

## МОДЕЛИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА РЕГУЛИРАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА ТУНЕЛНА ПЕЩ

Веско Узунов, Петър Петров

**Abstract:** The report deals with the modeling MATLAB / SIMULINK management of a section of the tunnel furnace, serving as baking varnish on the sheet. Simulated are the subject of regulation, which is a continuous object with distributed parameters and system regulating the temperature, consisting of two fuzzy regulator controls both channels..

**Key words:** modeling, simulation, object with distributed parameters, PLC, fuzzy controller, MATLAB / SIMULINK

### 1. Въведение

Промишлените процеси като обекти за управление се характеризират със закъснения, инерционност, нелинейност и промяна на параметрите. Едновременното и пълно отчитане на тези особености възпрепятства намирането на прост и същевременно точен модел на обекта, което затруднява синтеза на управление с използване на класическите методи. Цел на разработката е предлагане на подход за синтез на система с размити регулатори за управление на двусвързан обект без необходимост от класически модел на обекта. Синтезираната размита система се изследва чрез симулация в MATLAB / SIMULINK, а качествените показатели на процесите се сравняват помежду си и с тези на реалната система.

Методите за размито управление успешно се прилагат за решаване на широк кръг задачи в различни области, където регулируемите обекти са нелинейни и с неточни параметри. Предимството им се изразява най-вече в постигането на робастност при наличието на смущения и неопределености в обекта, както и в липсата на необходимост от точен класически модел на обекта [1-4].

### 2. Описание на обекта и системата за регулиране

Системата е реализирана за управление на температурата на изпичане на лаково покритие на листи ламарина в съществуваща тунелна пещ, която представлява обект с разпределени параметри. Разработването на предложената система се наложи поради две основни причини. Първата и основна причина е че монтираният стандартен цифров ПИД регулатор не може да изпълни изискването за

точност, основно защото реакцията на управлението закъснява с почти две минути и освен това при проектирането не е съобразено че изпълнителният механизъм е от интегриращ тип, което допълнително усложнява много настройката на ПИД регулатора. Втората причина поради която бе избран именно контролера LOGO на фирмата SIEMENS е изискването на изпълнителя на реконструкцията за ниска цена и надеждност на управляващото устройство.

Термодинамичните процеси в системата могат да се опишат с помоща на закона на *Newton-Richman* (1 и 1a) за принуден конвективен топлообмен в нестационарен режим [5], където са използвани означенията:  $T(x,t)$  - температура на флуида (оборотен въздух в тунелната пещ);  $\lambda$  - коефициент на топлопроводност на средата;  $v$  - скорост на флуида,  $k$  - топлинна константа,  $c$  - топлинен капацитет,  $\rho$  - плътност на флуида,  $q$  - вектор на топлинния поток,  $Q$  - енергия на топлинния източник.

$$\rho c \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} + \nabla(-k \nabla T(x,t) + \rho c v T(x,t)) = Q \quad (1)$$

$$\lambda \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} + q = \rho c \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} \quad (1a)$$

Конструктивно за избегване разпределеността на параметрите на тунелната пещ, която е дълга около 50м, тя е разделена на две части по 25м, които са управляват самостоятелно. Всяка си има собствена газова горелка и регулатор. Освен това управлението (загретия въздух) се подава разпределено по цялата дължина на пещта. Втората горелка е с по-малка мощност, тъй като тя само поддържа температурата на вече

загрялата ламарина от първата зона на пеща. Там регулирането е много по-лесно, защото температурата вече е вкарана в определени граници в първата част на пеща и няма големи смущения. Затова там е оставен стандартния цифров ПИД регулатор, който поддържа необходимата точност. Както вече се разбира по сложна е задачата за регулиране в първата зона, където освен голямото закъснение на управлението имаме и големи смущения, при подаване на ламарината, тъй като тя е студена, а температурата при която се изпича лака (и която се регулира) е от 170 до 220 C°, в зависимост от конкретния лак. Тези смущения се компенсират много трудно при това голямо закъснение на управлението.

Оказва се че разпределеното управление на обекта конструктивно е изпълнено, така че координатата „x” практически не влияе на параметрите на обекта, освен в граничната зона (входа на пеща). Това ни дава основание в точката в която се осъществява измерването, както и по почти цялата дължина на пеща, да приемем, че обекта може да се апроксимира с достатъчна точност с едно апериодично звено с чисто закъснение. На база експериментални изследвания е създаден модел на обекта, който има следната предавателна функция (2):

$$W1(s) = \frac{Kob1}{Tob1 s + 1} e^{-Tob1 s} \quad (2)$$

Където: Kob1=2,6 C°/%; Tob1=10 min; tob1=2 min

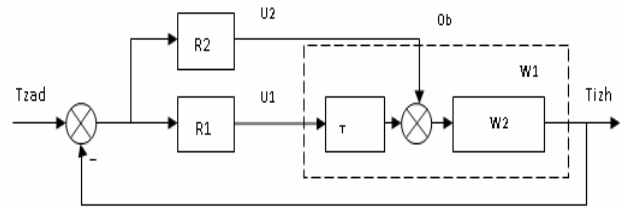
Вторият канал за управление на жалузийната решетката е практически без закъснение, така че предавателната функция е:

$$W2(s) = \frac{Kob2}{Tob2 s + 1} \quad (3)$$

Кадето: Kob2=Kob2 и Tob2=Tob1

За решаване на задачата беше реализиран втори канал за управление на температурата на подавания в пеща горещ въздух, чрез смесване със студен атмосферен въздух, или спиране на подаването му [6]. Това управление е в тесни граници, но затова пък практически няма закъснение и с него могат да се компенсират бързо смущенията. То компенсира и несиметричността на

уравлението, а именно бързо нагряване и много бавно охлаждане. При това положение се получава следната блокова схема на регулиране, дадена на фиг. 1:



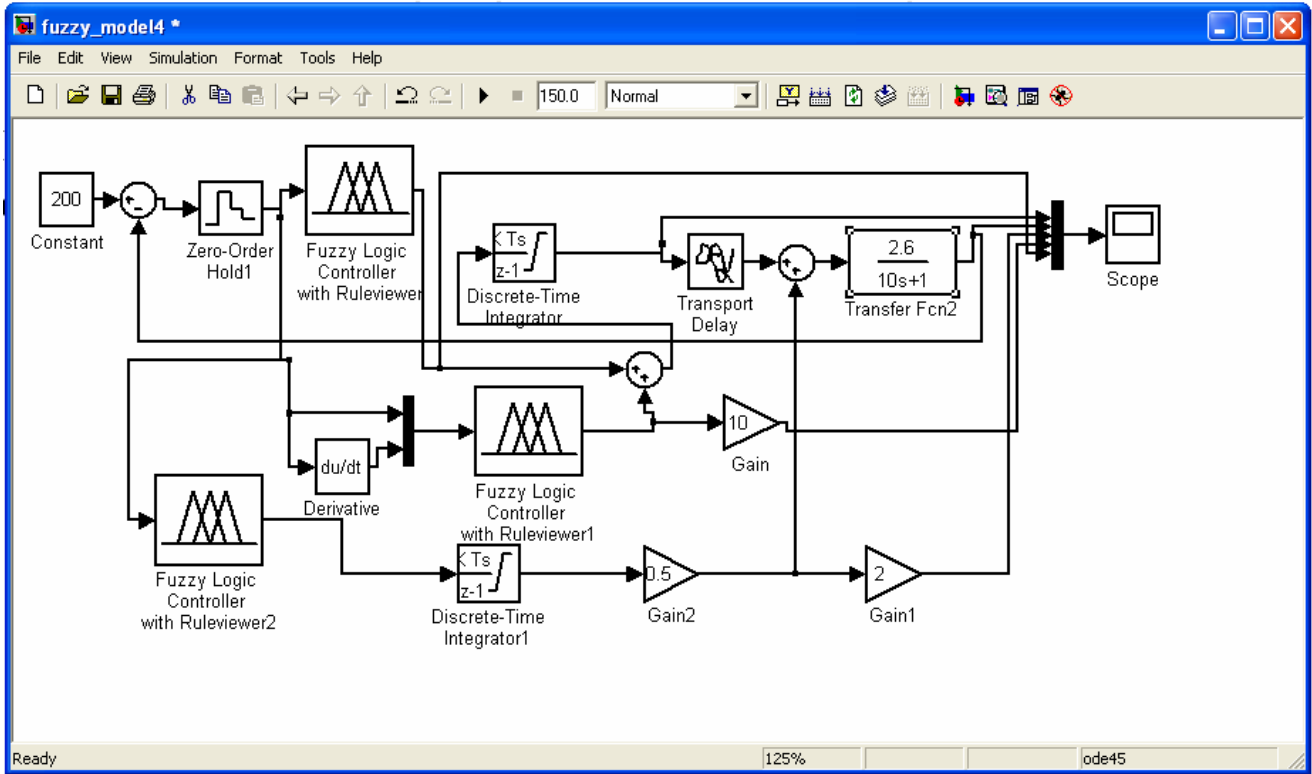
Фиг. 1 Структурна схема на системата  
 Tzad – зададена температура  
 R1 – първи регулатор (газова горелка)  
 R2 – втори регулатор (решетка студен въздух)  
 U1 – първо управляващо въздействие  
 U2 – второ управляващо въздействие  
 W1 – предавателна функция на първия канал  
 W2 – предавателна функция на втория канал  
 Ob – обект зауправление  
 Tizh – изходна температура

### 3. Моделиране на системата с помоща на MATLAB / SIMULINK

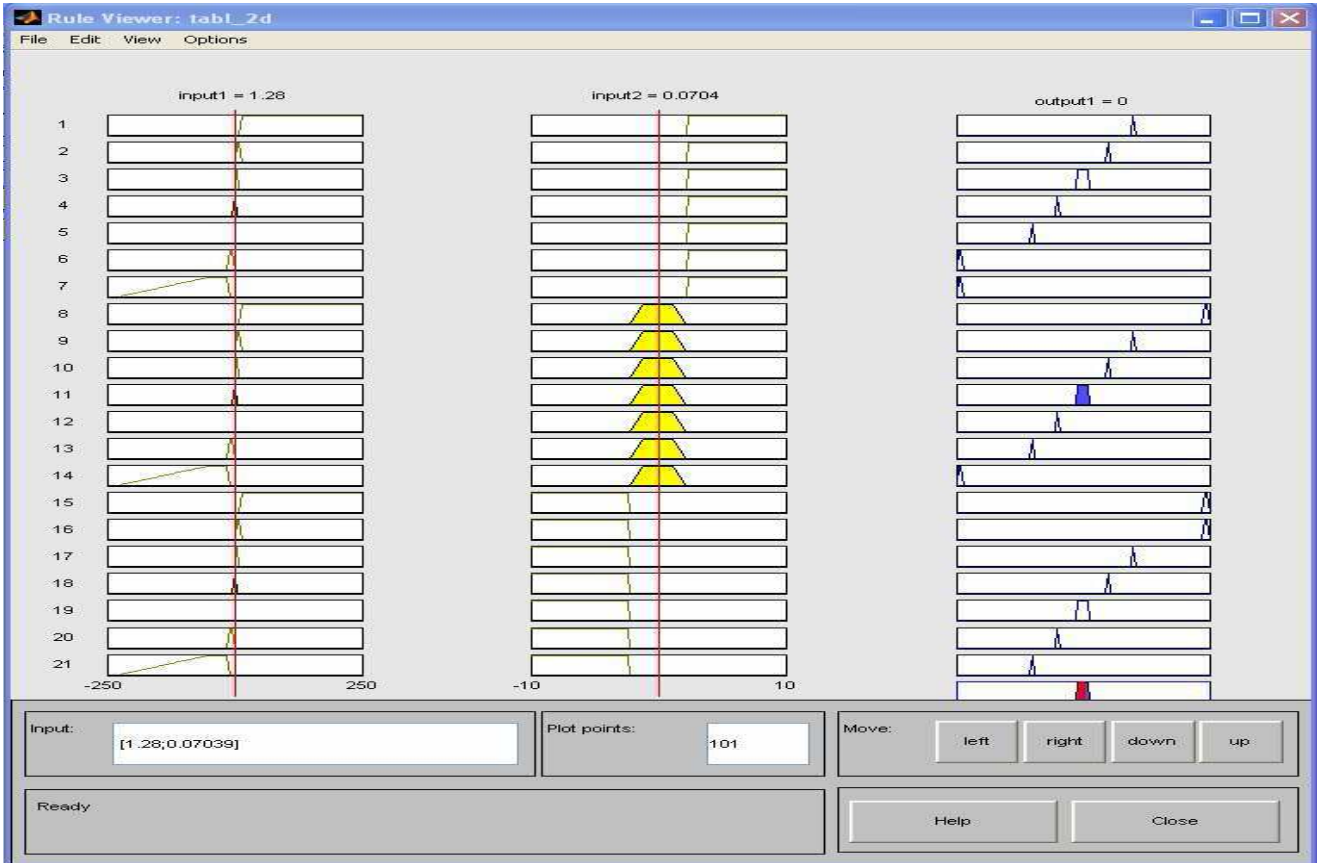
На базата на тази структура е изграден модел на системата в MATLAB / SIMULINK, като са отразени всички особености на реалните изпълнителните механизми. Те са серво задвижвания, които представляват интегриращи звена. Отражена е и дискретизацията на аналоговия сигнал по ниво, произтичаща от точността на аналого-цифровия преобразувател, а също и дискретизацията по време, произтичаща от това че системата за управление е цифрова. Модела е даден на фиг.2.

В действителност регулаторите в схемата са три, защото при големи отклонения от заданието работи само един на практика трипозиционен регулатор с цел бързо достигане на заданието, а когато се стигне близо до работната зона той се изключва и работят двата размити регулатора с цел голяма точност на регулирането. В случая се реализира регулатор с променлива структура.

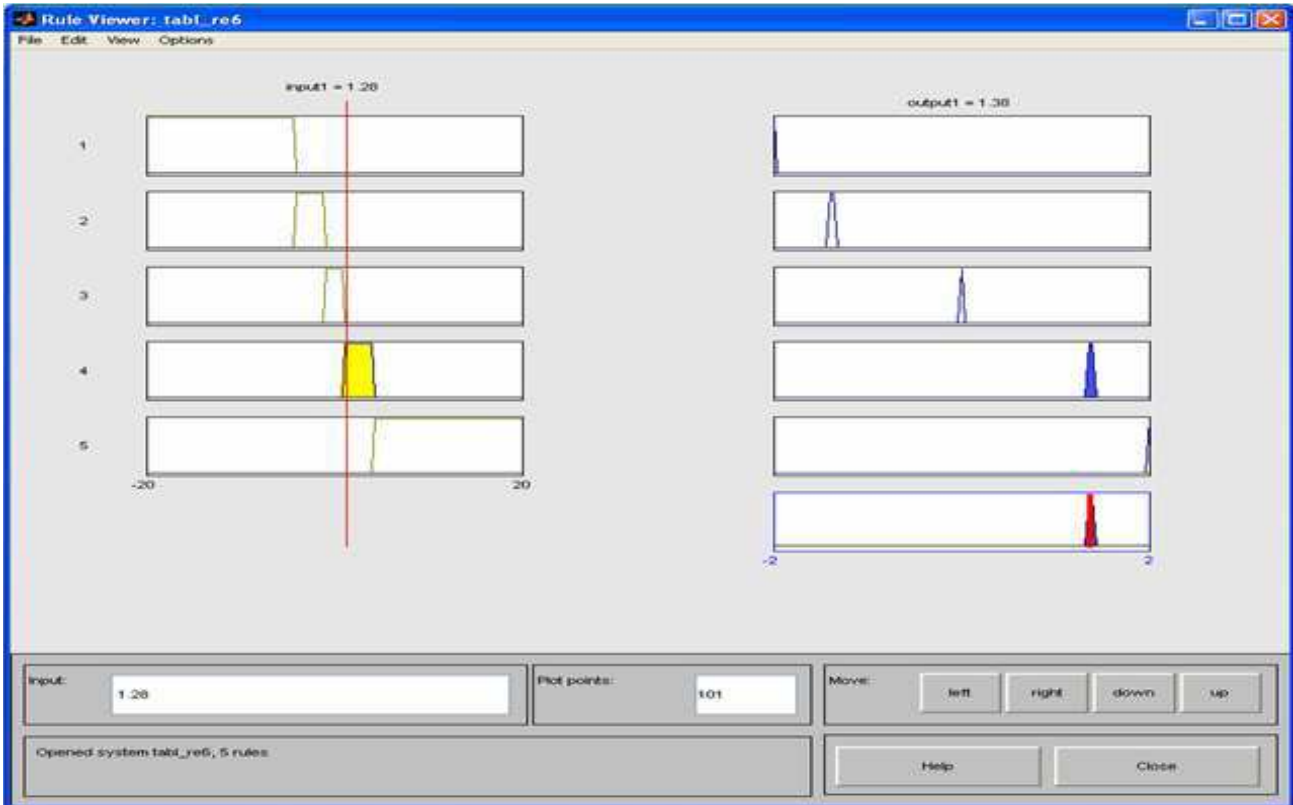
Регулирането се извършва както по отклонението на температурата (input1 – E, грешка) така и по изменение на температурата (input2 – ΔE, диференциал на грешката). Видът на правилата е даден. на фиг. 3.



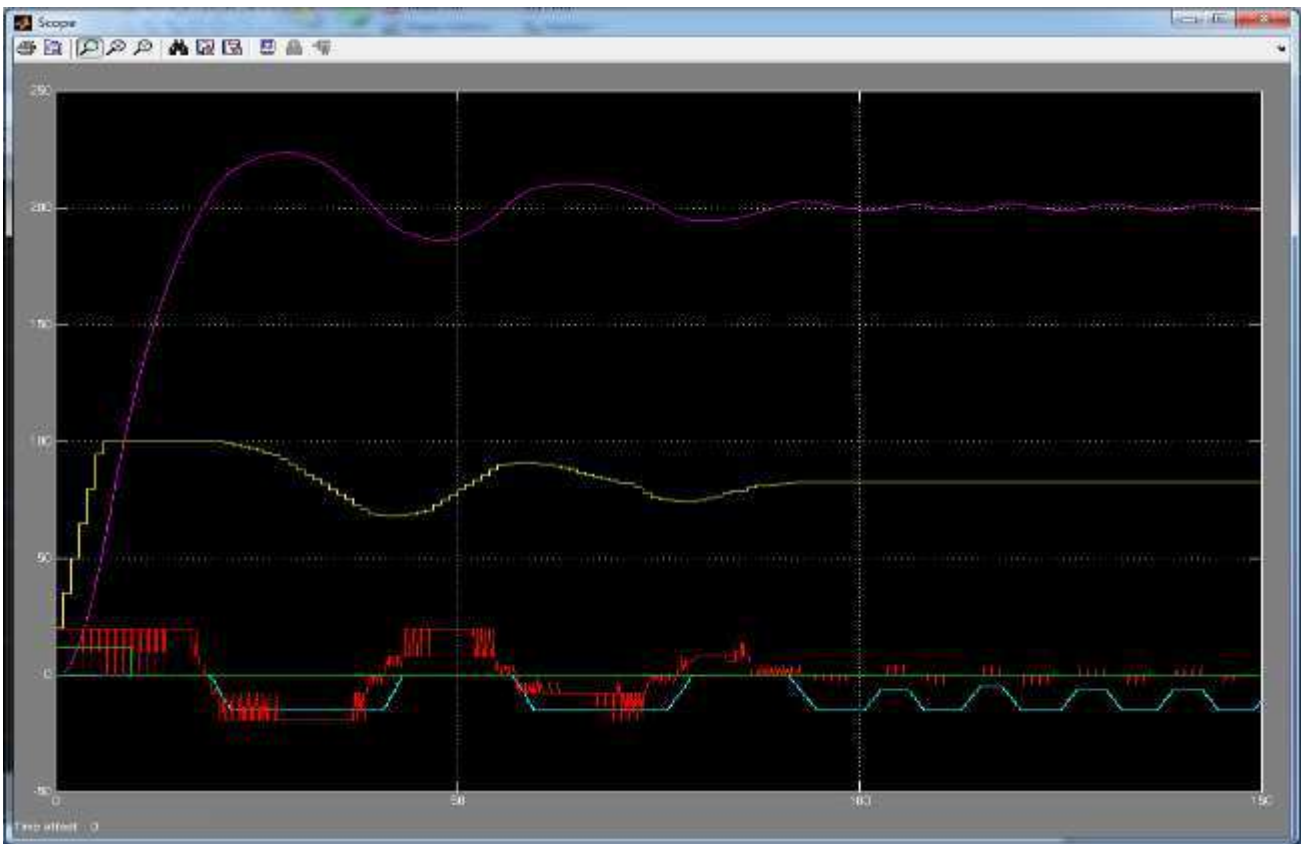
Фиг. 2. Модел на системата в MATLAB/Simulink.



Фиг. 3. Правила на развития регулатор управляващ горелката.

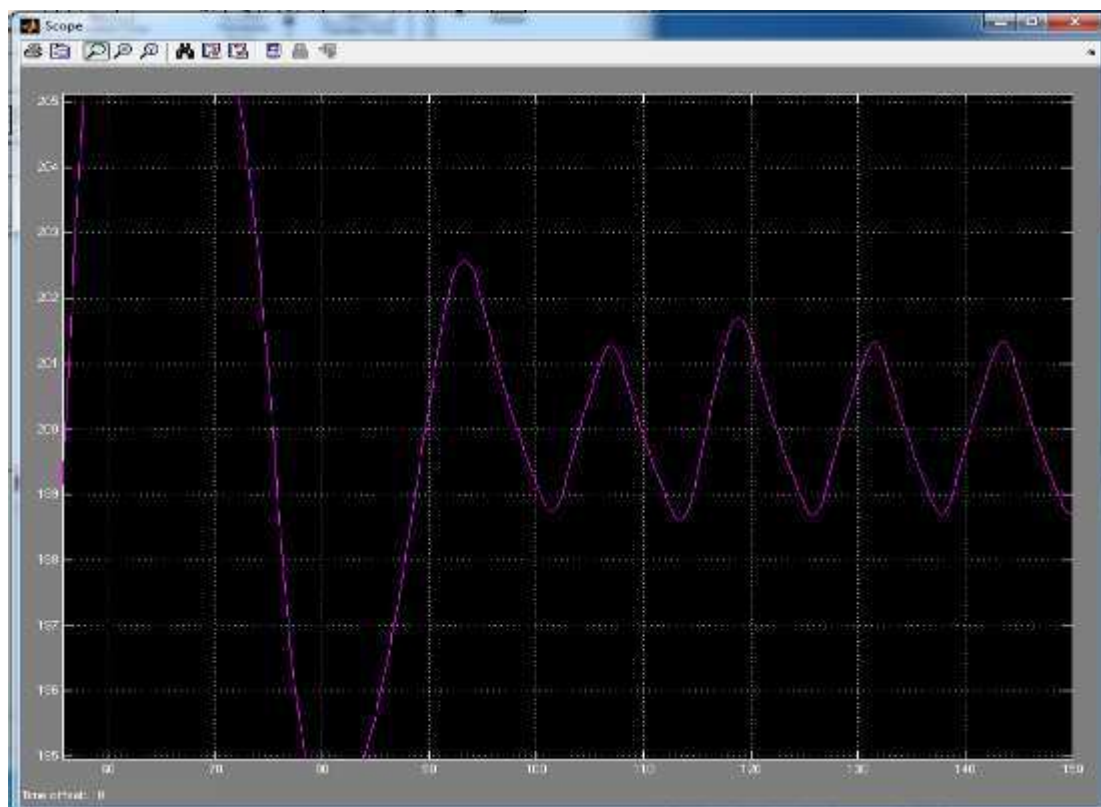


**Фиг. 4.** Правила на развития регулатор управляващ решетката за студен въздух.



**Фиг. 5.** Изход на системата и всички регулатори.

- a) виолетово –изход на системата (регулируема температура), b) жълто- регулатора на горелката след интегриране; c) синьо-регулатора на решетката след интегриране; d) червено- регулатора на горелката; e) зелено-изход на трипозиционния регулатор.



**Фиг. 6.** Детайлизирана графика на изхода на системата, показваща в увеличен мащаб точността на регулиране.

На фиг. 4 са дадени правилата на развития регулатор управляващ желузийната решетка за студен въздух, той работи само по отклонението на температурата.

На фиг. 5 са дадени графиките на изхода на самата система и на всички регулатори в системата.

От графиката на изхода се вижда че след деветдесетата минута може да се приеме, че преходния процес се е установил а в детайлната графика на работния режим – фиг. 6, се вижда, че изходното отклонение не надхвърля два градуса, с което се удовлетворява изискването за точността на системата

#### 4. Изводи и заключение

Дефинирани са етапи за синтез предлагащи вариантност за избор на определени възможности, чрез конкретизиране на структурата на системата.

Предложена е методика подходяща за решаването на възникващите въпроси и проблеми, чрез прилагането на различни технически средства и методи.

#### Литература:

- [1] J. Jantzen, *Foundations of Fuzzy Control*, John Wiley & Sons Inc., 2007.
- [2] L. Reznik, *Fuzzy Controllers*, Newnes, Melbourne, 1997.
- [3] D. Driankov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank, *An Introduction to Fuzzy Control*. Springer, Berlin. 1993.
- [4] С. Йорданова, *Методи за синтез на развити регулатори за робастно управление на процеси*, КИНГ, С., 2011.
- [5] Е. Николов, *Анализ на динамични системи с използване на Green-функции*, Годишник на Технически Университет - София, т. 62, кн.2, 2012.
- [6] V. Uzunov, *Implementation of Fuzzy Control for an Objekt with Distributed Parameters based on a Siemens LOGO Controler*, MEEMI 2005 – Varna, 2005.

#### За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска” 1  
 Технически университет -Варна  
 гл.ас., инж. Веско Узунов,  
 e-mail: [vuzunov@tu-varna.bg](mailto:vuzunov@tu-varna.bg)  
 доц., д-р, инж. Петър Петров  
 e-mail: [p\\_petrov52@abv.bg](mailto:p_petrov52@abv.bg)