

Automatikschaltung für ein Teillastschaltgetriebe

Um den Fahrer durch eine verbesserte Ergonomie und eine Reduktion der manuellen Schaltvorgänge zu entlasten, wurde für die John Deere - Traktoren der 6000er Serie eine elektronisch geregelte Schaltung für ein 4-Gang-Lastschaltgetriebe entwickelt.

Hierfür wurde ein neuer Schalthebel entworfen, der das Schalten von Gruppen und Lastschaltgängen kombiniert. Zusätzlich wurden zwei Automatikmodi implementiert. Einer ist das sogenannte Speed Matching, welches während des Gruppenwechsels die Lastschaltstufe anpasst. Der andere Automatikmodus ist eine Grenzlastregelung, die maximale Leistungsabgabe auf Feld und Straße erlaubt.

Der Antriebsstrang von Traktoren der Klasse um 75 kW enthält meist mehrere nacheinander geschaltete Getriebe, die unterschiedliche Spreizungen aufweisen. Konventionell steht dem Fahrer für jedes Getriebe ein Schalthebel zur Verfügung, der oftmals noch eine mechanische Verbindung zum jeweiligen Getriebe hat.

In der Kabine des Traktors sind daher verschiedene Bedienelemente zur Wahl der Getriebeübersetzung untergebracht, die in bestimmten Situationen sogar gleichzeitig oder direkt nacheinander betätigt werden müssen.

Zielsetzung der Entwicklung

Auch das 4-Gang-Lastschaltgetriebe mit nachgeschaltetem Gruppengetriebe bei den John Deere-Traktoren der 6000er Serie wurde bisher mit zwei separaten Schalthebeln bedient. Um den Fahrer durch eine verbesserte Ergonomie und eine Reduktion der manuellen Schaltvorgänge zu entlasten, wurde eine elektronische Steuerung für die Lastschaltgetriebe-Einheit entwickelt.

Dieses System umfasst je einen Taster zum Hoch- und Zurückschalten, eine Ganganzeige, einen Taster und Anzeigelampe für den Automatikmodus, eine Steuereinheit, einen Aktuator, eine Leistungselektronik für den Aktuator und verschiedene Sensoren an Getriebe und Motor (Bild 1).

Durch die Verknüpfung der Getriebeelektronik mit anderen Steuereinheiten im Traktor über einen seriellen Datenbus müssen jedoch nicht alle Sensoren direkt zur Getriebesteuerung geführt werden, wodurch sich die Leitungsanzahl reduzieren lässt.

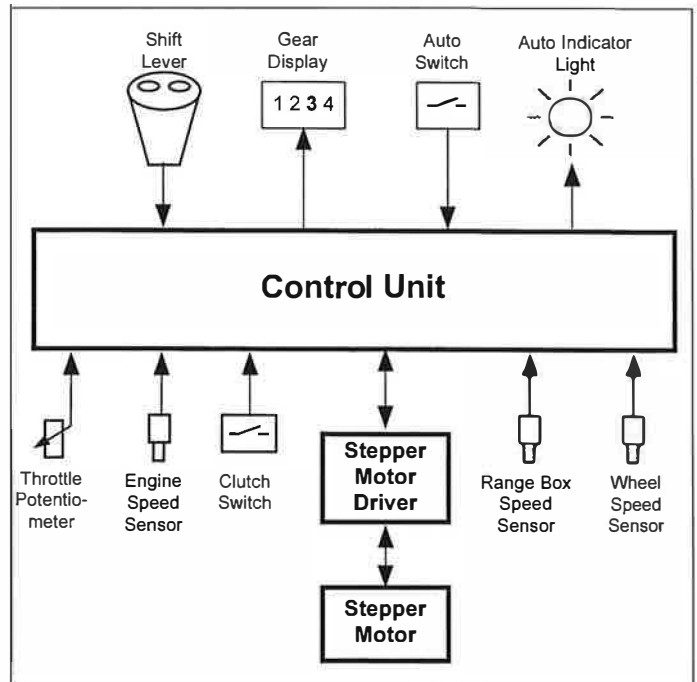


Bild 1: Komponenten der Getriebeautomatik

Fig. 1: Components of the automatic transmission system

Bedienerschnittstelle

Die elektronische Steuerung des Lastschaltgetriebes erlaubt die ermüdungsfreie Betätigung über zwei Taster auf einem neuen, ergonomisch optimierten Schalthebel (Bild 2). Dieser konnte durch den Wegfall des Lastschalthebels an einer gut erreichbaren Position platziert werden. Mit diesem Schalthebel hat der Fahrer jetzt sowohl Gruppen- als auch Lastschaltung in einer Hand. Auch der gleichzeitige Gangwechsel in beiden Getrieben ist damit sehr einfach und schnell durchführbar.

Die Elektrifizierung der Schaltung erfordert zwar den Einsatz einer Steuerelektronik, welche allerdings die Ausgangsposition für die später erläuterten Automatikfunktionen darstellt.

Funktion des „Speed Matching“

Zusätzlich zur ergonomisch verbesserten manuellen Bedienung über eine Einhebelschaltung für beide Getriebe wurden zwei Automatik-Modi implementiert, die eine

Tilo Kempf ist Dipl.-Ing. Elektrotechnik und Mitarbeiter der John Deere Werke Mannheim im Bereich Entwicklung Elektrik/Elektronik, Windeckstr. 90, D-68163 Mannheim, e-mail:lx25455@deere.com

Schlüsselwörter

Traktoren, Getriebe, elektronische Regelung

Keywords

Tractors, transmission, electronic control

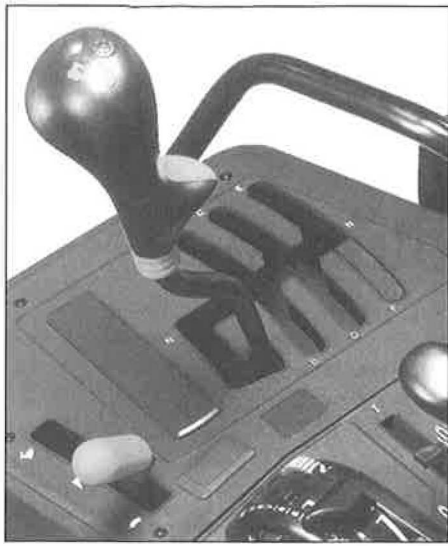


Bild 2: Schalthebel für elektronisch geregelte Lastschaltung

Fig. 2: Shift lever for electronically controlled power shifting

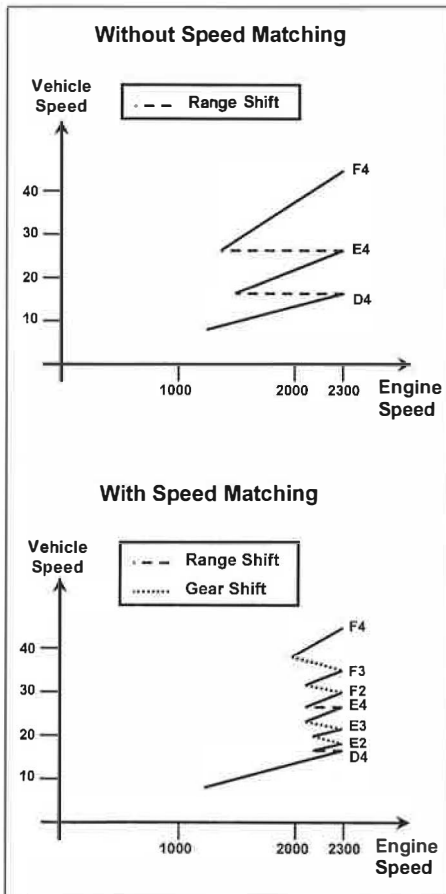


Bild 3: Motordrehzahlvariation mit und ohne Speed Matching

Fig. 3: Variation of engine speed with and without speed matching

weitere Entlastung des Fahrers ermöglichen.

Um die jeweils optimale Getriebeübersetzung beim Schalten der Gruppe anzusteuern und um den Fahrer vom gleichzeitigen Wechsel von Gang und Gruppe zu entlasten, wurde das sogenannte „Speed Matching“ entwickelt.

Diese Funktion passt bei einem Gruppenwechsel automatisch den Gang des Teillast-

schaltgetriebes an und zwar derart, dass die Änderung der Gesamt-Übersetzung aller nacheinander geschalteten Getriebe zusammengefasst möglichst gering gehalten wird.

Dies bedeutet, dass nach einem Gruppenwechsel und simultanem Speed Matching mit ähnlicher Motordrehzahl wie vor dem Schaltvorgang weitergefahren werden kann.

In der technischen Umsetzung wird dies erreicht, indem die Drehzahlen zu beiden Seiten der Fahrkupplung, die während des Gruppenwechsels geöffnet sein muss, für alle vier möglichen Gänge des Lastschaltgetriebes errechnet werden und derjenige Gang gewählt wird, der den geringsten Drehzahlunterschied zur Folge hat.

Ein positiver „Nebeneffekt“ ist, dass dadurch beim Einkuppeln ein geringerer Verschleiß der Kupplung auftritt als ohne Speed Matching.

Bild 3 zeigt einen Beschleunigungsvorgang, der jeweils in der Getriebekombination C4 beginnt und im höchsten Gang F4 endet. Hierbei werden die Lastschaltstufen mit den Ziffern 1 bis 4 bezeichnet und die Gruppen mit den Buchstaben A bis F.

Es wird jeweils bei Motornendrehzahl hochgeschaltet. Ohne Speed Matching gelangt man beim Hochschalten in die nächst höhere Gruppe, der Gang bleibt dabei gleich. Dies führt dazu, dass man nach vollzogenem Gruppenwechsel mit deutlich reduzierter Motordrehzahl weiterarbeitet. Man gelangt dabei in einen Bereich, in welchem der Motor nicht mehr die maximale Leistung abgibt.

Mit Speed Matching hingegen wird beim Hochschalten der Gruppe automatisch der Lastschaltgang zurückgenommen. Dadurch sinkt die Motordrehzahl nur geringfügig ab und man hat weiterhin große Leistung zur Verfügung.

Funktion der Lastregelung

In einer weiteren Ausbaustufe wird zusätzlich ein Automatikmodus angeboten, der sich zu- und abschalten lässt. Darin ist eine Grenzlastregelung integriert, die einen niedrigeren Gang wählt, wenn die Motordrehzahl einen bestimmten Wert überschreitet, und die bei abnehmender Last wieder hochschaltet.

Außerdem schaltet die Automatik die Lastschaltgänge beim Ausrollen des Fahrzeuges automatisch Gang für Gang zurück - beim Anhalten bis in den ersten Gang.

Durch diese Funktionen wird bei Feldarbeiten und Transportfahrten eine zusätzliche Verminderung der Schaltoperationen des Fahrers erreicht. Die optimalen Schaltpunkte können dabei durch den Einsatz der Elektronik genau eingehalten werden.

Sowohl während des Speed Matchings als auch bei aktiviertem Automatikmodus kann der Fahrer jederzeit durch Betätigung des Hoch- oder Zurückschalttasters den Gang wechseln und somit die automatischen Funktionen „überfahren“. Diese bleiben danach inaktiv bis zum erneuten Einschalten der Automatik beziehungsweise bis zum nächsten Gruppenwechsel beim Speed Matching.

Aktuator am Getriebe

Bei der bestehenden Realisierung wurde über einen Schalthebel in der Kabine durch Seilzug die Schaltwelle des Lastschaltgetriebes betätigt.

Da das Getriebe möglichst wenig modifiziert und auch weiterhin zur mechanischen Betätigung verwendbar sein sollte, wurde für die Automatikschaltung ein Aktuator direkt an der Schaltwelle des Getriebes angeflanscht, wodurch der Seilzug entfallen konnte. Dabei kommt ein bipolarer 2-Phasen-Schrittmotor zum Einsatz, der auf größtmögliche Leistungsdichte hin optimiert ist, da nur ein geringer Bauraum zwischen Traktor-Rahmen und Getriebe vorhanden ist.

Durch die hohe Steifigkeit dieser Schrittmotoren wird eine Verstellung durch hydraulische Rückwirkungen verhindert. Ein weiterer Vorteil liegt in dem geringen Aufwand bezüglich Sensorik, da bei ausreichender Drehmoment-Reserve keine exakte Positionsrückführung oder gar der Einsatz einer Regelung nötig sind. Es ist lediglich ein Schalter im Aktuator integriert, der das einmalige Erkennen einer Referenzstellung nach Anlegen der Versorgungsspannung ermöglicht.

Trennung von Steuerrechner und Treiberelektronik

Die Treiberstufe zur Ansteuerung der Verstellereinrichtung wurde von der Steuereinheit, die die Fahrstrategien enthält, getrennt und als eigene intelligente Einheit ausgelegt. Beide Komponenten sind dabei über einen CAN-Bus verbunden. Die Treiberelektronik erhält vom Steuerrechner Initialisierungs- und Steuerbefehle und führt die Positionierung des Schrittmotors und die Fehlererkennung selbstständig durch.

Durch diese Trennung ergeben sich folgende Vorteile:

- bessere EMV-Eigenschaften, bedingt durch die sehr kurzen Motorleitungen
- universellere Verwendbarkeit der Komponenten
- Erweiterbarkeit des Systems durch Hinzufügen weiterer Treiberstufen
- Möglichkeit des Einsatzes anderer Aktuatoren bei gleicher Steuereinheit