

Die Anwendung der in der Regelungstheorie entwickelten Verfahren zum Entwurf automatischer Systeme bringt wesentliche Vorteile gegenüber der reinen Empirie.

Voraussetzung für die Anwendung dieser Verfahren ist, daß die Eigenschaften der auftretenden Störsignale und das Übertragungsverhalten der Regelstrecken und Regler hinreichend bekannt sind.

Der Entwurf einer Durchsatzregelung des Mähreschers (MD) wirft einige Fragen auf. Diese sollen im folgenden kurz skizziert und Lösungswege angedeutet werden.

1. Gründe für die Anwendung der Durchsatzregelung

Die Bestandesdichte des Getreidefeldes ändert sich stochastisch mit der Wegkoordinate. Über die Fahrgeschwindigkeit des MD ergibt sich aus dem stochastischen Feld ein zeitabhängiger stochastischer Verlauf des Erntegutdurchsatzes.

$$q(t) = B \cdot v(t) \cdot b(s) = B \cdot v(t) \cdot b \int_0^t v(\tau) d\tau$$

Es bedeuten:

- q Erntegutdurchsatz (Masse je Zeiteinheit)
- B Arbeitsbreite des MD
- v Fahrgeschwindigkeit des MD
- b Bestandesdichte (Masse je Flächeneinheit)
- s Bewegungskordinate des MD in Fahrtrichtung
- t, τ Zeit

Der Durchsatz $q(t)$ ist für $v = \text{konst.}$ normalverteilt /1/. Die Körnerverluste erhöhen sich progressiv mit steigendem Durchsatz. Für den MD SK-4 ist z. B. nach /2/ für zeitlich konstanten Durchsatz

$$\varphi = a q^3 \quad (1)$$

Es bedeuten:

- φ Körnerverluste (Masse je Zeiteinheit)
- a von den Eigenschaften des Erntegutes abhängiger Wert

Es seien

$$\bar{\varphi} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \varphi(t) dt \quad \text{und} \quad \bar{q} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T q(t) dt$$

die linearen Mittelwerte der Körnerverluste und des Durchsatzes. Wegen der progressiven Durchsatz-Verlust-Kennlinie (1) steigt der Mittelwert $\bar{\varphi}$ mit der Streuung σ des zeitabhängigen Durchsatzes $q(t)$, so daß sich der im Bild 1 dargestellte Zusammenhang ergibt /2/.

Die Flächenleistung des MD ist proportional dem Durchsatz:

$$\bar{N} = \frac{\bar{q}}{b}$$

Es bedeutet:

- \bar{N} mittlere Flächenleistung des MD (Fläche je Zeiteinheit)

Daraus ist zu schlußfolgern, daß die Regelung des Durchsatzes mit dem Ziel, diesen konstant zu halten, bei gegebenem mittleren Durchsatz \bar{q} und damit auch bei einer gegebenen Flächenleistung \bar{N} eine Verringerung der mittleren Verluste $\bar{\varphi}$ bringt; oder, was das gleiche aussagt, die Verringerung der Streuung des Durchsatzes ermöglicht bei gleichen mittleren Verlusten eine Erhöhung der Flächenleistung des MD.

Diese Aussage wird nicht beeinflusst durch die Tatsache, daß die Kennlinie $\varphi = \varphi(q)$ von einigen Eigenschaften des Erntegutes abhängt, die sich ebenfalls stochastisch ändern.

Eine weitere, sich aus ökonomischen Erwägungen ergebende Forderung besteht darin, eine vorgegebene Höhe der Verluste einzuhalten bzw. nicht zu überschreiten. Diese Aufgabe ist wegen der erwähnten Abhängigkeit der Verluste von den Eigenschaften des Erntegutes nicht mit einer Durchsatzregelung lösbar. Eine Lösung wäre die Führungsregelung, bei der der Sollwert des Durchsatzes von der Höhe der gemessenen Schüttlerverluste beeinflusst wird /3/.

Die automatische Regelung des Durchsatzes bedeutet außerdem eine Arbeiterleichterung für den MD-Fahrer.

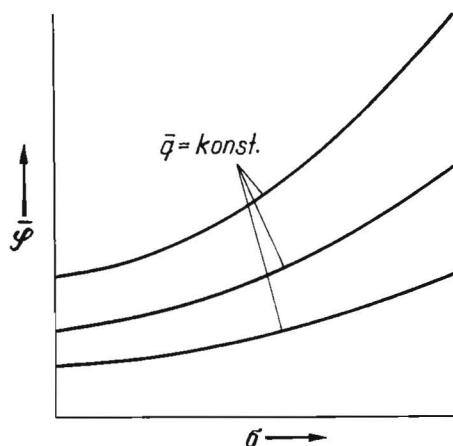


Bild 1. Abhängigkeit der mittleren Verluste von der Streuung des Durchsatzes

2. Untersuchungsziele

Um die Frage nach der Zweckmäßigkeit einer Durchsatzregelung beantworten zu können, müssen Nutzen und Aufwand zueinander in Beziehung gesetzt werden. Der Aufwand ergibt sich relativ einfach aus der gerätetechnischen Realisierung. Die Frage nach dem Nutzen ist schwieriger zu beantworten. Er hängt von den Störgrößen und der Dynamik des Systems ab.

Ein Teil des Systems ist mit der Regelstrecke vorgegeben. Für den Regler ist nun eine Struktur und Einstellung zu finden, so daß das gesamte System optimal arbeitet. Hierbei sind Einschränkungen z. B. dadurch gegeben, daß für die zu verwendenden Bauteile Verfügbarkeit und Kosten beachtet werden müssen.

3. Lösungsweg

3.1. Begriff und Inhalt der Prozeßanalyse

Als Prozeß wird in Anlehnung an /4/ die Gesamtheit von System und Signal bezeichnet (Bild 2).

Die Prozeßanalyse besteht aus der Analyse der Signale und des Systems und ist auf theoretischem und experimentellem Wege möglich. Ziel der Signalanalyse ist, die Eingangssignale des Systems durch ihren zeitlichen Verlauf $x = x(t)$ bzw. bei stochastischen Signalen durch ihre statistischen Kennfunktionen (z. B. Leistungsdichtespektrum, Autokorrelationsfunktion) zu kennzeichnen.

Die Aufgabenstellung für die experimentelle Systemanalyse besteht darin, die lineare Differentialgleichung mit kon-

* TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik (Direktor: Prof. Dr. habil. R. THURM)

stanten Koeffizienten zu bestimmen, die das System hinreichend genau beschreibt. Eine Übersicht dazu gibt /4/.

Die theoretische Systemanalyse versucht über die physikalischen Gesetzmäßigkeiten, denen das System unterliegt, einen Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangsgrößen zu finden.

3.2. Systemanalyse der Regelstrecke MD

Der Zusammenhang zwischen Stellweg des Arbeitszylinders des Fahrvariators y und der Fahrgeschwindigkeit v des MD wird durch das Antriebssystem bestimmt. Dieses System ist nichtlinear. Die durch experimentelle Systemanalyse gefundenen linearen Modelle genügen der Differentialgleichung

$$\sum_{i=1}^n a_i p^i v = \sum_{j=1}^m b_j p^j y$$

Literatur	n	m
/5/	1	0
/6/	2	0
/7/	2	1

Es bedeuten:

$$p = \frac{d}{dt} \text{ Differentialoperator}$$

a_i, b_j konstante Koeffizienten der Differentialgleichung

Die Koeffizienten hängen von konstruktiven und Betriebsparametern des Systems ab, jedoch ist der Zusammenhang nicht ohne weiteres angebar. Die linearen Modelle geben das

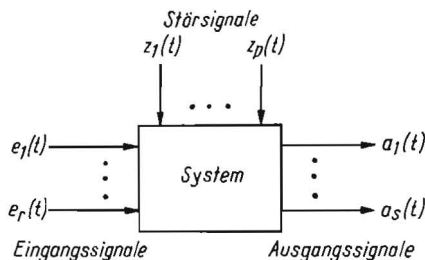


Bild 2. Zur Definition des Begriffes „Prozeß“

Verhalten des realen (nichtlinearen) Systems um so genauer wieder, je kleiner die Änderungen der Eingangsgrößen sind.

Ein theoretisches Modell des Antriebssystems /8/ berücksichtigt die Trägheitskräfte der bewegten Massen und die Übertragungseigenschaften der Getriebe und des Motors. Damit tritt der Einfluß der technischen Parameter auf das Verhalten des Systems deutlich hervor. Drehmomente und Drehzahlen stellen Variable des Systems dar. Der Einfluß von Störgrößen, z. B. der an Dreschtrommel und Triebräder angreifenden Kräfte auf die Fahrgeschwindigkeit, kann mit diesem Modell berücksichtigt werden.

Die Darstellung der Abhängigkeit der Körnerverluste vom Durchsatz durch die statische Kennlinie (1) stellt nur eine erste Näherung dar. Der Materialfluß im MD verläuft recht kompliziert. Ein Ansatz, der den Transport und die Verarbeitung des Erntegutes berücksichtigt, ist in /8/ enthalten. Modelle dieser Art ermöglichen eine tiefere Einsicht in den Verarbeitungsprozeß, so daß damit schließlich die komplexe Regelung und Steuerung des Prozesses untersucht werden kann.

Antriebssystem und Verarbeitungsprozeß sind miteinander verkoppelt.

3.3. Signalanalyse

Als Störsignale wirken die Bestandesdichte, Erntegut-eigenschaften, Einstell- und Betriebsparameter des MD und an den Arbeitsorganen (Wirkpaarungen) angreifende Kräfte.

Detaillierte Angaben über diese Signale findet man in der Literatur verhältnismäßig wenig. Das Leistungsdichtespektrum des Durchsatzes vor der Dreschtrommel ist in /1/ gegeben. Der Mangel an Angaben über die Signale ist auch auf die bei der Messung auftretenden Schwierigkeiten zurückzuführen. Die direkte Messung der Bestandesdichte ist z. B. sehr aufwendig. Ihre Messung über die Schichtdicke des Erntegutes im Schrägelevator aber liefert bereits durch ein Übertragungssystem verformte Signale. Das gleiche trifft zu, wenn die an den Wirkpaarungen angreifenden Kräfte gemessen werden sollen.

3.4. Durchführung der Berechnungen

Die rechnerische Behandlung des Regelungssystems besteht aus den Teilaufgaben Prozeßanalyse und Durchführung der Berechnungen. Für die Prozeßanalyse ist im allgemeinen der größere Aufwand erforderlich. Die Struktur des Modells und seine Genauigkeit bestimmen Art und Genauigkeit der Aussagen, die durch Rechnung aus dem Modell getroffen werden können.

Die Berechnung des Regelungssystems mit dem Analogrechner ermöglicht es, nichtlineare Modelle zu verwenden. Das Verhalten des zu untersuchenden Prozesses ergibt sich dabei sehr anschaulich. Das Analogrechenverfahren ist vom Aufwand her günstig.

Zusammenfassung

Die Gründe für den Einsatz einer Durchsatzregelung des MD werden erläutert. Wichtig erscheint die Beantwortung der Frage nach dem zu erwartenden Nutzen und einer optimalen Struktur und Einstellung des Reglers. Die Beantwortung dieser Frage setzt die Lösung der Teilaufgaben Prozeßanalyse und Berechnung voraus. Da das durch theoretische Systemanalyse gewonnene Modell der Regelstrecke umfassendere Aussagen zuläßt, besitzt es Vorteile gegenüber dem durch experimentelle Systemanalyse gewonnenen linearen Modell. Für die Durchführung der Rechnung ist der Einsatz des Analogrechners günstig.

Literatur

- /1/ SEPOVALOV, V. D.: Nekotorych voprosy statističeskogo analiza sistem avtomatičeskogo regulirovanija podači. Trudy VISCHOM vyp. 50, Moskva 1967
- /2/ IFRAIMOV, D. N.: Zavisimost' poter' zerna ot ravnomernosti podači v molotilku. Mechanizacija i elektrifikacija 28 (1970) H. 3, S. 38 und 39
- /3/ KÜHN, G.: Zur Durchsatzregelung bei Mähdreschern (MD). Deutsche Agrartechnik 19 (1969) H. 8, S. 353 bis 358
- /4/ STROBEL, H.: Systemanalyse mit determinierten Testsignalen. VEB Verlag Technik, Berlin 1968
- /5/ MICHAÏLOV, M. V.: Issledovanie ustojčivosti nelinejnoj sistemy s učetom vynuždennyh kolebanij. Mechanizacija i elektrifikacija 24 (1966) H. 5, S. 28 bis 33
- /6/ SEPOVALOV, V. D.: Zernouborocnyj kombajn kak oběkt sistemy regulirovanija podači. Trudy VISCHOM vyp. 43, Moskva 1963
- /7/ GURARIJ, I. M.: Issledovanie sistem avtomatičeskogo regulirovanija zagruzki zernouboročnogo kombajna metodom modelirovanija. Mechanizacija i elektrifikacija 22 (1964) H. 2, S. 22 bis 25
- /8/ SEPOVALOV, V. D.: Avtomatizacija uboročnyh proecessov. Izdat. Kolos, Moskva 1969 A 8264

Als Literatur empfehlen wir Ihnen

zu allen Fragen der Automatisierung und elektronischen Datenverarbeitung die vom VEB Verlag Technik herausgegebene

Reihe Automatisierungstechnik

Speziell für die Probleme der pneumatischen Steuerung sind z. Z. folgende Bände dieser Reihe lieferbar:

RA 82 – MIKUTTA: Bauelemente der Industriepneumatik

RA 107 – BITTNER: Pneumatische Meßumformer und Regler

Umfang je Band etwa 80 Seiten, Preis 6,40 M, Sonderpreis für die DDR 4,80 M A 8342