

Kombinə edilmiş tənzimləmə sisteminin TİA mühitində realizasiyası və tədqiqi

İnformatika və avtomatika

Bayramova İ.S.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

E-mail: bayramova.ilhama@mail.ru

Simatic tipli proqramlaşdırılan kontrollerlərin tətbiqi ilə mürəkkəb tənzimləmə sistemlərinin qurulmasında çətinlik yaradan səbəblərdən biri onların proqramlaşdırma vasitəsi olan Step 7 paketində ötürmə funksiyalarının realizasiyası üçün blokların nəzərdə tutulmamasıdır. Bu isə nəinki mürəkkəb, hətta adi birkonturlu tənzimləmə sistemlərinin real sənaye şəraitinə yaxın rejimdə simulyasiya yolu ilə tədqiq edilməsinə imkan vermir. Elementar dinamik manqaların ötürmə funksiyalarının realizasiyası üsulu işlənmiş olsa da, ixtiyari yüksək tərtibli ötürmə funksiyalarının realizasiyası həll edilməmişdir. Məqalədə həmin məsələnin həlli, onun əsasında suqızdırıcının kombinə edilmiş tənzimləmə sisteminin simulyasiyalı tədqiqi üçün proqram təminatının işlənməsi və həmin proqramın real şəraitə uyğunlaşdırılmasına baxılır.

Açar sözlər: TİA (Totally Integrated Automation) mühiti, kombinə edilmiş tənzimləmə sistemi, ötürmə funksiyası, proqramlaşdırılan kontroller, simulyasiya, real şəraitə uyğunlaşma.

Giriş

Hazırda avtomatlaşdırma vasitəsi kimi əsasən müxtəlif tipli kontrollerlərdən, o cümlədən Almaniyanın Siemens firmasının istehsal etdiyi Simatic tipli kontrollerlərdən istifadə edilir. Bu kontrollerlərin proqram təminatları STEP 7 paketi vasitəsilə işlənilir və hazırlanır. Həmin paketin tərkibində məntiq əməllərini, hesab əməllərini və standart riyazi funksiyaları yerinə yetirən bloklar olsa da, kombinə edilmiş tənzimləmə sistemlərinin realizasiyası üçün zəruri olan, o cümlədən ötürmə funksiyalarını, gecikməni realizasiya edən bloklar nəzərdə tutulmamışdır.

Məsələnin qoyuluşu

Bu vəziyyət kontrollerli idarəetmədə avtomatlaşdırmanın fundamental prinsiplərindən biri olan kombinə edilmiş tənzimləmə sistemlərinin tətbiqinə imkan vermir. Surətinin tərtibi ikidən kiçik olan, məxrəcinin tərtibi isə ikidən böyük olmayan ötürmə funksiyalarının kontrollerdə realizasiyasına [1, 2]-də baxılmışdır. Məlum olduğu kimi, kombinə edilmiş tənzimləmə sistemlərində kompensatorların ötürmə funksiyaları daha yüksəktərtibli ola bilər [3].

Həll üsulları

Fərz edək ki, yüksəktərtibli ötürmə funksiyası

$$W(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 + a_0}, \quad n \geq m \quad (1)$$

şəklindədir. Bu ifadəni onun b_m , a_n , b_0 əmsalları, sıfırları və qütblərindən istifadə etməklə

$$\frac{c_0}{s+d}, \quad (2)$$

$$\frac{s+c_0}{s+d}, \quad (3)$$

$$\frac{c_0}{s^2+d_1s+d_0}, \quad (4)$$

$$\frac{s+c_0}{s^2+d_1s+d_0}, \quad (5)$$

$$\frac{s^2+c_1s+c_0}{s^2+d_1s+d_0} \quad (6)$$

kimi bir və ikitərtibli ötürmə funksiyalarının hasili şəklində yazıla bilər. Bu ifadələrdə c_1, c_0 – (1) ötürmə funksiyasının b_m, a_n, b_0 əmsalları və sıfırlarından, d_n, d_0 – isə onun qütblərindən alınan kəmiyyətlərdir. (2) ÷ (6) ifadələrinin seçilməsi (1) ötürmə funksiyasının sıfırları və qütblərinin tipindən (həqiqi və ya kompleks) asılıdır:

- əgər (1) ötürmə funksiyasının surəti yalnız sərbəst həddən ibarət olarsa, onda o yalnız (2) və ya (4) şəklində ifadələrin hasilindən ibarət və həmin ifadələrdən yalnız birinin surəti $c_0 = \frac{b_0}{a_n}$,

digərlərinin surəti isə vahidə bərabər olur;

- həqiqi sıfırlar və həqiqi qütblər (3) şəklində;
 - qoşma kompleks sıfırlar və qoşma kompleks qütblər; iki həqiqi sıfır və bir cüt qoşma kompleks qütblər; bir cüt qoşma kompleks sıfırlar və iki həqiqi qütblər (6) şəklində;
 - bir həqiqi sıfır və bir cüt qoşma kompleks və ya iki həqiqi qütb isə (5) şəklində ifadə olunur. Hansı sıfırın hansı qütb ilə bir ifadəyə daxil edilməsinin fərqi yoxdur.

Bunlardan (2) ÷ (5) ifadələrinin realizasiyası [1, 2]-də həll edilmişdir. Surət və məxrəcinin tərtibi ikiye bərabər olan (6) ifadəsini

$$\frac{s^2+c_1s+c_0}{s^2+d_1s+d_0} = 1 + \frac{c_1^*s+c_0^*}{s^2+d_1s+d_0}, \quad c_1^* = c_1 - d_1, \quad c_0^* = c_0 - d_0$$

kimi təsvir etməklə, onun da realizasiyası (5) ifadəsinin realizasiyasına gətirilir.

Surətinin tərtibi 3 və məxrəcin tərtibi 5 olan

$$W(s) = \frac{7s^3 + 48.02s^2 + 122.1s + 120.1}{320s^5 + 473s^4 + 314s^3 + 107s^2 + 18s + 1} \quad (7)$$

ötürmə funksiyasının sıfırları realizasiyasına baxaq. Onun sıfırları

$$7s^3 + 48.02s^2 + 122.1s + 120.1 = 0$$

tənliyinin həllindən $\lambda_1 = -2.85$, $\lambda_{2,3} = -2.002 \pm j1.414$ kimi, qütbləri isə

$$320s^5 + 473s^4 + 314s^3 + 107s^2 + 18s + 1 = 0$$

tənliyinin həllindən

$$\alpha_1 = -0.1, \quad \alpha_{2,3} = -0.37 \pm j0.3246, \quad \alpha_{4,5} = -0.3191 \pm j0.1649$$

kimi təyin edilmiş və (7) ötürmə funksiyası

$$W(s) = \frac{s+2.85}{s+0.1} * \frac{0.0219}{s^2+0.75s+0.25} * \frac{s^2+4s+6}{s^2+0.625s+0.1251} \quad (8)$$

kimi ifadə edilmişdir. Bu ifadəni

$$W(s) = \frac{0.0219}{s+0.1} * \frac{s+2.85}{s^2+0.75s+0.25} * \frac{s^2+4s+6}{s^2+0.625s+0.1251} \quad (9)$$

$$W(s) = \frac{s+2.85}{s+0.1} * \frac{s^2+4s+6}{s^2+0.75s+0.25} * \frac{0.0219}{s^2+0.625s+0.1251} \quad (10)$$

$$W(s) = \frac{0.0219}{s+0.1} * \frac{s^2+4s+6}{s^2+0.75s+0.25} * \frac{s+2.85}{s^2+0.625s+0.1251} \quad (11)$$

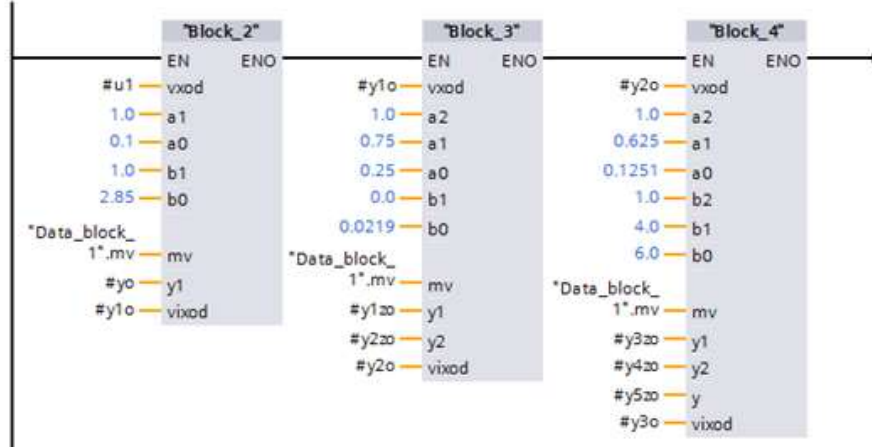
ifadələrindən istənilən biri ilə əvəz etmək olar. (8) ÷ (11) ifadələrində

$$0.0219 = \frac{7}{320}; s + 2.85 = s - \lambda_1; s^2 + 4s + 6 = (s - \lambda_2)(s - \lambda_3);$$

$$s + 0.1 = s - \alpha_1; s^2 + 0.75s + 0.25 = (s - \alpha_2)(s - \alpha_3);$$

$$s^2 + 0.625s + 0.1251 = (s - \alpha_4)(s - \alpha_5)$$

kimi təyin təyin edilmişlər. Şəkil 1-də (8) ifadəsinin proqram realizasiyası verilmişdir.



Şəkil 1. Beşərtibli ötürmə funksiyasının proqram realizasiyası

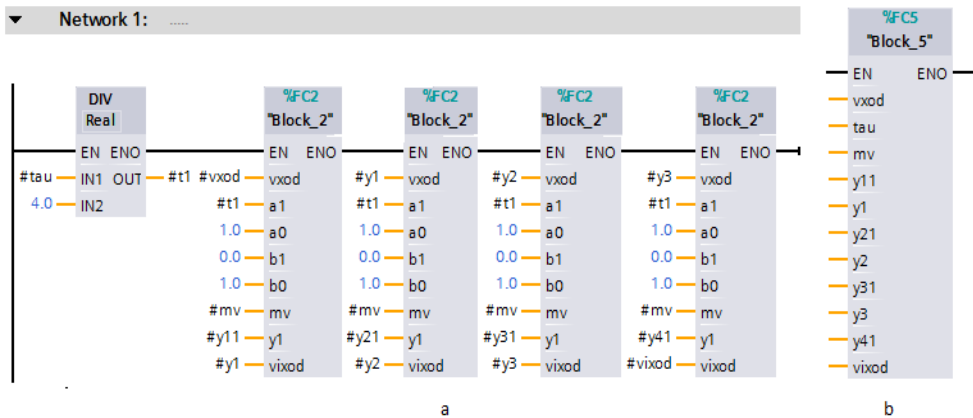
Block_2, Block_3 və Block_4 uyğun olaraq (3), (4) və (6) tipli ötürmə funksiyalarını realizasiya edirlər. Həmin blokların hansı ardıcılıqda olmasının fərqi yoxdur. Lakin, birinci blokun çıxışı ikinci blokun girişinə, ikinci blokun çıxışı isə üçüncünün girişinə verilməlidir. Şəkildən görüldüyü kimi Block_2-nin çıxışı #y10 Block_3-ün girişinə, onun çıxışı #y20 isə Block_4-ün girişinə verilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, (3) və (5) tipli ötürmə funksiyalarını realizasiya edən bloklar uyğun olaraq (2) və (4) tipli ötürmə funksiyalarını da realizasiya edirlər.

Demək olar ki, bütün real idarəetmə obyektləri bu və ya digər dərəcədə gecikməyə malikdir. Gecikmənin müxtəlif aproksimasiya üsulları vardır [4]. Sadəliyinə və qismən universallığına görə burada aperiodik manqaların ardıcıl birləşməsi üsulundan istifadə edilmişdir. Bu üsula görə gecikmə

$$e^{-\tau s} = \frac{1}{(Ts + 1)^n}, T = \frac{\tau}{n}$$

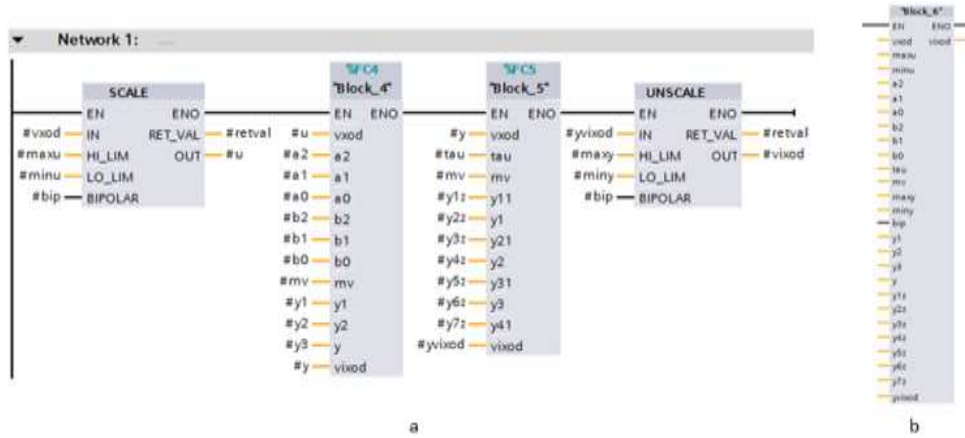
ifadəsi ilə aproksimasiya edilir. Ardıcıl birləşmiş manqaların sayı (n) nə qədər çox olarsa aproksimasiya bir o qədər keyfiyyətli olur.

Bu üsulun qismən universallığı n -nin sabit qiymətində blokun istənilən gecikməni realizasiya edə bilməsidir. Şəkil 2-də dörd ardıcıl aperiodik manqadan ibarət gecikmə blokunun proqramı (a) və işarəsi (b) verilmişdir.



Şəkil 2. Gecikmə blokunun proqramı (a) və işarəsi (b)

Gecikməsi olan obyektin (sistemin, manqanın) ötürmə funksiyasının realizasiyası gecikməsiz ötürmə funksiyasını və gecikməni realizasiya edən blokların ardıcıl birləşməsindən ibarətdir. Şəkil 3-də (2)÷(6) ifadələrinin hər birini (Block_4) və gecikməni (Block_5) realizasiya edən blokların ardıcılığından ibarət sürət və məxrəcinin tərtibi 2-dən böyük olmayan və gecikməsi olan istənilən manqanı realizasiya edən blokun (Block_6) proqramı (a) və işarəsi (b) verilmişdir.

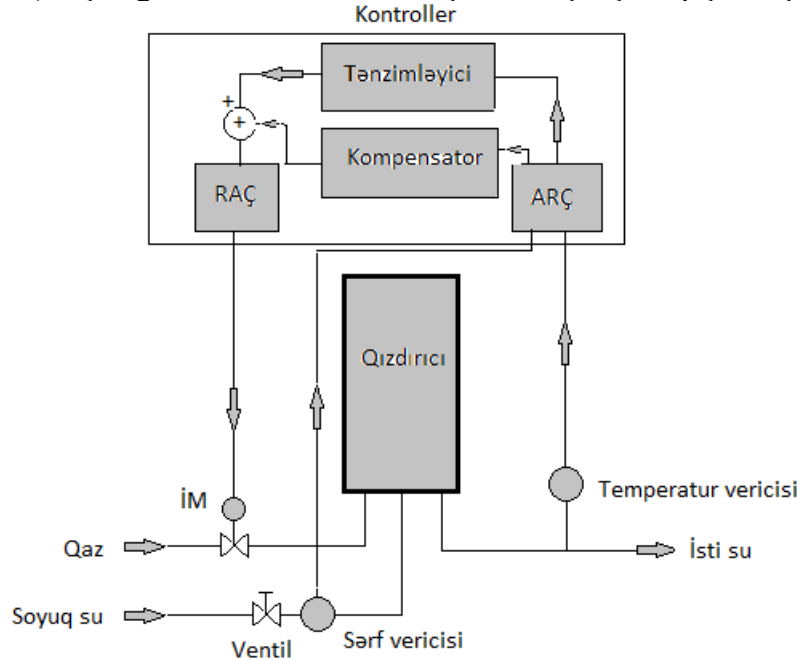


SCALE və UNSCALE blokları obyektin girişinin tənzimləyicinin çıxışı və obyektin çıxışının tənzimləyicinin girişi ilə uzlaşdırmaq üçündür [1].

Kombinədilmiş tənzimləmə sisteminin realizasiyası və tədqiqi. İdarəetmə obyekti kimi suqızdırıcıya baxaq (şəkil 4). Tənzimlənən kəmiyyət kimi qızdırıcının çıxışında isti suyun temperaturu, tənzimləyici agent kimi qazın sərfi, nəzarət olunan həyəcan kimi qızdırılan suyun sərfi götürülmüşdür. Tənzimləmə sistemi haqqında şərti olaraq verilənlər aşağıdakılardır:

- temperatur vericisinin ölçü həddi - $0 \div 150 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- su sərfi vericisinin ölçü həddi - $0 \div 30 \text{ l/dəq}$;
- tənzimləyici təsirin dəyişmə həddi - $0 \div 20$;

- temperatur vericisi başlanğıc ünvanı 100 olan ARÇ-nin 1-ci, sərf vericisi isə 2-ci girişinə, icra mexanizmi (İM) başlanğıc ünvanı 200 olan RAÇ-ın 1-ci çıxışına qoşulmuşdur;



- obyektin idarəedici kanalı (qaz sərfi – isti suyun temperaturu) üzrə ötürmə funksiyası -

$$W(s) = \frac{5}{15s^2 + 13s + 1} e^{-11s};$$

- obyektin həyəcan kanalı (ventil – isti suyun temperaturu) üzrə ötürmə funksiyası -

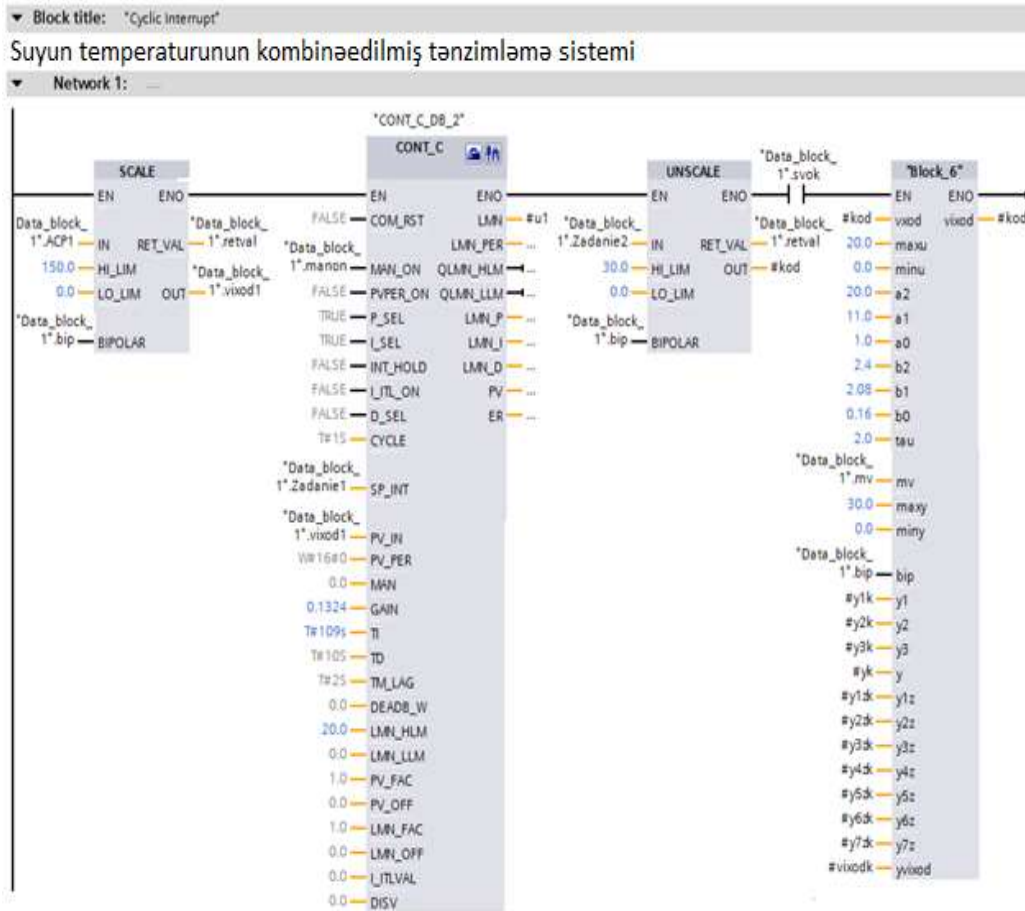
$$W_f(s) = \frac{0.8}{20s^2 + 11s + 1} e^{-13s}.$$

Tənzimləyici kimi mütənəsb-ineqrallayıcı (PI) götürülmüş və Matlab paketi vasitəsilə onu sazılma parametrləri – $K_p=0.1342$, $T_i=108.9$ san. təyin edilmişdir.

Kompensatorun ötürmə funksiyası

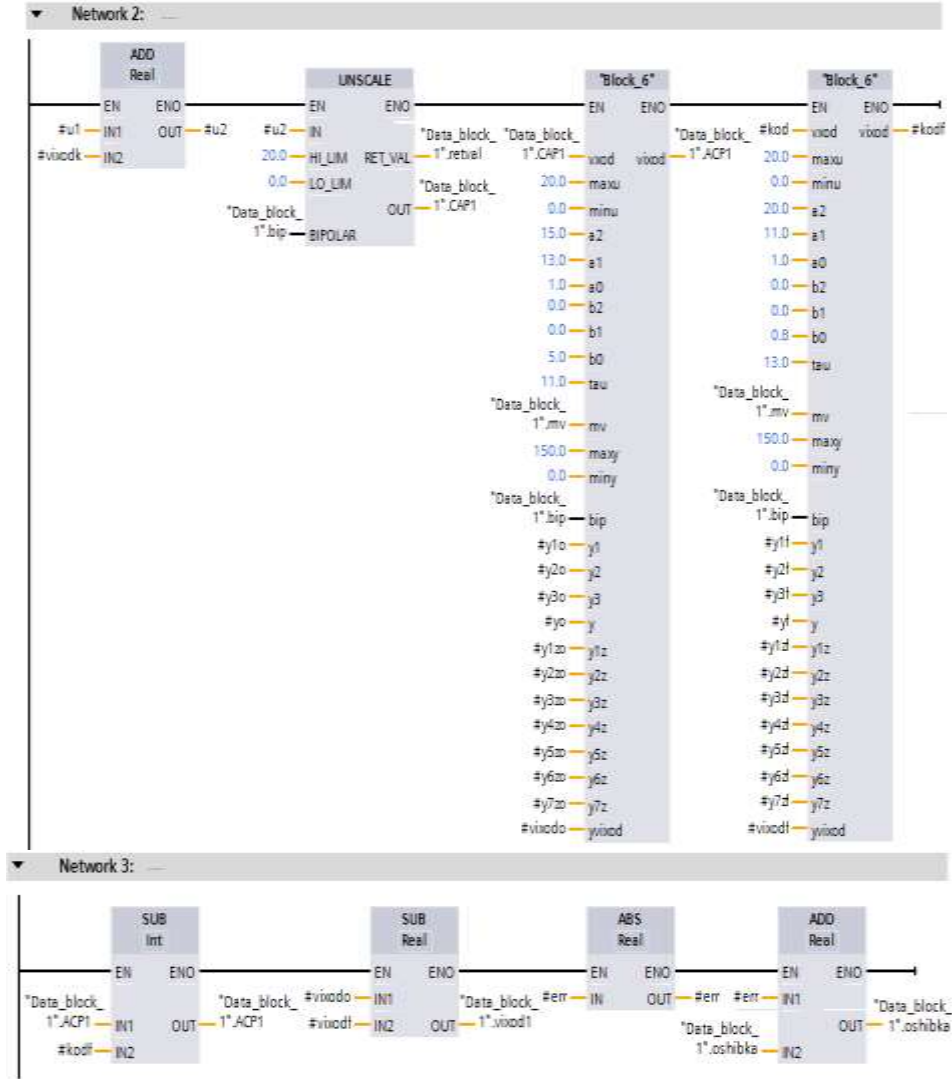
$$W_k(s) = \frac{W_f(s)}{W(s)} = \frac{\frac{0.8}{20s^2 + 11s + 1} e^{-13s}}{\frac{5}{15s^2 + 13s + 1} e^{-11s}} = \frac{2.4s^2 + 2.08s + 0.16}{20s^2 + 11s + 1} e^{-2s}$$

kimi təyin edilmişdir. Ədəbiyyatda tənzimləmə sisteminin təşkil edən bütün mərhələlərin girişinin artımı onların çıxışının artmasına səbəb olduğu halda kompensatorun çıxışının cəmləyiciyə mənfəi işarə ilə daxil olduğu göstərilir [3]. Hər bir konkret halda isə həmin işarə vəziyyətə görə təyin edilir. Baxılan misalda ventillə edilən təsirin artımı suyun sərfinin azalmasına, nəticədə isə isti suyun temperaturunun artmasına səbəb olduğu nəzərdə tutulur. İcra mexanizminə verilən tənzimləyici təsirin artımı da isti suyun temperaturunun artımına səbəb olur. Soyuq suyun sərfinin artması isti suyun temperaturunun azalmasına səbəb olduğu üçün obyektin idarəedici kanalının çıxış signalından kompensatorun həyəcan kanalının çıxış signalı çıxılır və kompensatorun çıxış signalı cəmləyiciyə müsbət işarə ilə daxil olur. Deyilənlər nəzərə alınmaqla kombinəedilmiş tənzimləmə sisteminin simulyasiya proqramı göstərilmişdir (şəkil 5, 6).



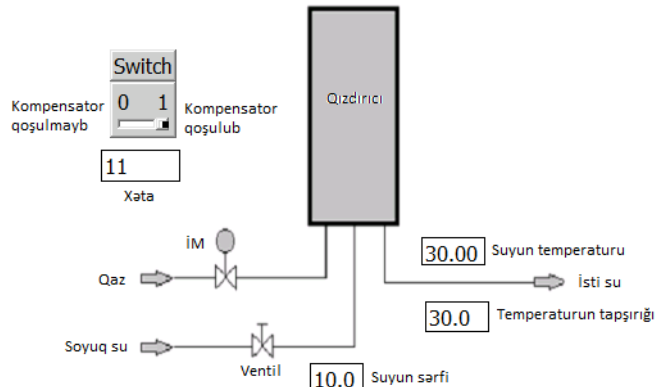
Şəkil 5. Kombinəedilmiş tənzimləmə sisteminin başlanğıc proqramı

Network 1-də SCALE, CONT_C blokları meylətməyə görə tənzimləmə, Svok kontaktı kompensatoru qoşub-açma, UNSCALE bloku uzlaşdırma və Block_6 kompensasiya funksiyasını, Network 2-də ADD bloku tənzimləyici və kompensasiyaedici təsirləri cəmləmə, UNSCALE – koda çevirmə, Block_6 blokları obyektin idarəedici və həyəcan kanallarınının realizasiyası, Network 3-də SUB blokları obyektin kanallarının çıxış siqnaallarının koda və fiziki vahiddə fərqi təyin etmə, ABS və ADD blokları tənzimləmə keyfiyyətini qiymətləndirmə funksiyalarını yerinə yetirirlər. Tənzimləmə keyfiyyətinin inteqral göstəricisi $J = \sum_{i=0}^n |\varepsilon(i)|$ ifadəsi ilə aparılır.



Şəkil 6. Kombinə edilmiş tənzimləmə sisteminin son programı

Şəkil 7-də kombinə edilmiş tənzimləmə sisteminin operator paneli verilmişdir.



Şəkil 7. Kombinə edilmiş tənzimləmə sisteminin operator paneli

Kombinəedilmiş tənzimləmə sisteminin simulyasiyalı tədqiqi aşağıdakı kimi yerinə yetirilir:

- açarın (Switch) “Kompensator qoşulmayıb” vəziyyətində “Temperaturun tapşırığı” vasitəsilə tapşırıq verilir və “Suyun temperaturu” tapşırıq qiymətində qərarlaşdıqda “Suyun sərfi” vasitəsilə soyuq suyun sərfi müəyyən qədər dəyişdirilir və suyun temperaturu yenidən tapşırıq qiymətində qərarlaşdıqda “Xəta” dan tənzimləmə xətasının qiyməti götürülür. Suyun sərfi 5 vahid (l/dəq) dəyişdirilmiş və tənzimləmənin inteqral göstəricisi $J=435$, maksimum dinamik meyletmə $h_{\max} - g = 1.77$ alınmışdır.

- açar “Kompensator qoşulub” vəziyyətinə keçirilir, suyun temperaturu tapşırıq qiymətində qərarlaşdıqda suyun sərfi eyni miqdarda bu və ya digər istiqamətdə dəyişdirilir və suyun temperaturu yenidən tapşırıq qiymətində qərarlaşdıqda “Xəta” dan tənzimləmə xətasının qiyməti götürülür. Suyun sərfi 5 vahid (l/dəq.) dəyişdirilmiş və tənzimləmənin inteqral göstəricisi $J=11$, maksimum dinamik meyletmə $h_{\max} - g = 0.9$ alınmışdır.

Göründüyü kimi həyəcan kompensasiya edildikdə maksimum dinamik meyletmə 2 dəfə, tənzimləmənin inteqral göstəricisi isə 39 dəfə azalmışdır. Qeyd edək ki, həyəcan kompensasiya edilərkən alınan xətalər gecikmənin ideal olaraq yerinə yetirilməməsindən yaranır.

Simulyasiya proqramının real şəraitə uyğunlaşdırılması aşağıdakı əməliyyatlardan ibarətdir:

- Network 1-dən Svok kontaktı və UNSCALE bloku çıxarılır;
- Network 2-dən Block_6-lar çıxarılır;
- Network 3 tamamilə ləğv edilir;
- Network 1-də SCALE blokunun İn girişi PIW100 (və ya IW100), Block_6 –nın *Vxod* girişi isə PIW102 (və ya IW102) kimi mütləq və ya nisbi ünvanlaşdırılır;
- Network 2-də UNSCALE blokunun Out çıxışı PQW200 (və ya QW200) kimi mütləq və ya nisbi ünvanlaşdırılır.

Nəticə

Suqızdırıcının misalında kontrollerli kombinəedilmiş tənzimləmə sisteminin quruluşu, onun simulyasiya proqramı vasitəsilə tədqiqinə və həmin proqramın real şəraitə uyğunlaşdırılması məsələsinə baxılır. Bu məsələlərin həllində zəruri olan yüksəktərtibli ötürmə funksiyalarının realizasiyası problemi də həll edilir.

Ədəbiyyat

1. Алекперли Ф.А., Аскерова С.Ф. Симуляция систем управления технологическим процессом и адаптация ее программного обеспечения к промышленным условиям // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018, №9. – С.39-48.

2. Əkəkbərli F.H., Əskərova S.F., Naciyeva E.M. və b. Simatic Manacer mühitində idarəetmə obyektinin ötürmə funksiyalarının realizasiyası. // Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri. – 2018, №1(21). – Səh.57-63.

3. Алиев Р.А. Принцип инвариантности и его применение для проектирования промышленных систем управления. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 126 с.

4. Rüstəmov Q.Ə. Avtomatik tənzimləmə nəzəriyyəsi. // I hissə. Ali texniki məktəblər üçün dərslik. – Bakı: Nasir, 2003. – 404 səh.

Резюме

Байрамова И.С.

Реализация и исследование комбинированных систем регулирования в среде TIA

Одной из причин трудности создания сложных систем регулирования с применением программируемых контроллеров типа Simatic является отсутствие блоков реализа-

ции передаточных функций в библиотеке пакета Step 7, с помощью которого разрабатывается программное обеспечение системы. Это условие не позволяет исследовать не только сложных, но и обычных одноконтурных систем регулирования путем симуляции в условиях, близких промышленным ситуациям. Несмотря на наличие работы по реализации передаточных функций элементарных динамических звеньев, они не позволяют осуществлять передаточные функции произвольного порядка. В статье рассматриваются решение этой проблемы, создание программы симуляции комбинированной системы регулирования нагревателя воды и метод адаптации ее к реальным условиям.

Ключевые слова: среда TIA (Totally Integrated Automation), комбинированная система регулирования, передаточная функция, программируемые контроллеры, симуляция, адаптация к реальным условиям

Summary

Bayramova I.S.

Implementation and research of the combined system of regulation in TIA environment

One of the reasons for the difficulty of creating complex control systems using Simatic programmable controllers is the lack of blocks for implementing transfer functions in the Step 7 packet, which is used to develop system software. This condition does not allow to investigate not only complex, but also conventional single-loop control systems by simulation in conditions close to industrial situations. Despite the availability of work on the implementation of the transfer functions of elementary dynamic links, they do not allow the transfer functions of an arbitrary order. The article discusses the solution of this problem, the creation of a simulation program for the combined control system of the water heater and its adaptation to real conditions.

Key words: TIA (Totally Integrated Automation) environment, combined control system, transfer function, programmable controllers, simulation, adaptation to real conditions.