

EIN TEMPERATURSTABILISIERUNGSSYSTEM AUF DER BASIS GENETISCHER ALGORITHMEN FÜR DIE VLIESTOFFHERSTELLUNG

Problemstellung. Bei der Herstellung von Polypropylenvliesstoffen ist es wichtig, erforderliche Eigenschaften der Fasern zu bilden. Derartige Formung wird aber unter der Bedingung der genügend exakten Aufrechterhaltung der Temperatur in der Abkühlungszone der Fasern mit dem angegebenen technologischen Schwellwert möglich. Zwecks Erreichung dieses Ziels werden die automatischen Temperaturregelungssysteme für die Luft in der ausgewählten Zone für die modernen industriellen Anlagen aufgebaut [1].

Das Regelungsobjekt in diesen Systemen weist die verteilten und unstationären Eigenschaften auf. Die Ergebnisse der Synthese des Temperaturregelungsalgorithmus unter Nutzung klassischer Frequenzmethoden sind nur im Arbeitspunkt der Funktionierung des Systems akzeptabel. Die Steigerung der Qualität des Systems bedeutet Erhöhung dessen robusten und adaptiven Eigenschaften. Wie die Literaturübersicht zeigt, einer der Hauptwege von Qualitätssteigerung für diese Systeme die Verwendung von Ansätzen künstlicher Intelligenz heutzutage ist. Zu den erwähnten Methoden der Problemlösung gehören die folgenden: Fuzzy-Logik, künstliche neuronale Netze sowie genetische Algorithmen. Die Systeme, die aufgelisteten Methoden verwenden, werden wie „intellektuelle Systeme“ bezeichnet.

Es gelingt in [1] durch Einsatz eines Fuzzy-Reglers, die Kenngröße der parametrischen Robustheit des Systems zu verbessern. Im vorliegenden Paper wird eine neue Variante des Temperaturregelungssystems vorgeschlagen, die auf der Verwendung genetischer Algorithmen beruht. Die Ergebnisse numerischer Modellierungen, die im 4. Teil vorgeführt wurden, bestätigen hohe Qualitätskenngrößen des präsentierten Systems. Außerdem nahm die maximale dynamische Abweichung der zu regulierenden Variable deutlich ab bei der Auswirkung von Störfaktoren und Parametervariationen des Objektes.

Lösung. Das strukturelle Schema des Regelungssystems der Lufttemperatur in der Arbeitszone ist in Abbildung 1

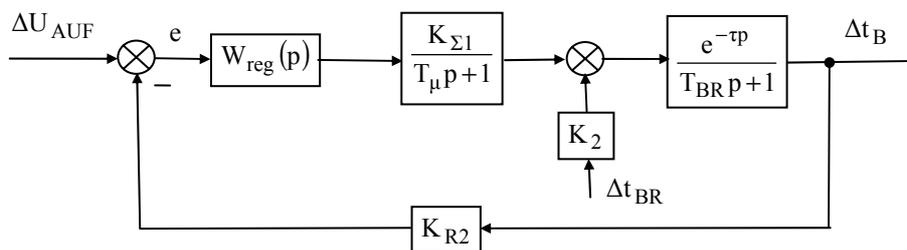


Abb.1

dargestellt, wobei ΔU_{AUF} - ein Augment der Auftragsgröße; Δt_B - ein Augment der Betriebsraumlufttemperatur; Δt_{BR} - Betrag der Augmenten der Temperatur des Extrudererwärmers und der Temperatur außer des Betriebsraums; e - Regelungsfehler der

Abgleichung; $W_{reg}(p)$ - die Übertragungsfunktion (UF) des Reglers; $p \equiv d/dt$ - Differentialoperator; $K_{\Sigma 1}$, K_2 , K_{R2} - Übertragungs- und Rückkopplungskoeffizienten; τ - Verzögerung; T_μ , T_{BR} - Zeitkonstanten. Das Regelungsobjekt wird in diesem Schema in der zu [1] äquivalenten Form dargestellt. Die Sektion der Zeitverzögerung kann durch das 1. Mitglied von Padé- Approximationsreihe angenähert werden:

$$e^{-\tau p} \approx 1/(\tau p + 1). \tag{1}$$

Unter Berücksichtigung von (1) sieht die Übertragungsfunktion des Objektes folgendermaßen aus:

$$W_o(p) = K_{\Sigma 1} K_{R2} (T_\mu p + 1)^{-1} (T_{BR} p + 1)^{-1} (\tau p + 1)^{-1}. \tag{2}$$

Die klassische Theorie empfiehlt für das Regelungsobjekt (2) einen PID-Regler, der durch die folgende Gleichung beschrieben wird:

$$u(t) = K_r \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \dot{e}(t) \right], \tag{3}$$

wobei: e , u , K_r , T_i , T_d - variable Eingangs- und Ausgangskenngrößen, Übertragungskoeffizient, Integrall- und Differentialkonstanten entsprechend sind. Die Übertragungsfunktion (ÜF) des PID-Reglers für das Regelungsgesetz (3) sieht so aus:

$$W_{reg}(p) = K_r (T_i T_d p^2 + T_i p + 1) / T_i p. \tag{4}$$

Bei Konfigurierung des Reglers (4) laut des weit verbreiteten Modul- oder technischen Optimums sind die

Parameterwerte nach den folgenden Formeln (5) zu bestimmen:

$$K_r = (T_{BR} + \tau) / 2T_\mu K_{\Sigma 1} K_{R2}; \quad T_i = T_m; \quad T_d = T_{BR} \tau / (T_{BR} + \tau). \quad (5)$$

Für den Regler (4) mit der Parametereinstellung laut (5) und dem Regelungsobjekt laut (2) sieht die Übertragungsfunktion für das angekoppelte Kompensationssystem so aus:

$$W_g(p) = K_{R2}^{-1} (2T_\mu^2 p^2 + 2T_\mu p + 1)^{-1}. \quad (6)$$

Der Temperaturregler wird als Software realisiert. Dabei hat der Mikroprozessor die Quantisierungsperiode T_0 . Deswegen ist es erforderlich, dessen die diskrete Übertragungsfunktion zu berechnen. Laut [2] der diskrete Analog der Übertragungsfunktion soll das folgende Aussehen bekommen

$$W_{reg}(z) = K_r (q_0 z^2 - q_1 z + q_2) / (z^2 - z). \quad (7)$$

wobei die Größe z Parameter der z -Transformation ist; q_0, q_1, q_2 – die Parameter der Übertragungsfunktion, die nach der nachstehenden Gleichung (8) berechnet wurden:

$$q_0 = 1 + T_d / T_0; \quad q_1 = 1 + 2T_d / T_0 - T_0 / T_i; \quad q_2 = T_d / T_0. \quad (8)$$

Die Formeln (8) entsprechen einer Rechteck-Approximierung der Integrierungsoperation in diskreter Zeit nach Simpson [2].

Wie es von [3] zu entnehmen ist, der Autor der genetischen Algorithmen (GA) J.H. Holland hatte als Absicht, einen Mechanismus der natürlichen Zuchtwahl in lebender Natur zu wiedergeben, der eine Evolution für die Natur beschafft. Derzeit gehören die GA zu einigen der leistungsfähigsten Methoden der Optimierung mehrdimensionaler multiparametrischer nichtlinearer Probleme. Das generische Prinzip der der GA-Funktionierung besteht im Folgenden.

Anfangs wird eine anfängliche Population der Individuen zufälligerweise generiert, d.h. eine gewisse Sammlung der Aufgabelösungen. Dann wird eine Vermehrung innerhalb dieser Population modelliert. Hierzu wird etliches Paar der Individuen zufälligerweise ausgewählt und die Bastardierung (crossover) zwischen den Chromosome entsteht in jedem Paar. Dabei hält sich hauptsächliches Prinzip der natürlichen Zuchtwahlen - je mehr das Individuum angepasst ist (je größer seine angemessene Bedeutung der Zielfunktion ist), desto größere Wahrscheinlichkeit seiner Teilnahme an der Bastardierung. Weiter werden Mutationen modelliert - einige von Genen verändern sich bei etlichen zufälligerweise ausgewählten Individuen der neuen Generation. Im Resultat der Bastardierung und der Mutationen bekommt man die Individuen der neuen Generation. Danach wird eine bestimmte Zahl der eliten Individuen auswählt, die die weitere Generation bilden. Die Funktionierung des GA dauert sich im Kreislauf zum Moment der Erreichung der aufgegebenen Genauigkeit der Optimierung oder zur aufgegebenen Grenzenbedeutung der Generationenquantität.

In Abb.2 ist ein Struktur (Gliederung) des Systems mit der Parametereinstellung des Reglers anhand des GA repräsentiert, wobei: g, y - Auftragsgröße und Austritt des Systems, η - Testsignal. Die Größe η ist ein Signal mit genug geringer Amplitude, die sich in jeder Optimierungsperiode (Abschnitt) T_0 - sprunghaft abwandelt. Bildend vom

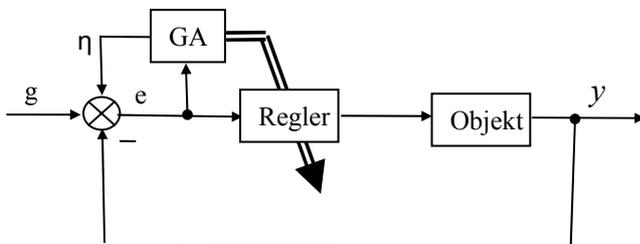


Abb.2

Testsignal e geht der Reglungsfehler in den Block des GA ein. In diesem Block berechnet sich die Zielfunktion der Arten.

$$J = \int_0^{T_0} e^2 dt \quad (9)$$

Weiter bestimmt das GA die neue Bedeutungen der Reglersparameter hinter Kriterium $J \Rightarrow \min$.

Für die Adaptierung des Temperaturregelungssystems zu den Parameternvaritionen des Objekts anhand des GA wurde Programmskomplex Matlab ausgenutzt. Dabei waren folgende Größe aufgegeben: Abmaß der Population

- 10; Genauigkeit der Optimierung - 10^{-6} ; Periode der Optimierung - $T_0 = 10s$. Wie die Forschung zeigen, GA macht innerhalb der 5-mal divisibeleren Generation eine Einstellung des PID-Temperaturreglers mittels des Minimierungskriteriums der Zielfunktion (9).

Simulationsergebnisse. Die Nennwertebedeutungen der Parametern waren in Modell des Objekts gleich: $K_{\Sigma 1} = 2.3$; $K_{R2} = 0.4$; $K_2 = 0.95$; $T_{BR} = 30s$; $\tau = 5s$; $T_\mu = 0.5s$. Die Quantisierungsperiode der Zeit ist die Größe $T_0 = 0.1s$ gewählt. Die GA-Modellierung wurde mittels des Programmkomplexes Matlab/Simulink sowie mit der Ausnutzung der in ihm bestehenden GA-Realisierungsmitteln durchgeführt. Bei der Modellierung der Übergangsprozeße im Zeitmoment $t = 0$ änderte sich sprunghaft die Störung Δt_{BR} ab 0 bis $10^\circ C$.

Die dabei erhaltenden Kurven sind für die verschiedenen Varianten der Parametervaritionen in Abb.3-6 repräsentiert. Die Kurve 1 wurde bei der Modellierung des obig beschriebenen Regelungssystems mit einem PID-Regler erhalten, das auf das Betragsoptimum für Nennwertebedeutungen der Parameter des Objekts eingestellt ist. Und die Kurve 2 wurde bei der Modellierung des intellektuellen Systems mit Einstellung der Koeffizienten der Übertragungsfunktion (7) des Reglers mittels GA realisiert.

Wie es obig angegeben ist, das Regelungsobjekt hat die unstationäre Eigenschaften. Deshalb ist es beachtenswert, die Regelungsqualität bei der Variationen von seinen Parametern abzuschätzen. In Abb.3 sind die Übergangsprozesse der Kompensation Δt_{BR} bei der Nennwertebedeutungen der Parametern des Regelungsobjekts repräsentiert. In Abb. 4,5,6 sind Übergangsprozesse der Kompensation bei der Variationen des Übertragungskoeffizientes $K_{\Sigma 1}$ an Niveau

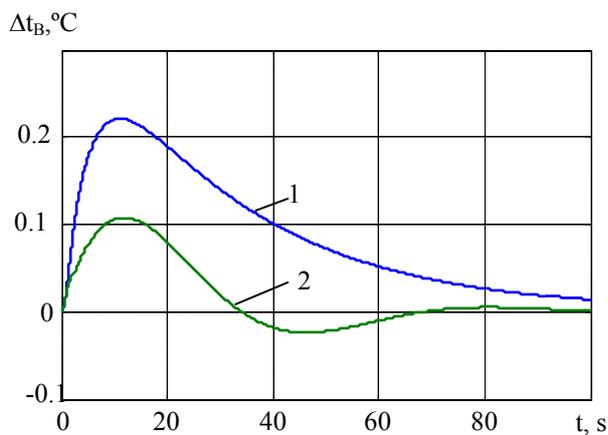


Abb. 3

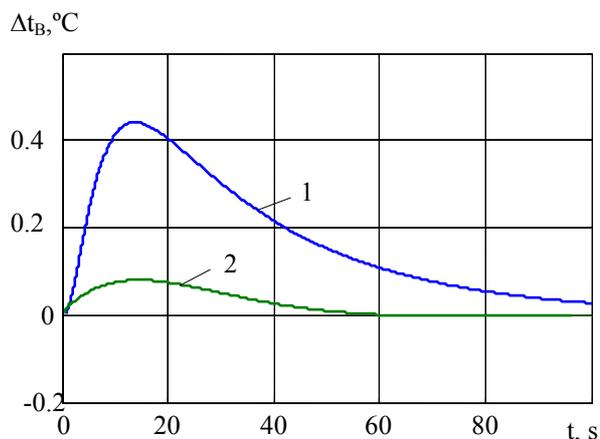


Abb. 4

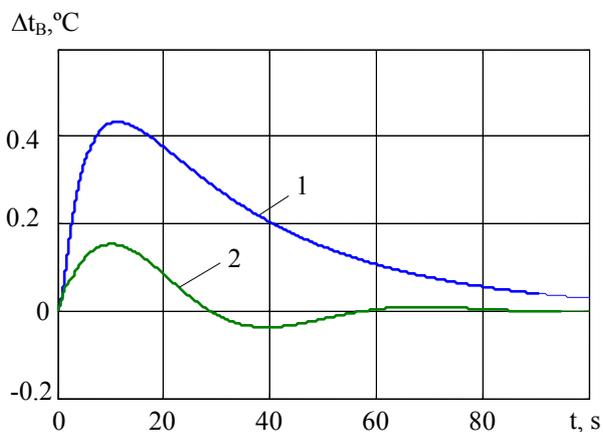


Abb. 5

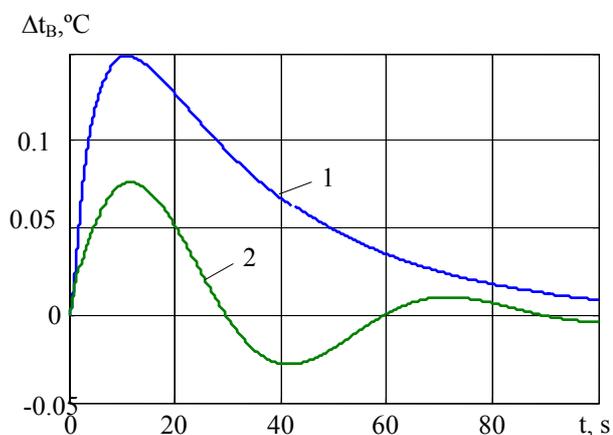


Abb. 6

$K_{\Sigma 1} = \{-50\%, -50\%, +50\%\}$ und für die Zeitkonstante $\Delta T_{BR} = \{-40\%, +40\%, +40\%\}$ entsprechend dargestellt. Anhand dieser Kurven ist es möglich zu resümieren, daß das System seine Beständigkeit nirgendwo verliert. Dabei sind in den Abb.3-6 die maximale dynamische Abweichungen der Kurven 2 von der Abszissenachse in 2-5 Mal gering als die Kurven 1. Die Zeit des Übergangsprozesses ist auch minder in dem intellektuellen Regelungssystem als im traditionellen System. Was die statische Fehler angeht, Dank der integrierten Wirkung des Reglers, ist sie in allen diesen Fällen, die Null'.

Also, auf der Basis der mehreren Untersuchungen ist es möglichst zu behaupten, daß das syntesierte intellektuelle Temperaturregelungssystem die gute Qualitätskenngrößen der Regelung hat und ist ein robustes System hinsichtlich der Variationen der variablen Objektparametern.

Zusammenfassung. Das Problem der Synthese eines Systems wurde erfolgreich gelöst, das die Lüfttemperatur in der Abkühlungszone für die Polypropylenfaser automatisch stabilisieren kann. Zwecks Erhöhung der Steuerungsqualität wurde Parameteroptimierung des Reglers anhand eines genetischen Algorithmus realisiert. Die Ergebnisse numerischer Modellierungen und Simulationen wiesen hohe Qualitätskenngrößen des präsentierten intellektuellen Temperaturstabilisierungssystems unter den Bedingungen von Variationen unstationärer Objektparameter auf. Im Vergleich zu der klassischen PID-Regelung hat das entwickelte Systeme eine bis auf 2-5 Mal geringere dynamische Anweichung der Regelungsvariable sowie eine bessere Dämpfung der Übergangsprozesse (transient response) bei der Anregung, Wirkung bestimmter Störfaktoren und bei den Parametervariationen.

Literatur

1. Khalimovskyy O., Pryymak B. Synthese des Fuzzy-Reglers für Temperaturstabilisierung bei der Polypropylenvliesstoffherstellung // Temat. Aus. «Problemm vom automatisierten Elektroantriebe. Theorie und Praktik» wiss.-techn. Zeitschr. «ELEKTROINFORM» - L'viv: 2009. – С. 423-424. (deutsch.)
2. Isermann R. Digital control systems, Berlin, Springer Verlag, 1981.
3. Man K.F., Tang K.S., Kwon S. Genetic algorithms: concepts and applications, IEEE Trans. Ind. Elec., Vol. 43, No.5, 1996, pp. 519-534.