УДК 62-533.65

AVTOOYNANI QIZDIRIB BUKISH HARORATINI MATLAB/SIMULINK MUHITIDA ROSTLASHNING MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Safarov Elyorbek Xasanovich
Andijon davlat texnika instituti, t.f.f.d.
0000-0003-2985-7932
E-mail: elyorbeksafarov7@gmail.com
Tel: +998937819264

Annotatsiya. Ushbu maqolada avtooyna ishlab chiqarishda avtooynani qizdirib bukish jarayoni va unda qizdirish haroratini avtomatik rostlash tizimi tavsifi keltirilgan. Qizdirish haroratini rostlash tizimi Matlab/Simulink muhitida amalga oshirilgan. Matlabda rostlash jarayonini modellashtirish uchun namunaviy kod yozilgan. Simulinkda rostlash jarayonining PID rostlagich orqali boshqariladigan struktura sxemasi tuzilgan, rostlash uchun mos koeffisiyentlar tanlangan, harorat rostlanishining grafik tasviri keltirilgan.

Kalit so‘zlar. Avtooyna, harorat, qizdirib bukish, modellashtirish, PID rostlagich, Matlab/Simulink muhiti.

Аннотация. В данной статье дается описание процесса прогрева и изгиба автостекла при производстве автостекла и системы автоматической регулировки температуры нагрева в нем. Система регулировки температуры нагрева реализована в среде MATLAB/Simulink. Пример кода написан для моделирования процесса настройки в MATLAB. В Simulink составляется структурная схема процесса регулировки, управляемая через ПИД-регулятор, подбираются подходящие коэффициенты регулировки, дается графическое изображение регулировки температуры.

Ключевые слова. Автоматическое окно, температура, нагрев, изгиб, моделирование, ПИД-регулятор, среда Matlab/Simulink.

Annotation. This article provides a description of the process of bending an auto-boiler by heating it in the production of an auto-boiler, and the system of automatic adjustment of the heating temperature in it. The heating temperature adjustment system was implemented in a Matlab/Simulink environment. Matlab has a sample code written to model the tuning process. In Simulink, a scheme of the structure of the adjustment process, which is controlled by a PID adjuster, suitable coefficients are selected for adjustment, a graphic image of the temperature adjustment is presented.

Keywords. Auto coil, temperature, heated bending, modeling, PID adjuster, Matlab/Simulink environment.

ISSN 3030-3907

Kirish

Avtomobil sanoati dunyodagi eng rivojlangan sanoatlardan biri hisoblanadi. Buni avtomobillarga bo‘lgan ehtiyoj va talabni yildan yilga ortib borishidan ham ko‘rish mumkin. Bu esa avtomobillarning xususiyatlari va ehtiyot qismlarining sifat ko‘rsatkichlariga texnik talablarni oshiradi. Ishlab chiqarishda yangi texnika va texnologiyalarni qo‘llash zarurligini taqozo etadi.

Avtoavtooyna avtomobillarning muhim qismi hisoblanadi, unga o‘ziga hos talalablar qo‘yiladi. Avtoavtooyna ishlab chiqarish jarayoni bir nechta tarkibiy jarayonlarni o‘z ichiga oladi. Avtooynalarni shakldor kesish, qirralarni jilvirlash, yuvish, kukunlash, sifat tekshiruvidan o‘tkan avtoavtooynalarni bukishga tashish, qolibga qo‘yib pechda qizdirib bukish, sifat nazorati, plastik bo‘limga tashish kabi bosqichlar amalga oshiriladi [1, 2]. Har bir bosqich muhim ahamiyatga ega bo‘lib, bosqichlar ichida avtooynalarni qizdirib bukish alohida ajralib turadigan muhim jarayonlardan sanaladi. Qizdirib bukish dastgohi qolipiga qo‘yilgan avtooyna o‘rnatilgan haroratda qizdirilib, belgilangan vaqt davomida bukish jarayoni amalga oshiriladi. Ushbu jarayonda qizdirish haroratini rostlab turish alohida ahamiyatga ega. Chunki haroratning o‘zgarishi bukilayotgan avtooynaning kerakli darajada bukilmasligiga yoki me’yordan ortiqcha bukilashlarga sabab bo‘ladi. Shuning uchun avtoavtooynani qizdirib bukish jarayonida haroratni o‘rnatilgan qiymatda rostlab turish dolzarb hisoblanadi. Biz quyida avtoavtooynani qizdirib bukish jarayonidagi qizdirish haroratni avtomatik rostlashning Matlab/Simulink muhitida tuzilgan matematik modelini ko‘rib o‘tamiz.

Masalaning qo‘yilishi va tadqiqot usuli

Avtooynaning egilishi ishlab chiqarishda muhim jarayon bo‘lib, kerakli mexanik xususiyatlarga erishish uchun materialning haroratini aniq nazorat qilishni talab qiladi. Shuning uchun, avtoavtooyna bukish paytida avtomatik haroratni rostlash jarayonda asosiy rol o‘ynaydi. Haroratni samarali boshqarish uchun jarayonga ta’sir qiluvchi turli parametrlar va omillarni hisobga olish uchun matematik modellashtirish usullaridan foydalanish mumkin. Bunday vositalardan biri MATLAB dasturiy muhiti bo‘lib, u modellar va tartibga solish algoritmlarini ishlab chiqish uchun keng imkoniyatlarni taqdim etadi.

Matematik modellashtirishning asosiy maqsadi avtoavtooyna bukish jarayonida haroratni avtomatik boshqarish tizimini ishlab chiqishdir, bu ishlab chiqarish jarayoni uchun maqbul sharoitlarni ta’minlaydi, uning samaradorligi va aniqligini oshiradi. Modellashtirish vazifalariga quyidagilar kiradi:

- Avtoavtooyna bukish jarayonida issiqlik uzatishning matematik modelini ishlab chiqish;
- Vaqt va boshqa omillarga qarab harorat o‘zgarishi dinamikasini tahlil qilish;

ISSN 3030-3907

- Proportsional integral differentsial (PID) nazorati kabi turli xil nazorat usullaridan foydalangan holda haroratni avtomatik boshqarish algoritmlarini yaratish;
- MATLAB da simulyatsiyalar yordamida taklif qilingan algoritmlarning samaradorligini baholash.

Issiqlik uzatishning matematik modeli

Avtoavtooynani bukish jarayonida issiqlik qizdirish elementlaridan avtoavtooynaga o‘tkaziladi. Ushbu jarayonni differentsial issiqlik uzatish tenglamalari yordamida tavsiflash mumkin. Asosiy tenglama issiqlik o‘tkazuvchanligi tenglamasidir:

$$\frac{dT(x,t)}{dt} = \alpha \frac{d^2T(x,t)}{dx^2}$$

bu yerda:

- $T(x,t)$ – t vaqtidagi x nuqtadagi harorat,
- α – issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti.

Tenglama avtooyna ichidagi issiqlik tarqalishini tavsiflaydi, bu yerda x avtooyna qalinligi koordinatasi va t vaqt.

Tashqi ta’sirni, masalan, atrof-muhitdagi harorat o‘zgarishini yoki qizdirgichlarning quvvatidagi o‘zgarishlarni hisobga olish uchun tenglamaga chegaralar bo‘ylab issiqlik oqimlari va issiqlik yo‘qotilishini hisobga oladigan qo‘shimcha atamalar qo‘shiladi [3-5].

Haroratni avtomatik boshqarish

Avtoavtooyna bukish jarayonida belgilangan haroratni saqlab turish uchun rostlagichlarga asoslangan avtomatik rostlash tizimi qo‘llaniladi. Rostlagichlarning eng keng tarqalgan turlaridan biri bu berilgan qiymat va haqiqiy qiymat o‘rtasidagi xato asosida chiqish qiymatini (haroratni) sozlaydigan PID rostlagichidir.

PID rostlagichi algoritmi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

bu yerda:

- $u(t)$ – boshqaruv ta’siri (masalan, qizdirgich kuchi),
- $e(t)$ – berilgan va joriy harorat o‘rtasidagi farqga teng bo‘lgan xato,
- K_p, K_i, K_d mos ravishda mutanosib, integral va differentsial komponentlarning koeffitsientlari.

Rostlagich haroratni optimal darajada ushlab turishi, turli xil tashqi ta’sirlar ostida belgilangan qiymatdan chetga chiqishni minimallashtirishi kerak.

ISSN 3030-3907

Matlab raqamli modellashtirish va differentsial tenglamalarni echish uchun kuchli vosita bo‘lib, uni issiqlik uzatish jarayonlarini tahlil qilish va avtomatik tartibga solish tizimlarini ishlab chiqish uchun ideal tanlovga aylantiradi.

Haroratni rostlash jarayonini modellashtirish uchun differentsial tenglamalarni echish uchun ode45 va PID rostlagichini amalga oshirish uchun o‘rnatilgan vositalar kabi turli xil Matlab funktsiyalaridan foydalanish mumkin.

Modellashtirishning asosiy bosqichlari:

1. Matematik modelni shakllantirish, shu jumladan issiqlik uzatish tenglamasi va PID rostlagich uchun tenglama.
2. Modelni Matlabda amalga oshirish.
3. Raqamli modellashtirish va olingan natijalarni tahlil qilish.

Jarayonni modellashtirish uchun namunaviy kod:

```
% Model parametrlari
alpha = 0.1; % issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti
T0 = 300; % boshlang‘ich harorat
T_ambient = 295; % atrof muhit harorati
K_p = 5; % PID rostlagich koeffisiyentlari
K_i = 2;
K_d = 0.2;
% Issiqlik uzatishni modellashtirish
ode = @(t, T) alpha * (T_ambient - T); % issiqlik uzatish tenglamasi
[t, T] = ode45(ode, [0, 100], T0);
% PID rostlagich
error = T_ambient - T;
u = K_p * error + K_i * trapz(t, error) + K_d * diff(T);
```

Ushbu kod issiqlik uzatish tenglamasini hal qiladi va haroratni PID regulyatori yordamida rostlaydi. Haqiqiy tizimda modelni muayyan shartlar va talablarga moslashtirish kerak bo‘ladi [6].

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi

Biz quyida Matlab dasturining Simulink paketi yordamida ko‘rib o‘tilayotgan rostlash jarayonining struktura sxemasini tuzamiz va grafik ko ‘rinishida natijalarni olamiz, taqqoslaymiz.

Avtomatik boshqaruv tizimi avtooynani bukish jarayonini nazorat qilish va boshqarishni ifodalaydi. Tizim maqsadi — avtooynani belgilangan harorat va bosim sharoitida bukib, kerakli shaklga keltirishdir. Ushbu jarayonda PID boshqaruv algoritmi asosiy rolni o‘ynaydi va tizim parametrlari talab qilinayotgan natijaga erishish uchun moslashtiriladi.

Bloklarning roli:

ISSN 3030-3907

1. 700 qiymatli blok: Bu blok avtooynani bukish uchun kerak bo‘lgan belgilangan (setpoint) parameter(masalan, harorat)ni ifodalaydi, avtooynani qizdirib bukishda 700℃ o‘rnatilgan.

2. Ayiruvchi blok (∑)*:* Bu yerda tizimning real chiqishi va belgilangan qiymat o‘rtasidagi farq hisoblanadi. Bu farq xatolik *e(t)* deb ataladi:

$$e(t) = R(t) - Y(t)$$

bu yerda:

R(t) - belgilangan qiymat (700),

Y(t) - tizimning real chiqishi.

1. Ko‘paytirgich bloklari (2, 5, 0.2): Bu bloklar boshqaruv ta’sirining kuchini oshirish yoki kamaytirish uchun ishlatiladi.

2. Integratsiya bloki (1/s): Xatolikni vaqt bo‘yicha integratsiyalaydi, bu tizimning uzluksiz javobini hisobga olishga imkon beradi:

3. Transfer funksiyasi bu avtooynani bukish jarayonining o‘ziga xos dinamik xususiyatlarini ifodalaydi.

4. PID boshqaruvchi: Bu blok uchta komponentdan iborat bo‘lib, tizim javobini optimallashtirish uchun ishlatiladi:

$$I(t) = \int_0^t e(\tau)d\tau$$

$$U(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(\tau)d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

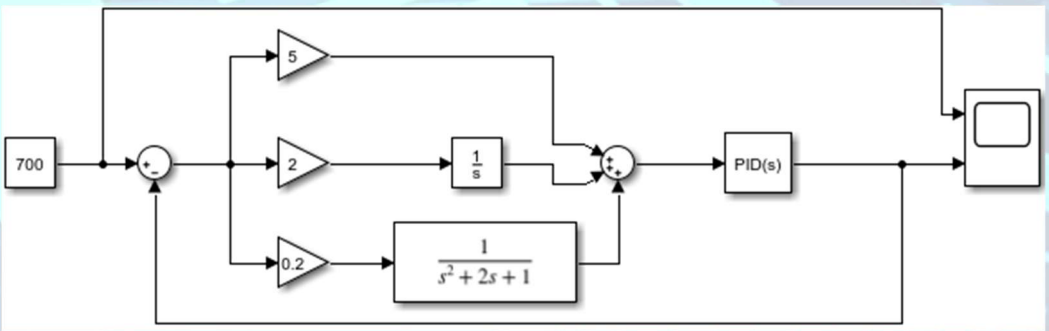
bu yerda: $\frac{1}{s^2+2s+1}$ - uzatish funksiya koeffisiyenti,

K_P: proporsional koeffitsient,

K_I: integral koeffitsient,

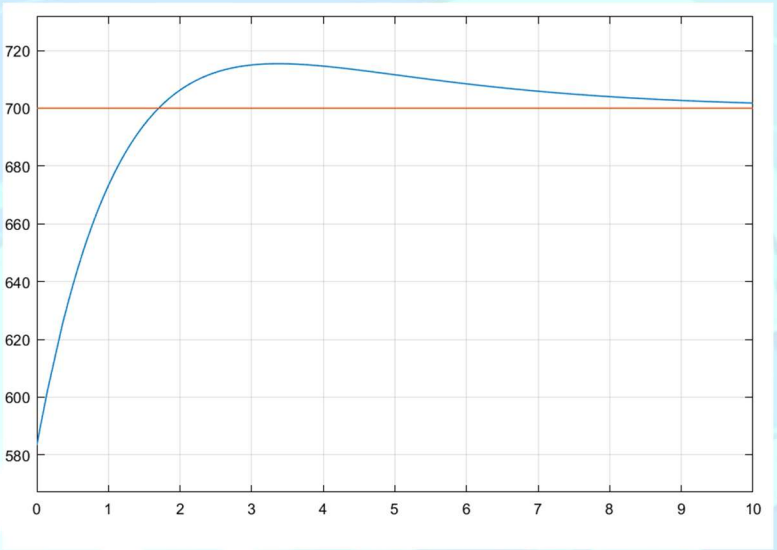
K_D: differensial koeffitsient.

Formuladan kelib chiqib Simulink paketida avtomatik rostlash jarayonining strukturasini qurish mumkin. Berilgan qiymatlar asosida jarayon strukturasi va olingan natija grafik ko‘rinishida quyidagi 1-rasmda tasvirlangan.



a)

ISSN 3030-3907



b)

1-rasm. PID rostlagich yordamida qizdirish haroratini avtomatik rostlash tizimi: a) struktura ko‘rinishi; b) rostlanish jarayonining grafik tasviri.

Rasmda tasvirlangan grafik avtooynani qizdirib bukish jarayonining vaqt o‘tishi bilan qanday amalga oshirilganini ko‘rsatadi. Qizil chiziq — belgilangan qiymat (700℃), ko‘k chiziq — tizimning real chiqishi [7-8]. Grafikda quyidagi xususiyatlarni ko‘rish mumkin:

1. *Oshib ketish (overshoot):* Grafikning boshlang‘ich qismida real chiqish belgilangan qiymatdan oshib ketgan. Bu dinamik tizimlarning odatiy xususiyatidir.
2. *Turg‘un holatga erishish:* Tizim ma’lum vaqt o‘tgach, belgilangan qiymatga yaqinlashadi va barqarorlashadi.
3. *O‘tish jarayoni:* Grafikning egri chizig‘i PID boshqaruvchining tizim javobini qanday moslashtirayotganini ko‘rsatadi.

Tizimning umumiy tenglamasini yozish mumkin:

bu yerda *Y(s)* - tizim chiqishi Laplas domenida, *e(s)* - xatolik Laplas domenida.

$$Y(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}(K_p e(s) + K_I \frac{1}{s} e(s) + K_D s e(s))$$

Xulosa

Avtooyna bukish paytida haroratni avtomatik rostlashning matematik modeli avtooyna mahsulotlarini ishlab chiqarishni optimallashtirish uchun muhim vositadir. Issiqlik uzatishni modellashtirish va boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish muammolarini hal qilish uchun Matlab/Simulink muhitidan foydalanish qizdirib bukish jarayonining aniqligi va samaradorligini sezilarli darajada oshirishi mumkin. Bu nafaqat mahsulot sifatini yaxshilashga, balki energiya xarajatlarini kamaytirishga ham yordam beradi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tojiboyev, R. K., & Muxtorov, A. M. (2021). Avtooyna ishlab chiqarishda oynaklarni vakuumlash turlari va ularda ishlatiluvchi vakuum xalqalar konstruksiyasi. Scientific progress, 2(1), 681-686.
2. Muxtorov, A. M. (2022). “Avtooyna” MChJ korxonasida vakuumlash jarayoni va vositalarida kuzatilayotgan kamchiliklar. Scientific progress, 3(3), 812-819.
3.Карпенко, В. И. Математическое моделирование процессов теплообмена. — М.: Наука, 2001.
4. Бобров, Н. В. Автоматизация производственных процессов. — СПб.: Политехника, 2004.
5. Жуков, В. С. Теория автоматического регулирования. — М.: Высшая школа, 2005.
6. Сидорик, В.В. Погирницкая, С.Г. Практикум по моделированию в среде Matlab. Учебно-методическое пособие для студентов и слушателей системы повышения квалификации и переподготовки. Учебное электронное издание. Минск 2012.
7. Моделирование в среде MATLAB-Simulink: метод указания к лабораторным работам / сост.: А. И. Герасимов, В. В. Регеда, О. Н. Регеда. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2017. – 104 с.
8. Тугашова Л. Г. Моделирование объектов управления в MatLab: учебное пособие для СПО / Л. Г. Тугашова, А. В. Затонский - 2е изд., стер. - СанктПетербург: Лань, 2022.- 144с. : ил.- Текст : непосредственный.

ISSN 3030-3907