



ПОДОБРЯВАНЕ РАБОТАТА НА АВТОМАТИЗИРАНА ВОДНА БАНЯ ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА НАНОФИБРИЛИ

*Сивелина Делчева, Тончо Колев,
Златин Златев*

Резюме: Нановибрилите се използват при функционалните и диетичните храни като носители на биологично активни вещества за потребителите. В зависимост от денатурираният белтък, се изисква поддържане на желаната температура да бъде с минимални отклонения, което не може да бъде постигнато с използване на по-често използвания двупозиционен метод на регулиране на температура. Предложен е прецизен метод за регулиране на температурата във водна баня за получаване на нановибрили. Разработен е симулационен стенд, чрез който могат да бъдат анализирани резултатите от различни методи за настройка на пропорционално-интегрално-диференциални (ПИД) регулатори и реализация на класически управляващи алгоритми за регулиране на температура. Разработените метод и инструменти могат да бъдат използвани при проектиране на системи за управление на водни бани за получаване на нановибрили.

Ключови думи: Нановибрили, целулоза, пшеница, денатурация, ПИД регулатор, температура, технологичен процес

1. Въведение

Програмируемите логически контролери (PLC) са разпространени в различни области на индустриалното производство,

IMPROVING THE OPERATION OF AN AUTOMATED WATER BATH TO OBTAIN NANOFIBRILS

*Sivelina Delcheva, Toncho
Kolev, Zlatin Zlatev*

Abstract: Nanofibrils are used in functional and dietary foods as carriers of biologically active substances for consumers. Depending on the denatured protein, deviations of the desired temperature is required to be minimized, which cannot be achieved using the more commonly used two-position temperature control method. A precise method for regulating the temperature in a waterbath to produce nanofibrils is proposed. A simulation stand has been developed through which the results of various methods for tuning proportional-integral-differential (PID) controllers and the implementation of classical control algorithms for temperature control can be analyzed. The developed method and tools can be used in the design of water bath control systems for the production of nanofibrils.

Keywords: Nanofibrils, cellulose, wheat, denaturation, PID controller, temperature, process

1. Introduction

Nanofibrils are obtained from protein isolates. They are used in

заменяйки релейните логически схеми като по-лесно и по-евтино решение и се е превърнало в стандарт за индустриална автоматизация.

Нанофибрилите се получават от протеинови изолати. Те се използват при функционалните и диетичните храни като носители на биологично активни вещества за подобряване на здравословното състояние на консуматора [1,5].

Като източници на протеин се използват соевия и пшеничния. При тях, процесът на получаване изисква поддържане на температура от 80°C за 16h във водна баня. Тези фибрили се получават във високо киселинна среда (pH≈2).

Неправилно подбраният температурен режим при процеса на получаване на нанофибрили, води до недостатъчна денатурация на молекулната структура на белтъците, под влияние на висока температура, налягане, киселини и основи. При белтъците се засягат четвъртичната, третичната, вторичната пространствена структура [10,15].

Warji и колектив [19] предлагат портативна водна баня за получаване на нанофибрили. Предимство на предложеното устройство е, че основния съд на ваната е изработен от немагнитен материал и авторите използват магнитна бъркалка за поддържане на хомогенна температура в съда. Основен недостатък на устройството е, че е използван термостат с релейен принцип на управление, при което се получава отклонение от желаната температура 6-10°C. Съдът не е изолиран и системата е податлива на температурни смущения, което би довело до значителни отклонения от желаната стойност на регулируемата величина температура.

В свое изследване Noji и колектив [12] установяват, че температурата на загряване има важна роля при появата на

functional and dietary foods as carriers of biologically active substances to improve the health of the consumer [1,5].

Soybeans and wheat are used as protein sources. In this process, the preparation process requires maintaining a temperature of 80°C for 16h in a water bath. These fibrils are produced in high acidic medium (pH≈2). Incorrectly selected temperature regime in the process of nanofibrils production leads to insufficient denaturation of the molecular structure of proteins, under the influence of high temperature, pressure, acids and bases. Proteins affect the quaternary, tertiary, secondary spatial structure [10,15].

Warji et al. [19] offer a portable water bath to produce nanofibrils. The advantage of the proposed device is that the main vessel of the bath is made of non-magnetic material and the authors use a magnetic stirrer to maintain a homogeneous temperature in the vessel. The main disadvantage of the device is that a thermostat with a relay control principle is used to obtain a deviation from the desired temperature of 6-10°C. The vessel is not insulated and the system is susceptible to temperature disturbances, which would lead to significant deviations from the desired value of the adjustable temperature value.

In their study, Noji et al. [12] found that warming temperature played an important role in the emergence of dialysis-related amyloidosis and related amyloidosis. Ohhashi et al. [13]

свързана с диализа амилоидоза и свързаните с нея амилоидози. Ohhashi и колектив [13] предлагат подобряване процеса на денатурация на белтъци чрез ултразвуково третиране на пробите.

От направения анализ на достъпните литературни източници [1,4,8,12,14,18] се установи, че в досега известните разработки на водни бани за получаване на нанофибрили основна тенденция е добавянето на разбъркващ елемент с цел хомогенизиране на загряваната среда. Основен проблем при тези вани е използването на термостат, работещ с двупозиционен принцип на регулиране. В зависимост от денатурираният белтък, се изисква поддържане на желаната температура да бъде с минимални отклонения. Това не може да бъде постигнато при използване на двупозиционен принцип на регулиране.

Целта на статията е да се предложи прецизен метод за регулиране на температурата във водна баня за получаване на нанофибрили.

2. Материал и методи

В настоящата работа са използвани изходни данни от портативна вана за получаване на нанофибрили, предложена от Warji и колектив [19].

Системата се състои от вана, нагревател, електрически превключвател, термостат, индикаторна лампа, стекер и кабел. За получаване на нанофибрили е използван соев протеинов изолат, HCl 37% и двойно дестилирана вода.

На фигура 1 е представена работата на системата под управлението на двупозиционен регулатор.

propose to improve the protein denaturation process by sonication of the samples.

From the analysis of the available literature sources [1,4,8,12,14,18], it was found that in the known water baths for the preparation of nanofibrils, the main tendency is the addition of a stirring element in order to homogenize the heated medium. The main problem with these tubs is the use of a thermostat operating with a two-position control principle. Depending on the denatured protein, maintaining the desired temperature is required with minimum variations. This cannot be achieved by using a two-position regulation principle.

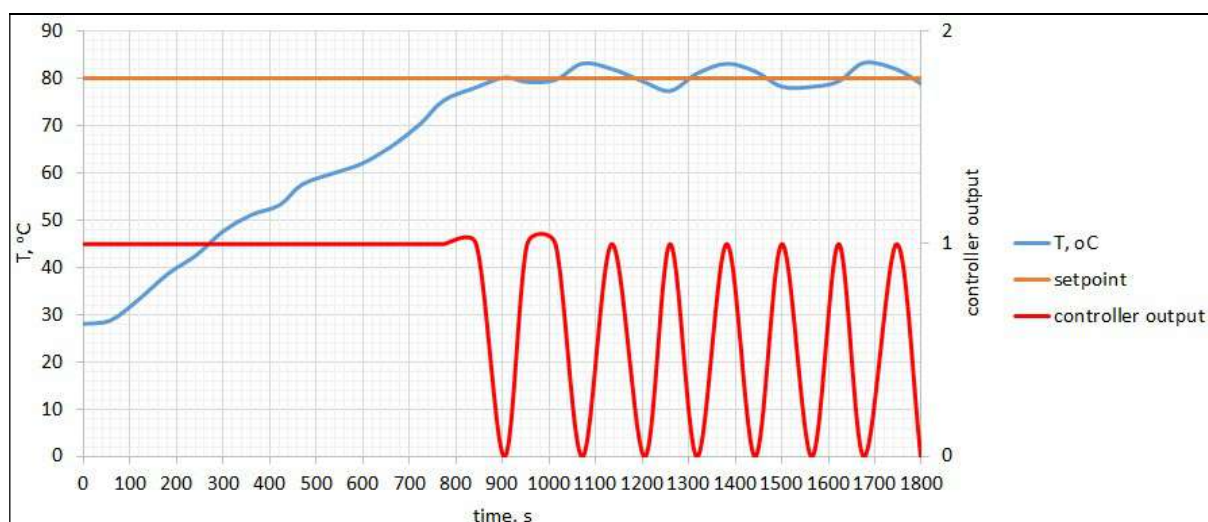
The purpose of the article is to propose a precise method for temperature control in a water bath to produce nanofibrils.

2. Material and methods

In the present work, portable water bath raw data were used to obtain nanofibrils proposed by Warji et al. [19].

The system consists of a bath, heater, electrical switch, thermostat, indicator lamp, stacker and cable. Soy protein isolate, HCl 37% and double distilled water were used to prepare the nanofibrils.

Figure 1 shows the operation of the system under the control of a two-position controller.



Фиг.1. Работа на системата с двупозиционен регулатор

Fig.1. Operation of the system with a two-position controller

За получаване модел на обекта за управление е използван метод, представен от Atherton и колектив [3]. При този метод са използвани данни от характеристиката, получена при двупозиционно регулиране на обекта. По този метод обекта е апроксимиран към апериодично звено от първи ред с чисто закъснение (FOPDT). Резултатите от обобщената апроксимация и получените параметри на модела са:

The method presented by Atherton et al. [3] was used to obtain a model of the control object. This method uses data from the characteristic obtained from the two-position control of the object. By this method, the object is approximated to a first-order process with time delay (FOPDT). The results of the generalized approximation and the obtained model parameters are:

$$G(s) = \frac{k_o}{T_o s + 1} e^{-\tau s} = \frac{0,74}{1400s + 1} e^{-57s} \quad (1)$$

където k_o е коефициент на обекта, °C/%XPO (XPO – ход на регулиращия орган); T_o – времеконстанта на обекта, s; τ – времезакъснение, s. Преходната характеристика е получена при 100%XPO.

where k_o is the process gain, °C/%AS (AS-actuator stroke); T_o is the time constant of the object, s; τ - time delay, s. The transient response was obtained at 100%AS.

Подобряване на работата на системата е реализирано с приложение на ПИД (Пропорционално-интегрално-диференциален) регулатор. За настройка на този регулатор са използвани три метода [2,6,9]:

Improvement of the system performance is realized with the use of PID (Proportional-integral-differential) controller. Three methods were used to adjust this controller [2,6,9]:

✓ Метод 1 – към част от преходната характеристика е прекарана допирателна. От пресичането ѝ на хоризонталната ос е отчетен

✓ Method 1 - A tangent is applied to a part of the transient characteristic. From its intersection on the horizontal axis

параметър T , а от пресечната точка към вертикалната ос е отчетен параметър a ;

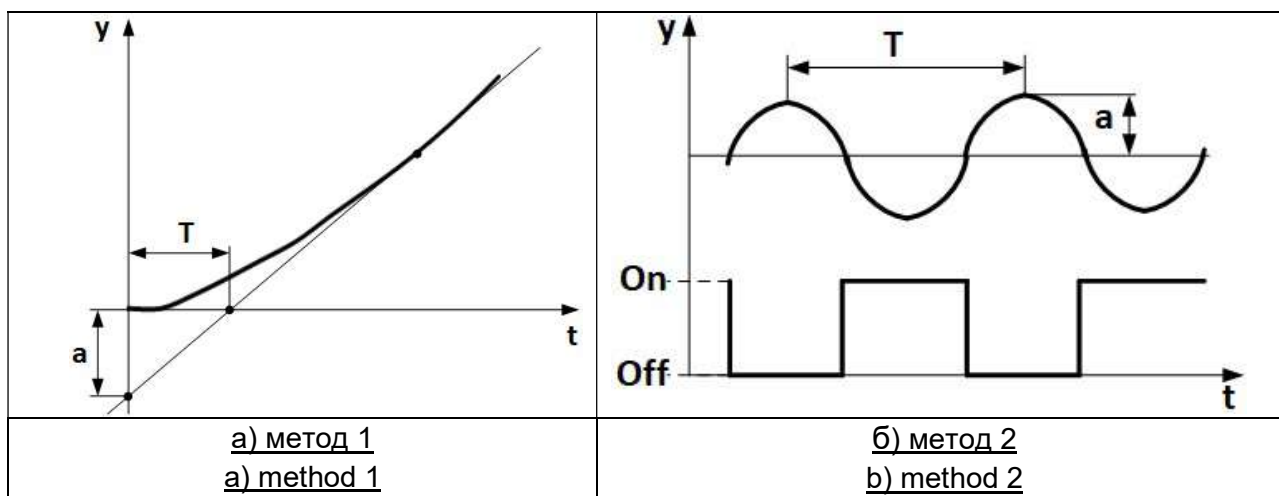
- ✓ Метод 2 – използвани са данни от работата на системата под управление на двупозиционен (релеен) регулатор. Отчетени са параметър T , представляващ периодът на характеристиката при включване и изключване на нагревателя. Параметър a , отчетен от амплитудата на горната полуълна на релейната характеристика;
- ✓ Метод 3 – за определяне на параметрите за настройка на регулатора е използван програмен инструмент.

Използваните методи 1 и 2, за настройка на ПИД регулатор са представени на фигура 2.

parameter T is taken into account, and from intersection to the vertical axis parameter a is taken into account;

- ✓ Method 2 - Data from the operation of the system under the control of a two-position (relay) controller are used. The parameter T , representing the period of the characteristic when switching the heater on and off, is reported. Parameter a , calculated from the amplitude of the upper half wave of the relay characteristic;
- ✓ Method 3 - A programming tool is used to determine the parameters for adjusting the controller.

Methods 1 and 2 used to set the PID controller are shown in Figure 2.



Фиг. 2. Получаване на изходни данни за настройка на регулатор

Fig. 2. Obtaining data for controller setup

В таблица 1 е посочен начина за изчисляване настройките на ПИД регулатор. При първия метод се използват данни от част от преходната характеристика на обекта, а при втория параметри, определени от характеристиката на обекта, получена при управление с двупозиционен регулатор.

Table 1 shows how the PID controller settings are calculated. In the first method, data from a part of the transient characteristic of the object is used, and in the second parameter, determined by the characteristic of the object obtained by control with a two-position controller.

Таблица 1.
Определяне настройките на ПИД регулатор

Table 1.
Defining PID controller settings

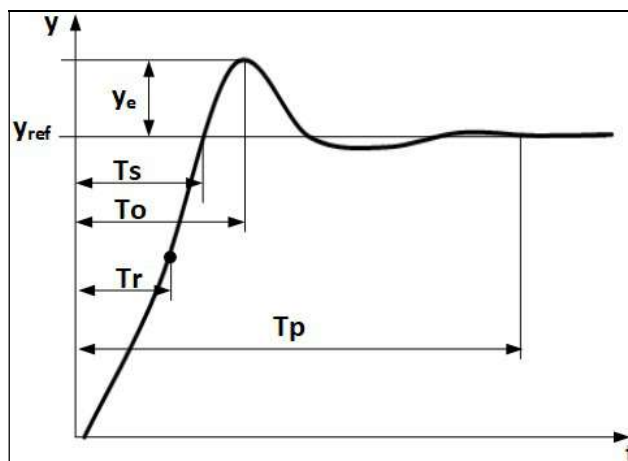
<u>Параметър</u> Parameter	<u>Метод</u> Method	<u>Метод 1</u> Method 1	<u>Метод 2</u> Method 2
Kp		$\frac{1,2}{a}$	0,6a
Ti		2T	$\frac{T}{2}$
Td		0,5T	$\frac{T}{8}$

За прецизиране настройката на регулатора (Метод 3) е използвано приложението PID Tuner в програмна система Matlab (The Mathworks Inc.).

На фигура 3 са представени параметрите на предавателната функция, по които се сравнява работата на системата при различни настройки на регулатора: Ts е времето за достигане на зададената стойност; To е време на първия екстремум; Tr е време на регулиране; Tg е време за нарастване на характеристиката; yref е зададената стойност; ye е първия екстремум.

The PID Tuner application in the Matlab software system (The Mathworks Inc.) was used to refine the controller setting (Method 3).

Figure 3 shows the parameters of the transmission function, which compares the performance of the system at different controller settings: Ts is the time to reach the setpoint; To is the time to reach the first extreme; Tr is the adjustment time; Tg is the time to increase the characteristic; yref is the setpoint; ye is the first extreme.



Фиг. 3. Параметри за оценка работата на регулатора

Fig. 3. Parameters for evaluating the controller performance

Освен по параметрите на преходната характеристика, работата на системата при различни настройки на управляващото устройство е сравнена по

Apart from the parameters of the transient characteristic, the performance of the system at different settings of the control unit

пререгулирането $\sigma, \%$; Интеграл от абсолютната стойност на грешката (IAE); интеграл от квадрата на грешката (ISE); интеграл от времето и абсолютната грешка (ITAE). Грешката на регулиране ε , която е разлика между зададената стойност и тази, получавана на изхода на системата ($\varepsilon = y_{\infty} - y_{ref}$).

$$\sigma = \frac{y_e - y_{ref}}{y_{ref}} \quad (2)$$

$$IAE = \int_0^t |\varepsilon(t)| dt \cdot 100\% \quad (3)$$

$$ISE = \int_0^t \varepsilon^2(t) dt \quad (4)$$

$$ITAE = \int_0^t t \cdot |\varepsilon(t)| dt \quad (5)$$

Фиг. 4. Приложение на разработените упражнения в курс от Електронно обучение

3. Резултати и дискусия

В резултат на направените проучвания е разработен симулационен стенд за анализ на работата на обекта за управление – водна баня. Определени са настройките на ПИД регулатор по трите горепосочени метода. Чрез сравнителен анализ са оценени показателите за качество на преходните характеристики.

За анализ на работата на системата за управление на водна баня е разработена симулационна опитна постановка, представена на фигура 4. Използвани са следните блокове от вградените в Simulink библиотеки: Constant – чрез него се задава температурата, която да бъде поддържана от регулатора; PID – ПИД регулатор; Transfer Fcn и Transport Delay – за дефиниране на предавателната функция на обекта с неговото чисто закъснение; Band-Limited White Noise – за внасяне на шум в системата, с малка амплитуда, представляващ

is compared by the overshoot $\sigma, \%$; Integral absolute error (IAE); integral squared error (ISE); Integral time absolute error (ITAE). Adjustment error ε , which is the difference between the setpoint and that obtained at the system output ($\varepsilon = y_{\infty} - y_{ref}$).

Fig. 4. Application of the developed exercises in the eLearning course

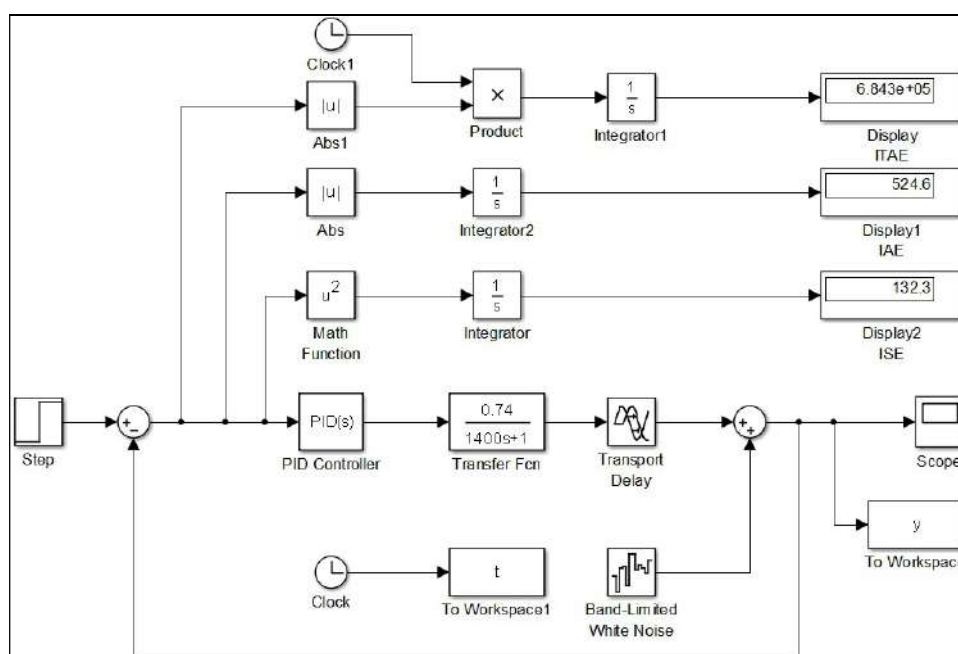
3. Results and discussion

As a result of the studies, a simulation stand was developed to analyze the operation of the controlled object - water bath. The settings of the PID controller have been determined using the three methods mentioned above. The quality of the transitional characteristics was assessed.

To analyze the performance of the water bath temperature control system, a simulation test set-up is presented in Figure 4. The following blocks from the Simulink libraries are used: Constant – via it sets the temperature to be maintained by the controller; PID - PID controller; Transfer Fcn and Transport Delay - to define the transfer function of an object with its time delay; Band-Limited White Noise - for introducing noise into the system, with small

измервателен шум, който е сигнал от случаен тип и се появява в реалните системи за управление в измервателния канал на системата; Scope – за визуализиране на резултата; To Workspace – за записване на изходните данни като променливи в работната област на Matlab; Clock – за генериране на стойностите на променливата за времето на симулация t, s . Чрез съответстващите им блокове за математически изчисления са реализирани схеми за определяне на грешките ITAE, IAE, ISE.

amplitude, representing measurement noise, which is a signal of a random type and appears in the actual control systems in the measuring channel of the system; Scope - to display the result; To Workspace - to save output as variables in the Matlab workspace; Clock - to generate the values of the variable for the simulation time t, s . Through their corresponding blocks for mathematical calculations, ITAE, IAE, IAE, ISE error determination schemes have been implemented.



Фиг.4. Опитна постановка за анализ на работата на ПИД регулатор

Fig.4. Experimental simulation stand for analysis of PID controller performance

В таблица 2 са представени изчисленията по известни инженерни методи настройки на П, И и Д съставките на регулатора. Най-ниски стойности на параметрите за настройка на регулатора са получени при метод 1. След прецизиране на настройките по метод 3, параметрите на регулатора са с по-високи стойности, в сравнение с останалите два метода. Времето на интегриране T_i е почти двойно по-голямо, но времето за диференциране е

Table 2 shows the settings of the regulator's P, I and D components calculated by known engineering methods. The lowest values for the controller tuning parameters were obtained from method 1. After refining the settings according to method 3, the controller parameters have higher values than the other two methods. The integration time T_i is almost twice as long, but the differentiation time is

значително по-малко т.е. след прецизиране, регулатора работи като ПИ (Пропорционално-Интегрален).

significantly less, i.e. after refinement, the controller operates as a PI (Proportional-Integral).

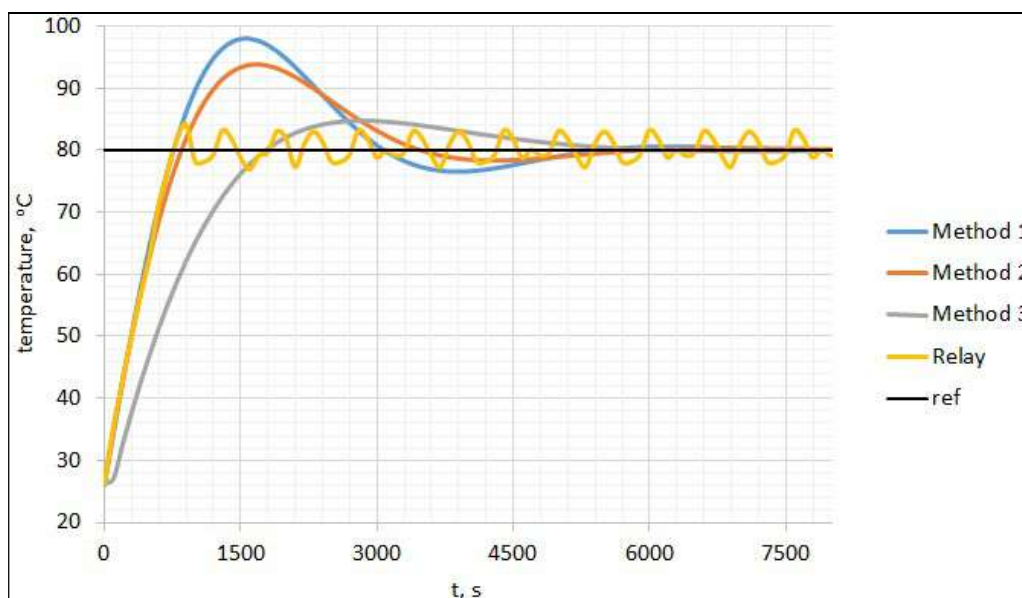
Таблица 2.
Параметри за настройка на ПИД регулатор

Table 2.
Parameters for setting the PID controller

<u>Параметър</u> <u>Parameter</u> <u>Метод</u> <u>Method</u>	K_p	T_i, s	T_d, s
<u>Метод 1/</u> Method 1	0,90	314	29
<u>Метод 2/</u> Method 2	1,25	356	39
<u>Метод 3/</u> Method 3	1,65	661	0,1

Резултатите от работата на обекта под управлението на сравняваните методи за регулиране са показани на фигура 5. Наблюдава се голямо пререгулиране при използване на настройките на регулатора по метод 1. Близка е характеристиката, получена по метод 2. При достигане на заданието при методите 1 и 2 преходните характеристики съответстват на тази, получена при двупозиционното регулиране на обекта. При метод 3 се наблюдава по-бавно достигане на заданието, но с по-малко пререгулиране, в сравнение с останалите методи, включително и двупозиционния.

The results of the operation of the object under the control of the compared control methods are shown in Figure 5. A large overshoot is observed when using the controller settings according to method 1. The characteristic obtained by method 2 is close. the transient characteristics correspond to that obtained with the two-position control of the object. Method 3 results in slower reaching the set point, but with less overshoot than other methods, including the two-position one.



Фиг. 5. Работа на системата с ПИД и двупозиционен регулатори

Fig. Operation of the system with PID and two-position controllers

В таблица 3 са представени параметри на преходните характеристики в зависимост от използвания метод на регулиране. При метод 1 и 2, както и при двупозиционния метод на регулиране се наблюдава бързо достигане на заданието. При използване на метод 2 се наблюдава намаляване стойностите на грешките, в сравнение с тези, получени след настройка на регулатора по метод 1. След прецизиране на настройките се наблюдава малко пререгулиране в сравнение с останалите методи за настройка, но се увеличават времената за достигане на заданието и установяване.

Table 3 presents the parameters of the transient characteristics depending on the adjustment method used. Methods 1 and 2, as well as the two-position control method, show fast reaching the reference value. Using method 2, there is a decrease in the error values compared to those obtained after adjusting the controller according to method 1. After refining the settings, a slight overshoot is observed compared to other adjustment methods, but the times for reaching the set point are increased.

Таблица 3.
Параметри на преходни
характеристики

Table 3.
Parameters of the transient
characteristics

Метод Method	Tr, s	Ts, s	To, s	Tr, s	σ, %	IAE	ISE	ITAE
Метод 1/ Method 1	596	720	1295	6492	23	1012	349	8153
Метод 2/ Method 2	498	797	1398	5296	17	757	270	2011
Метод 3/ Method 3	698	1598	2398	5197	9	722	241	1387
Релеен/ Relay	589	718	899	-	10	-	-	-

Параметрите на ПИД регулатора могат да бъдат донастройвани по опитен път [7]. Процесът на регулиране може да бъде подобрен чрез използване на комбинация от релеен и ПИД регулатори [11]. При този метод, в първоначалния момент системата работи в двупозиционен режим, а при достигане на определена стойност на регулираната величина се преминава към управление с ПИД закон. По този начин може да бъде компенсирано по-бавното достигане на заданието, при самостоятелното използване на ПИД регулатор.

Получените резултати потвърждават тези на Tan и колектив [16], според които, при настройката на ПИД регулатори се

The parameters of the PID controller can be adjusted in a manual way [7]. The adjustment process can be improved by using a combination of relay and PID regulators [11]. In this method, at the initial moment the system operates in a two-position mode, and upon reaching a certain value of the controlled value, it switches to PID control. In this way, slower performance can be compensated instead using the PID controller alone.

The results confirmed the findings of Tan et al. [16], who, in setting up PID regulators, seek a

търси компромисно решение между устойчивост и производителност на управляваната система.

4. Заключение

Установено е, че близки до прецизираните настройки на ПИД регулатор се получават при метод с използване на данни от характеристика на обекта за управление с двупозиционен регулатор. При този метод са получени ниски стойности на грешките, по-малко пререгулиране, в сравнение с останалите, използвани тук, методи за настройка.

Разработен е симулационен стенд, чрез който могат да бъдат анализирани резултатите от различни методи за настройка на ПИД регулатори и реализация на класически управляващи алгоритми за регулиране на температура във водни бани за получаване на нанофибрили.

Предложен е прецизен метод за регулиране на температурата във водна баня за получаване на нанофибрили. Разработените метод и инструменти могат да бъдат използвани при проектиране на системи за управление на водни бани за получаване на нанофибрили, чрез което да се отстранят недостатъците на двупозиционния принцип на регулиране, защото в зависимост от денатурирания белтък, се изисква поддържане на желаната температура с минимални отклонения.

5. Литература

- [1] Akkermans, C., A. Goot, P. Venem, E. Linden, R. Boom. (2008). Formation of fibrillar whey protein aggregates: Influence of heat and shear treatment, and resulting rheology. *Food Hydrocolloids*, 22 (7), pp.1315-1325.
- [2] Åström, K., R. Murray. (2008). *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press, ISBN 978-0691135762.
- [3] Atherton, D., S. Majhi. (1998). Plant parameter identification under relay control. *Proceedings of the 37th IEEE Conference on Decision & Control Tampa, Florida USA December 1998*, WP07 17:00, pp.1272-1277.

compromise solution between the stability and performance of the controlled system.

4. Conclusion

It has been found that close to the precise settings of the PID controller are obtained by a method using data from the characteristics of the control object with a two-position controller. This method produces low error values, less oversot than the other setup methods used here.

A simulation stand has been developed through which the results of various methods for tuning PID controllers and the implementation of classic control algorithms for temperature control in water baths for nanofibrils production can be analyzed.

A precise method for temperature control in a waterbath to produce nanofibrils is proposed. The developed method and tools can be used in the design of water bath control systems for the production of nanofibrils, thereby eliminating the disadvantages of the two-position control principle, because depending on the denatured protein, maintaining the desired temperature with minimal deviations is required.

5. References

-
- [4] Binev, I. (2018). Possibilities for ground water use for conditioning of the faculty "Technics and technology" building in Yambol. ARTTE, 6 (2), pp.166-169. ISSN 1314-8796
- [5] Dimov, M., K. Georgieva, Y. Denev, K. Dobрева, A. Stoyanova. (2018). Analysis of the chemical composition of dill essential oils (*Anethum graveolens* L.) by the method of infra-red spectroscopy. Scientific works of University of food technologies, 65 (1), pp.55-60.
- [6] Draganova, Ts. (2011). Implementation of the modified PID controllers for the management of invariable systems in precision farming using programmable controller. Proceedings of University of Ruse, vol. 50, ser. 3.1, pp.216-221. (in Bulgarian)
- [7] Kuyvenhoven, N. (2002). PID Tuning Methods, An Automatic PID Tuning Study with MathCad. Calvin College, ENGR. 315.
- [8] Lu, J., W. Zhu, L. Dai, C. Si, Y. Ni. (2019). Fabrication of thermo- and pH-sensitive cellulose nanofibrils-reinforced hydrogel with biomass nanoparticles. Carbohydrate polymers, vol. 215, pp.289-295.
- [9] Nachev, V., T. Titova, P. Nikovski. (2016). Laboratory stand for experiments in real time with applications in training on control non-linear systems. International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2016, pp.467-470.
- [10] Nakov, G. V. Jankuloska, M. Georgieva-Nikolova. (2019). Influence of food by-products addition on the spectral characteristics of bakery products. Innovation and entrepreneurship, 7 (3), pp.138-149. ISSN 1314-9253
- [11] Nikolova, P., D. Rahneva. (2017). Development of system for temperature control in dryer. International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE 2017, pp.492-496. ISSN 1314-9474
- [12] Noji, M., K. Sasahara, K. Yamaguchi, M. So, K. Sakurai, J. Kardos, H. Naiki, Y. Goto. (2019). Heating during agitation of β_2 -microglobulin reveals that supersaturation breakdown is required for amyloid fibril formation at neutral pH. The Journal of Biological Chemistry, 294 (43), pp.15826-15835.
- [13] Ohhashi, Y., M. Kihara, H. Naiki, Y. Goto. (2005). Ultrasonication-induced amyloid fibril formation of β_2 -microglobulin. The Journal of Biological Chemistry, vol. 280, pp.32843-32848.
- [14] Sestrimska, M., T. Titova, V. Nachev, Ch. Damyanov. (2016). Multicomponent Analysis of Basic Physico-chemical Parameters of Bulgarian Yoghurt. International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2016, pp.381-384.
- [15] Taneva, I., G. Dimitrovska. (2019). Study on the acidification dynamics and syneresis of yoghurt enriched in goji berry fruits (*Lycium Barbarum* L.). ARTTE, 7 (1), pp.41-47. ISSN 1314-8796
- [16] Tan, W., J. Liu, T. Chen, H. Marquez. (2006). Comparison of some well-known PID tuning formulas. Computers and Chemical Engineering, vol. 30, pp.1416-1423.
- [18] Tsankov, P., I. Binev, N. Marazov. (2019). Complex stand for testing of a gear pumps and investigation of the influence of the hydraulic oil temperature on the

pump characteristics. ICTTE, pp.287-294. ISSN 2603-445X

- [19] Warji, N. Purwanti, Sutrisno, S. Yuliani. (2019). Portable Water Bath to Support Nanofibrils Processing. The 3rd International Symposium on Agricultural and Biosystem Engineering, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 355 (2019), art. No. 012086.

Контакти

ас. инж. Сивелина Делчева

e-mail: sivelina@abv.bg

ас. инж. Тончо Колев

e-mail: sevenfist@abv.bg

доц. д-р инж. Златин Златев

e-mail: zlatin.zlatev@trakia-uni.bg

Тракийски университет
факултет Техника и технологии, Ямбол
България

Contacts

assist. prof. Sivelina Delcheva, eng.

e-mail: sivelina@abv.bg

assist. prof. Toncho Kolev, eng.

e-mail: sevenfist@abv.bg

assoc. prof. Zlatin Zlatev, PhD, eng.

e-mail: zlatin.zlatev@trakia-uni.bg

Trakia University
Faculty of technics and technologies
Yambol, Bulgaria

