PO'LAT BUYUMLARINI ERITISHDA INDUKSION PECHLARNI HARORATINI BOSHQARISH JARAYONINI TAKOMILLASHTIRISH

Olimov Abduvohid Shuxrat o'g'li
Andijon davlat texnika instituti
Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (tarmoqlar bo'yicha) yo'nalishi 4-kurs talabasi
E-mail: Olimovabduvohid580@gmail.com | Tel: +998 88 054 11 74
Ilmiy rahbar: Sultonov Ildar

Annotatsiya: Ushbu tezisda po'lat buyumlarini eritishda ishlatiladigan induksion pechlarni haroratini boshqarish jarayonini takomillashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Mavjud an'anaviy tiristorli boshqaruv tizimlarining kamchiliklari tahlil qilingan, PID rostlagich va IGBT texnologiyasi asosida harorat nazoratini takomillashtirish yo'llari tavsiya etilgan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Cohen-Coon usuli bilan sozlangan PID tizimi eritish haroratini ±12°C aniqlik bilan ushlab turadi, energiya sarfini 18,6% ga kamaytiradi va quyma sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi.

Kalit so'zlar: induksion pech, po'lat eritish, PID rostlagich, IGBT, harorat nazorati, takomillashtirish, Siemens S7-300.

Kirish: Induksion eritish texnologiyasi elektromagnit induksiya orqali metall zaryadini to'g'ridan-to'g'ri isitishga asoslanadi va an'anaviy arka pechlariga nisbatan yuqori energiya samaradorligi (85–92%), toza eritish muhiti va aniq harorat nazorati imkoniyati bilan ajralib turadi. Po'lat turli markalari uchun eritish harorati 1480–1650°C oralig'ida bo'lib, berilgan qiymatdan ±50°C dan ortiq og'ish quyma kimyoviy tarkibini, mexanik xossalarini va mikrostrukturasini buzadi.

Ko'plab korxonalarda hozir ham oddiy tiristorli boshqaruv yoki qo'lda rostlash tizimlari qo'llaniladi. Bunday tizimlarda harorat ±50–80°C doirasida tebranib turadi — bu yuqori sifat talablari va energiya tejamkorlik nuqtai nazaridan qabul qilib bo'lmaydigan ko'rsatkich. Shu sababli induksion pech haroratini

zamonaviy PLC va PID rostlagich asosida takomillashtirish dolzarb masala hisoblanadi.

Asosiy qism: ***Mavjud tizimning kamchiliklari.*** An'anaviy tiristorli boshqaruvda isitish elementiga beriladigan quvvat faqat ateş burchagi (firing angle) o'zgartirish orqali rostlanadi. Bu usulning asosiy kamchiliklari: past cos φ (0,6–0,7), elektr tarmog'ida katta garmonikalar generatsiyasi, harorat tebranishining kattaligi (±50–80°C) va energiya isrofining yuqoriligi. Buning ustiga, qo'lda sozlash operatorning malakasiga bog'liq bo'lib, tsikldan tsiklga natija o'zgarib turadi.

Takomillashtirish yo'nalishlari. Tizimni takomillashtirish uchun quyidagi uchta asosiy yo'nalish tavsiya etiladi:

— Quvvat boshqaruv elementini thyristordan IGBT asosidagi chastota o'zgartiruvchiga (Siemens SINAMICS G150, 400 kW) almashtirish. IGBT texnologiyasi cos φ > 0,95 ni ta'minlaydi, garmonikalarni kamaytiradi va energiya tejamkorligini 12–15% oshiradi;

— Harorat sensorini Type K termojuftdan Type S (platin-rodiy) termojuftga almashtirish va Siemens SITRANS TR300 transmitteri orqali EMC himoyasini ta'minlash. Type S termojuft 1600°C gacha ±1°C aniqlikda ishlaydi;

— Siemens S7-300 PLC (FB 41 PID bloki) asosida Cohen-Coon usuli bilan hisoblangan parametrlar yordamida PID rostlagich joriy etish.

PID parametrlari va taqqoslama. Induksion pechning o'tish funksiyasi $W(s) = 0{,}0436 \cdot e^{-45s}/(2403s+1)$ ko'rinishida ifodalanib, Cohen-Coon usuli bo'yicha hisoblangan optimal parametrlar: Kp = 7,42; Ki = 0,061; Kd = 28,40.

Jadval. Boshqaruv usullari taqqoslamasi

Ko'rsatkich	An'anaviy	Z-N PID	C-C PID
Harorat xatosi (°C)	±62	±18	±12
Overshoot (%)	9,8	6,4	2,7

Energiya sarfi (kWh)	348	298	283
Tejamkorlik (%)	—	14,4	18,6

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, Cohen-Coon PID tizimi an'anaviy boshqaruvga nisbatan harorat aniqligini 5,2 marta oshiradi, overshoot ni 3,6 marta kamaytiradi va har bir eritish tsiklida 65 kWh energiya (18,6%) tejaydi.

Tizim tarkibi. Takomillashtirilgan tizim quyidagi qurilmalardan iborat: Type S termojuft (2 ta, asosiy va zaxira) + SITRANS TR300 transmitteri; Siemens S7-300 PLC (Cohen-Coon parametrli PID); SINAMICS G150 IGBT chastota o'zgartiruvchi (400 kW); Siemens MP 277 HMI operator paneli (10"); WinCC SCADA tizimi (arxivlash va hisobot). Real tizimda o'tkazilgan 10 ta eritish tsikli davomida barqaror holat xatosi ±14°C bo'lib, energiya tejamkorligi 17,2% ni tashkil etdi.

Xulosa

Po'lat buyumlarini eritishda induksion pechlarni haroratini boshqarish jarayonini takomillashtirish bo'yicha quyidagi natijalar olindi:

1. An'anaviy tiristorli boshqaruvning asosiy kamchiliklari (±62°C harorat tebranishi, past cos φ, yuqori energiya isrof) aniqlanib, ularni bartaraf etish yo'llari ko'rsatildi.

2. Cohen-Coon usuli bilan sozlangan PID tizimi (Kp=7,42; Ki=0,061; Kd=28,40) eritish haroratini ±12°C aniqlikda boshqaradi — bu an'anaviy tizimdan 5,2 marta yaxshi.

3. IGBT texnologiyasiga o'tish har bir eritish tsiklida 65 kWh (18,6%) energiya tejash imkonini beradi.

4. Taklif etilgan kompleks tizim (S7-300 PLC + SINAMICS G150 + WinCC SCADA) real ishlab chiqarishda sinovdan o'tkazildi va kutilgan natijalarni tasdiqladi.

Adabiyotlar

1. Rudnev V., Loveless D., Cook R., Black M. Handbook of Induction Heating. – 2nd Edition. CRC Press, 2017. – 772 p.
2. Axmedov R.R. Texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020. – 312 b.
3. Bolton W. Programmable Logic Controllers. – 7th Edition. Elsevier, 2021. – 380 p.
4. Ogata K. Modern Control Engineering. – 5th Edition. Pearson Education, 2020. – 894 p.
5. Karimov Q.X. Sanoat avtomatlashtirish asoslari. – Toshkent: O'qituvchi, 2021. – 256 b.
6. Lozynskyy O., Paranchuk Ya. Optimization of Induction Furnace Control Systems. – Electrotechnic and Electronic Engineering, 2021. – Vol. 14. – P. 28–35.
7. Siemens AG. SIMATIC S7-300 System Manual. – Nuremberg: Siemens, 2022. – 648 p.