

gesamte Spektrum der Automatisierungsaufgaben einsetzbar ist.

Neben der Recheneinheit sind für ein arbeitsfähiges Mikrorechnersystem noch Speicher für das Programm und die Arbeitsdaten erforderlich. Entsprechend den Automatisierungsaufgaben wird für den Rechner ein EDV-Programm fest, d. h. nicht mehr variierbar, auf sog. Festwertspeicher PROM eingeschrieben. Für die variablen Arbeitsdaten stehen Operativspeicher RAM zur Verfügung, die ohne besondere Zusatzmodule bei Spannungsausfall ihre Information verlieren.

Der Datentransfer vom Prozeß zum Rechner (d. h. Meßwerte) und vom Rechner zum Prozeß (Steuerwerte) und zu den Anzeigegegeräten (Bedienerinformationen) wird meist über PIO-Bauelemente abgewickelt.

Alle aufgeführten Baugruppen erfordern zusätzlich noch Stromversorgungseinrichtungen, meist mit unterschiedlichen Spannungen. Im Bild 4 ist der Aufbau eines Mikrorechners am Beispiel der Anwendung zur Steuerung der Belüftung eines Lagers dargestellt.

5.2. Realisierungsprobleme für Hard- und Software

Beim Einsatz von Automatisierungsmitteln auf Mikroprozessorbasis darf nicht übersehen werden, daß zu der gewohnten Hardware-Komponente, d. h. der Zusammenschaltung der genannten Baugruppen, als neue Aufgabe die Erstellung des erforderlichen

EDV-Programms, d. h. Softwarekomponente, kommt. Zur praktischen Anwendung stehen drei Möglichkeiten des Einsatzes dieser Baugruppen zur Verfügung:

- universelle Regler mit vom Hersteller programmierten Baugruppen
Bei diesen Baugruppen wird sowohl die Hardware als auch die Software bereits fertig implementiert geliefert, so daß der Kunde nur die spezifischen Prozeßanpassungen zu lösen hat.
- industriell gefertigte Mikrorechner
Bei diesen Geräten wird die Hardware vom Hersteller betriebsfertig montiert geliefert. Der Kunde hat die Softwarelösung und die Prozeßanpassung zu erarbeiten.
- Eigenbaulösungen
Bei dieser Variante sind durch den Nutzer sowohl der Hardwareaufbau als auch die Programmierung und die Prozeßanpassung zu lösen.

Bei den für einen breiteren Einsatz vorgesehenen Universal-Lösungen bleiben gegenüber den Spezialausführungen Möglichkeiten ungenutzt. Aus reinen Kostenbetrachtungen ergibt sich dann häufig die Tendenz zur Eigenbaulösung. Wird aber in den Betrachtungen der notwendige Aufwand für Hardware- und Softwareentwicklung sowie für den Aufbau einer entsprechenden Hardware-Serienfertigung einbezogen, verschieben sich die Beurteilungsparameter. So bieten für landtechnische Anwendungen Baugruppensteckkarten aus den serienmäßigen Mikrorechnern der Baureihen K 1510 und

K 1520 (und für Sonderfälle K 1600) eine durchaus akzeptable Lösung. In Tafel 1 sind ausgewählte Kennwerte von Robotron-Mikrorechnern gegenübergestellt. Bei größeren Stückzahlen dürfte auch eine kostengünstigere „Landmaschinen-Mikrorechnerkarte“, wie sie z. B. als Einzelsteckkarte (Bild 5) im Institut für Radioelektronik Sofia (VRB) mit 1 Mikroprozessor (8 K Byte RAM + PROM und 3 PIO) entwickelt wurde, eine für den DDR-Landmaschinenbau vertretbare Lösung für eine Eigenentwicklung sein. Mit einem solchen „Standard-Rechner“ wäre nach den bisherigen Erfahrungen ein wesentlicher Teil der vorrangigen Aufgaben hinsichtlich der Speicherkapazität lösbar.

Literatur

- [1] Töpfer, H.; Roth, M.; Kollar, L.: Zur Automatisierung landtechnischer Arbeitsmittel und Prozesse unter Beachtung der Mikroelektronik. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 10, S. 432-435.
- [2] Kolčin, A. V., u. a.: Datčki dlja tehničeskogo diagnostirovanija traktorov i složnych s.-ch. mašin (Geber für die technische Diagnose von Traktoren und komplizierten Landmaschinen). Minsk: Vyšeišaja škola 1978.
- [3] Elema, H. M.: Elektronika in landbouwmachines (Elektronik in Landmaschinen). Bedrijfsontwikkeling, den Haag 13 (1982) 4, S. 342-327.
- [4] Fuchs, H.: Sensoren - Bindeglied zwischen Prozeß und Automatisierungseinrichtungen. messen - steuern - regeln, Berlin 25 (1982) 5, S. 277-278.
- [5] Maack, H.-H., u. a.: Verfahrens- und geräte-technische Aspekte der technischen Diagnostik. Maschinenbautechnik, Berlin 30 (1981) 8, S. 367-370. A 3860

Technische und ökonomische Gesichtspunkte für automatisierungsgerechte Antriebskonzeptionen von Landmaschinen

Dr. sc. techn. E. Hlawitschka, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Einführung

Unter dem Aspekt der Einsparung von Material, Energie und Arbeitszeit gewinnen die Antriebe von Landmaschinen und landtechnischen Anlagen immer größere Bedeutung, wobei immer mehr auch die Belange der Automatisierungstechnik berücksichtigt werden müssen. Die rasche Entwicklung der Steuerungs- und Regelungstechnik, vor allem die Nutzung der Mikroelektronik, schafft Möglichkeiten, die konventionellen Antriebe, wie z. B. Dieselmotoren, Elektromotoren oder hydraulische und pneumatische Baugruppen, hinsichtlich ihrer quantitativen und qualitativen Merkmale wesentlich zu verbessern.

In Landmaschinen bewähren sich die hydraulischen Antriebe seit langem, und die Tendenz der weiteren Zunahme hydraulischer Geräte am Gesamtumfang der Maschine hält an. So beträgt z. B. der Hydraulikbesatz am Mähdrescher E 516 24 % gegenüber 4 % am Mähdrescher E 512. Sicher liegt eine Ursache für die immer häufigere Verwendung hydraulischer Geräte auch darin, daß neben reinen Antriebsaufgaben durch die Hydraulik auch praktikable Möglichkeiten der Steuerung und Regelung der

Arbeitsprozesse nachgeschalteter Arbeitsorgane geschaffen werden.

Nachfolgend sollen einige Gesichtspunkte genannt werden, die auf den allgemeinen Forderungen basieren, die die Automatisierung von Prozessen betreffen.

2. Technische Aspekte

Als wesentliche Voraussetzung zur Realisierung von Automatisierungsaufgaben gilt, daß die wichtigsten, den Antrieb kennzeichnenden Parameter bekannt und erfaßbar sein müssen. Bei der darauffolgenden Analyse des Antriebsproblems sind die Forderungen an die technischen Größen, z. B. an Drehmoment, Drehzahl, Wirkungsgrad, Energieverbrauch usw., und deren zulässige bzw. gewünschte Abweichungen vom Sollwert exakt und ohne Überspitzung zu formulieren. Überhöhte Forderungen führen meist zu komplizierten und teuren Lösungen. In der landtechnischen Praxis haben sich unkomplizierte Anlagen bewährt. Sie geben die beste Garantie für eine hohe Zuverlässigkeit des Gesamtaggregate. Durch eine gründliche Analyse der den Antrieb kennzeichnenden Parameter können die Art und der Umfang

der Automatisierungseinrichtung wesentlich beeinflußt werden.

Eine weitere Grundlage für die Automatisierung von Antriebssystemen ist die Forderung, daß die den Antrieb charakterisierenden Größen meßbar sind und gemessen werden können. Während die Meßbarkeit von technischen und physikalischen Größen der Antriebe meist gegeben ist, sind jedoch die Aufwendungen zur Erfassung bestimmter Größen sehr unterschiedlich. So ist z. B. das Messen der Drehzahl, der Stromstärke bei elektrischen Anlagen, des Drucks in Hydraulik- und Pneumatikanlagen usw. mit einfachen Meßgeräten möglich. Sobald jedoch Drehmomente, Kräfte, Massenströme, Beschleunigungen usw. bestimmt werden müssen, wachsen die Aufwendungen, und die Möglichkeiten der Automatisierung werden eingeschränkt. Daher besteht eine wichtige Aufgabe darin, zu entscheiden, ob die zu beeinflussende Größe direkt gemessen werden soll oder ob eine andere Größe, die in einem determinierten Zusammenhang zur ersteren steht, aber einfacher zu erfassen ist, als Signalgröße verwendet wird. Als Beispiel sei hier erwähnt, daß bei hydrostatischen Antrieben zwischen dem Druck und dem Dreh-

moment oder der Kraft am Hydraulikmotor direkte Proportionalität besteht, so daß eine sonst sehr schwierige Messung der Drehmomente oder Kräfte auf die einfachere Druckmessung reduziert werden kann. Die meßtechnische Erfassung der Drehmomente auf der Grundlage der auftretenden Verformungen bringt das Problem der Meßwertübertragung vom rotierenden Teil mit sich, das besonders geeignete Vorrichtungen (z. B. Schleifringübertrager, Sender) erfordert. In ähnlicher Weise kann eine Volumenstrommessung auf die Bestimmung der Drehzahl bzw. der Arbeitsgeschwindigkeit von Hydraulikmotoren oder auch auf die Ermittlung einer Druckdifferenz über einer Blende zurückgeführt werden. Häufig können dann übliche, aus dem Bereich der Meßtechnik bekannte Geber zur Gewinnung eines verarbeitbaren Signals herangezogen werden.

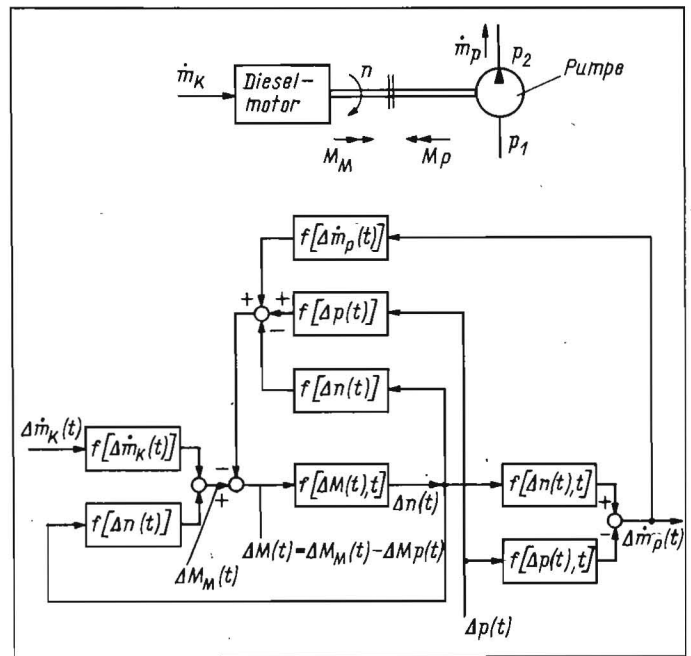
Diese Signale müssen in der Automatisierungseinrichtung zur Beeinflussung der Stellgrößen verarbeitet werden. Ein wesentliches Kennzeichen dieses Wandlungsprozesses ist das dynamische Verhalten aller Bauelemente der Regelungsanlage. Gute dynamische Eigenschaften der Regelungsanlage erreicht man dann, wenn die bewegten Teile massearm ausgeführt werden, wenn sie spielfrei und reibungsarm gelagert und geführt sind und wenn sie eine große Formstetigkeit haben. Das Einhalten dieser Gesichtspunkte sichert ein hohes Reaktionsvermögen und läßt nur geringe Hystereseerscheinungen erwarten. Zu beachten ist ferner, daß keine wesentlichen Störfrequenzen in der Nähe der Eigenfrequenz des Kreises liegen, da dann eine Verstärkung der Störampplitude auftreten kann bzw. die Reglerwirkung völlig verloren geht.

Antriebe sind meist komplexe Einheiten mit mehr oder weniger großem Umfang. Zur Präzisierung einer automatisierungsgerechten Antriebskonzeption ist daher die Aufteilung des Antriebssystems in Einzelglieder von außerordentlicher Bedeutung. Als Ergebnis erhält man das Signallaßbild. Dieses kennzeichnet den Informationsfluß im System sowie das Verhalten der Elemente und ihrer Kopplungen. Es enthält Angaben zur Beschreibung der stationären und dynamischen Eigenschaften jedes Gliedes und der gegenseitigen Kopplungen, die das Verhalten des Gesamtsystems bestimmen. Das Signallaßbild stellt die Voraussetzung für die rechnerische Behandlung der Elemente der Kopplungen dar. Im Bild 1 sind als Beispiel das Schema und der Signallaßplan für den Antrieb einer Pumpe durch einen Dieselmotor dargestellt. Daraus ist erkennbar, welche Wirkungen die Veränderung der Kraftstoffzufuhr \dot{m}_k des Dieselmotors ausübt und welche dadurch veränderten Betriebsgrößen letztlich den Flüssigkeitsstrom \dot{m}_p der Pumpe beeinflussen. Für andere Antriebe lassen sich äquivalente Signallaßbilder ableiten.

Eine andere Darstellungsweise des Signallaßes ist der Signallaßgraph. Beide Darstellungen sind in der Aussage gleichwertig. Letzterer ist jedoch besonders für die rechnerische Behandlung von Systemen geeignet.

Von den Signalen selbst muß erwartet werden, daß sie eindeutig und nach Möglichkeit ohne weitere Verstärkung nutzbar sind. Der zuletzt aufgeführte Gesichtspunkt gilt besonders für Antriebe von mobilen Landmaschinen. Die mobile Technik bietet meist ungünstige Bedingungen für die Signalgewinnung,

Bild 1
Schema und Signallaßbild einer Anlage Dieselmotor-Kreiselpumpe [1];
 \dot{m}_k Kraftstoffmassenstrom, \dot{m}_p Flüssigkeitsmassenstrom, M_M Motordrehmoment, M_p Pumpendrehmoment, n Drehzahl, p Druck, t Zeit



die sich in Form der Umwelteinflüsse, der Schwingungs- und Stoßbelastung der Automatisierungseinrichtung, der zur Verfügung stehenden Hilfsenergie usw. äußern. Der Meßort soll vor allem so gewählt werden, daß Störeinflüsse in Gestalt von Störsignalen den gewünschten Vorgang möglichst wenig beeinflussen.

Automatisierungseinrichtungen benötigen meist bestimmte Hilfsenergien. Gebräuchlich sind elektrische, hydraulische und pneumatische Hilfsenergien. Die Entscheidung, welche Hilfsenergieart zweckmäßigerweise genutzt werden soll, hängt von der Art des Antriebs, von der Art des Signals, von den erforderlichen Stellkräften und Stellgeschwindigkeiten, von den zur Verfügung stehenden Stellanrichtungen usw. ab. Tafel 1 enthält eine Gegenüberstellung der wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Hilfsenergiearten.

Daß eine Kopplung verschiedener Hilfsenergien zu günstigen Lösungen führt, soll am Beispiel der Verbindung von Elektrik/Elektronik und Hydraulik gezeigt werden. Hier sichert erstere das Messen nahezu aller physikalischen Größen, eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit, eine einfache und genaue Signalverstärkung sowie eine einfache und genaue Sollwertbildung. Die Hydraulik ermöglicht hohe Stellkräfte und Stellgeschwindigkeiten und deren stufenlose Einstellbarkeit, einen einfachen Überlastschutz, große Robustheit, geringen Wartungsaufwand usw.

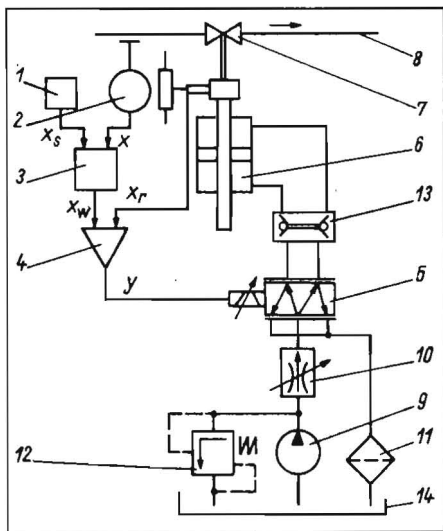
Solche elektrohydraulischen Regelungen weisen zwar noch eine gewisse Kompliziertheit der Geräte auf, stellen aber eine sinnvolle Kombination beider Hilfsenergiearten dar.

Im Bild 2 ist das Schema eines elektrohydraulischen Stellantriebs für ein Ventil dargestellt. Die Geräte 1 bis 4 arbeiten auf elektrischer Basis, die Geräte 6 und 9 bis 14 sind hydraulischer Art. Das Servoventil 5 ist der Systemwandler. Die gleiche Anlage wurde im Bild 3 als Blockschaltbild dargestellt, aus dem der Signallaß erkennbar ist.

Die hydraulische Steuerungstechnik steht derzeit vor einer entscheidenden Entwicklungsetappe. Mit der Entwicklung der Mikroelektronik, der Bereitstellung leistungsfähiger und kostengünstiger Einchip-Rechner wurde auch die Bereitstellung industriell nutzbarer Sensoren beschleunigt. Führende Hersteller von Mikroprozessoren schätzen ein, daß künftig deren Einsatz von der kostengünstigen Bereitstellung der Peripherielemente entscheidend abhängig ist. Nach [4] wird der Umfang der Peripherie gegenwärtig mit etwa 35 % der aus Hard- und Software bestehenden Kosten veranschlagt. Daraus resultiert, daß die Entwicklung der elektrohydraulischen Steuerungstechnik Fortschritte machen wird und daß die Bereitstellung von entsprechenden Sensoren für den elektrischen Signalkreis die elektrohydraulische Steuerungstechnik nicht ersetzen, sondern als Bindeglied zum hydraulischen Kraft-

Tafel 1. Wesentliche Eigenschaften verschiedener Hilfsenergiearten [2]

Eigenschaft	hydraulisch	pneumatisch	elektrisch
Signalübertragung:			
max. Entfernung	30 m	300 m	beliebig
max. Geschwindigkeit	≈ 1 200 m/s	≈ 330 m/s	≈ 3 · 10 ⁸ m/s
Stellanrichtung:			
Arbeitsgeschwindigkeit	≈ 2 m/s	≈ 8 m/s	≤ 0,5 m/s
Stellkräfte	sehr groß	groß	mittel
Aufwand	mittel	klein	z. T. beträchtlich
Wartung	einfach	noch einfach	z. T. kompliziert
Kosten	rel. niedrig	rel. niedrig	aufwendig
Zuverlässigkeit	robust	erschütterungs-empfindlich	z. T. erschütterungs-empfindlich



kreis auftreten wird. Einen Schritt auf dem Weg zur Einführung solcher Steuerungsanlagen stellt die Bereitstellung von hydraulischen Proportionalventilen dar, bei denen weitestgehend proportionales Verhalten zwischen dem elektrischen Eingangssignal und der geradlinigen Kraft- bzw. Hubänderung des Ausgangssignals besteht [4]. Diese Ventile werden als Wege-, Druck- und Stromventile ausgeführt. Die leistungsfähigen, robusten und kostengünstigen Proportionalventile schaffen als Systemwandler die optimale Verknüpfung zwischen dem elektrischen Signalkreis und der hydraulischen Leistungsübertragung.

Zur Steuerung und Regelung von Antrieben ist nicht immer eine besondere Hilfsenergiequelle notwendig. In solchen Fällen wird die erforderliche Energie direkt dem System oder dem Prozeß entnommen. Ein Beispiel dazu ist im Bild 4 dargestellt. Hier werden handelsübliche Ventile zur Drehzahlregelung eines Hydraulikmotors benutzt, der ein konstantes Schluckvolumen hat. Die Wirkungsweise dieser Drehzahlregelung beruht darauf, daß im Fall zu hoher Drehzahl des Hydraulikmotors 2 infolge zu großen Förderstroms der Hydraulikpumpe 1 das fremdgesteuerte Druckbegrenzungsventil 5 durch den sich vor dem Drosselventil 6 aufbauenden Druck angesteuert wird und öffnet, so daß ein Teil des Pumpenförderstroms über dieses Ventil in den Behälter abfließen kann. Zu niedrige Motordrehzahl ruft die entgegengesetzte Wirkung hervor. Die Lösung ist einfach, robust, verlustarm und billig. Sie ist für viele hydraulische Antriebe, die Drehzahlkonstanz trotz Abweichung des Pumpen-

Bild 4. Schaltplan für eine hydraulische Drehzahlregelung

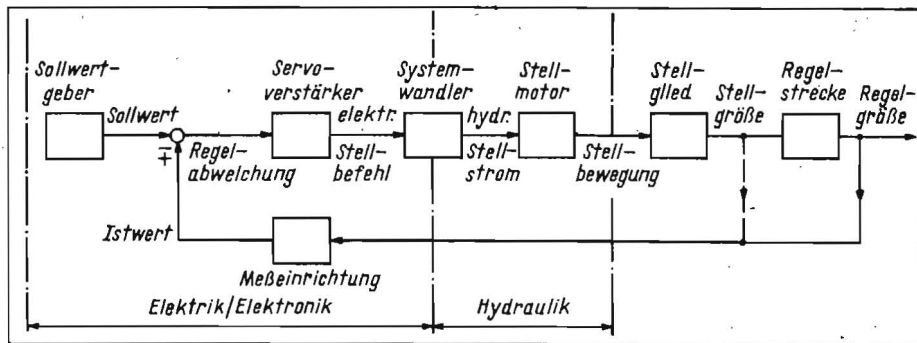
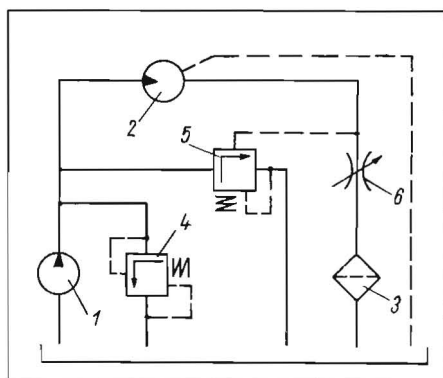


Bild 3. Signalflußbild eines elektro-hydraulischen Stellantriebs [3]

Bild 2. Schema eines elektro-hydraulischen Stellantriebs [3];

1 Sollwertgeber, 2 Meßgerät, 3 Regler, 4 Servoverstärker, 5 Servoventil (Systemwandler), 6 Stellmotor, 7 Stellglied, 8 Regelstrecke, 9 Hydraulikpumpe, 10 Stromregelventil, 11 Filter, 12 Druckbegrenzungsventil, 13 Doppelrückschlagventil, 14 Ölbehälter; x Regelgröße, x_s Sollwert der Regelgröße, x_w Regelabweichung, x , Rückführsignal, y Stellbefehl

förderstroms vom Nennförderstrom erfordern, geeignet.

Eine weitere wichtige Aufgabe für den Antriebstechniker besteht in der zweckmäßigen Anpassung der Antriebseinheit an die Arbeitsmaschine oder an das Arbeitselement. Dazu dienen Kennlinien von Motor und Arbeitsmaschine, die deren Betriebsverhalten – meist dargestellt durch das Drehmoment-Drehzahl-Schaubild – charakterisieren. Der Arbeitspunkt des Systems als Schnittpunkt beider Kennlinien läßt Aussagen über die Stabilität des Antriebssystems zu. Stabilitätsuntersuchungen sind noch immer Ausgangspunkt für alle antriebstechnischen Betrachtungen. Dazu werden häufig die statischen Kennlinien benutzt. Hohe Arbeitsgeschwindigkeiten, steigende Forderungen an die Qualität der Antriebe, die Erfassung der Anlaufvorgänge und das Ausschalten von Störeinflüssen verlangen die Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens der am Antrieb beteiligten Einheiten. Bei diesen Stabilitätsuntersuchungen ist zu beachten, daß verschiedene Motoren nichtlineare Kennlinien haben. Bei der rechnerischen Behandlung von Automatisierungseinrichtungen kann diese Tatsache eine Beschränkung der Untersuchungen auf kleine Abweichungen notwendig machen, wenn zum Mittel der Linearisierung von Kennlinienabschnitten gegriffen wird. Die stationäre Kennlinie wird bei dieser Betrachtungsweise zum wichtigen Grenzfall des dynamischen Verhaltens, dem stationären Zustand. Auf dieser Grundlage lassen sich Übergangsvorgänge untersuchen.

Die Aufgabe solcher dynamischen Untersuchungen besteht im Aufdecken von Möglichkeiten zur Stabilisierung eines zunächst instabilen Antriebs und in der Bestimmung der jeweiligen Übergangsvorgänge. Solche Übergangsvorgänge bedürfen der Beurteilung ihrer Güte und erfordern auch die Optimierung der gesamten Regelungseinrichtung. Damit wird sichtbar, daß der Antriebstechniker das Zeitverhalten der im System angeordneten Elemente bzw. Baugruppen kennen muß.

3. Ökonomische Aspekte

Bei der Konzipierung von Automatisierungsanlagen für Antriebe sind auch ökonomische Komponenten zu beachten. Es geht allgemein darum, bestimmte Eigenschaften eines Antriebs einem Maximum, andere einem Minimum zuzuführen. Konkrete ökonomische

Betrachtungen wird man erst dann anstellen können, nachdem das konkrete Signalflußbild als Grundlage für solche Untersuchungen erarbeitet worden ist. Die finanziellen Aufwendungen für die Beschaffung einer Automatisierungseinrichtung und ihren Betrieb lassen sich nur anhand konkreter Unterlagen ermitteln. Das schließt jedoch nicht aus, daß man bereits in der Projektierungsphase Entscheidungen auch nach ökonomischen Gesichtspunkten fällt und ein Optimum zwischen Aufwand und Nutzen der Automatisierungseinrichtung sucht.

Zur Lösung von Optimierungsaufgaben ist die Ausarbeitung von Gütekriterien, die als Maß der ökonomischen Effektivität von Automatisierungseinrichtungen angesehen werden können, besonders zweckmäßig. Gütekriterien gestatten die Bewertung verschiedener Antriebsvarianten nach unterschiedlichen, der jeweiligen Aufgabe angepaßten Gesichtspunkten.

An vorderer Stelle bei der Bewertung von Antriebslösungen steht der erreichte Nutzeffekt. Bei der derzeitigen Situation muß er sich in einer verbesserten Energieökonomie, d. h. in der Senkung des spezifischen Energie- bzw. Kraftstoffverbrauchs, in der Verbesserung des Wirkungsgrads von Antrieben, in der Erhöhung der Leistungsfähigkeit eines Antriebs und in der Steigerung der Zuverlässigkeit von Antrieben ausdrücken. Damit werden die Ausfallzeiten des Gesamtantriebs wesentlich eingeschränkt, und die Minderung der unproduktiven Zeiten führt zu einer Steigerung der Produktivität des anzutreibenden Aggregats. Aus energieökonomischer Sicht muß angestrebt werden, daß mit Hilfe der Automatisierungseinrichtungen Maschinen und Anlagen nach Möglichkeit immer im wirtschaftlichen Betriebsbereich arbeiten, wodurch die Betriebskosten gesenkt werden können.

Zu der breiten Palette der ökonomischen Aspekte gehören auch Fragen der automatisierungsgerechten Konstruktion, der Einhaltung bestimmter Fertigungstoleranzen, der Verwendung besonders geeigneter Werk- und Hilfsstoffe, der Wartung usw. Letztlich sollen automatisierte Antriebe die Kosten so beeinflussen, daß durch Einsparung von Energie, Material und Arbeitszeit eine Senkung der Kosten zustande kommt.

Fortsetzung auf Seite 441

Tendenzen und Möglichkeiten zur Automatisierung an Mähdreschern

Dr.-Ing. L. Voß, KDT, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Forschungszentrum des Landmaschinenbaus Neustadt in Sachsen

Die weitere Intensivierung der Getreideproduktion gehört zu den vordringlichsten Aufgaben der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft. Diese Entwicklung hat zu einer wesentlichen Erweiterung der Getreideanbaufläche, zur raschen Steigerung der Erträge sowie zu neuen Anforderungen an die Getreide- und Stroherntemaschinen geführt.

So sind z. B. die mittleren Weizenenerträge in der DDR auf rd. 4,3 bis 4,5 t/ha gestiegen (Variationsbreite von 2 bis 8 t/ha). Mit der weiteren Ertragsentwicklung wird sich dieses Spektrum weiter auffächern. Um 1990 sind Spitzenenerträge von 10 t/ha zu erwarten, es werden aber auch noch Minimalerträge von rd. 2 t/ha vorkommen.

Gleichlaufend mit der weiteren Steigerung und Differenzierung der Erträge werden sich natürlich auch die Bestandsbedingungen und spezifischen Druschguteigenschaften an verschiedenen Standorten und von Jahr zu Jahr stärker voneinander unterscheiden. Damit werden schon aus dieser Sicht immer höhere Anforderungen an die Anpassung der Landmaschinen gestellt. Gleichzeitig muß aber auch ihre Schlagkraft weiter erhöht werden, um zu einem agrotechnisch optimalen Termin die Arbeiten durchführen zu können – eine Voraussetzung für minimale Ernteverluste und minimale Trocknungsaufwendungen.

Dieser Entwicklung entsprechend werden in zunehmendem Maß für Mähdrescher Zusatzeinrichtungen zur Anpassung der Maschine an ganz spezielle Einsatzfälle angeboten. Dazu gehören u. a. Spezialadapter für

die Ernte von Sojabohnen, Sonnenblumen, Sorghum und Sesam, aber auch Strohreißer sowie Schwadleger an Maispflückern. Gleichzeitig wird die Palette von Schneidwerken unterschiedlicher Arbeitsbreite erweitert und eine kontinuierliche Steigerung der Leistungsfähigkeit der Maschine angestrebt.

Trotz aller konstruktiven Voraussetzungen wird die tatsächliche Effektivität der Maschine immer noch wesentlich vom Wissen und Können des Fahrers sowie von seinen Möglichkeiten beeinflusst, erforderliche Handlungsabläufe rechtzeitig zu erkennen. Zunehmend werden deshalb die Fahrerkabinen mit Kontroll- und Überwachungseinrichtungen bis hin zu Regelungseinrichtungen ausgerüstet.

Mähdrescher der mittleren und oberen Leistungsklasse verfügen i. allg. über:

- Anzeigeeinrichtungen zur Kontrolle der Motorfunktion
- Signaleinrichtungen für die Überwachung von Funktionselementen
- Verlustkontrollgeräte zur Qualitätskontrolle
- Betriebsstunden- und Hektarzähler für die Leistungsbewertung des Mähdrescherfahrers.

Mit wachsender Leistungsfähigkeit des Mähdreschers erhöhen sich auch die Anforderungen an den Fahrer. Deshalb werden schrittweise zusätzliche Regelungseinrichtungen eingeführt, wie

- automatische Lenkung entlang der Maisreihe oder der Bestandskante von Getreide
- Schnitthöhenregelungen und Bodenkopierungen
- Durchsatzregelungen.

Durch diese Einrichtungen steht dem Fahrer eine Vielzahl von zusätzlichen Informationen zur Verfügung. Trotzdem ergibt sich daraus nicht in jedem Fall eine zwingende Handlungsvorschrift.

So wird z. B. mit dem Verlustmeßgerät zwar die Verlusthöhe an Schütler und Reinigung angezeigt, es erfolgt aber keine hinreichende Aussage über die Verlustursache. Bei zu hohen Verlusten kann die Belastung der Maschine zu groß gewesen sein, oder aber die Maschineneinstellung war nicht den Einsatz- und Belastungsverhältnissen angepaßt.

Für die Einstellung optimaler Betriebsverhältnisse sind zusätzliche Informationen über Druschgufeuchte, Kornbeschädigung und Reinheitsgrad der Körner erforderlich. Entsprechende Geber existieren jedoch z. Z. noch nicht. Deshalb lassen sich vor allem unter den Bedingungen der industriemäßigen Organisation der Getreideernte noch wesentliche ökonomische Effekte durch die Optimierung des Gesamtprozesses erreichen.

Der Qualitätsprüfer legt gemeinsam mit dem Komplexleiter aus der Erntesituation heraus den Vorgabewert für den Verlustsollwert fest, schätzt die Druschgufeuchte ein und ermittelt im Probedrusch die Optimaleinstellung unter Beachtung der Qualitätsmerkmale

Bruch und Reinheit. Die so ermittelte Einstellung wird danach auf alle Maschinen des Komplexes übertragen. Verändern sich die Erntebedingungen, z. B. stärkere Abtrocknung in den Mittagsstunden, so wird nach einer vorgegebenen Strategie eine neue Einstellkombination getestet und wiederum auf alle Maschinen übertragen [1, 2].

Wenn es gelingt, geeignete Geber bereitzustellen, bieten sich mit dem Einsatz der Mikroelektronik Möglichkeiten, die genannten Optimierungsabläufe schrittweise zu automatisieren. Neben der Einsparung von Arbeitskräften sind vor allem durch Beseitigung des subjektiven Einflusses bei der Bewertung und Verarbeitung der Druschbedingungen und -ergebnisse positive Resultate zu erwarten.

Voraussetzung für derartige Automatisierungsaufgaben sind genaue Kenntnisse über die Prozeßabläufe in der Maschine. Besonders für die Drusch-, Abscheide- und Reinigungsorgane liegen vielfältige Untersuchungsergebnisse vor. Diese Untersuchungen haben meist das Ziel, einzelne Konstruktionsparameter oder auch komplette Baugruppen weiterzuentwickeln, um mit gleichem oder geringfügig höherem Aufwand ein besseres Ergebnis zu erreichen. So haben z. B. die Baugruppen Tangential-Dreschtrammel/Dreschkorb, Hordenschüttler und Druckwind-Siebreinigung einen so hohen Entwicklungsstand erreicht, daß revolutionisierende Wirkungen nicht mehr zu erwarten sind.

Das Verhalten dieser Einrichtungen bei dynamischer Beaufschlagung mit Druschgut und bei wechselnden Druschguteigenschaften ist dagegen nur wenig beschrieben und untersucht worden. Besonders die Formulierung aussagefähiger Druschguteigenschaften bereitet Schwierigkeiten. Bekannt ist, daß die Strohfeuchte einen dominierenden Einfluß auf die Drusch- und Abscheideergebnisse hat. Das Zusammenwirken mit Eigenschaftskomplexen, die z. B. von Reifezeitpunkt, Standort und Aufwuchsbedingungen abhängig sind, ist weitgehend ungeklärt. Vor allem wegen dieser Problematik sowie der aus dem Getreidebestand resultierenden Stochastik gibt es gegenwärtig keine analytische Beschreibung der Prozeßabläufe als komplexes Modell. Die Herstellung eines solchen Modells ist langwierig und in geschlossener Form möglicherweise überhaupt nicht realisierbar.

Damit scheidet Regelungen, bei denen aus den Meßwerten der Prozeßvariablen, also der Eingangs- und Störgrößen, unter Benutzung von Verfahren der mathematischen Optimierung Steuerwerte errechnet und eingestellt werden, für den Mähdrescher vorerst aus.

Möglichkeiten für die weitere Automatisierung des Mähdreschers

Eine Möglichkeit ist die *Weiterentwicklung der Kontroll- und Anzeigeeinrichtungen*, um den Fahrer in seiner Arbeit zu entlasten und ihn in die Lage zu versetzen, die installierte

Fortsetzung von Seite 440

3. Zusammenfassung

Mit der Entwicklung der Mikroelektronik erhöhen sich die Möglichkeiten des Einsatzes von Automatisierungseinrichtungen für die Antriebe von Landmaschinen und landtechnischen Anlagen. Ausgehend von den allgemeinen Forderungen der Automatisierung werden technische Aspekte genannt, die die Meßwertgewinnung und -verarbeitung mit Hilfe elektrischer, hydraulischer und elektrohydraulischer Einrichtungen betreffen. Die technische Umsetzung bestimmter Forderungen wird an zwei Beispielen gezeigt. Die technischen Belange werden durch Gütekriterien ergänzt, die zur Bewertung des ökonomischen Nutzeffekts einer Automatisierungslösung herangezogen werden sollten.

Literatur

- [1] Töpfer, H.; Rudert, S.: Einführung in die Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1976.
- [2] Kollar, L.: Automatisierung in der Landwirtschaft. Berlin: VEB Verlag Technik 1975.
- [3] Hydraulik und Pneumatik. Hrsg.: VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik, Leipzig 1975.
- [4] Stammer, A.: Proportionalventile – ein neues Gerätesortiment des VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik. 5. Fachtagung Hydraulik und Pneumatik. Tagungsmaterial, Teil 1, Dresden 1983.

A 3861