

Presente y futuro de la electrificación de la maquinaria agrícola (y II)



John Deere 7530 E-Premium.

Como continuación del artículo publicado en el número 345 de MAQ, suplemento de mecanización de la revista Vida Rural, en este segundo artículo hacemos un repaso de los principales desarrollos en marcha. Se prevé que dentro de unos años los tractores saldrán de fábrica equipados

con tomacorrientes trifásicos, para poder conectar a ellos aperos de accionamiento eléctrico. Como ocurrió en su momento con las transmisiones mecánica -tdf- y oleohidráulica -servicios hidráulicos externos del tractor-, ello habrá de ir acompañado de la necesaria normalización.

G. P. Moreda, M. A. Muñoz,
J. Ortiz-Cañavate.

LPF_TAGRALIA. Departamento de Ingeniería Rural.
Universidad Politécnica de Madrid. CEI Moncloa.

En relación con la motorización de los tractores u otros vehículos híbridos, por ejemplo la pala cargadora con ruedas de la marca Weyhausen cuyo funcionamiento se explica más adelante, un criterio de diseño es sustituir el motor diésel grande de la versión convencional del vehículo -es decir, la versión no híbrida- por un motor diésel más pequeño apoyado por un motor

eléctrico (**figura 1**). Podríamos preguntarnos qué ventaja tiene esto. La respuesta es que los tractores solo funcionan a plena carga una cuarta parte de su tiempo de utilización. Al menos otro 25% del tiempo de utilización el motor de combustión del tractor trabaja al mínimo, mientras que el restante 50% del tiempo corresponde a condiciones de utilización intermedias. Es decir, que la mayor parte del tiempo de utilización del tractor y por tanto del motor diésel podríamos arreglárnoslas con un motor más pequeño, de menor potencia. De ahí surge la idea de elegir un motor diésel de menor potencia y suplementarlo con un motor eléctrico en los momentos en los que se re-

quiera más potencia que la proporcionada por dicho motor diésel. El motor eléctrico de apoyo o refuerzo tiene la ventaja de que no funciona -ni por tanto consume energía- de forma continua; solo cuando entra en funcionamiento. En los momentos en que es necesario su aporte, el motor absorbe corriente de las baterías de TRE que incorporan siempre los vehículos híbridos.

Avances en tractores

Hablemos ahora del concepto de tractor ligeramente híbrido desarrollado por John Deere. En una prueba comparativa entre un

JD 7530 E-Premium y un JD 7530 Premium, es decir, entre la versión electrificada o ligeramente híbrida y la estándar del mismo tractor, se obtuvo un ahorro de combustible del 13,8% con la versión electrificada en una labor con grada accionada, y del 9,3% en arrastre de un remolque. Además, como se puede observar en la **figura 2**, en el caso del E-Premium la potencia desarrollada es mayor que en la versión no electrificada. En el tractor JD 7530 E-Premium, los elementos que pasan a estar accionados por motores eléctricos en vez de mediante transmisión mecánica desde el cigüeñal son: la bomba del agua, el ventilador de refrigeración del motor, el compresor del circuito de aire acondicionado y el compresor para el frenado neumático de remolques. A continuación, para abreviar, vamos a detenernos solo en dos de ellos.

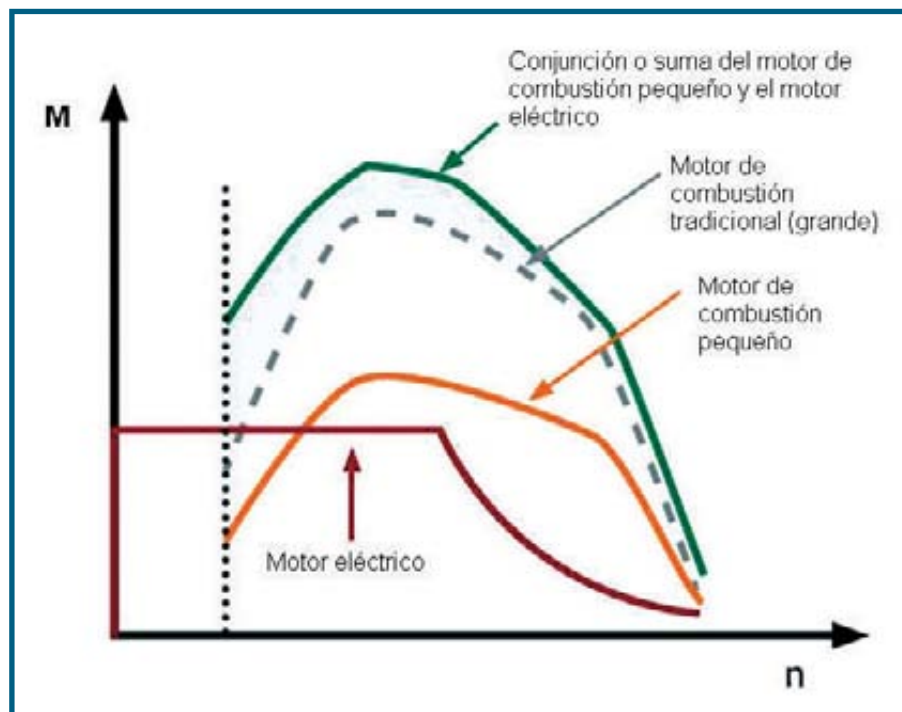
Accionamiento del ventilador de refrigeración del motor

Desde los primeros tiempos de la automoción se comprendió que era imprescindible utilizar un ventilador para ayudar al enfriamiento del agua de refrigeración del motor que tiene lugar en el radiador. Seguramente, para un turismo "lanzando" en carretera llana, y en función de la temperatura ambiente, no sería necesario un ventilador, debido a la corriente de aire originada por la elevada velocidad del vehículo. Pero cuando el vehículo sube un puerto de montaña el motor va muy revolucionado y sin embargo la velocidad de avance es baja, porque vamos en una marcha corta. Lo mismo sucede en un tractor arrastrando un arado de vertedera o un arado chisel: el motor va muy revolucionado y sin embargo la velocidad de avance es muy baja, siendo más baja en el caso del arado de vertedera que en el del chisel. Transmitiendo el movimiento del cigüeñal al ventilador mediante una correa nos aseguramos que cuanto más rápido gire el cigüeñal, más rápido girará el ventilador y por tanto mayor caudal de aire moverá. Esto se hizo así durante muchos años en los coches. Forma parte de la historia del automóvil la clásica avería de que el agua del radiador comienza a hervir como consecuencia de la rotura de la correa del ventilador. En años más recientes algunos hemos podido sufrir esa avería, provocada por un fallo del termostato que no da la orden al electroventilador de encenderse, con lo que el resultado final es el mismo que en el pasado: agua de refrigeración hirviendo y posible deformación de

Figura 1

Curvas de par (M) en función de la velocidad de giro (n). La curva verde es la suma de la naranja y la roja. Comparando la curva verde (correspondiente al diseño híbrido) con la de trazo discontinuo, se deduce que a bajas velocidades el diseño híbrido aventaja al motor de combustión de gran potencia.

Fuente: Heinzmann GmbH & Co. KG.



junta de culata en los casos más graves y es que a partir de un determinado momento, empezó a extenderse en los automóviles la utilización del electroventilador, por eso la mayoría de los automóviles actuales no llevan correa del ventilador; sin embargo, en los tractores se ha seguido utilizando correa del ventilador hasta nuestros días.

Una ventaja importante del electroventilador frente al ventilador accionado mecánicamente mediante transmisión polea-correa es que los manguitos del circuito de refrigeración sufren menos, ya que si en el momento de apagar el motor de combustión la temperatura del agua (líquido refrigerante) aún es alta, el electroventilador puede seguir funcionando unos segundos o minutos más, alimentándose de la batería. De esta forma los manguitos duran más tiempo, es decir, su vida útil es mayor. Hay automovilistas a los que esto les provoca cierta intranquilidad, temiendo que la batería pueda descargarse en exceso debido al consumo del electroventilador a motor de combustión apagado. Pero si la batería está

en buen estado, no debemos temer por esto.

Una utilidad adicional interesante del electroventilador es la posibilidad de invertir fácilmente su sentido de giro, con lo que se puede limpiar el radiador de tamo, polvo, etc. Esto desde luego no se puede conseguir con un ventilador accionado mecánicamente por correa. En el JD 7530 E-Premium, tanto el ventilador como la bomba del agua son accionados por motores eléctricos que varían su velocidad en función de la temperatura del motor diésel (Fone, 2008). Es decir, no se trata de un simple electroventilador de velocidad fija como el habitual en los automóviles, sino que su velocidad es variable de acuerdo con las necesidades de refrigeración en cada momento.

Compresor del circuito de aire acondicionado

Si sustituimos el compresor del circuito de aire acondicionado accionado mecánicamente por un electrocompresor, podremos colocar dicho electrocompresor donde más

convenga desde el punto de vista de eficiencia energética. Es decir, ya no tendrá que estar obligatoriamente cerca del cigüeñal como en el caso del compresor tradicional accionado por transmisión polea-correa. Ello supone una gran ventaja, porque podemos alejar el compresor de la fuente de calor en que se convierte el motor de combustión en funcionamiento, es decir, podremos alejarlo o sacarlo del espacio bajo el capó. En concreto, John Deere ha optado por colocar el compresor dentro de la cabina del tractor E-Premium, debajo del asiento del tractorista.

La segunda ventaja importante de accionar el compresor con un motor eléctrico es que independizamos su funcionamiento del régimen de giro del cigüeñal. La consecuencia práctica es que podemos conseguir una producción de frío máxima incluso con el motor diésel al mínimo (ralentí).

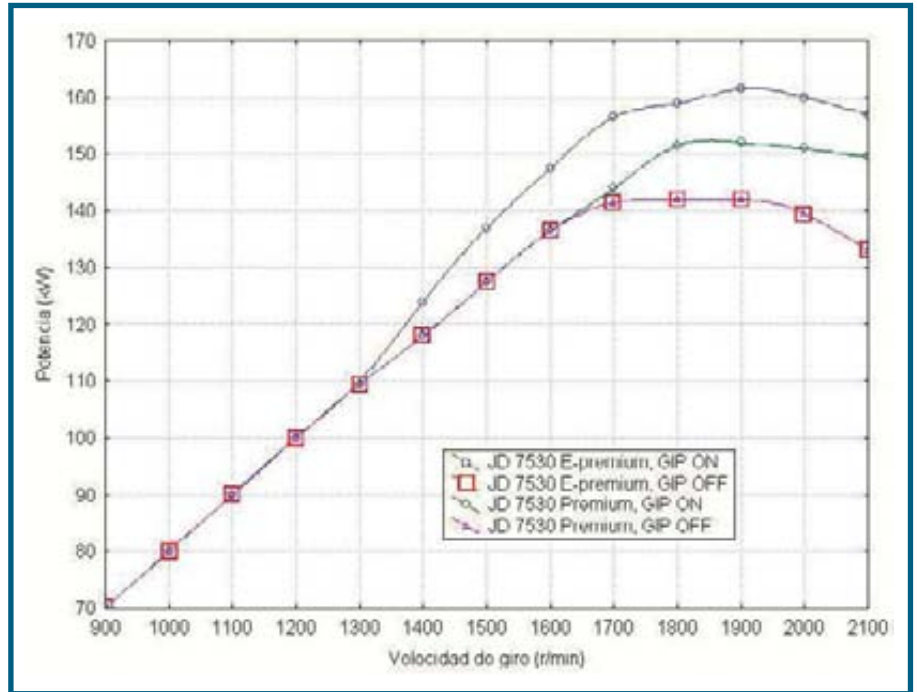
Diseño híbrido para pala cargadora con ruedas

En el número de febrero de 2010 de la revista Deutz-Fahr Directo se describe la aplicación de un sistema de propulsión híbrido desarrollado por Heinzmann GmbH para una pala cargadora con ruedas de marca Weyhausen. Según dicha publicación, el ahorro de combustible conseguido mediante el sistema híbrido está de media en torno al 15%. Conviene señalar que el tipo de funcionamiento de este tipo de vehículo se adapta muy bien al requerimiento o “filosofía” de la tecnología híbrida, ya que la curva de potencia demandada en función del tiempo incluye continuas aceleraciones y frenadas, acom-

Figura 2

Curvas de potencia correspondientes al tractor John Deere (JD) 7530 en versión “base” (Premium) y en versión con generador eléctrico (E-Premium). Para cada versión se representan dos curvas: con el sistema de gestión inteligente de potencia (GIP) activado (ON) y desactivado (OFF).

Fuente: Buning (2010).



pañadas de un gran esfuerzo a desarrollar durante la elevación de la carga. Estos movimientos repetitivos son ideales para recuperar energía con la que recargar las baterías de TRE de los vehículos híbridos. Normalmente en las aceleraciones sobra energía, y al frenar también se recupera bastante energía. En el

momento de máxima demanda de potencia, que en esta máquina corresponde a la elevación de la carga, la máquina eléctrica (figura 3) funcionará como motor, alimentándose de la energía almacenada en la batería de TRE.

Según la documentación de Heinzmann, el conjunto motor diésel-máquina eléctrica



Foto izda. En la zona drcha, con tapa negra: tomacorriente convencional de 12 VDC (abajo) y conector Isobus (arriba). Foto drcha. Detalle de los contactos o patillas del conector Isobus.

NUEVO INVICTUS desde 10.700 €

NACIDO GANADOR



- ✓ Motores KUBOTA de inyección directa refrigerados por agua de 25.2 y 35.6 CV.
- ✓ Cambio de 12 velocidades.
- ✓ Versión AR (articulado) o RS (rígido).
- ✓ Toma de fuerza a 540 r.p.m. y sincronizada.
- ✓ 1 Distribuidor hidráulico de doble efecto.
- ✓ Elevador hidráulico posterior de doble pistón.

24 MESES
GARANTÍA
BCS
ampliable hasta 5 años

POR SOLO 4.230 € MÁS LLÉVATE UN VALIANT 500



Motor LOMBARDINI de inyección directa refrigerado por agua de 46 CV.
Cambio sincronizado de 24 velocidades.
AR (articulado).
Versión monodireccional o con puesto de conducción reversible.
Toma de fuerza a 2 velocidades 540/750 r.p.m. y sincronizada.
1 Distribuidor hidráulico de doble efecto.
Elevador hidráulico posterior de doble pistón.

Además, para todos los tractores BCS tienes los 12 primeros meses a Interés 0% y T.A.E. 0%*. Promoción válida desde el 1 de Febrero hasta el 31 de Julio de 2012.

RED DE CONCESIONARIOS OFICIALES BCS

Infórmate y calcula la cuota de tu tractor en www.bcsiberica.es

* Financiación ofrecida por el BBVA para los tractores BCS en operaciones a 12 meses, con intereses y comisiones de apertura y estudio subvencionados por BCS Ibérica, S.A.U. Todas las operaciones están sujetas a la previa aprobación de BBVA y BCS Ibérica, S.A.U. y no constituyen la única forma de adquisición de la máquina.

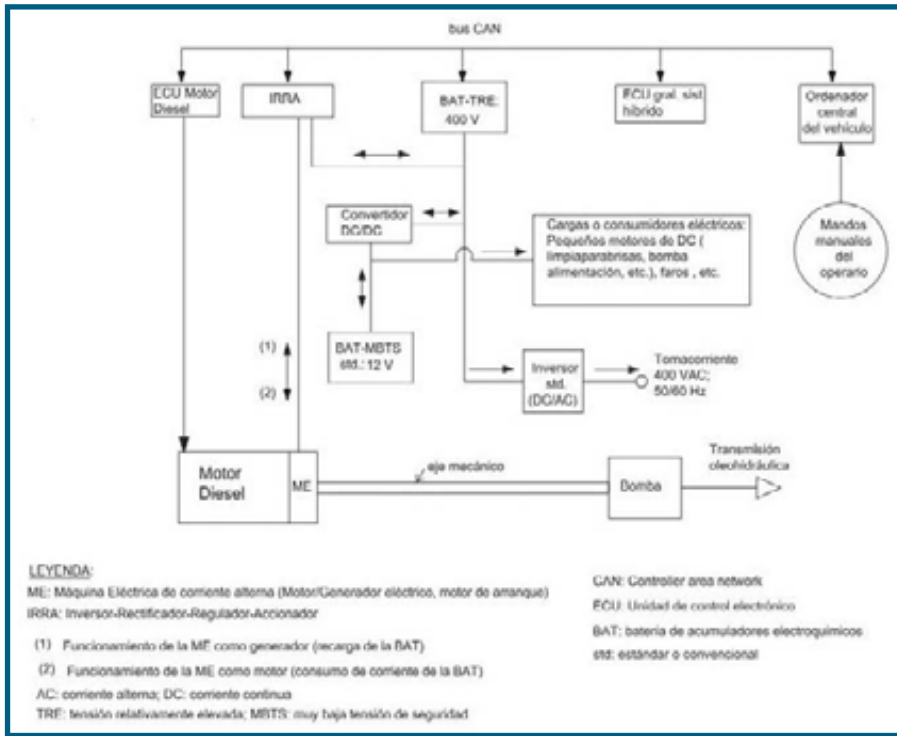


Financiado por
BBVA

Figura 3

Diseño híbrido comercializado por Heinzmann. La máquina eléctrica (ME) va acoplada directamente al cigüeñal del motor diésel.

Esquema redibujado a partir de documentación de Heinzmann GmbH & Co. KG.



es sólo 80 mm más largo que el correspondiente motor diésel solo. Con este sistema desaparecen el motor de arranque tradicional de corriente continua y el alternador Lundell o de polos intercalados. La máquina eléctrica va acoplada directamente al cigüeñal, sustituyendo de paso al conjunto volante de inercia-embrague. Como las máquinas eléctricas rotativas son bastante pesadas, por serlo el acero y el cobre, sus dos materiales constituyentes, la máquina eléctrica en cuestión hace bien de volante de inercia.

El sistema representado en la figura 3 podría estar aún más electrificado si la propulsión del vehículo –pala cargadora con ruedas-corriera a cargo de motores eléctricos en vez de motores hidráulicos. Como se puede observar en la figura 1, a velocidades altas no existe diferencia en cuanto al par desarrollado por un motor diésel grande, por un lado, y la combinación de motor diésel pequeño y máquina eléctrica, por otro. Pero, como se puede apreciar en dicha figura, a velocidades bajas el par que ofrece el sistema híbrido es mayor. Volviendo a la figura 3, vemos en ella que hay un dispositivo que hemos llamado IRRA, acróni-

nimo que corresponde a inversor-rectificador-regulador-accionador. Este completísimo dispositivo realiza cuatro funciones:

- Inversor, es decir, convierte la DC en AC para poder alimentar a la máquina eléctrica (ME) cuando ésta funciona como motor.
- Rectificador, que convierte la AC en DC para poder recargar las baterías (BAT).
- Regulador o controlador de la carga-descarga de las BAT.
- Accionador de la ME cuando ésta funciona como motor. En inglés el término utilizado habitualmente para accionador es *driver*, que no hay que confundir con controlador. Este último dispositivo es el de más alto nivel o inteligencia, y gobierna o controla lo que hace el accionador, siendo este último el que alimenta directamente al motor eléctrico.

Para disponer de dos tensiones en el vehículo, una baja o de 12 V y otra más alta (que puede ser de 42 V o en el caso de los vehículos híbridos 400 V), aparte del diseño de la figura 3, es decir, de utilizar un alternador de TRE y un convertidor DC/DC, existen otras posibilidades. Por ejemplo, la utilización de un alternador de doble estátor (Perreault y

Caliskan, 2000). Llegados a este punto conviene señalar que aparte de la tecnología híbrida, la industria automovilística empezó a preocuparse hace algunos años por las limitaciones del sistema eléctrico convencional de 12 V, ante el continuo incremento en la potencia eléctrica instalada en los automóviles, especialmente en los de alta gama. Se dice que algunos de estos automóviles de alta gama pueden incorporar hasta 80 o más motores eléctricos para diferentes funciones (por ejemplo, aparte de los habituales de elevación eléctrica y accionamiento de escobillas limpiaparabrisas, los turismos de alta gama suelen llevar motores eléctricos para regular la inclinación de los asientos, etc.). Ante esa situación el alternador de 14 V se empieza a quedar corto. Para atender una potencia eléctrica demandada tan alta conviene generar un voltaje más alto, con objeto de que la corriente no sea demasiado elevada, y de este modo poder utilizar cables de menor sección. En efecto, en DC: $P = U \cdot I$ (potencia = tensión x intensidad de corriente). Al ser P cada vez más alta por el aumento en el número de consumidores eléctricos, si U sigue siendo bajo (12 V), tendremos I cada vez más alta, por tanto necesitaremos cables de gran sección, que son caros.

Aperos

En la figura 4 se representa la curva de rendimiento correspondiente a diferentes tipos de accionamiento de los discos de una abonadora de doble disco, según datos del fabricante Rauch. Dentro de las abonadoras de accionamiento hidráulico, es decir con los discos accionados por sendos motores hidráulicos, en la figura 4 se incluyen dos modalidades o variantes. El que hemos llamado tipo 1 corresponde al caso de un tractor con servicios hidráulicos externos insuficientes para la abonadora en cuestión. En este caso lo que se suele hacer es adquirir una válvula distribuidora que se monta directamente en el circuito hidráulico principal del tractor, con lo que el caudal de aceite disponible es máximo. El accionamiento tipo 2 corresponde al caso, deseable por su sencillez, de que podamos conectar la abonadora a los servicios hidráulicos externos del tractor. Aunque el accionamiento hidráulico de las abonadoras de doble disco está muy perfeccionado, por ejemplo en cuanto a la posibilidad de accionar un disco y el otro no (pase cerca de la lin-

de de la parcela), el accionamiento eléctrico permite una integración más fácil con el sistema de automatización Isobus, y además, como se puede ver en la **figura 4**, el rendimiento es mayor.

Recuperación de energía mediante frenada regenerativa en tractores

Un aspecto clave en la tecnología de propulsión híbrida en automóviles es que en las frenadas se puede recuperar bastante energía: el motor eléctrico funciona como generador y la electricidad producida es almacenada en baterías de TRE.

La explicación se encuentra en la Ley de Faraday-Lenz, que al fin y al cabo es una consecuencia del Principio de Conservación de la Energía. La energía cinética de la rueda se transforma en energía eléctrica y la rueda se frena.

Un ejemplo cotidiano de este efecto de frenado lo tenemos en el automóvil de cada uno, cuando conectamos una carga eléctrica,

como las luces del coche: en ese momento se escucha claramente que el sonido del motor de combustión cambia, porque el alternador lo ha frenado un poco. Y viceversa: al apagar las luces el motor de combustión se acelera un poco, porque le hemos quitado par resistente ejercido por el alternador.

Comparativamente, en un tractor, como la velocidad de avance es por término medio bastante más baja que en un turismo, no se recuperará mucha energía mediante frenada regenerativa. La energía cinética E_c que lleva un vehículo de masa m y que se mueve con una velocidad v antes de comenzar a frenar se muestra en la **expresión 1**.

Expresión 1.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

En efecto, podemos observar que lo que más influye en la energía que se puede recuperar en el frenado es la velocidad del vehículo, pues dicha variable aparece elevada al

cuadrado en la **expresión 1**. Sin embargo, no debemos despreciar que la masa del vehículo también influye, y sabemos que un tractor arrastrando un remolque cargado tiene una masa considerable. Si además ese tractor circula por una carretera ondulada, en la que los frenos actúen con frecuencia, quizá se pueda conseguir una cantidad de energía no despreciable mediante la frenada regenerativa.

Llegados aquí consideramos relevante comentar un aspecto novedoso referente al diseño de las máquinas eléctricas rotativas. Tradicionalmente, lo habitual en el diseño de estas máquinas es que el estátor envuelva al rotor, es decir, que el rotor va montado en el eje giratorio de la máquina, en el centro de la misma, mientras que el estátor o parte estática es concéntrico exteriormente con el rotor. Este diseño clásico tiene la ventaja de que el estátor sirve también de carcasa envolvente del motor o máquina eléctrica rotativa en general. Sin embargo, existe también la posibilidad del diseño contrario, es decir, rotor exterior (en inglés, *outer rotor*) y estátor interior central. En la mayoría de aplicaciones habituales de los



desde
20.800
Euro
CON EQUIPAMIENTO STANDARD (IVA Y TRANSPORTE NO INCLUIDO)

TGF 7800S

PLUS

- BASTIDOR: ActioTM bastidor integral oscilante
- MOTOR: 71 CV - Cilindrada 3.300 cm³ - 16 válvulas
- PAR: potencia max (Nm/giri) 326/1600
- TRANSMISIÓN: Cambio sincronizado de 32 velocidades
- TOMA DE FUERZA: trasera, independiente 540/340E
- FRENOS: 4 frenos de disco en baño de aceite
- ECOLÓGICO: mínima emisión, mínimo consumo
- VELOCIDAD: homologada en carretera a 40 km/h

TGF 7800 Serie S es un tractor mono direccional de ruedas desiguales. El nuevo diseño, en línea con el family feeling de los tractores de gama alta de AC, contribuye tanto a la mejora de la estética como al confort operativo. TGF se distingue por tener un centro de gravedad bajo, que le confiere estabilidad y seguridad en pendientes y en terrenos escabrosos.

PARA MAYOR INFORMACIÓN
Red de agentes Antonio Carraro
iberica@antoniocarraro.com
Tel: 933 779 957

Promoción válida hasta el 30/07/2012 o fin de existencias para los concesionarios adheridos a la promoción.

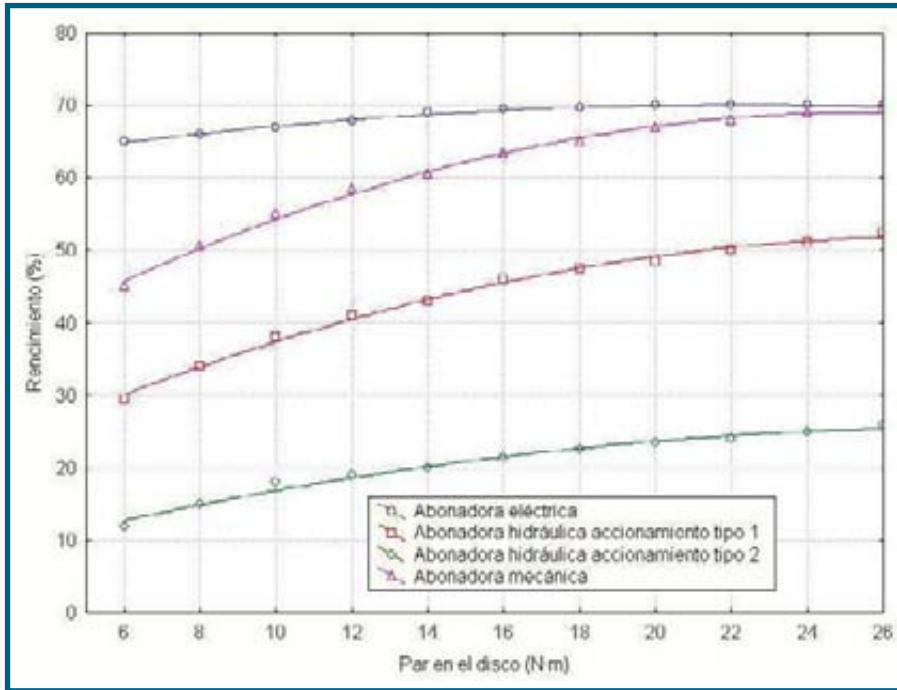


Nº1 of compact tractors

Figura 4

Rendimiento de diferentes sistemas de accionamiento de discos esparcidos en abonadoras de discos. La abonadora hidráulica con accionamiento de tipo 1 se conecta al circuito hidráulico del tractor mediante una válvula distribuidora externa, mientras que la de tipo 2 se conecta a un servicio hidráulico externo del tractor.

Fuente: Rauch (2010).



motores eléctricos esto tendría el inconveniente o sobrecoste de que habría que poner una carcasa *ad hoc* rodeando al rotor exterior, para evitar accidentes. Pero si el motor va a ir alojado en la rueda de un vehículo, entonces ya no necesita una carcasa exterior protectora, pues la propia rueda cumple esa función.

Por último, hay un término que se utiliza profusamente en tecnología de máquinas eléctricas, el de densidad de potencia, definido como el cociente entre la potencia de la máquina eléctrica y el volumen que ocupa la máquina. Desde el punto de vista de diseño de máquinas, interesa una densidad de potencia elevada, es decir, maximizar la potencia de la máquina eléctrica al tiempo que se minimiza el espacio o volumen ocupado por la máquina.

Posible evolución de las conexiones traseras del tractor

En los tractores equipados con el sistema de automatización Isobus, o abreviadamente

tractores Isobus, el tomacorriente tradicional que servía típicamente para alimentar las luces de posición, freno e indicadores de dirección del remolque está llamado a desaparecer, ya que el propio conector Isobus incorpora contactos para esa función o circuito. De hecho, los tractores Isobus que se están vendiendo en los países del norte de Europa ya no incorporan el tomacorriente tradicional para las luces del remolque (Diego Jiménez, New Holland, comunicación personal). Sin embargo, en el mercado nacional los tractores Isobus aún siguen incorporando el tomacorriente tradicional, ya que aún circulan pocos remolques Isobus en nuestro país. Es decir, por ahora los fabricantes de tractores prefieren, en lo referente al mercado ibérico, “curarse en salud” y seguir montando el tomacorriente tradicional. De esta forma se pretende evitar la contingencia de que un tractor Isobus no pueda arrastrar un remolque tradicional, es decir, un remolque sin Isobus. En efecto, incluso aunque el conjunto tractor-remolque circule de día, las luces de freno e indicadores de dirección del

remolque han de estar operativas, de otra forma sería ilegal y sumamente peligroso circular por carretera.

Haciendo un ejercicio de prospección sobre cómo afectará la introducción de tomacorrientes de TRE (400 VAC para el tomacorriente trifásico y 230 VAC para el monofásico) sobre el resto de conexiones actualmente disponibles en los tractores, podemos aventurar que el conector Isobus no se verá afectado, es decir, se mantendrá con su configuración actual.

Por tanto, el tractor de dentro de unos años dispondrá del conector Isobus, un tomacorriente trifásico de 400 VAC 50/60 Hz y puede que también un tomacorriente monofásico 230 VAC 50/60 Hz, pero lo que previsiblemente no incorporará ya ese tractor del futuro será el tomacorriente clásico de 12 VDC para las luces del remolque, pues estos contactos van integrados en el conector Isobus.

Del mismo modo que la radiodifusión no desapareció por el hecho de que se inventara la televisión, podemos pronosticar una larga vida para la tdf, así como para los servicios hidráulicos externos del tractor. Si lo que se debe accionar en la máquina acoplada al tractor es un disco o un ventilador, parece claro que el motor eléctrico presenta algunas ventajas sobre el motor hidráulico. Pero para movimientos lineales, como un cilindro de un remolque basculante, seguramente sea más sencillo la utilización de un cilindro hidráulico que un accionamiento eléctrico (si bien existen electro-cilindros).

Conclusiones

De acuerdo con Buning (2010), la electrificación del sistema tractor-apero será una de las principales áreas de investigación en maquinaria agrícola en el futuro. A modo de resumen de lo expuesto en este artículo nos gustaría destacar lo siguiente:

- La electrificación de los tractores abarca desde la sustitución de accionamientos mecánicos e hidráulicos por motores eléctricos (camino emprendido por John Deere), pasando por el diseño de cadenas cinemáticas híbridas (vgr., Belarus), hasta el vehículo totalmente eléctrico con pila de combustible alimentada con hidrógeno (apuesta de New Holland).

- En el caso de los tractores híbridos, parece claro que los fabricantes se han decan-

tado por el híbrido serie en vez de por el paralelo, a diferencia de lo sucedido en automóviles. La razón principal es que el concepto de vehículo híbrido paralelo no incluye generador de TRE, mientras que el híbrido serie sí. Y en los tractores viene muy bien instalar dicha máquina eléctrica rotativa, para poder abastecer entre otras cosas a los tomacorrientes donde se conectarán en el futuro los aperos de accionamiento eléctrico.

- El tractor de dentro de unos años dispondrá de las siguientes conexiones hacia el exterior, es decir hacia el apero: conexión de potencia mecánica o tdf, conexión de potencia hidráulica o acoplamientos hidráulicos rápidos, conexión neumática, conexión de señales y automatización o Isobus, y por último, conexión de potencia eléctrica o tomacorriente trifásico.

- Hasta que llegue el día en que todos los tractores salgan de fábrica equipados con tomacorriente trifásico pueden surgir incompatibilidades coyunturales con los aperos acoplados al tractor: Por ejemplo, puede suceder que un agricultor esté interesado en adquirir un

apero de última generación equipado con tomacorriente trifásico, pero su tractor no disponga de dicho tomacorriente. Para resolver esta situación, siempre existe la posibilidad de montar un generador eléctrico en el apero, y accionar dicho generador mediante la tdf del tractor, del mismo modo que se puede hacer funcionar un apero con circuito hidráulico sin utilizar los servicios hidráulicos externos del tractor, sino conectando la tdf para accionar una bomba independiente montada en el apero. En el caso del accionamiento de un generador eléctrico mediante la tdf del tractor, hay que elegir el número de polos de dicha máquina eléctrica teniendo en cuenta la velocidad normalizada de la tdf. Esta aplicación tiene antecedentes en electrificación rural en países en vías de desarrollo, donde a veces se recurre a alternadores accionados por la tdf del tractor para generar electricidad. ●

Nota de los autores:

En este artículo nos referimos a las tensiones de 230 y 400 V, que según el Reglamento Electro-

técnico para Baja Tensión (RBT) son baja tensión (BT), como "tensión relativamente elevada" (TRE), para recalcar que existe una gran diferencia en cuanto a peligrosidad para el usuario entre la muy baja tensión de seguridad (MBTS) de 12 V, tensión tradicional utilizada en la instalación eléctrica de automóviles y tractores, y 230-400V.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a los profesores Jacinto Gil Sierra, por haber contribuido con sus comentarios a la mejora de este artículo, Rafael Pérez de Rueda, por habernos ayudado en el estudio de las máquinas eléctricas rotativas, y Pilar Barreiro Elorza, por habernos animado a profundizar en este apasionante tema. Agradecimiento especial también para los técnicos Diego Jiménez, de New Holland (grupo CNH) y Rubén García, de John Deere.

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores que pueden solicitar a través del e-mail: redaccion@eumedia.es

Vibrador delantero HP-Variant

Único en el mercado con vibración por sistema de contrapesos de amplitud e inercia variable. Patente internacional. Fluido hidráulico biodegradable y ecológico formulado con aceite de oliva para evitar la contaminación accidental del producto por rotura de tuberías.

- Máxima eficacia de derribo de fruto en todo tipo de plantaciones.
- Equipo hidráulico con bomba y motor de pistones.
- Arranques y paradas suaves.
- Mínima potencia absorbida al tractor.
- Doble sentido de vibración, freno motor y auto apriete de pinza.
- Máquina robusta sin sobrecargar de peso al tractor.
- Cabezal construido en acero de alto límite elástico.
- Mínima longitud recogida y máxima extensión en trabajo por su doble extensión hidráulica de 1.20 metros de recorrido para no pisar los mantos.
- Permite vibrar varios pies sin mover el tractor.
- Desenganche rápido con multiconector hidráulico.
- Apertura de pinza 70 centímetros.
- Posibilidad de montaje a cualquier equipo recolector.
- Para tractores a partir de 80 CV.



TALLERES

Bautista Santillana
VIBRADORES DE OLIVOS



C/ Fray Tomás de la Virgen, 31
13320 Villanueva de los Infantes. Ciudad Real (España)
Teléfono: 926.361.804 - Fax: 926.361.804
Móvil: 619.050.442 / 669.578.428
www.bautistasantillana.com • bautypim@hotmail.com