

Elektrolankinio suvirinimo procesų kompiuterinis modeliavimas

A. Dambrauskas, B. Karaliūnas, D. Šulskis

Automatikos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Naugarduko g. 41, LT-03227 Vilnius, Lietuva, tel. +370 274 50 63, el.paštas vgtufesto@el.vtu.lt

Įvadas

Pastarųjų metų kiekybiniai ir kokybiniai pokyčiai ne tik mūsų šalies, bet ir kitų Baltijos valstybių ūkyje kelia kur kas griežtesnius reikalavimus produkcijos kokybei, darbo sąlygų gerinimui, aplinkos taršos mažinimui, gamybos procesų, tarp jų ir suvirinimo procesų, automatizavimui. Šiuolaikinis gamybos lygis suvirinimo srityje reikalauja spresti vis naujus ir sudėtingesnius uždavinius:

- suvirinimo procesų ir įrenginių valdymo optimizavimo;
- jungčių kokybės rodiklių prognozės ir įvertinimo suvirinimo metu;
- adaptyviųjų ir susiderinančiųjų suvirinimo procesų valdymo sistemų tobulinimo ir praktinio jų panaudojimo.

Pastaruoju metu pasirodo mokslinių darbų, kuriuose nagrinėjamos šiuolaikinės suvirinimo procesų automatizavimo problemos. Straipsnyje [1] pateikta suvirinimo procesų klasifikacija ir jų žymenys, nurodyti Lietuvoje priimti nauji suvirinimo standartai. Nauji 10 kW galios suvirinimo įrenginių maitinimo šaltiniai, kuriuose panaudoti IGBT galios moduliai, analizuojami straipsnyje [2]. Elektrolankinio suvirinimo šaltinių sukeliama trukdžiai ir jų mažinimo problemos aptartos darbe [3]. Straipsnyje [4] analizuojamas suvirinimo srovės ir lanko įtampos matavimo keitiklis, turintis elektromagnetinių trukdžių slopinimo filtrą ir galintis suformuoti tikslesnį naudingąjį signalą.

Darbuose [5, 6] išnagrinėti specialūs suvirinimo metodai ir jungčių susidarymo fizikiniai procesai, aptarti įvairių medžiagų suvirinimo ypatumai. Lazerinio suvirinimo įrenginiai ir siūlių bandymo metodai pateikti straipsnyje [7]. Pramoninių robotų ir robotizuotų kompleksų adaptyviosios valdymo sistemos analizuojamos darbuose [8-11].

Ypač griežti metalinių medžiagų lydomojo suvirinimo kokybės reikalavimai nurodyti Lietuvos standartuose [12-15]. Čia parodyta, kad elektrolankinio suvirinimo kokybei įtakos turi suvirinimo proceso energetiniai, kinematiniai ir technologiniai veiksniai. Be to, realiomis sąlygomis suvirinimo procesus veikia įvairūs trikdžiai, kurie, automatizuojant gamybą, turi būti kontroliuojami jutikliais ir šiuolaikinėmis automatizavimo priemonėmis [16, 17].

Suvirinimo robotų programavimo ypatumai ir kompiuterinio paketo Matlab panaudojimo suvirinimo

procesams modeliuoti galimybės aptariamose straipsniuose [18, 19].

Literatūros apžvalga rodo, kad esamos elektrolankinio suvirinimo valdymo sistemos ne visada tenkina šiuolaikinius jungčių formavimo reikalavimus [12, 13], ypač tais atvejais, kai darbo aplinkoje veikiant išoriniams trikdžiams, sparčiai keičiasi paties suvirinimo lanko charakteristikos.

Šio darbo tikslas – išnagrinėti elektrolankinio suvirinimo adaptyviosios valdymo sistemos sudarymo ypatumus ir pateikti kompiuterinio modeliavimo rezultatus.

Suvirinimo kontūro funkcinė schema

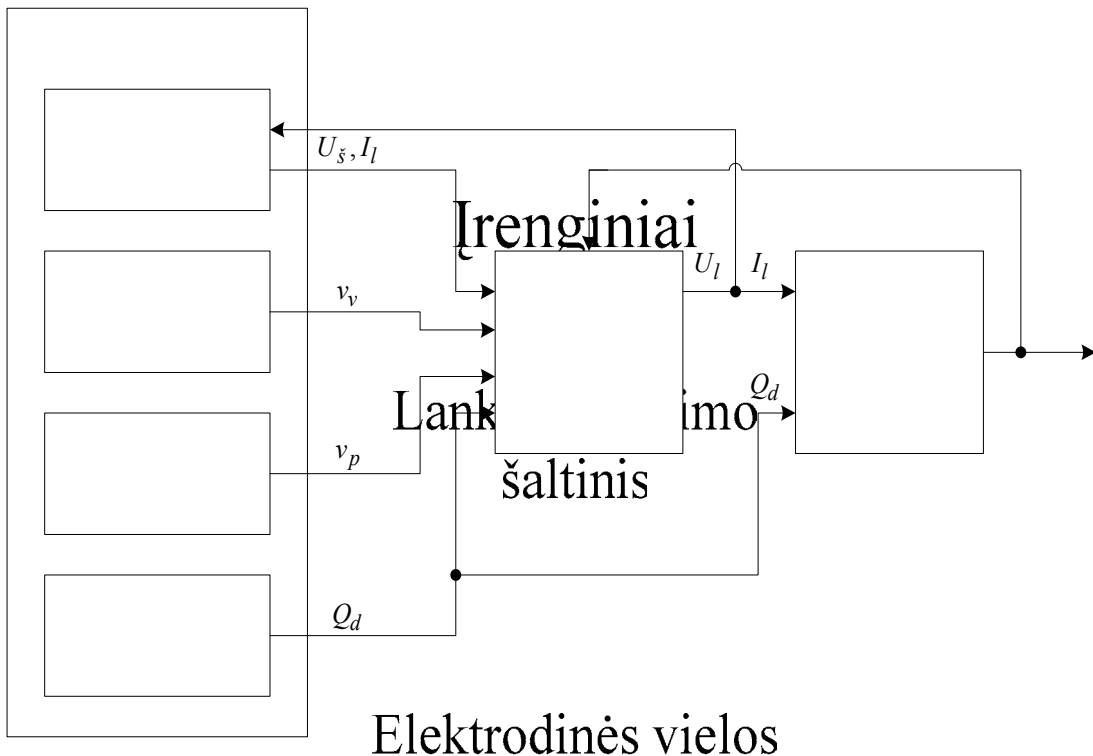
Elektrolankinio suvirinimo procesų automatizavimas – sudėtingas ir daugialypis uždavinys, grindžiamas atskirų operacijų daliniu, tačiau tarpusavyje suderintu valdymu. Suvirinimo proceso, kaip automatinio reguliavimo objekto, analizei gali būti panaudota kontūro funkcinė schema, parodyta 1 pav.

Suvirinimo siūlę, kurios kokybę lemia plotis b , metalų išlydymo gylis h , įtempiai g bei siūlės metalų cheminės struktūros rodikliai, formuoja lankinis elektrodas su dviem grįžtamaisiais ryšiais. Išorinis ryšys I , sudarytas pagal lanko įtampą U_l , valdo lanko maitinimo šaltinį. Vidinis grįžtamasis ryšys II rodo, kad elektros lankas suvirinimo metu pasižymi energetinėmis susiregulavimo savybėmis. Siūlės kokybei lemiamą įtaką daro tokie suvirinimo įrengimų parametrai kaip maitinimo šaltinio įtampa U_s , lanko srovė I_l , elektrodinės vielos tiekimo greitis v_v , vežimėlio pastūmos greitis v_p ir dujų (fluso) kiekis Q_d bei jų tiekimo į suvirinimo zoną tolygumas.

Pagrindinės lygtys ir struktūrinė schema

Maitinimo šaltinio įtampos U_s ir lanko srovės I_l svyravimai turi įtakos siūlės pločiui b ir pagrindinio metalo santykiniam kiekiui siūlės struktūroje. Nustatyta [20], kad metalų išlydymo gylis siūlėje tiesiog proporcingas lanko srovės stipriui:

$$h = k_p I_l; \quad (1)$$



1 pav. Elektrolankinio suvirinimo kontūro funkcinė schema

čia k_p – proporcingumo koeficientas, priklausantis nuo srovės tankio, suvirinimo greičio, metalų medžiagos tankio ir savybių bei apsauginių dujų sudėties; I_l – lanko srovės efektinė vertė.

Nusistovėjusį ir stabilų suvirinimo procesą lemia maitinimo šaltinio išorinės ir lanko voltampės charakteristikų susikirtimo taškas. Virinant lydzioju elektrodu, lanko ilgis ir suvirinimo procesas bus stabilūs jeigu elektrodo pastūmos ir jo išsilydymo greičiai bus vienodi ir pastovūs:

$$v_v = v_e = const .$$

Praktikoje ši sąlyga ne visada tenkinama, todėl pakinta ne tik lanko ilgis, bet ir jo energetiniai parametrai. Be to, suvirinimo lanko srovė i_l yra sudėtinga kelių kintamųjų funkcija, priklausanti nuo maitinimo šaltinio ir lanko dinaminė varža. Srovės pereinamuosius procesus apibūdina tokia suvirinimo kontūro įtampų balanso lygtis [20]:

$$L \frac{\partial i_l}{\partial t} = \left(\frac{\partial U_s}{\partial I_l} - \frac{\partial U_l}{\partial I_l} \right) i_l - \frac{\partial U_l}{\partial L_l} l_l ; \quad (3)$$

čia $\frac{\partial U_s}{\partial I_l} = R_s$ – šaltinio dinaminė varža; $\frac{\partial U_l}{\partial I_l} = R_l$ – lanko

dinaminė varža; $\frac{\partial U_l}{\partial L_l} = E$ – elektrinio lauko stiprio gradientas lanko stulpelyje; L_l ir l_l – lanko pradinis ilgis ir jo pokytis; L – suvirinimo kontūro induktyvumas.

pastūmos pavara

Kai elektrodinės vielos pastūmos greitis yra pastovus ($v_v = const$), tai elektrodo išsilydymo greitį galima išreikšti taip:

$$v_e = \frac{\partial l_l}{\partial t} . \quad (4)$$

Suvirinimo greitis v_e priklauso nuo lanko srovės ir įtampos pokyčių:

$$v_e = k_1 i_l - k_2 u_l ; \quad (5)$$

pastūmos pavara

automatinio reguliavimo koeficientai atitinkamai pagal srovę ir įtampą; u_l – lanko įtampos pokytis.

(5) išraiškoje u_l yra netiesinė dviejų kintamųjų (R_l ir l_l) funkcija, kurią galima išreikšti dalinėmis išvestinėmis:

$$u_l = \frac{\partial U_l}{\partial I_l} i_l + \frac{\partial U_l}{\partial L_l} l_l . \quad (6)$$

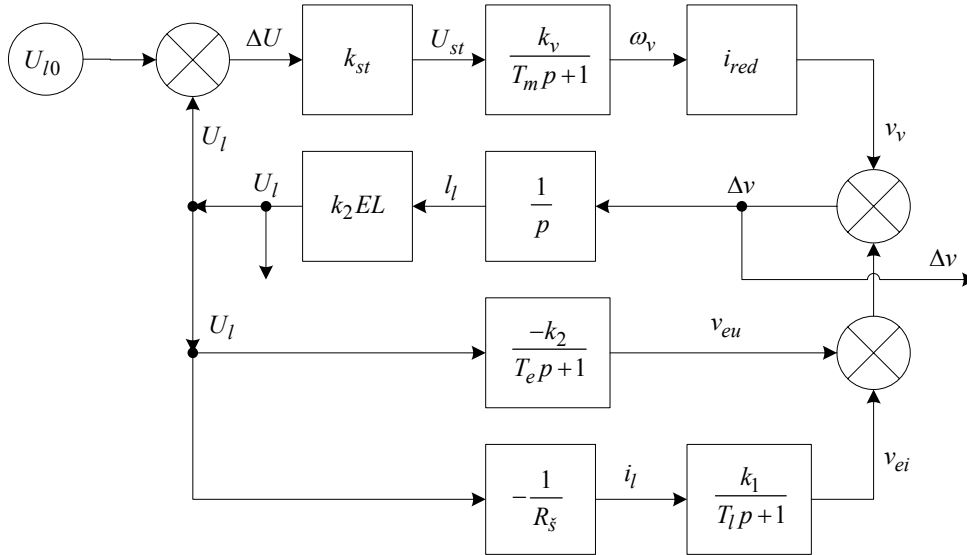
Dujų (fliuso)

tekimo įrenginys

Tada, sprendžiant (3) lygtį kartu su (4), (5) ir (6) išraiškėmis, gaunama tokia antrosios eilės diferencialinė lygtis:

$$L \frac{\partial^2 i_l}{\partial t^2} + (R_l - R_s + k_2 LE) \frac{\partial i_l}{\partial t} + E(k_1 - k_2 R_s) i_l = 0 . \quad (7)$$

Šios lygties sprendinys ir lanko srovės pereinamojo proceso pobūdis priklauso nuo charakteristinės lygties šaknų. Lankas degs stabiliai, jeigu lanko srovė bus reguliuojama taip, kad jos pereinamieji procesai būtų aperiodiniai. Tam tikslui turi būti tenkinama sąlyga:



2 pav. Elektrolankinio suvirinimo automatinės reguliavimo sistemos struktūrinė schema: T_m – vielos pastūmos pavaros variklio inercinė laiko pastovioji; T_e – elektrodo lydymosi laiko pastovioji; i_{red} – reduktoriaus perdavimo skaičius; v_{ei} ir v_{eu} – elektrodo išsilydymo greičiai, priklausantys atitinkamai nuo lanko srovės ir įtampos pokyčių

$$\frac{1}{4} \left(k_2 E + \frac{R_l - R_s}{L} \right)^2 \geq (k_1 - k_2 R_s) \frac{E}{L}. \quad (8)$$

Stabilizuojant lanko įtampą ir srovę pagal siūlės kokybės reikalavimus, dažniausiai reguliuojamas elektrodinės vielos (elektrodo) pastūmos greitis taip, kad suvirinimo metu būtų tenkinamos (2) ir (8) sąlygos. Tam tikslui suvirinimo įrenginių automatinio valdymo sistemoje panaudojamas lanko įtampos grįžtamojo ryšio signalas. Tokios sistemos struktūrinė schema parodyta 2 pav.

Laikant, kad reguliuojamasis parametras yra greitis v_v , o įėjimo dydis – faktinė lanko įtampa U_I , kuri turi būti lygi nustatytai U_{I0} , 2 pav. parodytai struktūrinei schemai galime sudaryti tokią perdavimo funkciją:

$$W(p) = \frac{k_r \left[p(T_e p + 1) + \left(k_2 + \frac{k_1}{R_s} \right) \right]}{k_r (T_e p + 1) + (T_m p + 1) \left[p(T_e p + 1) + \left(k_2 + \frac{k_1}{R_s} \right) \right]}; \quad 9)$$

čia $k_r = k_{st} k_v i_{red}$ – regulatoriaus stiprinimo koeficientas.

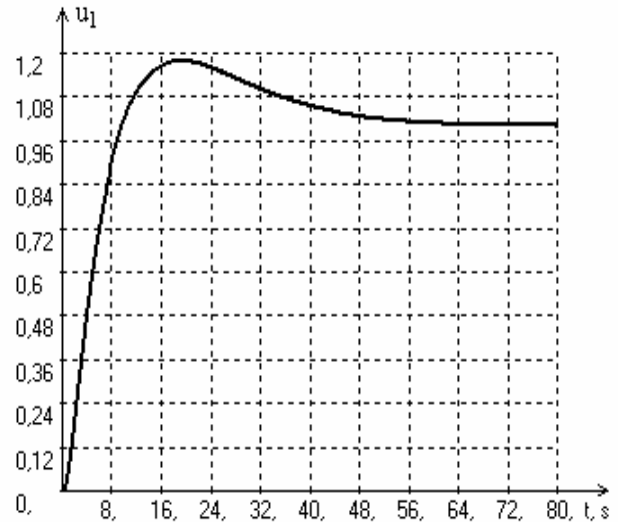
Suvirinimo kontūro automatinio reguliavimo kanale gali būti taikomi įvairūs valdymo dėsniai. Proporcinio, diferencialinio ir integralinio valdymo atveju vielos pastūmos greičio kitimo dėsnis turi būti toks:

$$v_v = \left(k_{st} + k_d p + \frac{k_I}{p} \right) \frac{k_v i_{red}}{T_m p + 1} \Delta U; \quad (10)$$

čia k_d – diferencijavimo grandies stiprinimo koeficientas;

k_I – integralinio regulatoriaus stiprinimo koeficientas.

Tokios automatinio valdymo sistemos (AVS) lanko įtampos pereinamojo proceso kreivė pateikta 3 pav.

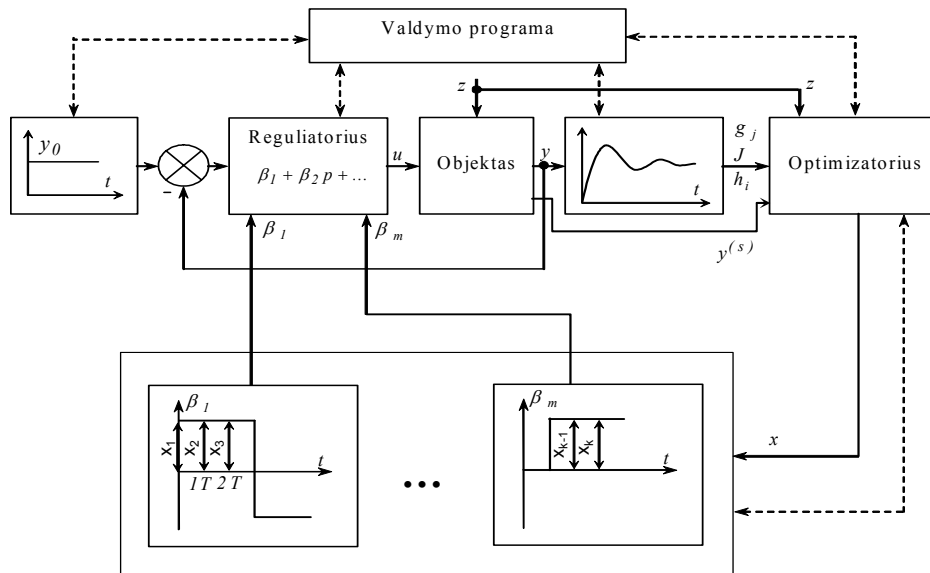


3 pav. AVS su pastovios struktūros regulatoriumi pereinamasis procesas

Kintamos struktūros reguliatorių panaudojimas

Kaip jau buvo minėta, suvirinimo kontūro valdymo kanale gali būti panaudota adaptyvioji greičio v_v reguliavimo sistema su kintamos struktūros reguliatoriais. Šiuo atveju formuluojant kintamos struktūros valdymo sistemos sintezės uždavinį išorinių trikdžių aplinkoje, reikia rasti proporcinės, diferencijavimo ir integravimo grandžių koeficientų $k_{st}(t)$, $k_d(t)$, $k_I(t)$ kitimo dėsnius. Tam tikslui sudarysime parametru β_i , nuo kurių priklauso sistemos (regulatoriaus, koregavimo grandies ir t. t.) struktūra, kitimo dėsnius [21-23].

Valdymo intervale $t_0 \leq t \leq t_f$, kai $t_0 = 0$, naudojant vektoriaus β komponentų β_i , $i = 1, \dots, m$ diskretines vertes



4 pav. Kintamos struktūros elektrolankinio suvirinimo valdymo sistemos kompiuterinio modeliavimo schema

$$\beta_i[jT], \quad j = 0, \dots, r-1, \quad (11)$$

$$\dots$$

$$\beta_m[jT], \quad j = 0, \dots, r-1$$

įtraukiamas $k = mr$ -matis vektorius

$$x = \{x_1 = \beta_1[0], x_2 = \beta_1[1T], \dots, x_{k-1} = \beta_m[(r-2)T], x_k = \beta_m[(r-1)T]\}; \quad (12)$$

čia $T = t_f / r$ – kvantavimo periodas.

Kadangi vektorius x sudaro parametų β_i kitimo dėsnį $\beta(x, t)$ intervale $t_0 \leq t \leq t_f$, kintamos struktūros sistemos sintezės uždavinį galima suformuluoti paieškinio optimizavimo uždavinio forma. Reikia rasti tokį vektorių, kuris suteiktų funkcionalui

$$J(x) = J[y, \beta(x, t)], \quad t_0 \leq t \leq t_f \quad (13)$$

minimumą, laikantis apribojimų:

$$h_i[y, \beta(x, t)] = 0, \quad i = 1, \dots, p < k, \quad (14)$$

$$g_j[y, \beta(x, t)] \geq 0, \quad j = 1, \dots, q, \quad (15)$$

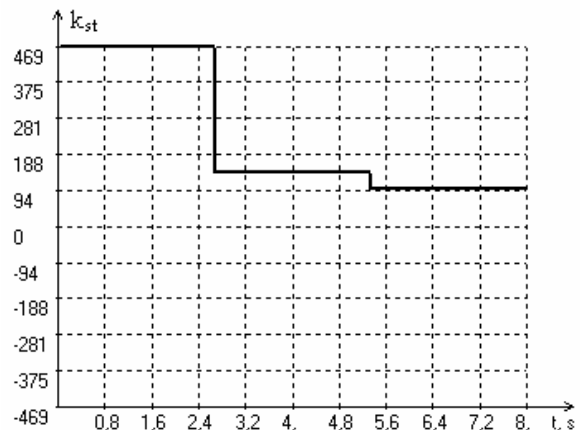
$$x \in \Omega_x; \quad (16)$$

čia J, h, g – valdymo kokybės rodikliai (reguliavimo laikas t_r , maksimalus dinaminis nuokrypis σ , valdymo paklaida Δy ir kt.).

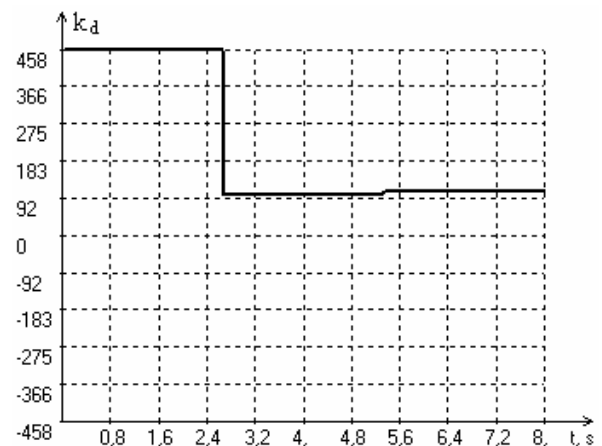
Kintamos struktūros suvirinimo sistemos sintezės uždavinys (13)–(16) sprendžiamas pagal 4 pav. parodytą schemą, taikant simpleksinės paieškos algoritmus [21] ir naudojant programų paketą *Kvazio I* [24].

Pateiksime kintamos struktūros suvirinimo valdymo sistemos kompiuterinio modeliavimo rezultatus. Į struktūrinę schemą (2 pav.) įtraukiamas kintamosios struktūros ir kintamų parametų regulatorius, kurio perdavimo funkcija $W_r(p) = \beta_1 + p\beta_2$. Pagal anksčiau pateiktą metodiką modeliuojant kompiuteryje programų paketu *Kvazio I* buvo gauti proporcinės $k_{st}(t) = \beta_1(t)$ ir diferencijavimo $k_d(t) = \beta_2(t)$ grandies stiprinimo

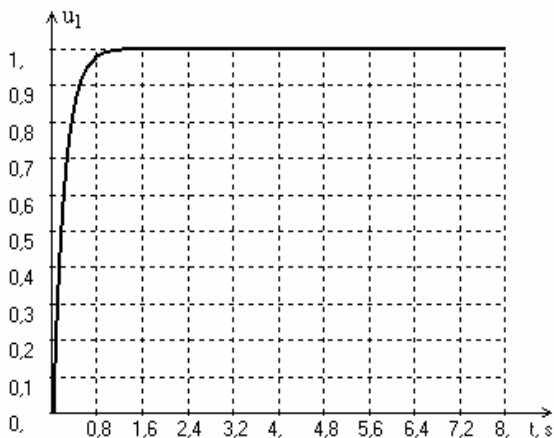
koeficientų kitimo dėsniai. Jie pateikti atitinkamai 5 ir 6 pav., o juos atitinkantis valdymo sistemos pereinamasis procesas parodytas 7 pav. Gauti rezultatai rodo, kad, veikiant trikdžiams, lanko įtampos pereinamasis procesas yra aperiodinis ir artimas optimaliam. Dėl to stabilizuojama suvirinimo srovė ir lanko degimo procesas.



5 pav. Proporcinės grandies stiprinimo koeficiento kitimo dėsnis



6 pav. Diferencijavimo grandies stiprinimo koeficiento kitimo dėsnis



7 pav. Suvirinimo valdymo sistemos su kintamais parametrais pereinamasis procesas

Išvados

1. Kintant trikdžiams ir lanko dinaminėms varžoms, įprastiniais suvirinimo procesų ir įrenginių reguliavimo metodais neįmanoma gauti optimalių lanko įtampos ir srovės pereinamųjų procesų ir gerų siūlės kokybės rodiklių.

2. Jeigu valdymo objektas turi kintamą struktūrą ar parametrus ir jį veikia kontroliuojami, bet nevaldomi trikdžiai, tai kintamosios struktūros sistemų sintezės efektyvumą galima padidinti naudojant aktyviosios ir pasyvosios simpleksinės paieškos algoritmus.

3. Kuriant naujas ir tobulinant esamas suvirinimo procesų valdymo sistemas, tikslinga taikyti adaptyviasias kintamos struktūros paieškos sistemas, reaguojančias į optimizavimo proceso būsenas. Būsenas atpažįstančios simpleksinės paieškos sistemos pasižymi ypatingu valdymo efektyvumu netgi esant pakankamai aukštam trikdžių lygiui, kuris pasitaiko suvirinimo zonoje.

Literatūra

1. **Adamonis D., Žunda A.** Suvirinimo standartai, procesų klasifikacija ir jungčių paruošimas // *Agroinžinerija ir energetika. Mokslo ir gamybos žurnalas.* – LŽŪU. – 2003. – Nr.8. – P. 3-11.
2. **Soojarv J., Dragunov V.** Switched Mode Power Supply for Welding Equipment // *Elektronika ir elektrotechnika.* – Kaunas: Technologija, 1998. – Nr. 4(17). – P. 35-37.
3. **Kazakevičius Č.** Elektrolankinio suvirinimo maitinimo šaltinių radijo trukdžiai // *Proc. of X International Conference „Overvoltages in Power Electronic and Computer Engineering.”* – Bialystok, Poland, 1999. – P. 79-83.
4. **Кривин В. В.** Измерительный преобразователь сигналов в процессе сварки плавлением // *Известия вузов. Электромеханика.* – 2003. – № 4. – С. 26-28.
5. **Valiulis A.** Specialūs suvirinimo būdai. – Vilnius: Technika, 1993. – 124 p.
6. **Valiulis A.** Welding Technology and Equipment. – Vilnius: Technika, 1994. – 408 p.

7. **Watson M. N., Oakley P. J., Dawes C. J.** Laser Welding-Techniques and Testing // *Metal Construction*, 1985. – No. 5. – P. 288-291.
8. **Маслов В. А.** Сенсорная и адаптивная системы промышленных роботов и робототехнических комплексов. – Москва: НИИМАШ, 1983. – 48 с.
9. **Pires J., Louriero A., Ferreira P., Fernando B., Morgado J.** Welding Robots // *IEEE Robotics and Automation magazine*, 2003. – Vol.10, No. 2. – P. 45-55.
10. **Sada Costa J., Pires J.** Future Welding Robot Developments // *Robotica.* – 2001. – No. 41. – P. 1-23.
11. **Pires J.** Programming industrial robotic and automation equipment // *Industrial Robot*, 2000. – Vol. 27, No. 4. – P. 279-287.
12. **LST EN 729-2:1999.** Suvirinimo kokybės reikalavimai. Lydomasis metalų suvirinimas. 2 dalis. Išsamūs kokybės reikalavimai. Lietuvos standartizacijos departamentas, Vilnius. – 12 p.
13. **LST EN 729-3:1999.** Lydomasis metalų suvirinimas. 3 dalis. Standartiniai kokybės reikalavimai. Lietuvos standartizacijos departamentas, Vilnius. – 11 p.
14. **LST EN 25817:1997.** Plieno lankinio suvirinimo sujungimai. Defektų kokybės lygmenų vadovas. Lietuvos standartizacijos departamentas, Vilnius. – 13 p.
15. **LST EN ISO 29692-2:2000.** Lankinis metalų suvirinimas glaistytaisiais elektrodais, lankinis metalų suvirinimas apsauginėse dujose, dujinis suvirinimas. Plieno sujungimo paruošimas. Lietuvos standartizacijos departamentas, Vilnius. – 14 p.
16. **Drews P., Starke G.** Development approaches for advanced adaptive control in automated arc welding // *Internal Report XII-970.* Mechatronics Dept., Univ. of Achen Germany, 1986.
17. **Hirai A., Kaneko Y., Hosoda T., Yamane S., Oshima K.** Sensing and control of weld pool by fuzzy-neural network in robotic welding system // *Proc. 27-th Annu. Conf. IEEE Industrial Electronics Society*, 2001. – Vol. 1. – P. 238-242.
18. **Bolmsjo G., Olsson M., Nikoleris G., Brink K.** Task programming of welding robots // *Proc. Int. Conf. Joining Materials, JOM-7*, 1995. – P. 573-585.
19. **Pires J.** Using Matlab to interface industrial robotic and automation equipment // *IEEE Robotics and Automation Magazine.* – 2000. – Vol. 7. – P. 32-41.
20. **Новое оборудование для механизированной сварки и наплавки.** Сб. науч. тр. / Редкол.: А. И. Чвертко (отв. ред.) и др. – Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1987. – 82 с.
21. **Dambrauskas A.** Simpleksinės paieškos metodai. – Vilnius: Technika, 1995. – 230 p.
22. **Дамбраускас А., Маткевичюс Е.** Синтез систем управления электроприводами с переменной структурой // *Тр. конф. „Проблемы автоматизированного электропривода“.* – Харьков: Основа, 1994. – С. 101-103.
23. **Dambrauskas A.** Automatinių valdymo sistemų optimizavimo uždaviniai // *Elektronika ir elektrotechnika.* – Kaunas: Technologija, 2001. – Nr. 5(34). – P. 59-66.
24. **Dambrauskas A., Šulskis D.** Kvaziopimalių ir kintamos struktūros sistemų sintezės programinė įranga. Mokomoji knyga. – Vilnius: Technika, 2002. – 64 p.

Pateikta spaudai 2004 02 20

A. Dambrauskas, B. Karaliūnas, D. Šulskis. Elektrolankinio suvirinimo procesų kompiuterinis modeliavimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas : Technologija, 2004. – Nr.4(53). – P. 80-85.

Elektrolankinio suvirinimo procesų ir įrenginių analizė rodo, kad esamos suvirinimo valdymo sistemos, veikiamos išorinių trikdžių, ne visada tenkina šiuolaikinius jungčių formavimo kokybės reikalavimus. Sudaryta suvirinimo kontūro funkcinė ir struktūrinė schemas, pateiktos pagrindinės lygtys ir uždarnosios valdymo sistemos perdavimo funkcija. Stabilizuojant lanko įtampą ir srovę pagal siūlės kokybės reikalavimus, dažniausiai reguliuojamas elektrodinės vielos pastūmos greitis. Tam tikslui suvirinimo proceso valdymo sistemoje siūloma taikyti kintamos struktūros ir parametrų reguliatorius. Tais atvejais, kai valdymo objektas turi kintamą struktūrą ar parametrus ir jį veikia kontroliuojami, bet nevaldomi trikdžiai, tai kintamos struktūros sistemų sintezės efektyvumą galima padidinti naudojant aktyviosios ir pasyviosios simpleksinės paieškos algoritmus. Kuriant naujas ir tobulinant esamas suvirinimo procesų valdymo sistemas, tikslinga taikyti adaptyviausias kintamos struktūros valdymo sistemas, reaguojančias į optimizavimo proceso būsenas. Taikant algoritminius valdymo sistemų sintezės metodus, kompiuteriniu paketu *Kvazio 1* atliktas suvirinimo proceso kompiuterinis modeliavimas, pateikti ir išanalizuoti gauti rezultatai. Il. 7, bibl. 24 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

A. Dambrauskas, B. Karaliūnas, D. Šulskis. Computer Modelling of the Arc Welding Processes // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas : Technologija, 2004. – No. 4(53). – P. 80-85.

The analysis of the welding processes and equipments shows, that existing welding control systems, which were affected by external interferences, does not always fall short of accepted modern standards of formation flanges. The arc welding contour functional and structural schemes are made, there are presented mean equations and transfer function of the closed control system. In most cases the speed of the filler wire are regulated, when arc current and voltage are stabilising according to the quality requirements of the seam. For these purposes in the welding processes control system offer to take aim the regulators with changeable structure and parameters. In this cases, when control object have changeable structure and parameters and it is affected by controlling, but non-controllable interferences, the effectiveness of the control system synthesis can be increased using algorithms of the active-passive simplex search. Make up new and perfect a existing model of the welding systems it is expedient to apply adaptive control systems with changeable structure, which reacting to optimization conditions. By using algorithmic synthesis methods of control systems with package *Kvazio 1* was made computer modelling of the arc welding process and obtained results are analysed and presented. Ill. 7, bibl. 24 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

А. Дамбраускас, Б. Каралиюнас, Д. Шулскис. Компьютерное моделирование процессов электродуговой сварки // Электроника и электротехника. – Каунас : Технология, 2004. – № 4(53). – С. 80-85.

Анализ процессов и устройств электродуговой сварки показывает, что существующие системы управления этими процессами в условиях внешних возмущений не всегда удовлетворяют современные требования по образованию качественных сварных соединений. Представлены функциональная и структурная схемы контура сварки, получены основные уравнения и передаточная функция замкнутой системы управления. Для стабилизации сварочного тока, напряжения и процесса горения дуги чаще всего регулируют скорость подачи электродной проволоки в зону сварки. Для этого в системе управления сварочным процессом предлагается использовать регуляторы с переменной структурой и с изменяемыми в процессе оптимизации параметрами. В тех случаях, когда объект управления характеризуется переменной структурой или переменными параметрами и на него действуют контролируемые, но не управляемые возмущения, то эффективность синтеза таких систем возможно повысить применением алгоритмов активного-пассивного симплексного поиска. При создании новых и при модернизации существующих систем управления процессами электродуговой сварки могут быть использованы также адаптивные системы переменной структуры, реагирующие на промежуточные состояния процесса оптимизации. Используя алгоритмы симплексного поиска с помощью программного пакета *Kvazio 1*, выполнено компьютерное моделирование процессов электродуговой сварки, представлены и проанализированы полученные результаты. Ил. 7, библи. 24 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.10910