromandt, G. (1992). Ce qui se cache sur les capots. Cultivar **314**: 56 - 57