

## **Determination of the Transmission Function of the Automatic Adjustment System of the Tubular Furnace**

**A.A. Safarova**

*Azerbaijan State Oil and Industry University (Azadlig ave. 16/21, Baku, AZ1010, Azerbaijan)*

**For correspondence:**

Safarova Aygun / e-mail: aygsafa@rambler.ru

**Abstract**

The article proposes a method for calculating the transfer function for periodic, operational adjustment of linear regulators of various types that are part of single-level AAS. The transfer function of a closed system is calculated using one of the known methods based on the transition curves obtained during the experiment. After finding the analytical expression of the transfer function of a closed system, the transfer functions of the object are calculated through the channels of the control and disturbing action. After finding the transfer function of the object, the AAS is synthesized.

**Keywords:** automatic adjustment systems, regulator, transmission function, static characteristic.

**DOI:** 10.52171/2076-0515\_2022\_14\_01\_101\_105

**For citation:**

*Safarova A.A.*

[Determination of the transmission function of the automatic adjustment system of the tubular furnace]  
*Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 101-105 (in Azerbaijani)*

## **Borulu sobanın avtomatik tənzim sisteminin ötürmə funksiyasının təyini**

**A.A. Səfərova**

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pr. 16/21, Bakı, AZ1010, Azərbaycan)*

### **Yazışma üçün:**

Səfərova Aygün / e-mail: aygsafa@rambler.ru

### **Xülasə**

Məqalədə birdövrəli ATS-lərin tərkibinə daxil olan müxtəlif tipli xətti tənzimləyicilərin vaxtaşırı, operativ sazlanması üçün ötürmə funksiyasının hesablanması metodikası təklif olunub. Qapalı sistemin ötürmə funksiyası təcrübə zamanı alınan keçid prosesi ayrılmasına əsasən məlum metodlardan birinin köməyi ilə hesablanıb. Qapalı sistemin ötürmə funksiyasının analitik ifadəsi tapıldıqdan sonra idarəedici və həyəcanlandırıcı təsir kanalları üzrə obyektin ötürmə funksiyaları hesablanıb. Obyektin ötürmə funksiyası tapıldıqdan sonra isə ATS sintez olunub.

**Açar sözlər:** avtomatik tənzim sistemləri, tənzimləyici, ötürmə funksiyası, statik xarakteristika.

**DOI:** 10.52171/2076-0515\_2022\_14\_01\_101\_105

**УДК:** 681.3

## **Определение передаточной функции системы автоматического регулирования трубчатой печи**

**A.A. Сафарова**

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (Азадлыг пр. 16/21, Баку, AZ1010, Азербайджан)*

### **Для переписки:**

Сафарова Айгюн / e-mail: aygsafa@rambler.ru

### **Аннотация**

В статье предложен метод расчета передаточной функции для периодической оперативной настройки линейных регуляторов различных типов, входящих в состав одноуровневых САР. Передаточная функция замкнутой системы вычисляется одним из известных методов на основе полученных в ходе эксперимента переходных кривых. После нахождения аналитического выражения передаточной функции замкнутой системы вычисляются передаточные функции объекта по каналам управляющего и возмущающего воздействия. После нахождения передаточной функции объекта синтезируется САР.

**Ключевые слова:** системы автоматического регулирования, регулятор, передаточная функция, статическая характеристика.

## Giriş

Sənayenin müxtəlif sahələrinə aid idarəetmə obyektlərində texnoloji rejimlərin dəyişkənliyi şəraitində idarəetmə sistemlərinin vaxtaşırı və operativ şəkildə optimal sazlanması məsələsinin həlli tələb olunur.

Çoxsaylı neft-kimya və neft emalı texnoloji qurğularının istismarı təcrübəsi idarəetmə obyektlərinin əksəriyyətinin dinamik xarakteristikalarının qeyri-stasionarlığını təsdiq edir. Bütün bunlar isə avtomatik tənzim sistemlərinin (ATS) normal fəaliyyətini çətinləşdirən və bəzi hallarda isə onların effektivliyinin və iş qabiliyyətinin itirilməsinə səbəb olan amillərdəndir. Neftin ilkin emalı texnoloji sistemlərində verilən xammalın sərfinin və keyfiyyət göstəricilərinin kifayət qədər geniş diapazonda dəyişməsi səbəbindən tənzimləmənin keyfiyyətini artırmaq üçün mövcud ATS-lərin vaxtaşırı optimal sazlanması tələb olunur. Bu səbəbdən, texnoloji proseslərin istismarı prosesində avtomatik idarəetmə sistemlərinin (AİS-in) operativ sazlanması və onların tez-tez yoxlanılması zərurəti meydana çıxır.

Hal-hazırda idarəetmə obyektlərinin dinamik xarakteristikalarını qiymətləndirmək üçün tənzimləmə dövrlərinin açıq vəziyyətlərində aktiv təcrübə aparılır ki, buna da bir çox texnoloji qurğularda, xüsusilə yanğın və partlayış təhlükəli qurğularda, ümumiyyətlə icazə verilmir. ATS-lər birdövrəli, çoxdövrəli (kaskad əlaqəli) və s. tiptə olurlar.

Məlumdur ki, neft emalı texnoloji proseslərində borulu sobalar xam nefti tələb olunan temperatura kimi qızdırmaqdan ötrü istifadə olunur. Bu texnoloji aparat neftin ilkin emalı texnoloji kompleksində əsas aparatlardan biri hesab olunur. Tədqiqat işində idarəetmə obyekti kimi neftin ilkin emalı texnoloji kompleksinin atmosfer blokunda istismar olunan borulu soba seçilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, müasir dövrdə obyektlərin dinamik xüsusiyyətlərinin qeyri-stasionarlığının ATS-lərin işləmə qabiliyyətinə göstərdiyi zərərli təsirlərini aradan qaldırmaq üçün adətən iki yol seçilir.

Birinci yol mövcud sistemə özüsəzlənən dövrlərin daxil edilməsi ilə bağlıdır. Bu yol sistemin strukturunun mürəkkəbləşdirilməsinə gətirib çıxarır ki, bu da onun etibarlılığını azaldır və çox vaxt iqtisadi baxımdan özünü doğrultmur. İkinci yol isə sistemin strukturunda heç bir mürəkkəbləşdirmə aparmadan periodik olaraq onun sazlanmasını nəzərdə tutur. Lakin bu yol texnoloji qurğuların normal istismar rejimini pozmadan obyektlərin dinamik xarakteristikalarının operativ və təhlükəsiz qiymətləndirilməsini tələb edir. Bu mənada ikinci yol texnoloji proses avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri (TP AİS) şəraitində daha məqsəduyğun hesab edilməlidir [1, 2].

## İşin məqsədi

Neftin ilkin emalı qurğusunun əsas aparatlarından biri olan borulu sobanın idarəetmə obyekti kimi dinamik xarakteristikasını qiymətləndirmək üçün avtomatik tənzimləmə sisteminin (ATS) ötürmə funksiyası əsasında obyektin ötürmə funksiyasının hesablanmasıdır.

## Məsələnin qoyuluşu

Əgər tənzim sistemində məlum tənzimləyicilərdən hər hansı biri qoşulmuşdursa, təcrübəyə başlayan zaman inteqrallamanın zaman sabitini maksimum ( $T_m \rightarrow \infty$ ), diferensialamanın zaman sabitini minimum ( $T_{df} \rightarrow 0$ ) qiymətlərində qoymaq lazımdır. Bu zaman, tənzimlənən parametrin cari qiymətini, tənzimləyici təsiri, həmin parametrin tapşırıq qiymətini və həyəcanlandırıcı təsiri uyğun olaraq  $y_0$ ,  $u_0$ ,  $x_{m0}$ ,  $f_0$  ilə işarə edək. Bundan sonra tənzimləyicinin tapşırıq qiymətini təkən şəklində bir

və ya bir neçə vahid (texnoloji prosesin reqlamentinə uyğun olaraq bu dəyişməni qəbul etmək lazımdır) dəyişdiririk. Bu dəyişmədən sonra idarəetmə obyektində keçid prosesi baş verir. Belə ki, tənzimlənən parametrin cari qiyməti tədricən verilən tapşırıq qiymətinə yaxınlaşır. Alınan trayektoriya sonradan hesabat zamanı qapalı sistemin ötürmə funksiyasını taparkən istifadə olunur. Keçid prosesi qurtarıqdan sonra yuxarıda qeyd etdiyimiz parametrlərin yeni qiymətlərini uyğun olaraq  $y_1$ ,  $u_1$ ,  $x_{ml}$ ,  $f_1$  ilə işarə edək [3]. Qeyd etmək lazımdır ki, təcrübənin gücləndirmə əmsalının nisbətən kiçik qiymətlərində aparılması daha məqsədəuyğundur. Çünki bu zaman alınmış keçid prosesi aperiodik olacaqdır və onun işlənilməsi nisbətən daha asan olur. Bunun üçün ATS-ə qoşulmuş tənzimləyicinin sazlanan parametrlərinin optimal qiymətləri məlum metodlardan birinin köməyi ilə tapılır.

### Məsələnin həlli

Borulu sobanın çıxışında temperatur ilə yanacaq sərfi arasındakı statik xarakteristikanı tapmaq üçün ilkin verilənlərə şəkildə verilən keçid prosesi əyrisinə əsasən Simoyu üsulu ilə tənzimləmə sisteminin ötürmə funksiyasını təyin edək. Əvvəlcə tənzimləmə sistemini açmaq və yanacaq sərfi üzərində qoyulmuş klapanı 10% bağlayaq. Simoyu üsuluna görə tədqiq edilən tənzimləmə sisteminin sabit əmsallı xətti differensial tənliklə yazıldığı qəbul edilir. Tənzimləmə sisteminin ötürmə funksiyasının hesablanması aşağıdakı ardıcılığa uyğun olaraq həyata keçirilir [4].

1. Verilmiş zaman xarakteristikası əyrisində absis oxunu  $\Delta t=1$  dəq intervallarına bölürük.
2. Hər bir  $\Delta t$  intervalının  $\Delta y(t)$  qiymətini  $\Delta y_{\max}$  qiymətinə bölürük. Beləliklə, zaman xarakteristikası əyrisi ölçüsüz formaya gətirilir.

3.  $F_1$ ,  $F_2$  və s. sahələrini (əmsallarını) aşağıdakı ardıcılıqla hesablayırıq:

a) Aşağıdakı cəmi hesablayırıq:

$$\sum_{i=1}^n [1 - y(i\Delta t)] = 5.02417$$

Sonra  $F_1$  sahəsini təyin edirik:

$$F_1 = \Delta t \left\{ \sum_{i=1}^n [1 - y(i\Delta t)] - 0.5[1 - y(0)] \right\} = 4.524173 \text{ dəq.}$$

b)  $[1 - y(t)]$  funksiyasını başqa zaman miqyasında qururuq. Bunun üçün asılı olmayan dəyişən kimi  $\theta=t/F_1$  zamanını götürürük.

c)  $[1 - y(t)]$ -nin  $\theta$ -dən asılılığına görə hesablayırıq:

$$\sum_{i=1}^n [1 - y(i\Delta\theta)] [1 - i\Delta\theta] = 2.308056$$

$$\sum_{i=1}^n [1 - y(i\Delta\theta)] \left[ 1 - 2 \cdot (i\Delta\theta) + \frac{(i\Delta\theta)^2}{2} \right] = 0.909941 \quad (1)$$

Aşağıdakı ifadələrə görə  $F_2$  və  $F_3$  sahələrinin qiymətlərini hesablayırıq:

$$F_2 = F_1^2 \cdot \Delta\theta \left\{ \sum_{i=1}^n [1 - y(i\Delta\theta)] [1 - i\Delta\theta] - 0.5[1 - y(0)] \right\} = 7.634626 \text{ dəq}^2 \quad (2)$$

$$F_3 = F_1^3 \cdot \Delta\theta \left\{ \sum_{i=1}^n [1 - y(i\Delta\theta)] \left[ 1 - 2 \cdot (i\Delta\theta) + \frac{(i\Delta\theta)^2}{2} \right] - 0.5[1 - y(0)] \right\} = 7.831349 \text{ dəq}^3 \quad (3)$$

Təcrübə göstərir ki, əksər hallarda tənzimləmə sisteminin ötürmə funksiyasına daxil olan üç əmsalla kifayətlənmək mümkündür.

4. Verilmiş zaman xarakteristikası əyrisinə görə tənzimləmə sisteminin ötürmə funksiyasının tipini seçirik. Bütün sahələrin qiyməti müsbət olduqda ötürmə funksiyası

$$W(p) = \frac{1}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1} \quad (4)$$

axtarmaq lazımdır.

5. Beləliklə, bütün sahələrin müsbət olduğunu nəzərə alaraq:

$a_1=F_1=4.52, a_2=F_2=7.63, a_3=F_3=7.83$  və

$$W(p) = \frac{1}{7.83p^3 + 7.63p^2 + 4.52p + 1} \quad (5)$$

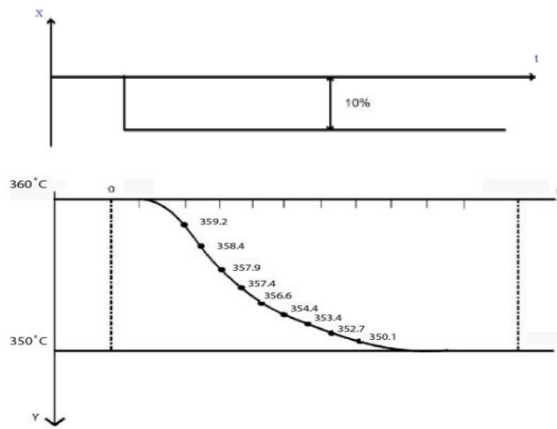
6. Ötürmə funksiyasını ölçülü formaya gətirək

$$W_{sis}(p) = K_{ob} \cdot W(p) \quad (6)$$

ifadəsində  $K_{ob} = \frac{\Delta y_{max}}{\Delta x} = \frac{9.1}{10} = 0.91$  olduğunu

nəzərə alsaq:

$$W_{sis}(p) = 0.91 \frac{1}{7.83p^3 + 7.63p^2 + 4.52p + 1} \quad (7)$$



**Şəkil** – İşə buraxma əyrisi  
**Figure** – Start-up curve

Tənzimləmə sistemi  $t=1$  dəq xalis gecikməyə malik olduğundan onun ötürmə funksiyası aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

$$W_{sis}(p) = 0.91 \frac{1}{7.83p^3 + 7.63p^2 + 4.52p + 1} \cdot e^{-p} \quad (8)$$

İndi isə idarəetmə obyektinin ötürmə

funksiyasını hesablayaq

$$W_{ob}(p) = \frac{1}{K_t} \cdot \frac{W(p)}{1 - W(p)} = \frac{1}{K_t} \cdot \frac{0.91 \frac{1}{7.83p^3 + 7.63p^2 + 4.52p + 1} \cdot e^{-p}}{1 - 0.91 \frac{1}{7.83p^3 + 7.63p^2 + 4.52p + 1} \cdot e^{-p}} \quad (9)$$

Bu ifadənin surət və məxrəcini  $(7.83p^3 + 7.63p^2 + 4.52p + 1)$  ifadəsinə vursaq, alarıq:

$$W_{ob}(p) = \frac{1}{K_t} \cdot \frac{0.91 \cdot e^{-p}}{7.83p^3 + 7.63p^2 + 4.52p + 1 - 0.91 \cdot e^{-p}} \quad (10)$$

Təcrübi verilənlərin işlənilməsi zamanı  $K_t=1$  qəbul etdiyimiz üçün idarəetmə obyektinə üçün aşağıdakı ötürmə funksiyasını almış olarıq:

$$W_{ob}(p) = \frac{0.91 \cdot e^{-p}}{7.83p^3 + 7.63p^2 + 4.52p + 1 - 0.91 \cdot e^{-p}} \quad (11)$$

**Nəticə.** Qapalı tənzim sisteminə PI tənzimləyici qoşulmuşdur. İzodrom vaxtının bağlanılmasından sonra texnoloji prosesdə tənzimləyicinin çıxış signalı  $u=59\%$ , sobanın çıxışında temperatur  $y_0=350^0S$ , bu parametrin tapşırıq qiyməti isə  $x_m=350^0S$  olmuşdur. Tənzimləyicinin tapşırıq qiymətinin təkən şəkilli artırılmasından sonra yeni qərarlaşmış rejimə aşağıdakı qiymətlər uyğun olmuşdur:

$$u_1=73\%, \quad y_{01}=350,2^0S, \quad x_{m1}=350^0S$$

## REFERENCES

1. **Səfərova A.A.** Neftin ilkin emalı texnoloji kompleksinin əsas aparatları üçün eksperimentlərin təşkili. *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*, cild 11. N-2. 2019 (in Azerbaijani).
2. **Zajcev G.F.** Teoriya avtomaticheskogo upravleniya i regulirovaniya.- 2-e izd., pererab. i dop. Kiev: *Vyshcha shkola*, 2007 (in Russian).
3. **Besekerskiy V.A., Popov E.P.** Teoriya sistem avtomaticheskogo regulirovaniya, izdanie 3, ispravlennoe. M.: «Nauka», 2003-768 c. (in Russian).
4. **Vlasov K.P.** Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. Osnovnye polozheniya. Primery rascheta: Uchebnoe posobie / K.P. Vlasov. - Harkov: *Guman. Centr*, 2013. - 544 c. (in Russian).

Daxil olub: 26.04.2021

Tamamlanıb: 10.03.2022

Qəbul edilib: 15.03.2022