

Antriebsstrangstrategie für den Teillastbereich beim Traktoreinsatz

Einsatz eines Traktormanagementsystems auf dem Systemfahrzeug Xerion

Seit vier Jahren entwickelt das ILF ein Traktormanagementsystem (TMS). In [1] wird der Aufbau und die Funktionsweise eines solchen Systems detailliert beschrieben. Das Ziel dabei ist die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems, die Einsparung von Kraftstoff und die Entlastung des Fahrers. Im April dieses Jahres wurde das Traktormanagementsystem in ein Systemfahrzeug eingebaut, um es im praktischen Feldeinsatz zu testen. Umbau des Fahrzeugs, die Implementierung einer Fahrstrategie und die Vernetzung der Teilsysteme Motor, Getriebe, Arbeitshydraulik und Hubwerksregelung in einem Feldendemanagement werden nachfolgend beschrieben.

Dipl.-Ing. Dieter Brunotte ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der TU Braunschweig (Leiter: Prof. Dr.-Ing. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, e-mail: ilf@tu-bs.de. Das Forschungsprojekt „Traktormanagementsystem“ wird finanziell von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt.

Schlüsselwörter

Stufenloses Getriebe, elektronischer Motorregler

Keywords

Continuously variable transmission, electronic engine controller

Literaturhinweise sind unter LT 00502 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Um den Zustand des Fahrzeugs Xerion und seiner Teilsysteme zu erhalten, muss die Zentralelektronik (ZE), die sich in der Fahrerkabine befindet, modifiziert werden. Die Nutzung des CAN-Busses verringert den Verkabelungsaufwand. Stellsignale vom TMS für die Hubwerksregelung, die Motordrehzahlregelung und die Arbeitshydraulik werden durch entsprechende Adapter an der ZE zu- oder abgeschaltet. Nicht vom CAN-Bus bereitgestellte Signale werden parallel zu den Steuergeräten vom TMS erfasst. Um die Versuche quantitativ bewerten zu können, wurden Kraftstoffverbrauch und Drehmomente an Antriebsachsen und Motorausgangswelle erfasst. Das TMS ist zusammen mit den Messverstärkerbaugruppen für Kraftstofftemperatur, Zugkraftermittlung und Drehmomente am hinteren Teil der Kabine montiert worden. Im vorderen Teil des Fahrzeugs wurde neben dem Motor die Kraftstoffverbrauchsmessung platziert.

Zur Bedienung und Optimierung des Managementsystems auf dem Feld werden in der Kabine Maus, Tastatur und ein LCD-Flachbildschirm installiert. Bedienfunktionen, die der Fahrer während der Fahrt vornehmen muss (etwa Fahrgeschwindigkeitsvorgabe oder Aktivierung des Feldendemanagements) werden vom Fahrer durch die Betätigung von entsprechenden Knöpfen eines Multifunktionshebels ausgelöst.

Aufbau und Programmierung des TMS

Kernstück des TMS ist ein Total Development Environment (TDE) der Firma dSPA-

CE. Die Hardware in Form einer PC-Einsteckkarte enthält einen digitalen Signalprozessor (DSP), auf dem die Mess- und Regelungssoftware abläuft. Das System enthält mehrere AD- und DA-Kanäle, digitale Ein- und Ausgänge sowie eine CAN-Schnittstelle. Die Programmierung erfolgt unter Matlab/Simulink. Über eine komfortable grafische Oberfläche können das System während des Betriebs beeinflusst und die Aufzeichnung der Messdaten gesteuert werden. In [2] wird auf dieses Werkzeug näher eingegangen.

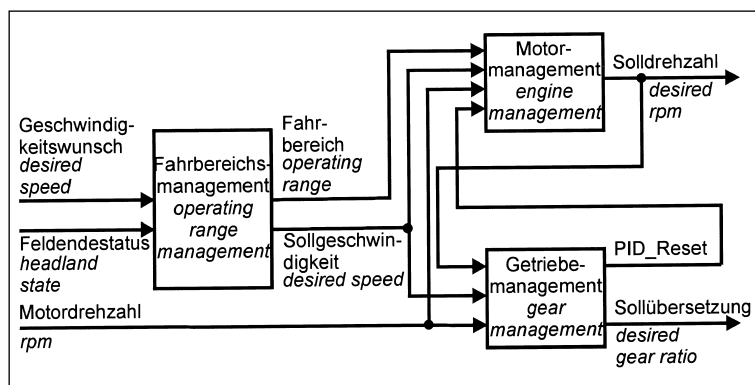
Teillaststrategie

Bisherige Veröffentlichungen [3] zeigten eine Leistungsstrategie für schwere Zugarbeiten auf, in der die Motordrehzahl entlang der Volllastkennlinie verändert wurde. Die Übersetzung des Getriebes wurde so gestellt, dass der Betriebspunkt des Motors bei einer vorher festgelegten Drückungsdrehzahl liegt. Die Motorsolldrehzahl liegt in diesem Betriebspunkt meistens bei der Nenn Drehzahl. Die Fahrgeschwindigkeit stellt sich demnach immer aus der aktuellen Motordrehzahl und der Übersetzung des Getriebes ein, wodurch Geschwindigkeitsschwankungen bis zu 33 % auftreten können.

Die Forderung nach der Vorgabe eines Geschwindigkeitswunsches durch den Fahrer führte zur Berücksichtigung der Teillaststrategie im TMS, mit der kraftstoffsparend teillastspezifische Arbeiten vorgenommen werden können. Bild 1 zeigt den strukturellen

Bild 1: Funktionsplan der Teillaststrategie

Fig. 1: Working plan of a partial-load strategy



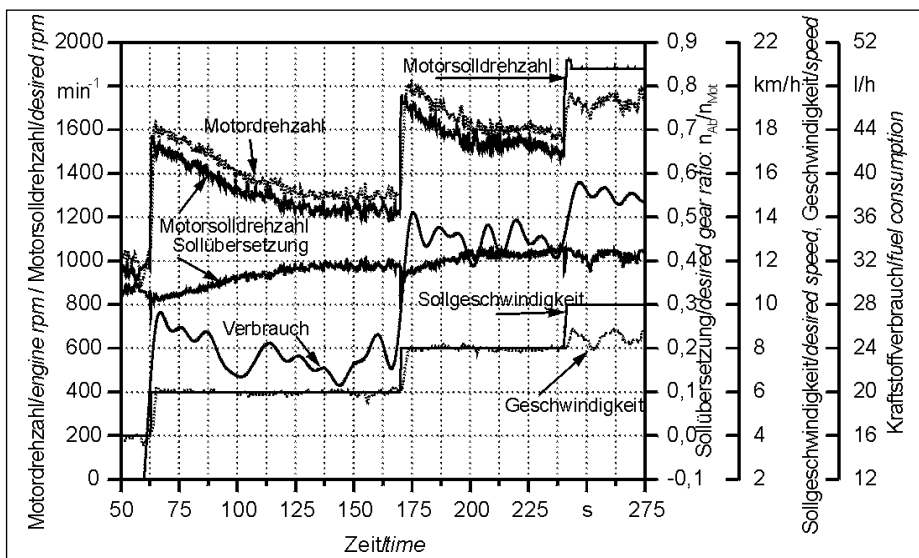


Bild 2: Verhalten des Teillastreglers für drei Geschwindigkeitsbereiche beim Pflügen

Fig. 2: Reaction of the partial-load controller during ploughing

Aufbau der Teillaststrategie. Sie besteht aus den Funktionsblöcken Fahrbereichs-, Motor- und Getriebemanagement. Dem Fahrbereichsmanagement wird der Geschwindigkeitswunsch vom Fahrer über +/- Tasten vorgegeben. Im Fahrbereichsmanagement werden abhängig vom Feldendestatus der aktuelle Fahrbereich und die Sollgeschwindigkeit ermittelt, wenn der Fahrbereich-Automatikmodus eingeschaltet ist. Am Vorgehende wird die eingestellte Geschwindigkeit mit einem Faktor multipliziert, um den Wendevorgang entweder mit einer reduzierten oder erhöhten Geschwindigkeit vorzunehmen (siehe Feldendemanagement). Das Motormanagement berechnet für den Motor eine Soll Drehzahl. Die Motorsolldrehzahl ist hierbei von der gewünschten Geschwindigkeit und der angeforderten Leistung abhängig. Der Fahrbereich schaltet zwischen drei Kennlinien um, die Motordrehzahlen für unterschiedliche Geschwindigkeitsbereiche, nämlich 0 bis 14 km/h und 0 bis 40 km/h und Zapfwellentätigkeiten berücksichtigen. Der aus den Kennlinien resultierende Sollwert der Drehzahl dient als Führungsgrößenumschaltung für einen unterlagerten Auslastungsregler, der mit dem Eingang PID-Reset ausgeschaltet werden kann. Die Ausschaltbedingungen für den Auslastungsregler sind größere Änderungen der Arbeitsgeschwindigkeit oder Betriebszustände, in denen der Motor länger als drei Sekunden in Drückung gehalten wird. Im Getriebemanagement ist ein Geschwindigkeitsregler realisiert, der als Regler mit Führungsgrößenumschaltung lediglich den P-Grad des Motors auszuregeln hat. Bild 2 verdeutlicht das Verhalten des Teillastreglers für drei Geschwindigkeitsbereiche beim Pflügen. Der aktive Fahrbereich reicht von 0 bis 14 km/h. Im ersten Bereich beträgt die Sollgeschwindigkeit 6 km/h. Der Motor befindet sich nicht in Drückung, weshalb der Auslastungsregler die Motorsolldrehzahl absenkt. Der Geschwindigkeitsregler folgt mit der Erhöhung des Überset-

zungssollwerts. Der Kraftstoffverbrauch wird dadurch zeitweise bis zu 25 % reduziert. Die Erhöhung der Sollgeschwindigkeit auf 8 km/h erhöht das Motorsollwertniveau auf etwa 1750 min⁻¹. Die Kraftstoffersparnis liegt hier noch bei bis zu 12 %. Im dritten Bereich (v = 10 km/h) befindet sich der Motor in Drückung. Im Verhältnis zur Drückung wird die Übersetzung des Getriebes reduziert. Auf diese Weise wird ein Abwürgen des Motors verhindert.

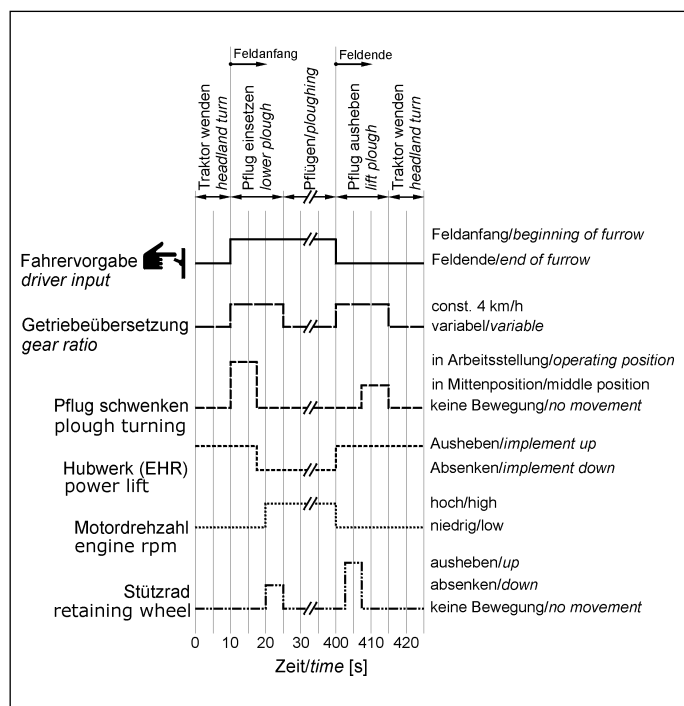
Feldendemanagement

Das im TMS eingebaute Feldendeprogramm entlastet den Fahrer bei den Aufgaben Absenkung der Motordrehzahl, Pflugausheben, Pflugdrehen und Pflugeinsetzen ganz erheblich. Nach dem Starten des Feldendeprogramms muss der Fahrer lediglich das Fahrzeug wenden. Das Impulsdigramm (Bild 3), welches am Feldanfang oder -ende vom Fahrer per Knopfdruck gestartet werden muss, zeigt die Funktionsabläufe.

Nachdem der Fahrer den Traktor am Vorgehende gewendet hat und sich das Vorderrad etwa 2 m vor dem Furchenanfang befindet, muss er per Knopfdruck das „Feldanfang“-Programm starten. Danach wird die Getriebeübersetzung so eingestellt, dass sich der Traktor für das anschließende Einsetzen des Pfluges mit einer konstanten Geschwindigkeit von 4 km/h bewegt. Gleichzeitig wird für acht Sekunden das Hydraulik-

Bild 3: Impulsdigramm Feldende

Fig. 3: Headland timing chart



ventil geschaltet, das den Pflug in die Arbeitsstellung schwenkt. Nach Beendigung des Schwenkvorgangs wird das Hubwerk in die Arbeitsstellung abgesenkt. Bei konstanter Fahrgeschwindigkeit werden die vorderen Pflugschare in den Boden gelassen. 2,5 Sekunden später wird die Motordrehzahl erhöht, da durch das Eindringen der Pflugschare der Leistungsbedarf steigt. Gleichzeitig wird das Stützrad des Pfluges innerhalb von fünf Sekunden abgesenkt, wodurch jetzt auch die hinteren Schare allmählich in den Boden eindringen und so ein sehr gleichmäßiges Vorgehende entsteht. Bis zum vollständigen Absenken des Stützrades wird die Getriebeübersetzung trotz der Motordrehzahlerhöhung so geregelt, dass sich der Traktor weiterhin mit einer konstanten Geschwindigkeit von 4 km/h bewegt.

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht stellt die Erprobung eines Traktormanagementsystems im realen Einsatz vor. Er zeigt deutlich am Beispiel des Vorgehendes, wie die Einzelkomponenten von diesem System verstellt werden können, um den Fahrer erheblich zu entlasten. Des Weiteren wird eine Teillaststrategie vorgestellt, deren Eingangsgröße der Geschwindigkeitswunsch des Fahrers ist. Motordrehzahl und Getriebeübersetzung werden so angepasst, dass der Betriebspunkt des Motors bei 50 % Auslastung liegt, was zu einer Kraftstoffeinsparung von bis zu 25 % führt. Ein in der Zukunft zu realisierender Schritt ist eine automatisierte Verknüpfung von Teillast- und Leistungsstrategie.