



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

AUTOMATIKOS KATEDRA

Gytis Bukauskas

SUVIRINIMO ĮTAMPOS AUTOMATINIS REGULIAVIMAS

AUTOMATIC REGULATION OF WELDING VOLTAGE

Baigiamasis magistro darbas

Automatikos studijų programa

Automatinių sistemų specializacija

Elektros ir elektronikos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas doc. dr. B. Karaliūnas

Vilnius, 2004

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Elektronikos fakultetas
Automatikos katedra

ISBN	ISBN
Egz. sk.	3
Data	2004-06-10

Elektronikos studijų magistratūros baigiamasis darbas
Suvirinimo įtampos automatinis reguliavimas

Gytis Bukauskas

Kalba



lietuvių



užsienio

Anotacija

Suvirinimas elektros lanku yra labai paplitęs visose pramonės šakose. Daugeliu atveju iškyla problemų skaičiuojant ir projektuojant įrenginius, kurie virina elektros lanku. Siekiant pašalinti šiuos sunkumus vis labiau nagrinėjami suvirinimo elektros lanku pereinamieji procesai. Virinant šiuo būdu įvykus trumpajam jungimui vyksta pereinamieji procesai, kurių metu gaunamas gamybinis brokas. Todėl norint pagerinti suvirinimo siūlės kokybę, siekiama, kad kuo greičiau atsistatytų visos sistemos darbinės charakteristikos. Didžiausią reikšmę suvirinant turi elektros lanko įtampa.

Šiame darbe nagrinėjami suvirinimo lanko maitinimo šaltiniai, įtampos reguliavimo būdai ir suvirinimo lygintuvai. Tiriamojoje dalyje sudaryta funkcinė schema ir automatinio reguliavimo sistemos struktūrinė schema. Naudojantis programinės įrangos Matlab paketu apskaičiuoti pereinamieji procesai.

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Elektronikos fakultetas
Automatikos katedra

ISBN	ISBN
Egz. sk.	3
Data	2004-06-10

Elektronikos studijų magistratūros baigiamasis darbas
Suvirinimo įtampos automatinis reguliavimas

Gytis Bukauskas

Kalba	
☐	lietuvių
☒	užsienio

Anotation

Electric arc welding is very popular in all branch of industry. There is a lot of problem to calculate and design equipments with boiling electric arc. On purpose eliminate this problems look into transition process for electric arc welder. Bolding in this way processing short conection we have transition process and get manufacturing spoilage. On purpose to have better welding seam we have to have more faster running system characteristic. The most biggest importance of bolding have voltage of welding seam.

In this project we will research welding seam feeding sourse, voltage controlling way and bolding leveler. In the inquiring part we will build functional scheme and system flowchart of automatic control. Using Matlab program we will produse transitive process.

Turiny

1. ĮVADAS.....	6
2. ANALITINĖ DALIS	
2.1. Suvirinimo lanko maitinimo šaltiniai.....	9
2.2. Suvirinimo įtampos reguliavimo būdai ir jų analizė.....	12
2.3. Suvirinimo lygintuvai ir jų valdymas.....	16
3. TIRIAMOJI DALIS	
3.1. Funkcinės schemos sudarymas ir analizė.....	28
3.2. Automatinio reguliavimo sistemos struktūrinė schema.....	32
4. IŠVADOS.....	47
5. LITERATŪRA.....	48

1. ĮVADAS

Suvirinimas - tai technologinis procesas neišardomai jungčiai gauti. Šiuo metu jis plačiai paplitęs visame pasaulyje, nes suvirintos konstrukcijos yra patvarios, medžiagas galima suderinti pagal jų paskirtį, detales šioms konstrukcijoms galima gaminti pažangiausiais būdais. Suvirintos konstrukcijos yra lengvesnės už lietas, kaltas ar kniedytas [1].

Visi suvirinimo būdai – lankinis ir plazminis, sprogdinamasis ir difuzinis, elektronų spinduliais ir lazerinis, - medžiagų pjovimas, aplydymas, paviršiaus legiravimas ir sujungimų kokybės kontrolės metodai sukurti, pritaikius naujausius mokslus, technikos ir technologijos pasiekimus. Suvirinime daugybė sudėtingų problemų susipina į sudėtingą mazgą, ir gauti optimalius rezultatus, remiantis vien intuicija, patirtimi arba net ir dideliu žinių bagažu, pavyksta ne visuomet. Skirtingos jungiamų medžiagų fizikinės ir cheminės savybės, aukšta suvirinimo temperatūra ir greitaeigiai procesai, griežti reikalavimai sujungimų kokybei – tai tik maža dalis problemų, kurias teoriškai sprendžia inžinerijos ir technikos darbuotojai, o praktiškai darbininkai suvirintojai. Tobulinti suvirinimo darbų ekstensyvaus vystymo keliu jau nebegalima; reikia naujų kokybinių poslinkių operacijų atlikimo, valdymo ir organizavimo srityje. Kokią išeitį suvirinimo specialistams gali pasiūlyti mokslas? Automatizuoti, elektronizuoti, robotizuoti visus suvirinimo etapus.

Ypač gerų rezultatų gaunama, kuo plačiau suvirinimo valdymui pritaikius mikroprocesorinę techniką. Tai perspektyviausia operacijų automatizavimo kryptis. Tačiau, lyginant su kitomis automatizavimo priemonėmis, mikroprocesoriai suvirinime plinta per lėtai.

Beje, suvirinimo technologija – viena pažangiausių kuriant ir taikant naujus darbo būdus, panaudojant gamybai naujus fizinius reiškinius – ilgą laiką gana atsilikusi mechanizavimo atžvilgiu. Suvirinimo procesams valdyti ilgai neturėta pakankamai pinigų, patikimų, mažų ESM.

Pradėjus sparčiai kurti suvirinimo robotus arba robotizuotus kompleksus, kuriuos valdo mini ESM ar mikrokompiuteriai, problema tarytum išspręsta. Robotas valdo suvirinimo degiklį ar kontaktinio suvirinimo žnyplę, daug kartų atlieka užprogramuotus judesius, o operatorius tik stebi ir kontroliuoja tam tikrą mazgų veikimą. Vis dėlto tai – tik pirmoji ESM panaudojimo suvirinimui pakopa. ESM taps iš principo nauju suvirinimo automatizavimo įrankiu tik tada, kai ji projektuos ir braižys suvirinamą konstrukciją, modeliuos suvirinimą, ekonomiškai įvertins procesą, tiesiogiai valdys patį suvirinimą, programuos gamybinį procesą, patikrins suvirintų sujungimų kokybę. Tokiai daug apimančiai sistemai vien ESM nepakanka: reikia periferinių vykdymo įtaisų, įvairių rūšių daviklių ir kt. Šių techninių priemonių visuma privalo sudaryti

lanksčią automatizuotą suvirintų gaminių gamybą, tinkančių ne tik masinei, bet (o gal net labiau) ir serijinei ar smulkių serijų produkcijai.

Tobulesnis suvirinimo automatizavimo pažangos etapas – mašinos su dirbtiniu intelektu, kurios ne tik kontroliuos suvirinimo operacijas, bet ir reaguos į visas išorines sąlygas, vertins jas ir atitinkamai keis gamybos procesą. Tačiau šiuo metu, pritaikant elektroninę skaičiavimo techniką, dėmesį turime sutelkti į kuo platesnį mikroprocesorių ir mikrokompiuterių panaudojimą įvairioms suvirinimo funkcijoms valdyti.

Lazeriniam, plazminiam, lankiniam ir analogiškiems suvirinimo procesams valdyti vartojamos atviro ciklo ir uždaros (su grįžtamuju ryšiu) valdymo schemos. Atviro valdymo ciklo sistemose procesorius tik duoda komandas įjungti ar išjungti srovę, apsaugines dujas, vielos tiekimą ir pan. Tačiau jis neseka, kaip atitinkami režimo parametrai veikia suvirinimo eigą ar suvirinimo kokybę. Uždarose valdymo sistemose procesorius iš įvairių daviklių gauna grįžtamąją informaciją apie darbo eigą, lygina ją su kontroliniais dydžiais ir, esant nukrypimams, siunčia koreguojančius signalus suvirinimo valdymo įtaisams.

Kai valdymo sistemos bazė yra mikroprocesorius, jis pats valdo informacijos srautą sistemoje ir nustato matematinių operacijų atlikimo pagal tam tikrą programą tvarką, atlieka matematines bei logines operacijas ir generuoja tam tikrus signalus. Suvirinant elektros laukų, mikroprocesorinė valdymo sistema kontroliuoja suvirinimo srovę, lanko ilgį, operacijų atlikimo seką, valdo suvirinimo degiklio judesį erdvėje, orientuoja suvirinamą gaminį degiklio atžvilgiu ir atlieka dar daugelį kitų operacijų. Mikroprocesoriai turi dviejų rūšių atmintį: ilgalaikę (pastovią) ir trumpalaikę (kintančią). Kadangi suvirinimo programos yra specializuotos, jos įrašomos į ilgalaikę atmintį. Jeigu, atliekant suvirinimo darbus, keičiasi operacijų laikas, tipas ar kiti iš anksto neužprogramuoti parametrai bei sąlygos, papildoma informacija įrašoma į trumpalaikę atmintį.

Suvirinimo specialistas ar operatorius patį mikroprocesorių valdo iš valdymo pulto. Būtent juo įrašomos arba ištrinamos programos ir duomenys. Kitais įtaisais – displėjumi ir spausdintuvu – sekama suvirinimo eiga ir parametrai, registruojami duomenys ir pan. Įvedimo priemonėmis taip pat gali būti ir suvirinimo aparatų elektros varikliai ar reguliavimo įtaisai. Šių įtaisų teikiama informaciją mikroprocesorius supranta tik paverstą skaitmenimis, o mikroprocesoriaus perduodamas skaitmenimis komandas šie įtaisai vykdys tik transformavus ir srovės impulsus. Vertėjo funkcijas atlieka svarbi įrengimų grupė – ryšio priemonės. Jos paverčia technologinio parametro daviklio signalus kompiuteriu suprantama analogine ar skaitmenine forma, o mikroprocesoriaus komandas verčia tam tikro dydžio ar trukmės elektros srovės, įtampos

parametrais, tiesiogiai fiziškai veikiančiais valdomą įrenginį. Tokios schemos atskiri elementai dabar dažniausiai ir realizuojami. Sėkmingai eksploatuojami ESM valdomi suvirinimo robotai, manipulatoriai, suvirinimo lanko maitinimo šaltiniai. Tai savotiški moduliai, turintys savą mini kompiuterį. Iš jų galima kurti ir didesnes sistemas, nors dauguma specialistų mano, kad ateitis priklauso universalioms, vienos ESM valdomoms sistemoms. Jas bus galima įjungti net į gamybinius kompleksus.

Tačiau suvirinimo automatizavimo procesas yra ilgas; tebėra dar daug neišspręstų problemų. Antai trūksta arba visai negaminama reikiamų ryšio priemonių, ESM valdomų lanko maitinimo šaltinių, siūlės kokybės prietaisų kontrolės. Pastaruoju metu sukurti, o kai kurio(se šalyse jau gana plačiai gaminami tiristoriniai lanko maitinimo šaltiniai. Jiems valdyti sukurtos specializuotos sistemos, kuriose naudojami mikroprocesoriai. Jie reguliuoja suvirinimo srovę, visame šaltinio galios diapazone sukuria reikiamos formos, trukmės, poliariškumo suvirinimo srovės impulsus.

ESM valdomi srovės šaltiniai ypač efektyvūs suvirinant apskritines vamzdžių ir kitos kintamos erdvės padėties siūles, aliuminio, titano, magnio ir panašių spalvotų metalų lydinius. Mikroprocesorinių valdymo sistemų tipų suvirintiems sujungimams reikalingi suvirinimo režimai (esant skirtingam suvirinimo vielos skersmeniui ar apsauginių dujų kiekiui), mikroprocesoriai automatiškai juos koreguoja keičiantis suvirinimo sąlygoms, signalizuoja operatoriui, ar tinka parinktas režimas, nuolat kontroliuoja vielos padavimo greitį, o kuriam nors elementui darbo metu sugedus, aparatą automatiškai išjungia. Suvirinimo režimo parametrai gali būti parodomi displėjaus ekrane prieš suvirinimą, dar neuždegus lanko. Jau dabar kai kuriose šalyse gaminami šaltiniai su 16 skilčių procesoriais, kurie savo atmintyje gali turėti iki 50 skirtingų suvirinimo procedūrų (ar skirtingų sujungimo tipų) ir kontroliuoti iki 9 kintamų suvirinimo režimo parametrų. Deja, kol kas tokių šaltinių mūsų šalyje dar trūksta. Taip pat dar trūksta ir labai patikimų, suvirinimui tinkamų mikrokompiuterių.

Suvirinimo automatizavimas kelia ne tik techninių, bet ir socialinių bei psichologinių problemų. Įsigyti techninių priemonių greitu laiku nebus sunku, tačiau išugdyti naują suvirinimo požiūrį į automatizuotas darbo priemones reikės ilgesnio laiko. Šis persiorientavimas gali ypač paveikti vyresniosios kartos suvirinimo specialistus, nes naujo tipo technikai reikės visai kitų, neįprastų, sunkiai įsisavinamų žinių (programavimo, mašininės logikos, suvirinimo procesų modeliavimo, elektronikos, sudėtingų sistemų jungimo ir valdymo bei kitų sričių). Automatizavus suvirinimą, darbuotojų vargu ar sumažės, tačiau labai sumažės sunkaus fizinio, nekūrybinio darbo ir padaugės intelektualios veiklos, padidės darbo našumas, pakils gamybos lygis ir kultūra.

2. ANALITINĖ DALIS

2.1. Suvirinimo lanko maitinimo šaltiniai

Elektros energija, maitinanti suvirinimo lanką, tiekama iš maitinimo šaltinio. Šaltinio konstrukcija ir parametrai priklauso nuo jo technologinės paskirties. Šaltinis gali būti priskiriamas vienam iš šių suvirinimo būdų: rankiniam suvirinimui padengtu elektrodu, mechanizuotam (pusiau automatiniam) suvirinimui slankiuoju elektrodu apsauginėse dujose arba mechanizuotam (automatiniam) suvirinimui apsauginėse dujose ir esant fliusui. Jeigu vienoje darbo vietoje atsiranda būtinybė virinti skirtingais suvirinimo būdais, taikomi daug sudėtingesni universalūs maitinimo šaltiniai.

Išvardyti maitinimo šaltiniai sujungiami į bendros pramoninės paskirties grupę. Savo konstrukcija žymiai nuo jų skiriasi vadinamieji specializuoti maitinimo šaltiniai, skirti virinimui nelydžiu elektrodu apsauginėse dujose, plazminiam suvirinimui ir pjovimui.

Maitinimo šaltinius galima klasifikuoti pagal tiekiamos srovės rūšį ir veikimo principą [6]. Kintamosios srovės maitinimo šaltinių grupėje naudojami suvirinimo transformatoriai ir specializuoti jų pagrindu pagaminti įrenginiai. Nuolatinės srovės šaltinių grupėje - suvirinimo lygintuvai, keitikliai agregatai ir specializuoti šaltiniai, gaminami lygintuvų pagrindu.

Suvirinimo transformatoriai kintamą tinklo įtampą keičia į pažemintą, reikalingą suvirinimui. Tai daug paprastesni ir pigesni šaltiniai, plačiai naudojami rankiniam suvirinimui padengtu elektrodu ir automatiniam suvirinimui esant fliusui. Specializuoti įrenginiai transformatorių pagrindu naudojami aliuminio lydinių suvirinimui neslankiuoju elektrodu apsauginėse dujose.

Paprastai puslaidininkiniai lygintuvai klasifikuojami pagal tokius pagrindinius požymius:

- 1) pagal maitinimo fazių skaičių (vienfaziai ir trifaziai);
- 2) pagal lyginimo schemą;
- 3) pagal puslaidininkinių ventilių tipą;
- 4) pagal ventilių valdymą (valdomi, nevaldomi);
- 5) pagal srovės ir įtampos reguliavimo būdą nevaldomuose lygintuvuose.

Suvirinimo keitiklį sudaro kintamosios srovės variklio ir nuolatinės srovės suvirinimo generatoriaus kombinacija. Šiuo atveju kintama tinklo elektros energija keičiama į mechaninę elektros variklio energiją sukanč generatoriaus veleną ir keičiant į nuolatinę suvirinimo elektros srovę. Todėl keitiklių naudingumo koeficientas yra nedidelis, dėl besisukančių dalių jie ne tokie

patikimi ir patogus eksploatuoti, lyginant su lygintuvais. Dabartiniu metu šie keitikliai išleidžiami tik rankiniam ir pusiau automatiniam suvirinimui.

Specializuoti nuolatinės srovės maitinimo šaltiniai, tokie kaip lygintuvai, yra papildyti įvairiais pagalbinais įrenginiais, praplečiančiais jų technologines galimybes. Todėl nuolatinės srovės maitinimo šaltinis suvirinimui nelydžiu elektrodu apsauginėse dujose turi lanko sužadinimo įrenginį ir kraterio užvirinimo įrenginį. Be bendrosios paskirties lygintuvų pramonėje paplitę ir kompleksiniai specializuoti nuolatinės srovės įrenginiai, naudojami argoniniam, lankiniam ir plazminiam, impulsiniam - lankiniam ir kitokiam suvirinimui.

Suvirinimo lanko maitinimo šaltinius pagal jų pastatymo vietą galima skirstyti į kilnojamuosius ir stacionariusius.

Dabartiniu metu išleidžiami tiek vienašoniniai, maitinantys vieną suvirinimo postą, tiek daugiapostiniai maitinimo šaltiniai, vienu metu maitinantys keletą suvirinimo postų. Paprastai atskiras maitinimo šaltinis naudojamas vienam srovės lankui maitinti. Cechuose, kur yra daug suvirinimo postų, tikslingiau ir ekonomiškiau naudoti daugiapostinius maitinimo šaltinius.

Vienašoniniai suvirinimo lanko maitinimo šaltiniai būna :

1. Su staigiai krintančiomis išorinėmis charakteristikomis. Jie skirti rankiniam lankiniam suvirinimui dengtais elektrodais ir mechanizuotam suvirinimui esant flusui.
2. Su nuolaidžiomis išorinėmis charakteristikomis mechanizuotam suvirinimui lydžiuoju elektrodu apsauginėse dujose ir be lanko apsaugos.
3. Su universaliomis, staigiai krintančiomis ir kietomis išorinėmis charakteristikomis visiems suvirinimo būdams.

Daugiapostiniai suvirinimo maitinimo šaltiniai būna:

1. Su krintančiomis išorinėmis charakteristikomis suvirinimo postams rankiniam lankiniam suvirinimui lydžiu elektrodu;
2. Su nuolaidžiomis išorinėmis charakteristikomis suvirinimo postams mechanizuotam suvirinimui lydžiuoju elektrodu ir angliarūgštės dujose;
3. Su universaliomis, staigiai krintančiomis ir nuolaidžiomis išorinėmis charakteristikomis.

Išleidžiami lygintuvai turi skirtingas srovės ir įtampos reguliavimo sistemas. Didžiausią paplitimą turi mechaninis reguliavimas, reguliavimas droselių įsotinimu, tiristorinis, laipsniškas jėgos transformatoriaus.

Visi suvirinimo lanko ir elektrošlakinės vonelės maitinimo šaltiniai privalo:

- 1) turėti tuščios veikos įtampą, kurios pakaktų lankui sužadinti. Pagal rusišką standartą (GOCT) transformatorių tuščiosios eigos įtampa neturi viršyti 80V, o generatorių – 90V;

- 2) vartoti iš tinklo santykinai mažas sroves ir kurti antrinėje grandinėje sroves atitinkamam suvirinimo būdui ir pasirinkto elektrodo storiui;
- 3) turėti reguliavimo įrenginius (reostatą, užtūras, perkeliamus magnetinius šuntus;
- 4) turėti gerą dinaminę charakteristiką, t.y. po trumpojo jungimo atkurti darbinę įtampą per $0.02 - 0.04$ s;
- 5) turėti išorines voltamperines charakteristikas, atitinkančias suvirinimo būdą ir suvirinimo aparato tipą.

2.2. Suvirinimo įtampos reguliavimo būdai ir jų analizė

Suvirinant rankiniu būdu, lankas paprastai dega su pertraukomis. Suvirinimo grandinė retkarčiais trumpai sujungiama, pakinta lanko ilgis ir varža, taigi pakinta ir suvirinimo srovė. Trumpai sujungus elektrodą su gaminiu, kai lankas uždegamas arba išsilydžiusio elektrodo metalas susijungia su gaminio metalu (vyksta suvirinimo procesas), lanko įtampa krinta iki nulio. Po to lankas vėl užsidega, pailgėja, vėl ima trumpėti ir t. t. Kad lankas visada būtų stabilus arba tamprus, ir suvirinimo režimas staigiai nekistų, suvirinimo šaltiniams (kai suvirinama rankiniu būdu) keliami tokie reikalavimai:

1. Tuščiosios veikos įtampa (šaltinio gnybtų įtampa, kai nėra jokios apkrovos) turi būti 2—3 kartus didesnė už lanko įtampą, bet ne didesnė už valstybinių standartų nustatytą, t. y. kintamosios srovės šaltiniams ne didesnė kaip 80 V, nuolatinės srovės šaltiniams ne didesnė kaip 110 V.

2. Trumpojo jungimo srovė $I_{t.j.}$ (šaltinio srovė, kuri teka, trumpai sujungus jo gnybtus) turi būti ribota. Normalaus suvirinimo;

$$I_{t.j.} = 1,25 - 1,75 I_{su}; \quad (2.1)$$

čia I_{su} - suvirinimo srovė (lanko srovė). Kartais šis santykis būna 2/1. Kai $I_{t.j.}$ per stipri, pradega gaminy, prilimpa elektrodas prie gaminio.

3. Kintant lanko įtampai, suvirinimo srovė neturi bent kiek daugiau svyruoti, nes sutriks normalus suvirinimo režimas. Kad to neatsitiktų, naudojamas šaltinis, kurio išorinė (voltamperinė) charakteristika yra krintanti.

4. Maitinimo šaltinyje turi būti įtaisas suvirinimo srovei reguliuoti nuo 30 iki 130% vardinės suvirinimo srovės. Tada galima suvirinimui naudoti įvairaus skersmens elektrodus.

5. Šaltinio galia turi būti pakankama reikiamo stiprumo srovei tiekti. Pusiau automatinio ir automatinio suvirinimo šaltiniams keliami kitokie reikalavimai. Suvirinimo režimas šiuo atveju paprastai palaikomas automatiniais įtaisais - reguliatoriais. Plačiausiai naudojamos savireguliuojančios ir lanko įtampos priverstinio reguliavimo sistemos. Suvirinimo procesui turi įtakos dinaminės maitinimo šaltinio savybės. Jos priklauso nuo šaltinio grandinių elektromagnetinės inercijos. Suvirinimo transformatoriai ir lygintuvai praktiškai laikomi beinerciais, nuolatinės srovės suvirinimo generatoriai turi didelę elektromagnetinę inerciją, todėl

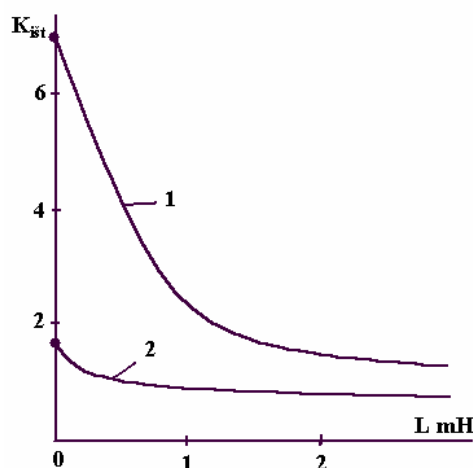
jų įtampa ir srovė negali staigiai pakisti, pereinant iš vieno režimo į kitą. Lankinio suvirinimo šaltinių svarbiausios dinaminės charakteristikos yra šios:

1. Įtampos didėjimo greitis lankiniame tarpelyje, kai pereinama nuo trumpojo jungimo prie lanko uždegimo arba į tuščiąją eigą;

2. Trumpojo jungimo srovės stiprėjimo greitis, lašui trumpai sujungus elektrodą ir stiprėjimo greitis di/dt ypač svarbus, kai suvirinama rankiniu būdu arba anglies dioksido vykstant trumpiesiems jungimams. Jo optimali reikšmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$\frac{di}{dt} = \frac{U_{te} - iR}{L}; \quad (2.2)$$

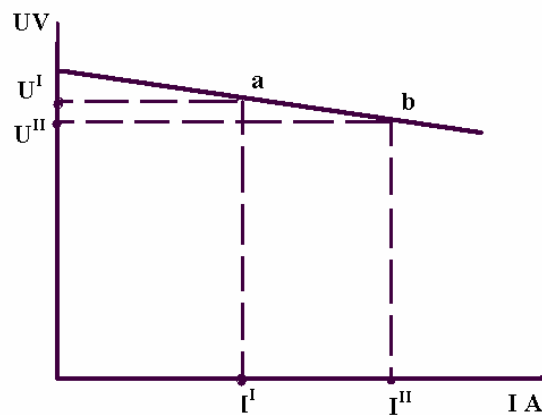
čia R - suvirinimo grandinės aktyvioji varža; L - induktyvumas; U_{te} - šaltinio tuščiosios eigos įtampa. Pavyzdžiui, 0,8—1,2 mm skersmens vielai $\frac{di}{dt} = 80-180 \text{ kA/s}$, kai suvirinama anglies dioksido $\frac{di}{dt} = 10-20 \text{ kA/s}$, kai suvirinama rankiniu būdu. Srovės stiprėjimo greitį galima reguliuoti nuolatinės srovės suvirinimo grandinėje įjungtu induktyvumu. Nuo dinaminių šaltinio savybių priklauso ir trumpojo jungimo srovės maksimumas. Jis neturi viršyti srovės nusistovėjusios reikšmės daugiau kaip 3 kartus. 2.1 paveiksle matomos kreivės, vaizduojančios induktyvumo įtaką metalo ištaškymo koeficientui $K_{išt}$ (%).



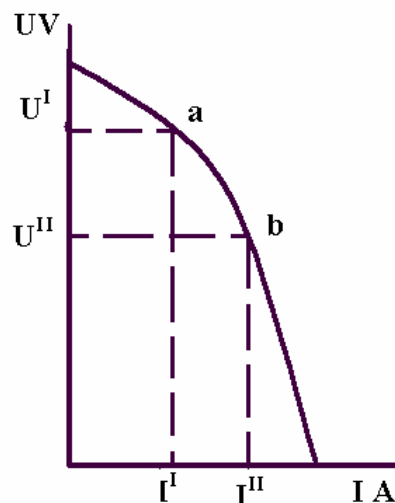
2.1. pav. Papildomo induktyvumo L įtaka metalo ištaškymo koeficientui $K_{išt}$: kreivė 1-3 mm skersmens elektrodas, 2-5mm skersmens elektrodas

Maitinimo šaltiniai su krintančiomis išorinėmis charakteristikomis naudojami ne tik rankiniam, bet ir automatiniam suvirinimui, automatiškai reguliuojant lanko įtampą, taip pat suvirinimui nelydžiuoju elektrodu ir kitokiais atvejais.

Maitinimo šaltiniai su nuožulniai krintančiomis ir kietomis išorinėmis charakteristikomis dažniausiai naudojami pusiau automatiniam ir automatiniam suvirinimui, kai elektrodinė viela tiekama pastoviu greičiu. Čia, lanko įtampai pakitus nedaug, labai stipriai pakinta suvirinimo srovė. Tarkime, kad dirbame taške a , lanko įtampa lygi U' , srovė - I' (2.2 pav.). Dėl tam tikrų priežasčių lanko įtampa nukrito iki U'' , todėl perėjome dirbti į tašką b . Kaip matyti 2.3 paveiksle, suvirinimo srovė labai smarkiai pakito iki dydžio I'' .



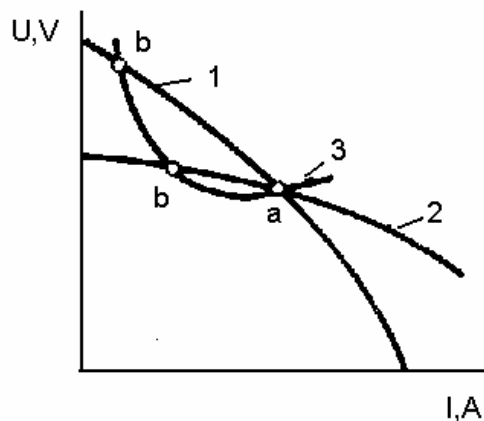
2.2 pav. Lanko įtampos ir srovės kitimas, esant kietai arba nuožulniai krintančiai išorinei charakteristikai



2.3 pav. Lanko įtampos ir srovės kitimas, esant krintančiai išorinei charakteristikai

Maitinimo šaltiniai su nuožulniai krintančiomis ir kietomis išorinėmis charakteristikomis naudojami tada, kai reikalingas vadinamasis reguliavimosi procesas. Jeigu, suvirinamai pusiau automatiniu ar automatiniu būdu, vielą tiekiamo pastoviu greičiu, lankas sutrumpėja, t. y. jo įtampa nukrinta, suvirinimo srovė labai sustiprėja, ir vielos lydymosi sparta padidėja. Kadangi ji tiekama pastoviu greičiu, todėl lanko ilgis ir įtampa atsistato. Kai lankas ilgėja, jo įtampa didėja, suvirinimo srovė smarkiai silpnėja. Sumažėja vielos lydymosi greitis, ir lanko įtampa bei ilgis atsistato.

Panagrinėsime sąlygas, kuriomis suvirinimo lankas dega stabiliai. Pavyzdžiui, turime krintančią 1 ir nuožulniai krintančią 2 išorines šaltinio charakteristiką ir suvirinimo lanko statinę voltamperinę charakteristiką 3 (lanko įtampos priklausomybė nuo lanko srovės) (2.4 pav.).



2.4 pav. Maitinimo šaltinio išorinės charakteristikos (kreivės 1 ir 2) ir lanko voltamperinė charakteristika (kreivė 3)

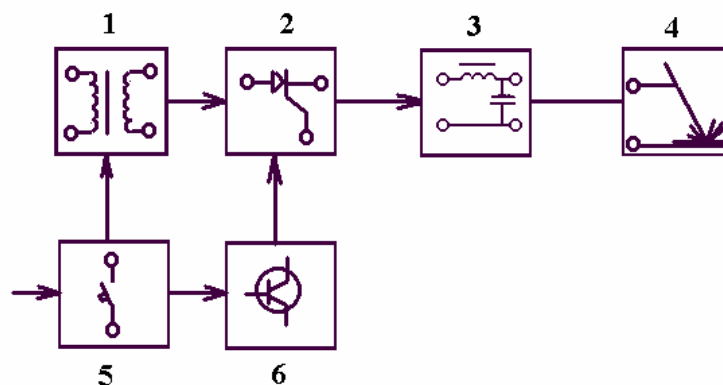
Lanko įtampa turi būti artima gnybtų įtampai. Šias sąlygas atitinka charakteristikų susikirtimo taškai a ir b. Taškas a atitinka stabiliai degantį lanką. Dėl kurių nors priežasčių srovei susilpnėjus, lanko įtampa pasidaro žemesnė už nusistovėjusią šaltinio įtampą. Dėl to sustiprėja suvirinimo srovė, t. y. grįžtame į pusiausvyros tašką a. Ir atvirkščiai, sustiprėjus srovei, nusistovėjusi šaltinio įtampa pasidaro žemesnė už lanko įtampą, todėl srovė susilpnėja, ir vėl atsistato stabilus lanko degimo režimas. Kreivių susikirtimo taškai b atitinka nestabiliai degantį lanką, nes, pasikeitus srovei, arba nutrūksta lankas, arba grįžtama į tašką a, atitinkantį stabiliai degantį lanką.

2.3. Suvirinimo lygintuvai ir jų valdymas

Nuolatinė srovė turi kai kurių pranašumų, konkrečiai žymiai aukštesnį lanko stabilumą, palyginti su kintamosios srovės lanku [7]. Tais atvejais, kada lanko ilgio pastovumas daro didelę įtaką suvirinimo kokybei arba galimybei virinti (virinimui mažomis srovėmis, virinti su fluoru ir kalciumu padengtais elektrodais, suvirinimui angliarūgštės dujose, sulydymui, esant flusui), rekomenduojama naudoti nuolatinės srovės maitinimo šaltinius.

Iš jų tobuliausi yra suvirinimo lygintuvai, kurie turi žymiai aukštesnį naudingumo koeficientą, mažesnę masę, juos patogiau paruošti ir eksploatuoti, pasižymi geresnėmis technologinėmis savybėmis. Jie naudojami suvirinant rankiniu, pusiau automatiniu ir automatiniu būdu ir yra ypač universalūs maitinimo šaltiniai. Suvirinimo lygintuve kintamoji tinklo įtampa pirmiausiai keičiama į pažemintą, o paskui išlyginama ir tiekama į lanką.

Lygintuvas skirtas kintamosios elektros srovės keitimui nuolatine. Pagrindiniai lygintuvo elementai parodyti 2.5pav.: jėgos transformatorius 1, skirtas tinklo įtampai pažeminti iki suvirinimui reikalingos vertės; ventilių blokas 2, skirtas kintamajai srovei išlyginti; stabilizavimo droselis 3, reikalingas išlygintos srovės lanko 4 pulsacijoms sumažinti. Jeigu lygintuvas valdomas, tai į schemą įeina papildoma grandis 6, sudaranti ventilių valdymo sistemą. Lygintuvo apsaugai nuo pakenkimų, jam veikiant avariniais režimais, naudojamas blokas 5. Pagrindinis lygintuvo mazgas - išlyginimo blokas- sudaro rinkinį ventilių, įjungtų pagal nustatytą schemą. Kaip jėgos ventiliai plačiai naudojami puslaidininkiniai diodai ir valdomi silicio ventiliai - tiristoriai.

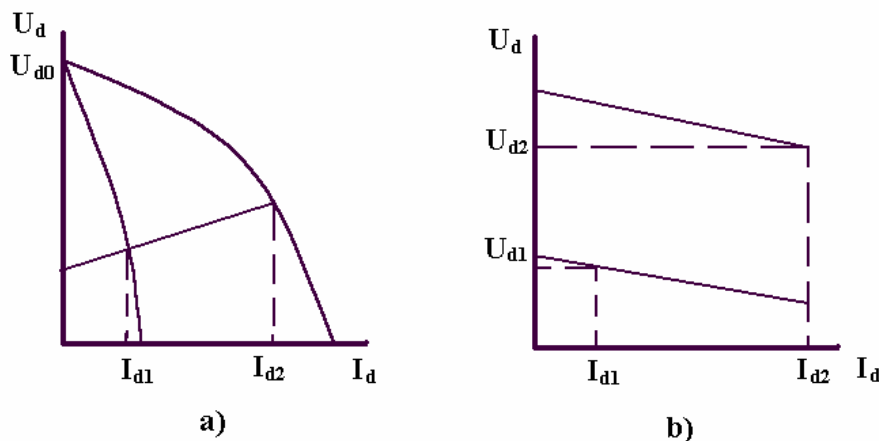


2.5 pav. Lygintuvo funkcinė schema

Srovės stiprinimo greitį galima reguliuoti nuolatinės srovės suvirinimo grandinėje įjungtu induktyvumu. Nuo dinaminių šaltinio savybių priklauso ir trumpojo jungimo srovės maksimumas. Jis neturi viršyti srovės nusistovėjusios reikšmės daugiau kaip tris kartus [4].

Atsižvelgiant į statines išorines voltamperines charakteristikas, visi suvirinimo lygintuvai yra suskirstyti į su staigiai krintančiomis ir su nuolaidžiomis išorinėmis charakteristikomis. Lygintuvai, turintys abiejų tipų išorines charakteristikas, vadinami universaliais suvirinimo lygintuvais.

Išorinė lygintuvo charakteristika vadinama išlygintos įtampos U_d priklausomybė nuo išlygintos srovės I_d . Išlyginta srovė I_d yra lygintuvo suvirinimo srovė. Išlyginta įtampa U_d prie kai kurių suvirinimo srovių verčių vadinama sąlygine lygintuvo darbine įtampa.



2.6 pav. Krintančios (a) ir nuolaidžios (b) išorinės charakteristikos

Suvirinimo srovė, esant staigiai krintančiom išorinėm charakteristikom (2.6pav.,a) reguliuojama užduotame diapazone nuo minimalios I_{d1} iki didžiausios I_{d2} vertės esant tuščiosios veikos išlygintai įtampai U_{d0} . Kiekvieną suvirinimo srovės vertę atitinka tam tikra sąlyginė darbinės įtampos reikšmė. Todėl rankinio lankinio suvirinimo pagal standartų reikalavimus darbinė įtampa voltais ir suvirinimo srovė susieti priklausomybe:

$$U_d = 20 + 0.04I_d. \quad (2.3)$$

Darbinė įtampa esant nuolaidžioms išorinėms charakteristikoms (2.6pav.,b) reguliuojama pasirinktose ribose nuo minimalios U_{d1} iki maksimalios U_{d2} reikšmės. Be to, darbinės įtampos

reguliavimo diapazonas išsiskiria atitinkamai griežtu, užduotu suvirinimo srovės diapazonu nuo I_{d1} iki I_{d2} kitimu.

Suvirinimo srovę, esant staigiai krintančioms, arba darbinę įtampą esant nuolaidžioms išorinėms charakteristikoms, galima reguliuoti sklandžiai arba laipsniškai.

Lygintuvo išorinių charakteristikų tipas paprastai siejamas su suvirinimo proceso, kuriam skirtas tas lygintuvas, ypatumais. Reikalavimai išorinėms charakteristikoms apsiriboja tokiais suvirinimo proceso ypatumais kaip elektrodo tipas (lydus, nelydus), aplinkos sąlygos, kuriose vyksta suvirinimas (atviras lankas, lankas esant fliusu, apsauginėse dujose), mechanizacijos lygis (rankinis, pusiau automatinis, automatinis), lanko reguliavimo būdas (susireguliuojantis, automatinis lanko įtampos reguliavimas).

Todėl lygintuvai su staigiai krintančiomis išorinėmis charakteristikomis naudojami : rankiniame lankiniame suvirinime padengtais vienetinais elektrodais, argono lankiniame suvirinime volframiniais elektrodais, mechanizuotame suvirinime esant fliusui, automatuose su reguliuojamu elektrodo vielos tiekimu, priklausančiu nuo lanko įtampos [5].

Lygintuvai su nuolaidžioms išorinėmis charakteristikomis naudojami mechanizuotame suvirinime lydžiu elektrodu, apsauginių dujų aplinkoje ir esant fliusu, su nuolatinio, nepriklausančiu nuo lanko įtampos, elektrodo vielos padavimo greičiu .

Kiekvieną suvirinimo būdą atitinka tam tikras charakteristikų nuolydis kaip ir staigiai krintančių, taip ir nuolaidžių išorinių charakteristikų. Todėl, pavyzdžiui, staigesnės krintančios charakteristikos tinka argoniniam - lankiniam suvirinimui, nuolaidesnės - rankiniam vieliniais elektrodais suvirinimui, dar labiau nuolaidesnės - suvirinimui esant fliusui.

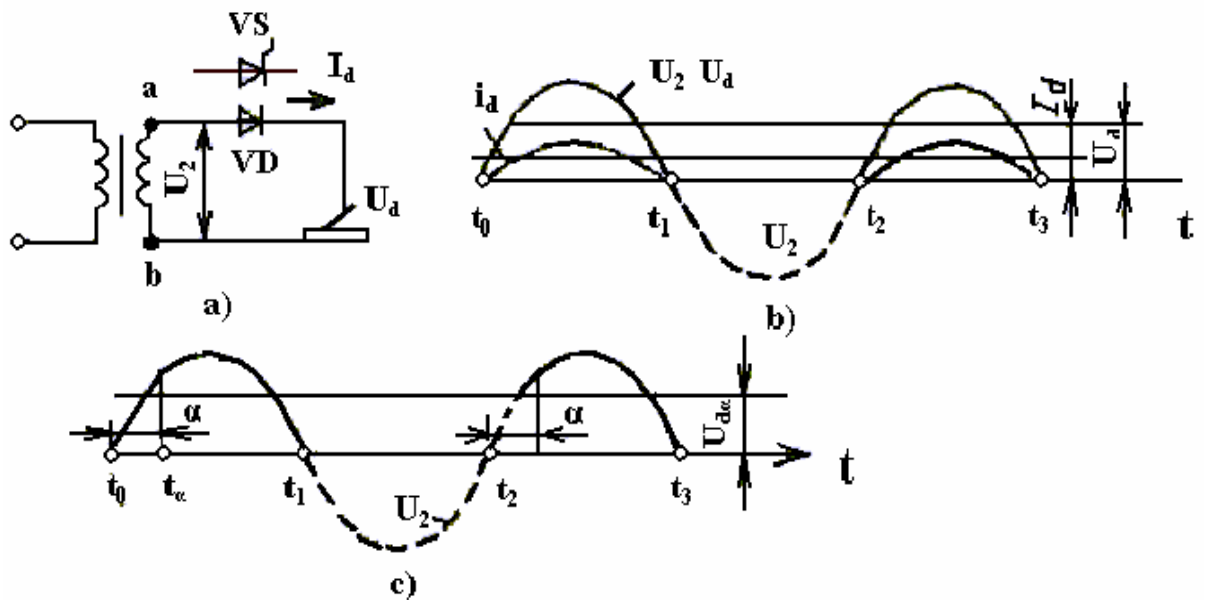
Suvirinimo lygintuvai gaminami pačių įvairiausių srovių nuo kelių iki tūkstančių amperų. Pagrindinis lygintuvą charakterizuojantis parametras yra nominalioji srovė, kuri gali būti tokios eilės: 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 1000, 1250, 1600, 2000, 2400, 3150, 5000A. Rankiniam suvirinimui skirti lygintuvai gaminami 125 - 500A, pusiau automatiniam suvirinimui - 315 - 1000A, automatizuotam suvirinimui - 500 - 2000, daugiapospėdžiai lygintuvai - 1000 - 5000A nominalios srovės. Svarbus parametras yra ir nominalioji darbinė įtampa [7].

Išnagrinėsime paprasčiausio vienfazio lygintuvo schemas darbą (3pav.). Srovė į apkrovos grandinę patenka tik tada (2.7 pav., b), kai antrinės apvijos taške a, kuriame prijungtas ventilio anodas turi teigiamą potencialą taško b atžvilgiu (laiko intervalais $t_0 - t_1$ ir $t_2 - t_3$). Laiko intervale t_1-t_2 atbulinė įtampa paduodama ir jis nepraleidžia srovės.

Įtampa U_d paduodama apkrovai sutaps su teigiama pulsuojančia transformatoriaus antrinės apvijos įtampa U_2 . Apkrovos srovė I_d teka viena kryptimi, t.y. gaunama išlyginta srovė. Išlygintą įtampą ir srovę charakterizuoja vidutinės vertės U_d , I_d .

Pakeitus diodą VD tiristoriumi VS (2.7 pav., a parodyta brūkšnine linija), jis praleidžia srovę tik esant dviem sąlygoms: jo anodui paduodama teigiama katodo atžvilgiu įtampa ir jo valdymo elektrodai paduodamas atidarymo impulsas. Laiko momentu t_0 bus išpildyta tik viena sąlyga -tiristorius atsidarys tiktai impulso padavimo momentu t_a (2.7 pav., c). Todėl vidutinė išlygintos įtamos vertė U_{da} bus mažesnė negu schemeje su diodu.

Keičiant impulso padavimo momentą arba elektrinį valdymo kampą α reguliuojama išlyginta įtampa ir srovė. Be to, tiristorių pagalba lengva formuoti reikiamo tipo išorines charakteristikas, stabilizuoti srovę ir įtampą.

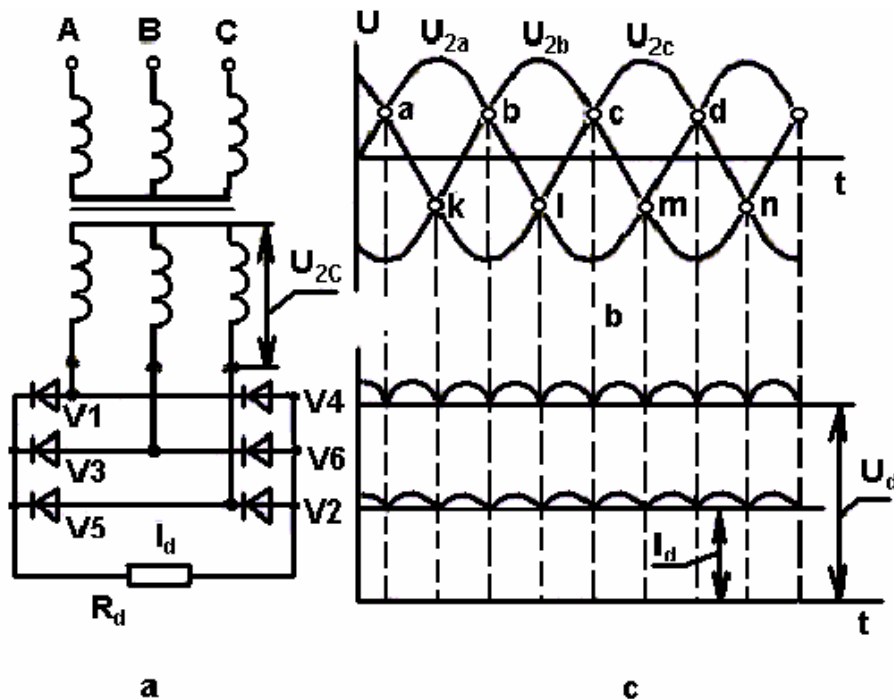


2.7 pav. Vienfazio lygintuvo schema (a), įtamos ir srovės diagramos su nevaldomu (b) ir valdomu (c) ventiliais

Vienperiodinė lygintuvo schema turi daug trūkumų: blogas transformatoriaus išnaudojimas, didelės išlygintos įtamos ir srovės pulsacijos, gaunama trūki srovė.

Šių trūkumų neturi trifazė tiltelinė lygintuvo schema, kuri parodyta 2.8 pav.. Lygintuvas susideda iš trifazio transformatoriaus ir šešių ventilių, sujungtų tiltelio forma (2.8 pav., a). Ventiliai V1, V3 ir V5 sudaro katodinę grupę. Jų bendras išvadas tarnauja teigiamam išorinės grandinės poliui. Ventiliai V2, V4 ir V6 sudaro anodinę grupę. Bendras jų anodų sujungimo taškas tarnauja neigiamam išorinės grandinės poliui.

Katodinėje grupėje kas trečią pulsacijų periodą dirba ventilis, turintis aukščiausią anodo potencialą (2.8 pav., b). Anodinėje grupėje, duotoje periodo dalyje, dirba tas ventilis, kurio katodas turi didžiausią neigiamą potencialą bendro anodo taško atžvilgiu. Katodinės grupės ventiliai atsidaro teigiamo perėjimo per sinusoidę momentu (taškai a - s 2.8 pav., b), o anodinės grupės ventiliai - neigiamo perėjimo per sinusoidę metu (taškai k - h). Kiekvienas iš ventilių dirba vieną trečdalį laiko periodo. Srovę bet kuriuo laiko momentu praleidžia du ventiliai - vienas iš katodinės, kitas iš anodinės grupės. Taip nuo pradinio momento iki taško a srovė iš transformatoriaus A fazės tekės per ventilį V1, apkrovą R_d , ventilį V6 į fazę B. Nuo taško a iki taško k dirba ventiliai V1 ir V2, nuo taško k iki taško b - ventiliai V2 ir V3 ir t.t. Apkrovos srovė visą laiką teka viena kryptimi. Išlyginta įtampa U_d ir srovė I_d pasižymi mažomis pulsacijomis (2.8 pav., b). Toks lygintuvas užtikrina vienodą maitinimo tinklo fazių apkrovą, gerą transformatoriaus ir ventilių išnaudojimą. Trifazė tiltelinė schema plačiai naudojama suvirinimo lygintuvuose.



2.8 pav. Trifazio tiltelinio lygintuvo schema (a), antrinė įtampa (b), išlyginta srovė ir įtampa (c)

Suvirinimo lanko maitinimo šaltinių leistinoji vardinė srovė nustatoma pagal jų išilimą suvirinant. Darbo metu šaltinio apkrova yra kintama. Po suvirinimo ciklo eina pauzės, reikalingos elektrodui pakeisti (kai suvirinimas rankinis), šlakui nuo siūlės nuvalyti, pasiruošti kitai siūlei suvirinti ir t.t. Pagal standartą (FOCT I 83-74) suvirinimo lanko maitinimo šaltinių darbo režimai skirstomi į:

1. pasikartojantį vardinį darbo režimą, apibūdinamą santykine apkrovos trukme AT (procentais), kai po suvirinimo periodo yra pauzė ir šaltinis dirba tuščiąją veika. Jis išreiškiamas darbo laiko N ir viso ciklo trukmės $N+V$ (darbo ir pauzės) santykiu ir vadinamas apkrovos trukme AT :

$$AT = \frac{N}{N+V} \cdot 100\%; \quad (2.4)$$

čia V —tuščiosios veikos laikas;

2) pakartotinį trumpalaikį vardinį darbo režimą, kai po suvirinimo periodo per pauzę šaltinis atjungiamas nuo elektros tinklo (pavyzdžiui, suvirinant automatiškai) arba sustabdomas variklis, sukantis generatorių. Toks režimas išreiškiamas N ir $N+R$ santykiu ir vadinamas įjungimo trukme IT (rus. ПИБ):

$$AT = \frac{N}{N+R} \cdot 100\%; \quad (2.5)$$

čia R - pauzės trukmė.

Abiejų režimų AT ir IT sąlygos šiek tiek skiriasi net kai jų reikšmės % lygios. Dirbdamas pirmuoju režimu, šaltinis visą laiką bus šiek tiek daugiau įšilęs, nors suvirinimo srovė bus tokio paties stiprumo. Pauzių metu šaltinis dirbs tuščiąja eiga ir šiek tiek įšils dėl plieno nuostolių, nepriklausančių nuo suvirinimo srovės, ir dėl mechaninių nuostolių besisukančiose mašinose;

3) ilgalaikį, kai šaltinis dirba apkrautas neribotą laiką, t. y. $AT=100\%$. Kai maitinimo šaltinio apkrovos trukmė AT kitokia, negu nurodyta jo pase, leistinoji suvirinimo srovė I apskaičiuojama pagal formulę:

$$I_{SU} = I_n \sqrt{\frac{AT}{AT_{SU}}}; \quad (2.6)$$

čia I_n - vardinė šaltinio darbo srovė; AT_{SU} - darbo trukmė, kuriai esant bus dirbama.

Kai suvirinimo srovė ne vardinė, leistinoji jos reikšmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$AT_{SU} = \frac{I_n^2}{I_{SU}^2} \cdot AT; \quad (2.7)$$

Pateiksime porą skaičiavimo pavyzdžių.

1 Generatoriaus $I_n = 500$ A, $AT=60\%$, viso ciklo trukmė lygi 10 min. Reikia rasti maksimalią leistinąją srovę I_{su} kai generatorius dirba be paliovos ilgiau negu 10 min, t. y. kai $AT=100\%$.

$$I_{su} = 500 \sqrt{\frac{60}{100}} = 500 \cdot \frac{7,7}{10} \approx 385 \text{ A} ; \quad (2.8)$$

Ilgalaikiu režimu dirbantį generatorių galima apkrauti ne stipresne kaip 385 A srove.

2. Transformatoriaus $I_n=1000$ A, $AT=60\%$. Reikia rasti leistinąją AT_{su} , kai transformatoriaus srovė yra 1200 A ;

$$AT_{su} = \frac{1000^2}{1200^2} \cdot 60 = 41,5\% . \quad (2.9)$$

Taigi transformatorius gali dirbti normaliai, kai srovė 1200 A ir AT ne didesnė kaip 41,5%.

AT ir viso ciklo trukmė nurodomos šaltinio pase. Paprastai visas ciklas trunka 5 min. arba 10 min. Sakykime, $AT=60\%$, viso ciklo trukmė $t_c=10$ min. Vadinasi, vardine srove apkrautas šaltinis gali be paliovos dirbti 6 min., o 4 min. turi aušti, neatjungus jo nuo elektros tinklo. Prieš pradėdant eksploatuoti suvirinimo įrenginius, būtinai reikia patikslinti, koks jų AT , nes kartais jie su mažesniu kaip 100% AT įjungiami ilgam darbui ir, žinoma, sugadinami.

Šaltinių ekonomiškumą apibūdina naudingumo koeficientas η . Jis rodo, kiek iš tinklo gaunamos aktyvinės galios P_a sunaudojama naudingai (P).

$$\eta = \frac{P}{P_a} . \quad (2.10)$$

Pavyzdžiui 10 kW galios generatoriaus naudingumo koeficientas lygus 0,6, vadinasi, 6 kW sunaudojami naudingai, o 4 kW eina plieno, vario, mechaniniams ir kitokiems nuostoliams padengti.

Didžioji dauguma lygintuvų, skirtų lankiniam suvirinimui tiek su krintančiomis, tiek su nuolaidžiomis išorinėmis charakteristikomis, gaminami maitinimui iš trifazio tinklo ir atitinkamai taikant trifazes ir šešiafazes lygintuvų schemas.

Daugiafaziai lygintuvai pasižymi tolygia maitinimo tinklo apkrova, geresniu ventilių, transformatoriaus, droselių išnaudojimu, o tai pat mažesnėmis išėjimo įtampos ir srovės pulsacijomis, kas labai svarbu valdomuose tiristoriniuose lygintuvuose.

Dabartiniu metu labai paplitę trifaziai tilteliniai ir šešiafaziai suvirinimo lygintuvai. Iš šešiafazių schemų taikoma dviguba trifazė schema su valdomu reaktoriumi, žiedinė ir paprasta šešiafazė schema su nuliniu laidu. Taikant šešiafazes lygintuvų schemas, pasiekiamas žymiai geresnis ventilių išnaudojimas (praktiškai du kartus), nežiūrint į sudėtingesnę transformatoriaus konstrukciją, įvedus atskiroms schemoms papildomus elementus išlyginamuosius reaktorus) ir panaudojus daug aukštesnės klasės ventilius ir tiristorius [8].

Lygintuvai mažoms ir vidutinėms srovėms (iki 315 A) gaminami taikant trifazę tiltelinę schemą, vidutinėms srovėms (iki 500 A) - taikant šešiafazę schemą su išlyginančiuoju reaktoriumi, didelėms srovėms (1000 A ir daugiau) - taikant šešiafazę žiedinę išlyginimo schemą.

Pagrindiniai parametrai, charakterizuojantys suvirinimo lygintuvus, yra:

1. Antrinė fazinė transformatoriaus įtampa U_{2f} , priklausanti nuo tuščiosios veikos įtampos U_0 ;
2. Amplitudinė atgalinė ventilio įtampa U_{atb} ;
- 3) Antrinės transformatoriaus apvijos fazinė (linijinė) srovė I_2 , priklausanti nuo nominaliosios išlygintos srovės I_d , apskaičiuotos ventilių darbui ir komutacijos kampui;
- 4) Vidutinė per ventilį tekančios išlygintos srovės $I_{v\ vid}$ vertė;
- 5) Per ventilį tekanti I_v ir maksimali ventilio srovė I_{vm} ;
- 6) Transformatoriaus pirminės apvijos srovė I_1 ;
- 7) Apskaičiuota transformatoriaus pirminės apvijos galia P_1 ir antrinės apvijos galia P_2 , nustatytai lygintuvo tuščiosios veikos įtampai ir apkrovos srovei;
- 8) Apskaičiuota pilna transformatoriaus galia yra :

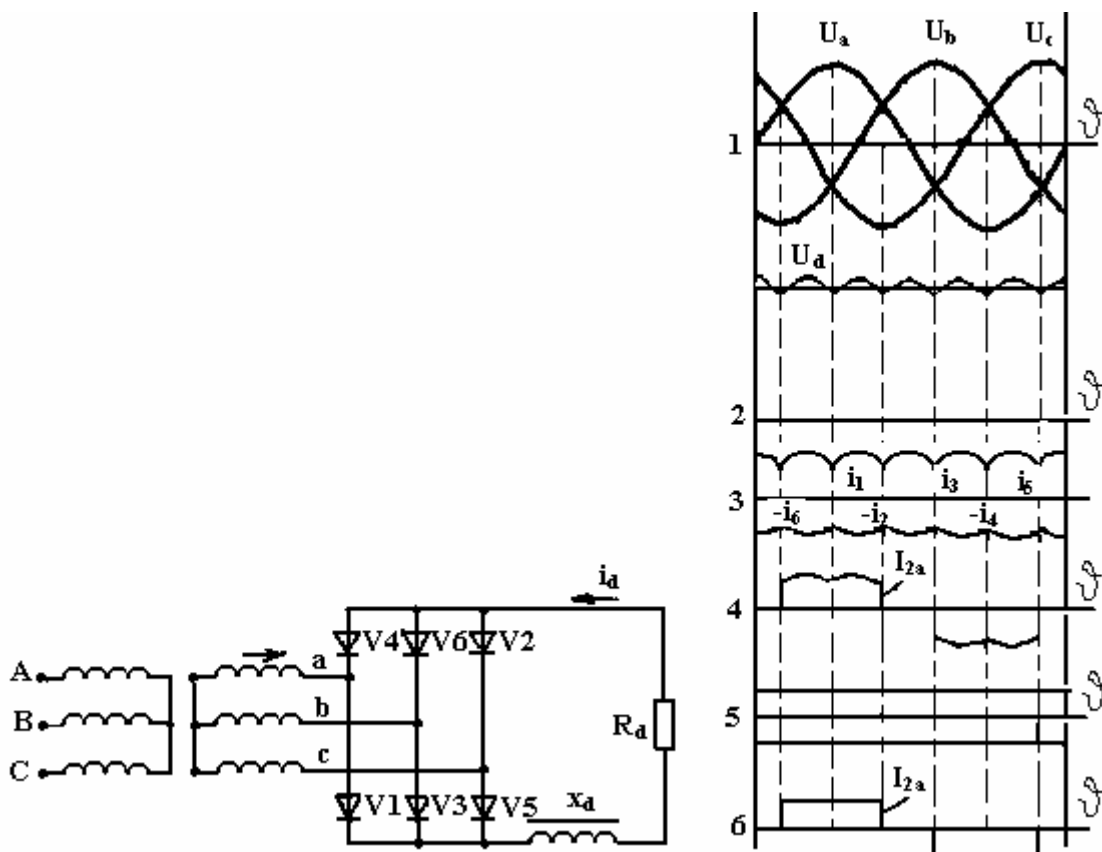
$$P_T = (P_1 + P_2) / 2 . \quad (2.11)$$

Vidutinė, efektinė ir maksimali per ventilį tekančios srovės vertė, įtampos nuostoliai ventiliuose, pulsacijų koeficientas charakterizuoja ventilinio bloko darbą trumpojo taip pat jungimo metu. Apskaičiuota transformatoriaus apvijų galia nustato maksimalų transformatoriaus pralaidumą sinusinėms srovėms jo apvijomis ir charakterizuoja jo aktyvių medžiagų sąnaudas.

Didžioji dauguma suvirinimo lygintuvų gaminami maitinimui iš trifazio kintamosios srovės tinklo. Tokių lygintuvų pranašumas, lyginant su lygintuvais maitinamais iš vienfazio tinklo, yra

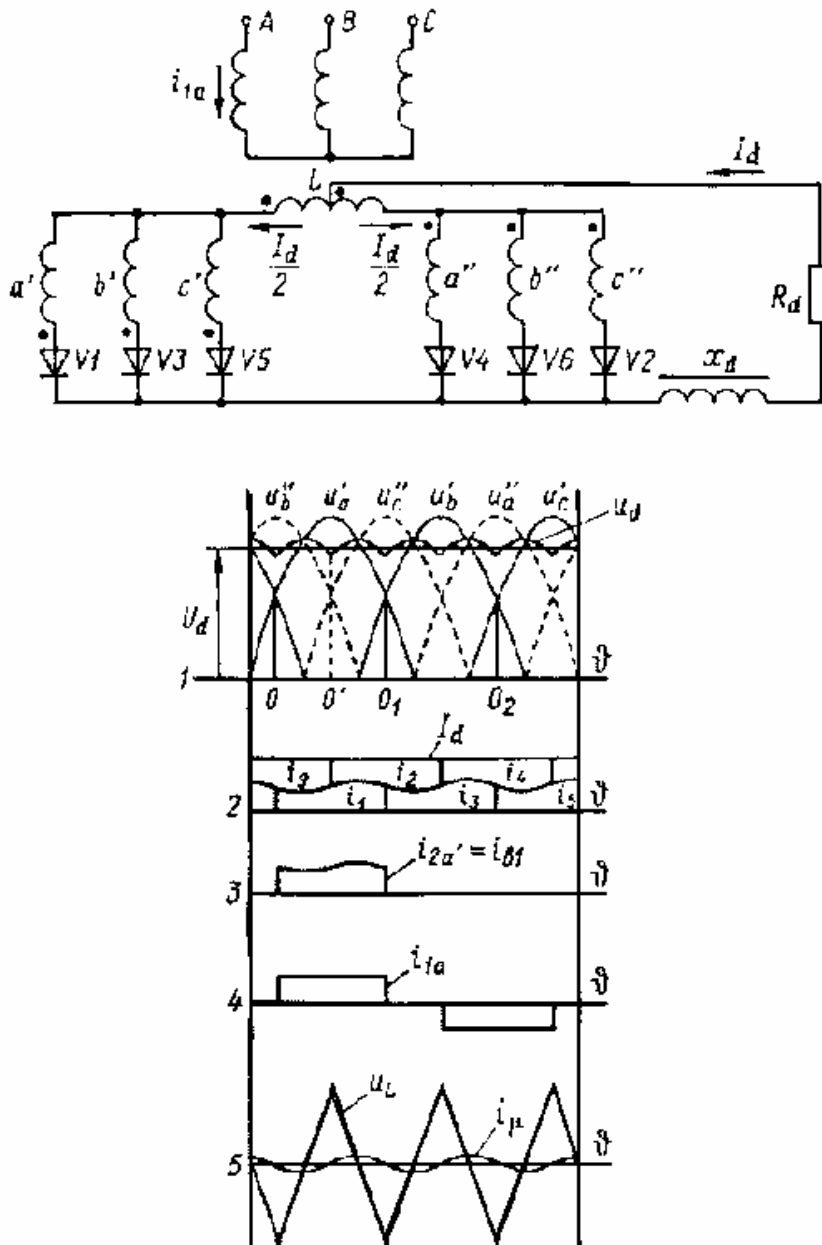
išlygintos įtampos ir srovės kreivių forma, vienoda tinklo apkrova, racionalesnis ventilių išnaudojimas [8].

Kai kurios plačiai naudojamos trifazių suvirinimo lygintuvų schemos ir jų diagramos pavaizduotos 2.9-2.12 paveikslėliuose.



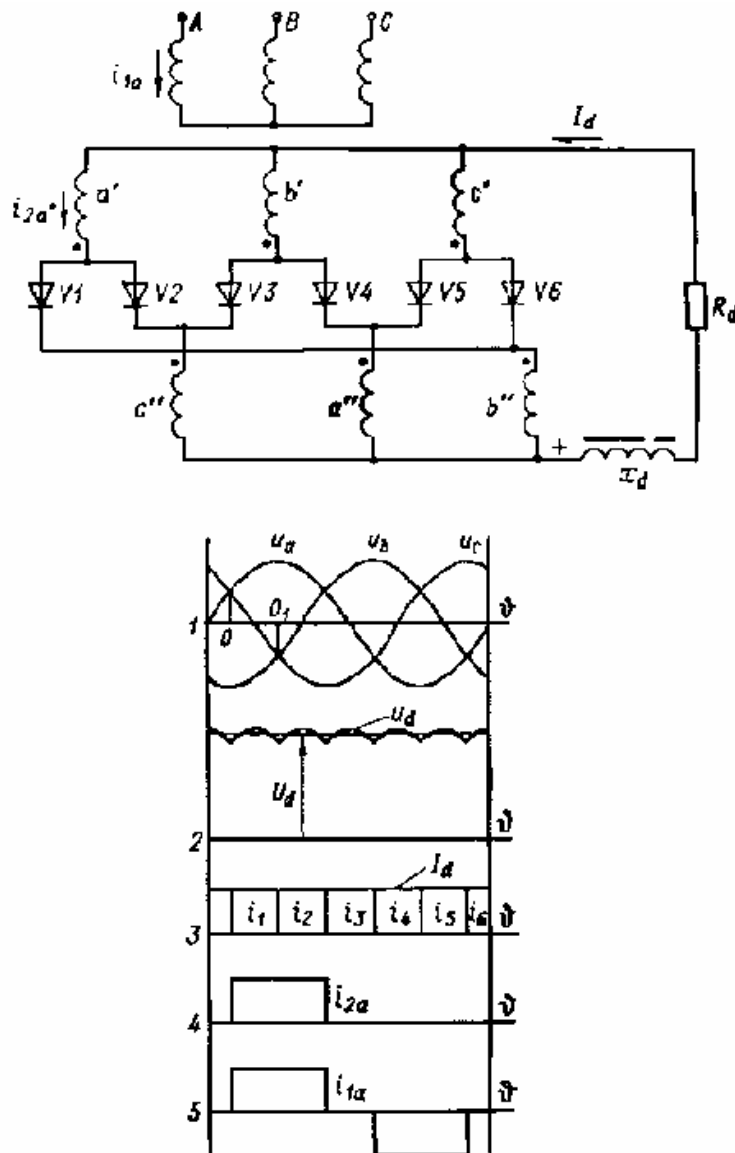
2.9 pav. Trifazio tiltelinio suvirinimo lygintuvo schema ir linijinė įtampų ir srovių diagrama

Tai viena labiausiai paplitusi schema lygintuvuose su kietomis ir krintančiomis išorinėmis charakteristikomis, ypač kai srovė ir įtampa reguliuojamos reguliavimo sistemomis, netaikant tiristorių. Schema užtikrina paprastą transformatoriaus konstrukciją, susidedančią iš trijų pirminių ir trijų antrinių apvijų, todėl jo išnaudojimas yra efektyviausias. Transformatoriaus apvijos gali būti sujungiamos trikampiui arba žvaigžde.



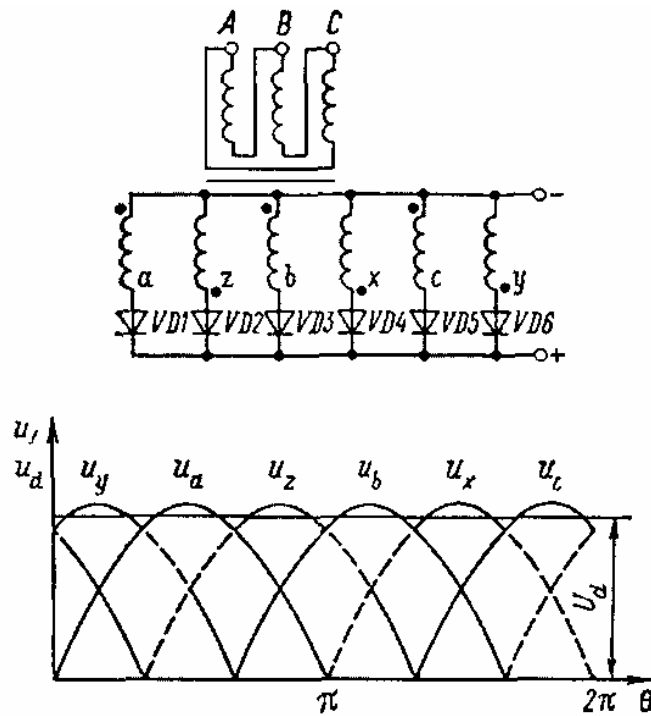
2.10 pav. Šešiafazė su išlyginamuoju droseliu lygintuvo schema ir linijinių srovių ir įtampų diagrama

Ši schema plačiausiai taikoma tiristoriniuose suvirinimo lygintuvuose iki 500 A srovėms. Lyginant su kitomis šešiafazėmis lygintuvų schemomis, ji pasižymi žymiai efektyvesniu ventilių išnaudojimu (mažiausi nuostoliai, didžiausia apkrovos galimybė, mažiausia $I_{v.m.}$). Transformatorius tokia lygintuve turi šešias antrines apvijas, sudarančias dvi trifazes grupes, sujungtas žvaigžde. Abi apvijų grupės tarpusavyje sujungtos per išlyginamąjį reaktorių, užtikrinantį jų lygiagretų darbą, susiejant tarp jų išlygintą įtampą. Išlyginamasis droselis su uždaru feromagnetiniu magnetolaidžiu, turinčiu dvi vienodas apvijas.



2.11 pav. Šešiafazė žiedinė lygintuvo schema ir linijinės įtampų ir srovių diagramos

Tai viena iš plačiausiai naudojamų vienposčių ir daugiaposčių suvirinimo lygintuvų schemų, skirtų stiprioms srovėms. Neturėdama išlyginamojo reaktoriaus, ji yra analogiška dvigubai trifazei schemai su išlyginamuoju reaktoriumi, pasižymi geru transformatoriaus išnaudojimu ir šiek tiek prastesniu ventilių išnaudojimu pagal srovę. Lygintuvo transformatorius turi šešias antrines apvijas, o ventilių blokas sujungtas į žiedą. Pirminė transformatoriaus apvija gali būti sujungta trikampiui arba žvaigžde.



2.12 pav. Paprasčiausia šešiafazio lygintuvo su nuliniu tašku schema

Ši lygintuvo schema palyginus retai sutinkama suvirinimo technikoje. Palyginus su šešiafaze schema su išlyginamuoju reaktoriumi, ji pasižymi blogesniu jėgos transformatoriaus ir ventilių išnaudojimu. Transformatorius turi šešias antrines apvijas, sujungtas į šešiafazę žvaigždę. Pirminė transformatoriaus apvija sujungiama tik trikampiui.

3. TIRIAMOJI DALIS

3.1. Funkcinės schemos sudarymas ir analizė

Ypač griežti metalinių medžiagų lydomojo suvirinimo kokybės reikalavimai nurodyti Lietuvos standartuose [2-5], kurie visiškai suderinti su atitinkamais ISO standartais bei Europos normomis. Realiose sąlygose patį suvirinimo procesą, suvirinimo įrenginio ar automato valdymo sistemą ir jos atskirus elementus veikia išoriniai trikdžiai, iššaukiantys suvirintųjų siūlių kokybės rodiklių nuokrypius nuo nustatytų ir sukeliantys įvairius siūlių defektus. Šie defektai būna išoriniai ir vidiniai (paslėptieji).

Prie išorinių defektų priskiriami: siūlės matmenų ir formos iškraipymai, neįvirinimai, t. y. nevisiškas pagrindinio ir prilydytojo metalo susilydimas, išilginės įdubos, t. y. suvirintosios siūlės išilginiai grioveliai, pradejinimai, t. y. oksiduotas siūlės metalas ir prie jo esantis pagrindinis metalas, išdeginimai arba kiauri pravirinimai, užlajos, susidarančios iš prilydomojo metalo, žvynuotas siūlės paviršius, išorinis korėtumas, neužvirinti krateriai, šlako intarpai ir įtrūkimai siūlės paviršiuje.

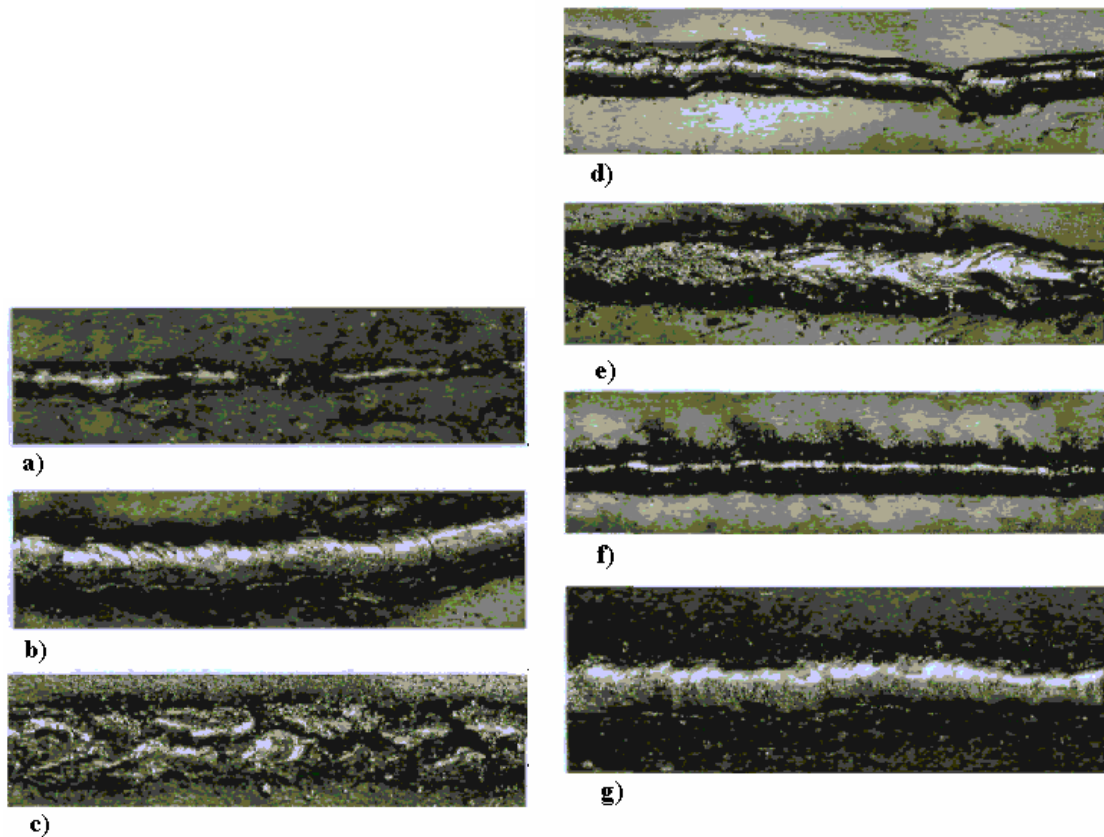
Vidiniai siūlių defektai būna tokie: korėtumas, nemetaliniai intarpai, neįvirinimai, perkaitintas siūlės metalas, vidiniai įtrūkimai ir kiti.

Suvirintųjų siūlių defektai dažniausiai atsiranda dėl šių priežasčių: blogai paruoštos, nelygios suvirinimo briaunos, detalės blogai surinktos suvirinimo vietoje, neteisingai parinktas srovės stipris, per greitai arba per lėtai traukiamas elektrodas ar viela siūle, per didelis arba per mažas elektrodo ar vielos padavimo į suvirinimo zoną greitis, netiksli elektrodo laikiklio arba pridėtinio strypo padėtis, nekokybiški elektrodai ar anodinė viela, virinamųjų detalių metale yra daugiau, nei leistina, kenksmingųjų priemaišų - sieros ir fosforo.

Literatūroje [6-8] pateikti duomenys rodo, kad elektrolankinio suvirinimo kokybė taip pat priklauso ne tik nuo lanko maitinimo šaltinio charakteristikų, bet ir nuo suvirinimo įrenginio elektros pavarų valdymo tikslumo ir jų pereinamųjų procesų tolygumo. Todėl šio darbo tikslas išnagrinėti suvirinimo įrenginio vežimėlio ir elektrodinės vielos pastūmos elektros pavarų adaptyviąją valdymo sistemą, pritaikant kintamos struktūros ir kintamų parametrų reguliatorius.

Elektrolankinio suvirinimo siūlių susiformavimas yra gana sudėtingas procesas, priklausantis nuo energetinių, kinematinių ir technologinių faktorių bei jų tarpusavio sąveikos. Neišvengiamai atsirandantys suvirinimo režimo parametrų trikdžiai tiesiogiai veikia pagrindinio ir elektrodo metalų išsilydymo greitį ir šių metalų masių santykį siūlėje. Lanko įtampos ir srovės

svyravimai turi įtakos siūlės pločiui, aukščiui ir metalų išsilydymo gyliui. Suvirinimo greitis ir lanko ilgis taip pat apsprendžia siūlės geometrinę formą, jungties mechaninį atsparumą ir jos eksploatacines savybes. 3.1 pav. pateikti suvirintųjų siūlių išoriniai vaizdai, esant suvirinimo greičio, lanko ilgio ir suvirinimo srovės stiprio nuokrypiams nuo optimalių jų verčių [9]. 3.1 pav., g atskirai parodyta tinkama siūlės forma, esant optimaliam suvirinimo procesui.

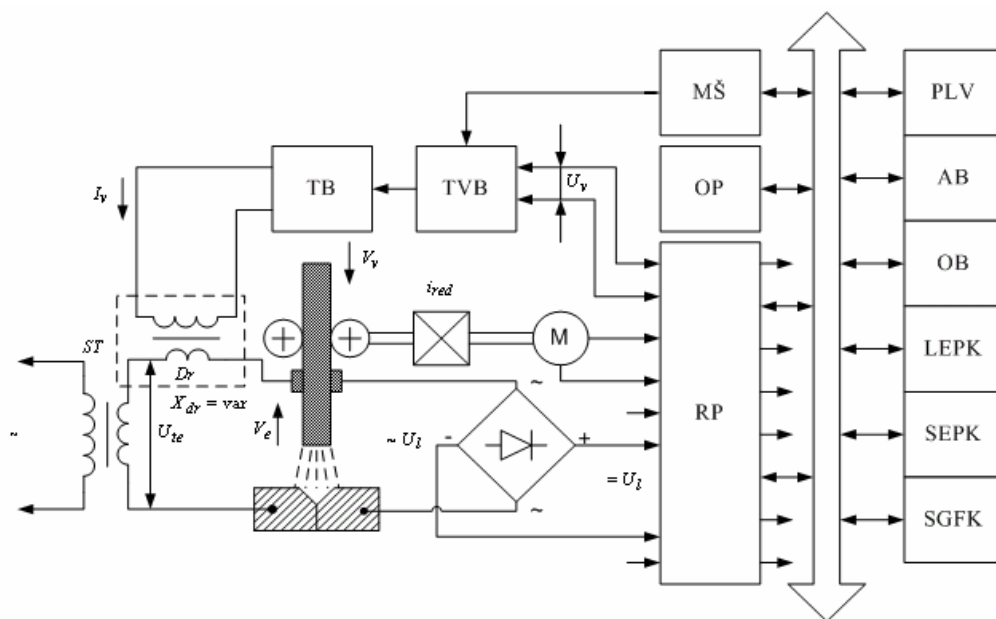


3.1 pav. Siūlių išoriniai vaizdai: a) - suvirinimo greitis per didelis, b) - per mažas; c) - suvirinimo lankas per ilgas, d) - per trumpas; e) - suvirinimo srovė per stiprios, f) - per silpna; g) - suvirintoji siūlė geros kokybės

Pagal 3.1 pav. galima teigti, kad virinant dideliu greičiu, gaunama siaura siūlė ir blogas paviršiaus suvilgymas. Virinant mažu greičiu, siūlė platėja, o į suvirinimo zoną įvedamas per didelis šilumos kiekis, iššaukiantis detalių deformacijas. Dėl netikslios padėties ir vielos pastūmos pavaros greičio svyravimų lankas trumpėja, o viela, užtrumpindama maitinimo šaltinį, galiausiai prikimba prie suvirinamųjų detalių. Lankui pailgėjus, gaunamas pernelyg didelis išlydyto metalo ištaškymas ir dėl pakitusio grįžamojo ryšio signalo pavarų valdymas komplikuojasi. Virinant pernelyg stipria srove, siūlė platėja, metalas ištaškomas, galimas detalių pradeigimas. Esant silpnai suvirinimo srovei, gaunama siaura, per daug išgaubta siūlė.

Iš pateiktų vaizdų matyti, kad norint optimizuoti suvirinimo procesą, būtina stabilizuoti ne tik vežimėlio ir vielos pastūmos pavarų greičius bei lanko įtampą ir srovę, bet ir lanko ilgį. Šiuos uždavinius geriausiai gali išspręsti tik daugiakontūrinė adaptyvioji suvirinimo įrenginio valdymo sistema, turinti loginį programuojamąjį valdiklį su optimizacijos ir adaptacijos blokais. Pastaruoju metu kuriamos naujos suvirinimo įrenginių automatinio reguliavimo sistemos (ARS), sugebančios savarankiškai keisti savo struktūrą arba darbo algoritmą ir tokiu būdu optimizuoti suvirinimo procesą. Tokiose sistemose kiekvienu laiko momentu kontroliuojami ir analizuojami trikdžiai ir valdančiųjų poveikių pokyčiai ir pagal tai formuojamas reguliuojamojo poveikio kitimo dėsnis. Aišku, kad priklausomybė tarp šių poveikių privalo turėti ekstremumą taške, kuriame suvirinimo procesas yra optimalus arba artimas jam.

Lanko įtampos mikroprocesorinės ARS funkcinė schema, kurioje panaudotas grįžtamasis ryšys pagal lanko įtampą, parodyta 3.2 pav. Šioje schemoje parodyti tik lanko įtampos reguliavimo kanalo būtini elementai.



3.2 pav. Lanko įtampos mikroprocesorinės reguliavimo sistemos funkcinė schema

Suvirinimo įrenginio elektros pavarą ir kitas sistemas pagal įvestą programą valdo programuojamasis loginis valdiklis (PLV), turintis maitinimo šaltinį (MŠ), operatoriaus pultą (OP), indikacijos, kontrolės ir ryšių su suvirinimo įrenginio jutikliais bei kitais elementais priemonės RP. Reguliavimo sistemoje panaudotas adaptacijos blokas (AB), optimizacijos blokas (OB), lanko elektrinių parametų kontroleris (LEPK), skaitmeninių elektros pavarų kontroleris

(SEPK) ir siūlės geometrinės formos kontroleris (SGFK). Lanko įtampos U_l reguliavimo vykdymo įtaisas yra įsisotinantis droselis D_r , kurio pirminė apvija prijungta prie tiristorių bloko TB, o antrinė – nuosekliai įjungta į lanko grandinę.

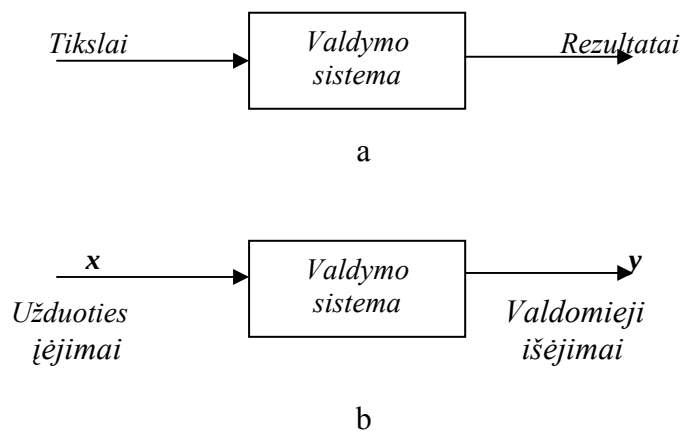
Kintamoji lanko įtampa tilteliu išlyginama ir tiekama į lanko elektrinių parametrų kontrolerį, kuriame ji palyginama su nustatyta įtampa U_{l0} , atsiradęs skirtumas $\Delta U_l = U_l - U_{l0}$ sustiprinamas ir elektrinis valdymo signalas U_v siunčiamas į tiristorių valdymo bloką. Pastarasis suformuoja bloko TB tiristorių valdymo kampą ir keičia įsisotinamojo droselio magnetinės grandinės įsisotinimo laipsnis ir antrinės apvijos induktyvioji varža X_{dr} . Tokiu būdu, keičiant suvirinimo kontūro pilnutinę varžą Z_k , galima kompensuoti trikdžius dėl tinklo įtampos svyravimų ΔU_t ir stabilizuoti lanko įtampą U_l .

3.2. Automatinio reguliavimo sistemos struktūrinė schema

Kiekvieną fizinį objektą ar procesą galima interpretuoti kaip valdymo sistemą: kiekvienas objektas ar procesas tam tikru būdu veikia savo aplinką, jei ne aktyviai, tai bent jau pasyviai. Daugelyje mūsų kasdienės veiklos srityse funkcionuoja daugybė įvairių tipų valdymo sistemų. Pavyzdžiui, patogios gyvenimo ir darbo sąlygos yra palaikomos namų bei įstaigų temperatūrai ir drėgmei reguliuoti naudojant šildymo bei oro kondicionavimo sistemas. Šias sistemas valdant mikroprocesoriais ir kompiuteriais, galima pasiekti maksimalų energijos sąnaudų efektyvumą. Įvairių tipų valdymo sistemos plačiai naudojamos visose pramonės šakose (pavyzdžiui, automatinės surinkimo linijos, suvirinimo automatizavime ir pan.). Kiekviena valdymo sistema, nepriklausomai nuo jos tipo ar fizinės prigimties, yra sudaryta iš:

- valdymo tikslų;
- sistemos komponentų;
- valdymo rezultatų.

Šių pagrindinių sudedamųjų dalių ryšys yra pavaizduotas 3.3 pav., a.:



3.3 pav. Valdymo sistemų pagrindinių sudedamųjų dalių ryšys

Moksle ir technikoje valdymo sistemos tris pagrindines sudedamąsias dalis įprasta identifikuoti atitinkamai su jos užduoties įėjimais x , sistemos elementais ir jos valdomaisiais išėjimais y , kaip tai pavaizduota 3.3 pav., b.

Automatinio valdymo sistemų reikšmė šiuolaikinei visuomenei yra labai didelė. Mes priklausome nuo šių sistemų tokiu mastu, kad gyvenimas be jų būtų tiesiog neįsivaizduojamas.

Automatinio valdymo teikiamus privalumus, palyginti su rankiniu, galima apibūdinti šiomis pagrindinėmis kategorijomis:

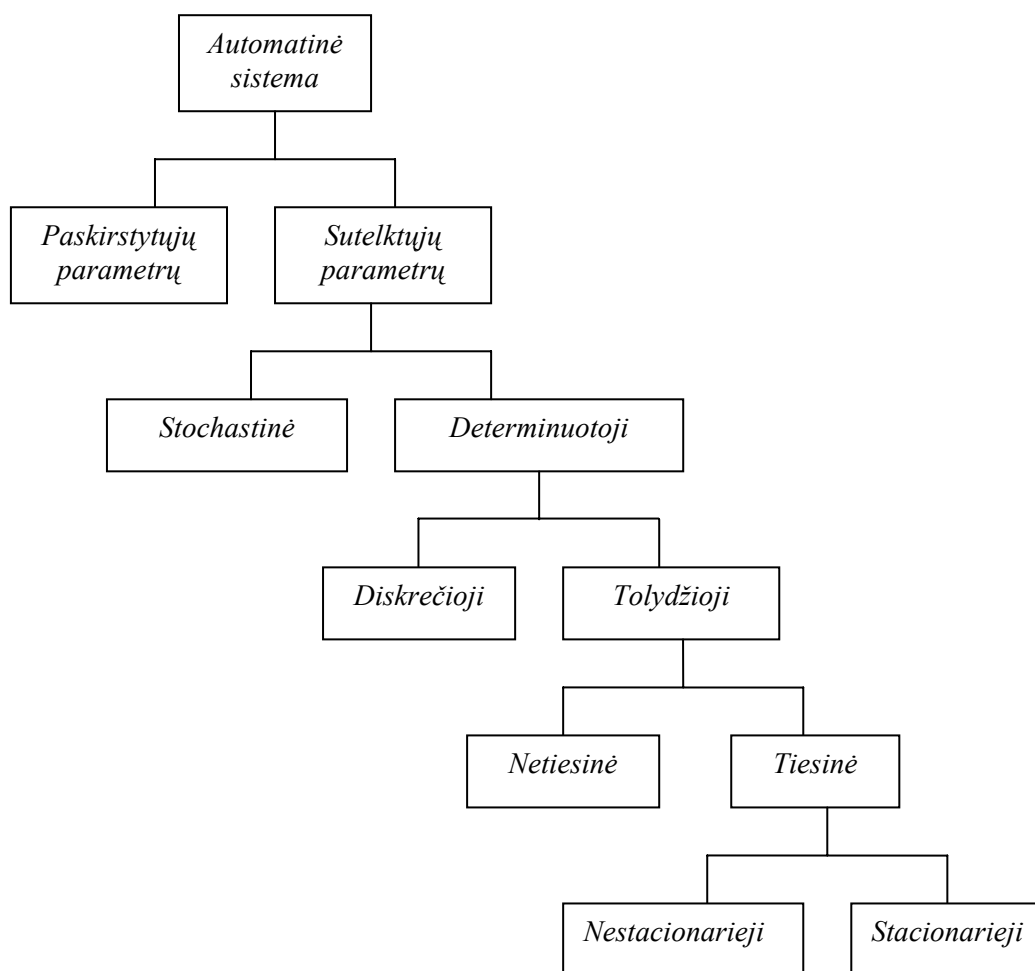
- dideliu darbo našumu;
- geresne gaminių kokybe ir didesniu jų vienodumu;
- didesniu gamybos efektyvumu;
- gebėjimu transformuoti galią;
- saugumu;
- gebėjimu teikti jaukumą ir patogumą.

Automatinis valdymas leidžia padidinti kiekvieno darbininko darbo našumą, išvaduoti kvalifikuotą operatorių nuo rutininių darbų ir padidinti atliekamų darbų apimtį. Valdymo sistemos pagerina gaminių kokybę ir padidina jų vienodumą; daugelio mūsų naudojamų daiktų būtų neįmanoma pagaminti nesant automatinio valdymo. Servo sistemos, leidžiančios operatoriui disponuoti milžiniška galia, įgalina valdyti tokius didžiulius objektus kaip reaktyviniai lėktuvai ir okeaniniai laivai.

Automatinio valdymo sistemos leidžia padidinti gamybos efektyvumą, sumažinti žaliavų ir energijos nuostolius, teikia pranašumą ieškant aplinkos apsaugos būdų. Darbo daugumas yra kitas automatinio valdymo privalumas: automatiniai robotai ir manipulatoriai pakeičia žmogų (operatorių) agresyvioje ar kenksmingoje aplinkoje. Tokios valdymo sistemos, kaip suvirinimas, pramonėje padidina lankstumą ir darbo efektyvumą.

Sistemų modelius galima sudaryti naudojant du skirtingus metodus: analitinį modeliavimą ir eksperimentinį modeliavimą (sistemų identifikavimą). Analitinis modeliavimas yra grindžiamas sisteminiu fizikos dėsnių taikymu sistemos komponentams, norint gauti jų matematinį aprašymą (modelį). Modelius taip pat galima sudaryti atliekant identifikavimo eksperimentą, kurio metu užregistruoti sistemos įėjimo ir išėjimo duomenys panaudojami prognozuojamos modelio struktūros nežinomiems parametrams įvertinti. Sistemos matematiniams apibrėžimui galima naudoti du skirtingus modelius: jos įėjimo ir išėjimo (išorinį) modelį arba būsenų erdvės (sistemos įėjimo, jos būsenų ir išėjimo) modelį. Pastarasis modelis apibrėžia, kaip sistemos būsenos kintamieji (vidiniai kintamieji) veikia vienas kitą, kaip įėjimo kintamieji paveikia sistemos būseną ir kaip jos išėjimo kintamieji yra gaunami iš būsenos ir įėjimo kintamųjų darinių.

Valdymo praktikoje naudojama daug skirtingų automatinių sistemų klasifikavimo kriterijų. Pagal komponentų reguliavimo rezultatus visas sistemas galima suskirstyti į penkis lygius, kaip parodyta 3.4 pav., o kiekviename lygyje - išskirti dvi pagrindines kategorijas.



3.4 pav. Automatinių sistemų klasifikacija

Sutelktųjų ir paskirstytųjų parametrų sistemos. Klasifikuojant sistemas pagal jų matmenis, skiriamos sutelktųjų parametrų (baigtinės dimensijos) ir paskirstytųjų parametrų (begalinės dimensijos) sistemos. Pavyzdžiui, elektros grandinė, kurios dydis yra nereikšmingas, palyginti su jos veikimo didžiausio dažnio bangos ilgiu. Yra sutelktųjų parametrų sistema. Tuo tarpu ilga elektros perdavimo linija gali būti paskirstytųjų parametrų sistemos pavyzdžiu.

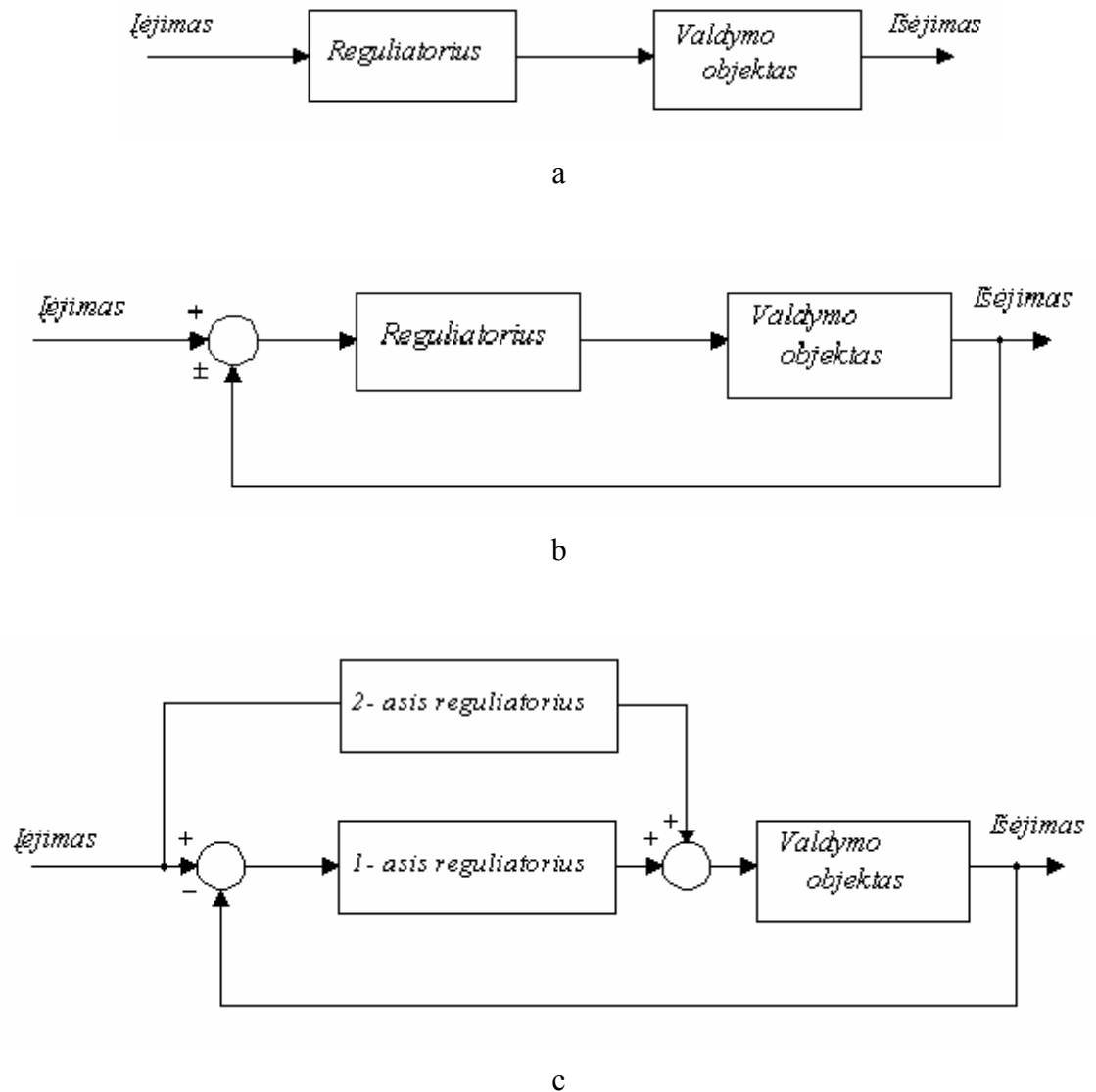
Determinuotosios ir stochastinės sistemos. Determinuotosios sistemos visų parametrų tiksliosios reikšmės yra žinomos. Tuo tarpu stochastinėse sistemose yra žinomos tik parametrų (vieno, keleto arba visų) tikimybės charakteristikos.

Tolydžiosios ir diskrečiosios sistemos. Tolydžiosios sistemos kintamieji yra apibrėžti visoms laiko reikšmėms. Šiose sistemose nepriklausomasis laikas t gali turėti bet kurią baigtinio intervalo $[t_1, t_2]$ reikšmę. Priešingai, diskrečiosios sistemos kintamieji yra apibrėžti tik diskrečiaisiais laiko momentais.

Tiesinės ir netiesinės sistemos. Klasifikuojant sistemas pagal jų įėjimų ir išėjimų matematinių sąsajų pobūdį, skiriamos tiesinės (kurioms galioja superpozicijos principas) ir netiesinės sistemos.

Stacionariosios ir nestacionariosios sistemos. Stacionariosios arba pastoviųjų parametrų sistemos visi parametrai yra konstantos. Jeigu vienas ar daugiau sistemos parametrų laikui bėgant kinta, tai tokia sistema yra nestacionarioji, arba kintamųjų parametrų.

Automatinės sistemas klasifikuojant pagal jų valdymo principą, galima skirti atvirąsias, uždąsias ir mišriojo valdymo sistemas 3.5 pav.



3.5 pav. Automatinės sistemos. a) atviroji, b) uždaroji, c) mišriojo valdymo

Pagal naudojamos energijos rūšį arba fizinę prigimtį visas automatinės sistemos galima skirstyti į elektrines, mechanines, hidraulines, pneumatines, elektrohidraulines ir kt. Pagal paskirtį automatinės sistemos gali būti skirstomos į stabilizavimo, programinio valdymo, sekimo, pozicionavimo ir kitas sistemas.

Pagal valdomųjų išėjimų (kintamųjų) skaičių automatinės sistemos skirstomos į vienmates (vienas valdomasis išėjimas), dvimates (du valdomieji išėjimai) ir daugiamates (n valdomųjų išėjimų).

Viena iš pagrindinių elektrolankinio suvirinimo optimalaus režimo sąlygų yra ta, kad lankas suvirinimo metu turi degti stabiliai be trumpųjų sujungimų. Elektros lanko, kaip reguliavimo objekto, statinę charakteristiką galima gauti, išsprendus tokią lygčių sistemą:

$$\begin{cases} v_v = v_e = const \\ v_e = k_1 I_l + k_2 U_l \end{cases} \quad (3.1)$$

čia v_v ir v_e - atitinkamai elektrodinės vielos pastūmos ir vielos išsilydymo greičiai; I_l ir U_l - lanko srovės ir įtampos efektinės vertės; k_1 ir k_2 - automatinio reguliavimo koeficientai atitinkamai pagal srovę ir pagal įtampą.

Tada, pasibaigus pereinamajam procesui, suvirinimo kontūre su nuosekliai įjungtu elektros lanku nusistovi tokia suvirinimo srovė:

$$I_l = (v_v + k_2 U_l) \frac{1}{k_1} \quad (3.2)$$

Pirmasis (3.2) išraiškos narys yra iš anksto nustatyta reikiama suvirinimo srovė, kurią ARS privalo palaikyti pastovią viso proceso metu. Tačiau svyruojant tinklo įtampai ir dėl kitų trikdžių atsiradus greičių pokyčiui $\Delta v = v_v - v_e$, keičiasi lanko ilgis ir jo elektriniai parametrai, lemiantys siūlės kokybę. Kadangi suvirinimo lanko srovė I_l yra sudėtinga kelių kintamųjų funkcija, priklausanti nuo maitinimo šaltinio ir lanko dinaminės varžos, tai srovės pereinamuosius procesus apibūdina tokia suvirinimo kontūro įtampų balanso lygtis:

$$L \frac{\partial i_l}{\partial t} = i_l (R_s - R_l) - E_l; \quad (3.3)$$

čia $L = L_{lr} + L_{dr}$ - suvirinimo kontūro suminis induktyvumas; L_{lr} - transformatoriaus induktyvumas; L_{dr} - droselio induktyvumas; R_s - šaltinio dinaminė varža; R_l - lanko dinaminė varža; E - elektrinio lauko stiprio gradientas lanko stulpelyje; I_l - lanko ilgio pokytis.

Suvirinimo įrenginio ARS su grįžtamuju ryšiu pagal lanko įtampą galima parinkti tokią reguliatoriaus statinės charakteristikos išraišką:

$$v_v = k_{reg}(U_l - U_{l0}) ; \quad (3.4)$$

čia $k_{reg} = \frac{\Delta v_v}{\Delta U_l}$ - reguliatoriaus perdavimo koeficientas; U_{l0} - nustatyta lanko įtampa.

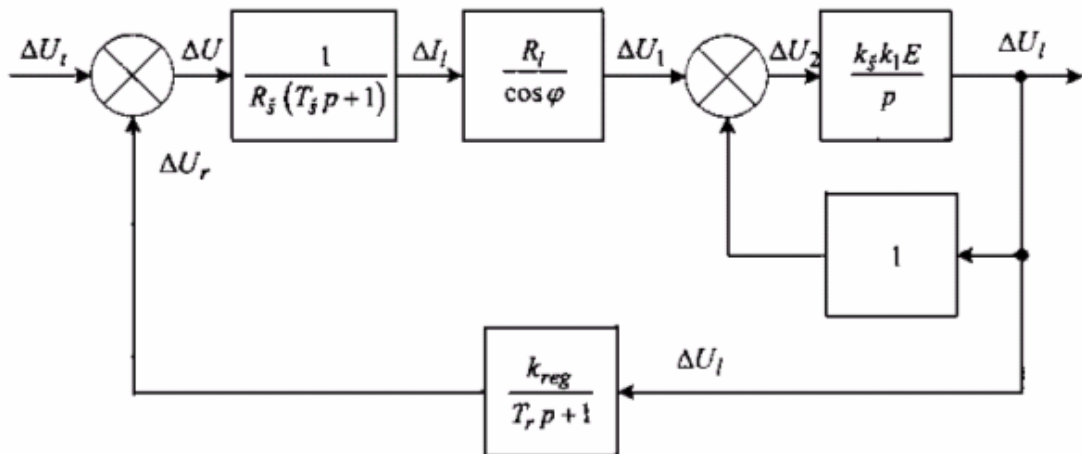
Išsprendus (3.1), (3.2) ir (3.4) lygtis, gaunama tokia reguliuojamojo parametro išraiška:

$$U_l = \left(k_l I_l + k_{reg} U_{l0} \right) \frac{1}{k_2 + k_{reg}} ; \quad (3.5)$$

čia k_{reg} parenkamas taip, kad ARS palaikytų reikiamą U_{l0} vertę, o I_l reguliuojama automatiškai keičiant suvirinimo kontūre įjungto droselio induktyvumą L_{dr} . Minimali šio koeficiento reikšmė parenkama taip:

$$k_{reg \min} = \frac{V_{e \max}}{U_{l \min} - U_{l0}} . \quad (3.6)$$

Rasime kaip tokioje sistemoje keičiasi lanko įtampa ir srovė, svyruojant tinklo įtampai nuo -10 iki +5% nominaliosios vertės. Laikant, kad reguliuojamasis parametras yra U_l , kuri turi būti lygi U_{l0} , o įėjimo dydis yra tinklo įtampos pokytis ΔU_t , galima sudaryti 3.6 pav. parodytą struktūrinę schemą.



3.6 pav. Lanko įtampos ARS struktūrinė schema: φ - fazės poslinkio kampas tarp U_l ir I_l ;

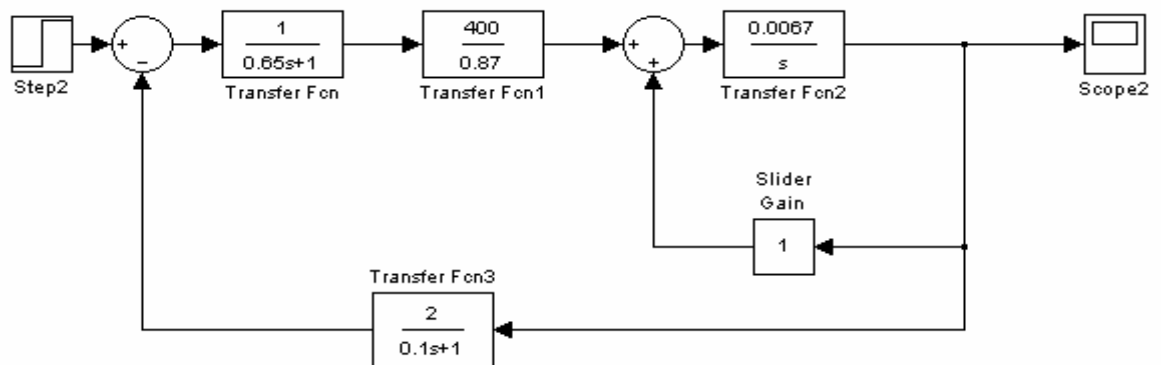
k_s - šaltinio perdavimo koeficientas

Pateiktoje schemoje lanko maitinimo šaltinis pavaizduotas inercine grandimi su perdavimo koeficientu k_s ir laiko pastoviąja T_s . Tokios sistemos siūlės pločio paklaida:

$$\Delta U_{\infty} = \frac{\Delta U_t}{(1 + k_{reg}) \cos \varphi} . \quad (3.7)$$

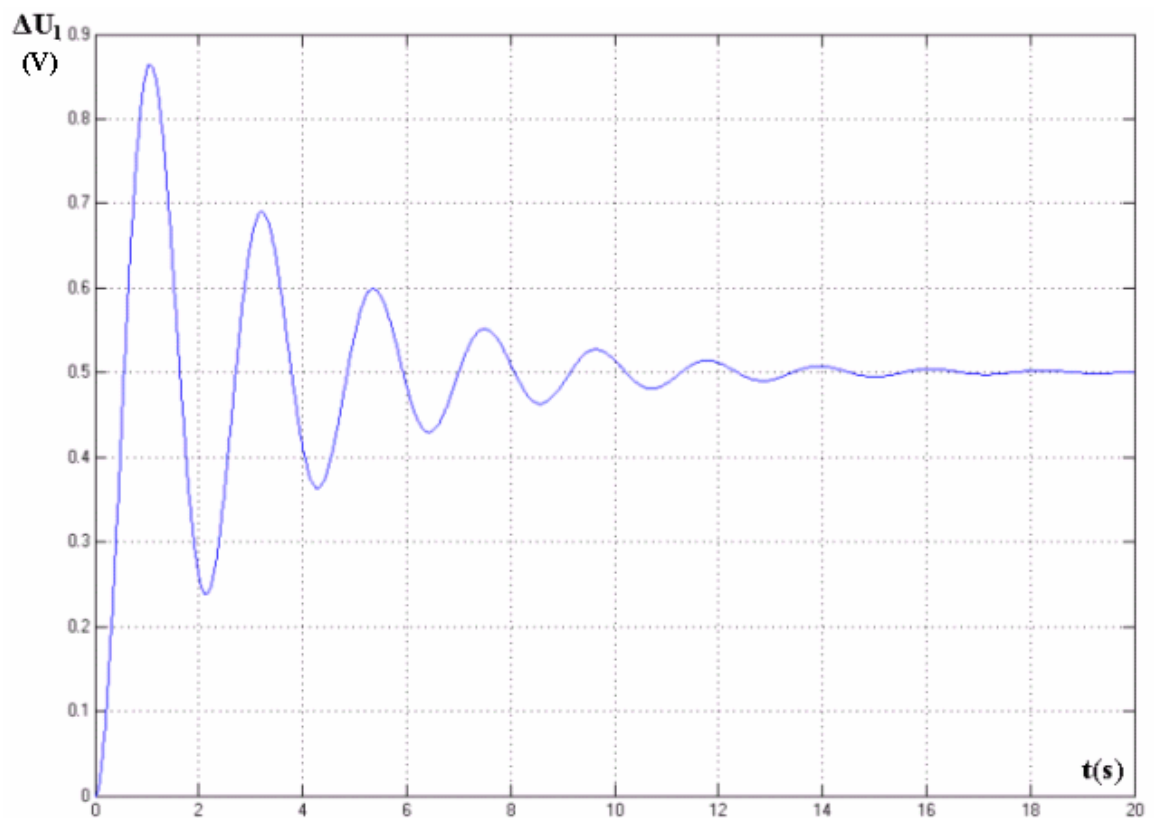
Iš (3.7) formulės matyti, kad paklaidai sumažinti būtina didinti k_{reg} . Tačiau ši priemonė ribojama lanko elektrinių parametrų švytavimų galimybe reguliavimo sistemoje bei stabilumo praradimu.

Naudojantis Matlab programiniu paketu sudaromas matematinis modelis, kuris yra parodytas 3.7 pav.



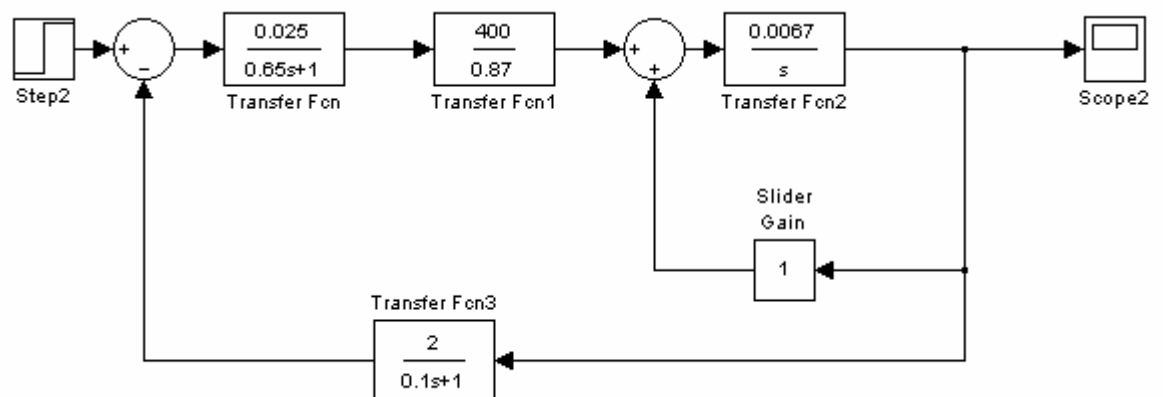
3.7 pav. Lanko įtampos ARS matematinis modelis

Pagal šį paketą yra braižoma lanko įtampos pereinamasis procesas (3.8 pav.).



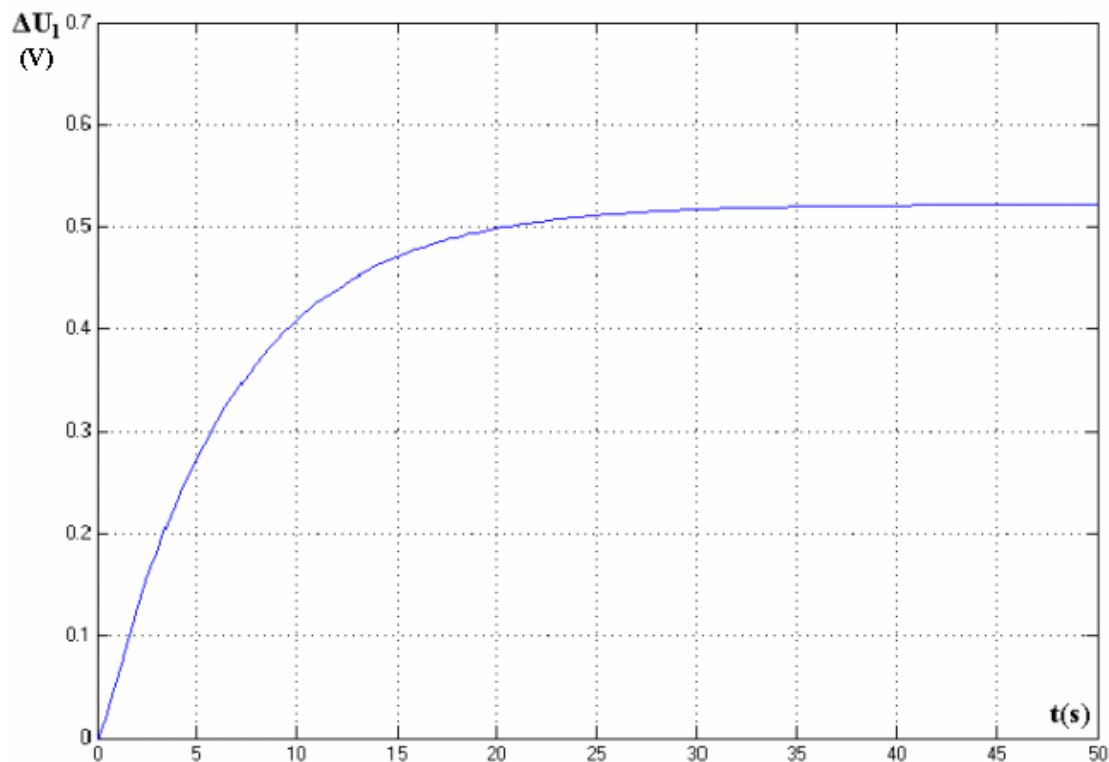
3.8 pav. Lanko įtamos pokyčio švytuojantis pereinamasis procesas

Iš 3.8 pav. matyti kad naudojant 3.7 pav. esamą matematinį modelį yra gaunamas švytuojantis pereinamasis procesas kurio nusistovėjimo laikas yra gana didelis. 18 sek. per kurias atsistatytų įrenginys po trukdžio yra per didelis, todėl 3.7 pav. reikšmės eksperimento būdu yra keičiamos norint gauti geresnių rezultatų.



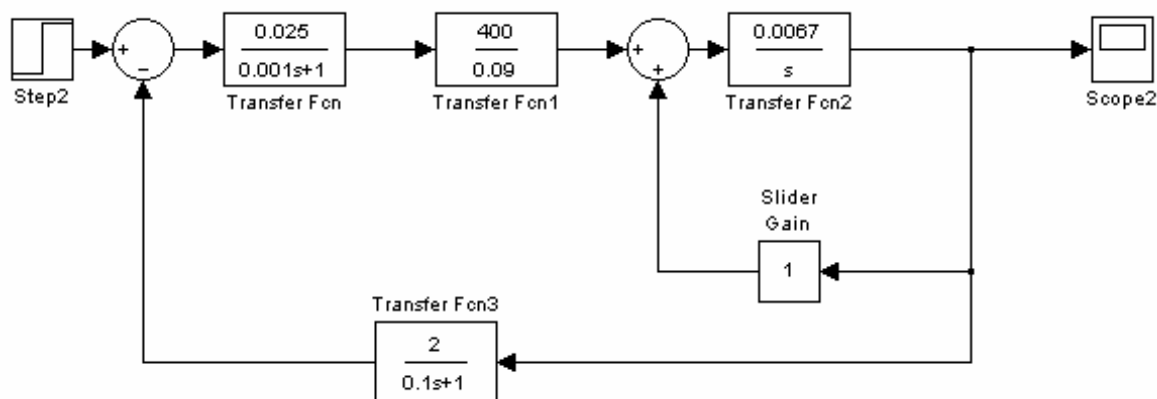
3.9 pav. Lanko įtamos ARS matematinis modelis

Naudojantis 3.9 pav. gaunamas pereinamasis procesas parodytas 3.10 pav.

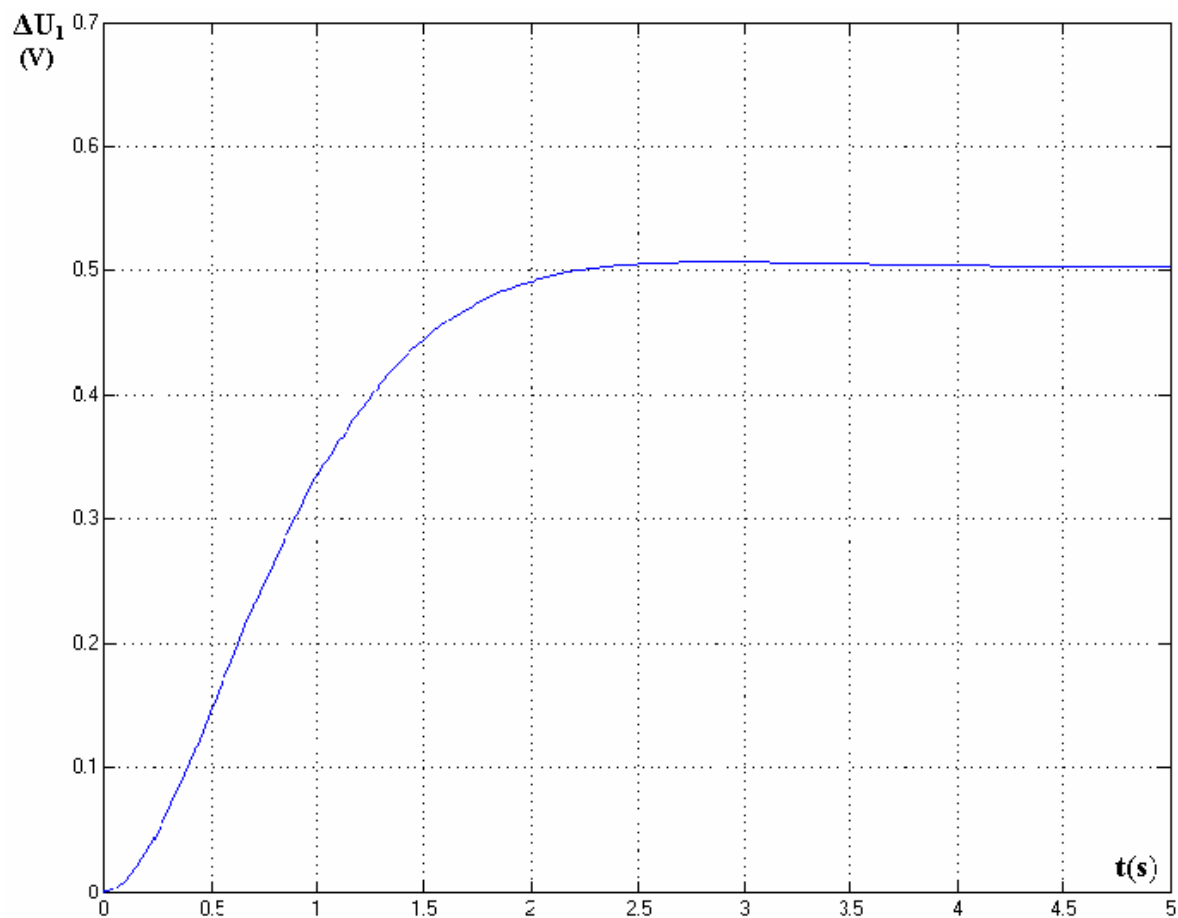


3.10 pav. Lanko įtampo pokyčio pereinamasis procesas, kai yra ilgas nusistovėjimo laikas

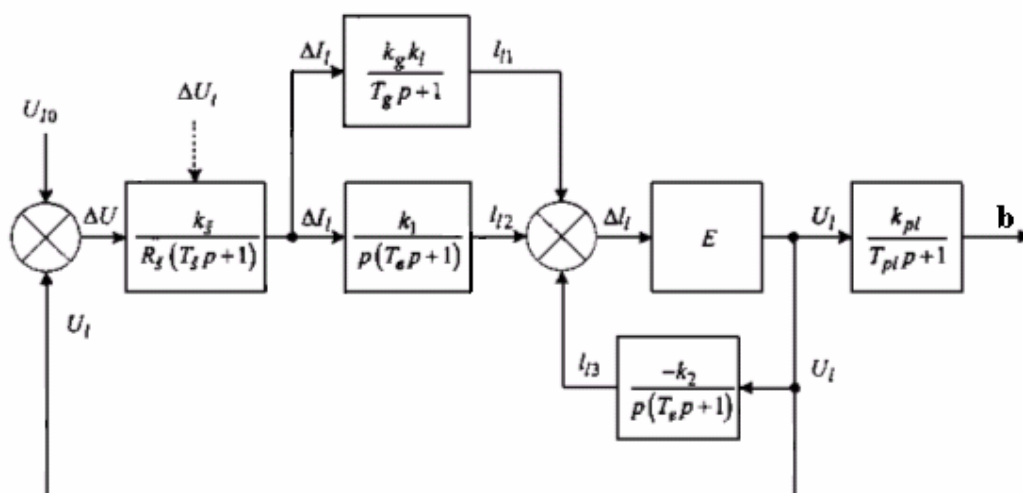
3.10 pav. pateiktas grafikas rodo kad 3.9 pav. pasirinkti parametrai nepatenkina suvirinime keliamu reikalavimų. Šiame pereinamajame procese nėra perreguliavimo, bet yra per didelis nusistovėjimo laikas, kuris yra lygus 50 sek. Todėl yra keičiamos matematinio modelio reikšmės 3.11 pav. kol gaunamas optimaliausias pereinamojo proceso grafikas 3.12 pav.



3.11 pav. Lanko įtampos ARS matematinis modelis

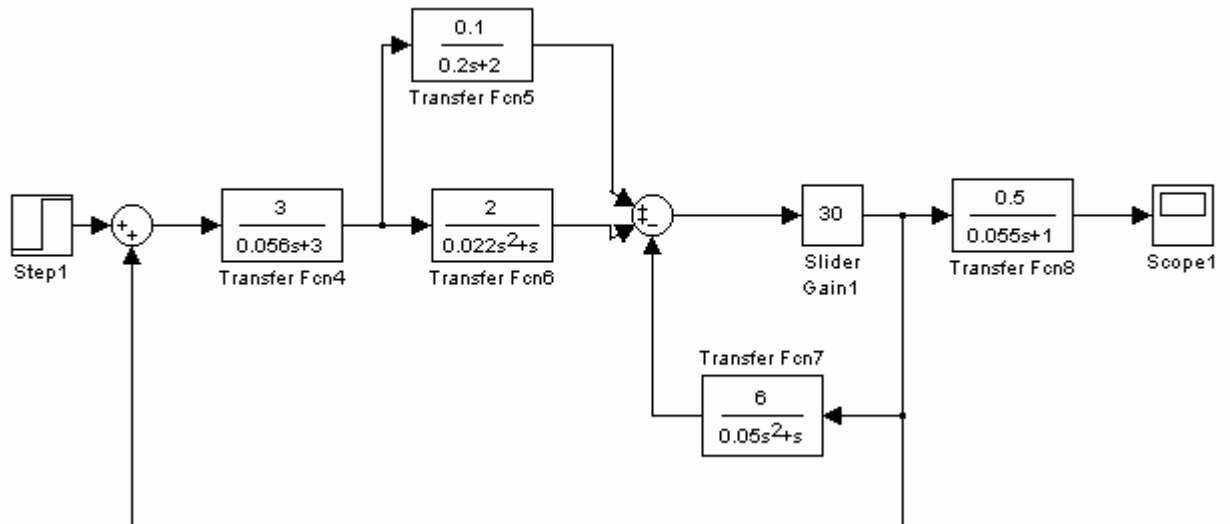


3.12 pav. Optimalus lanko įtampos pokyčio pereinamasis procesas

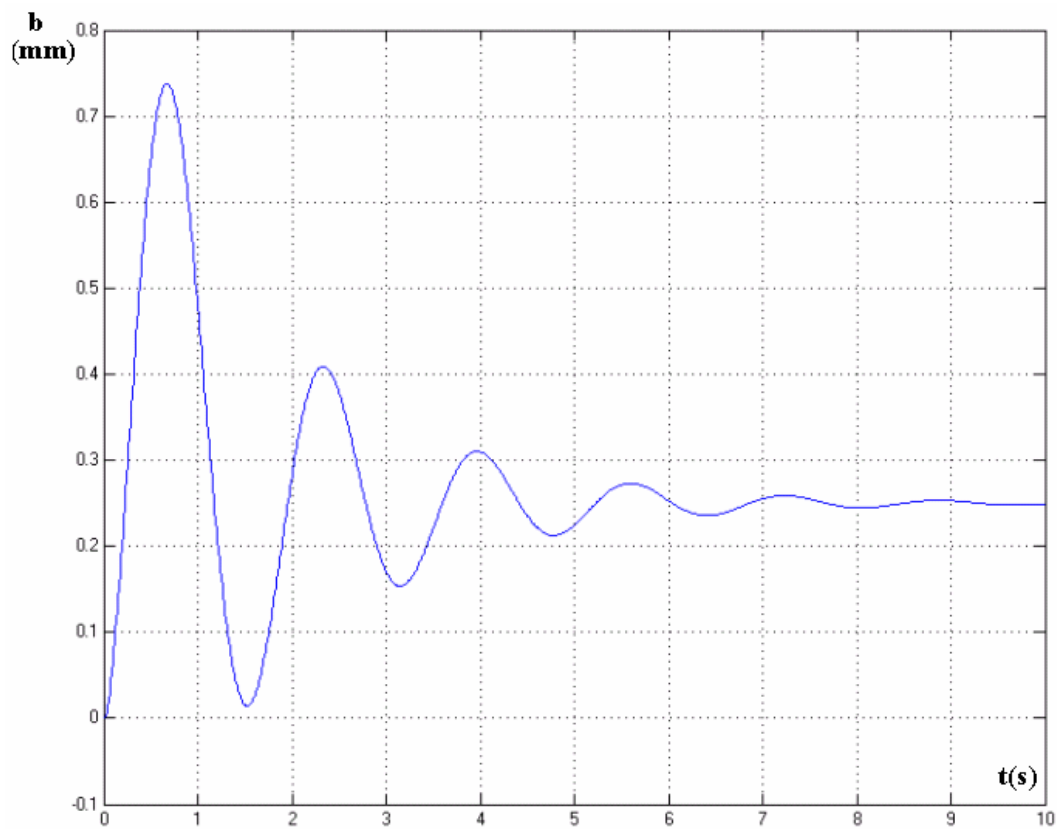


3.13 pav. Siulės pločio automatinės stabilizavimo sistemos struktūrinė schema

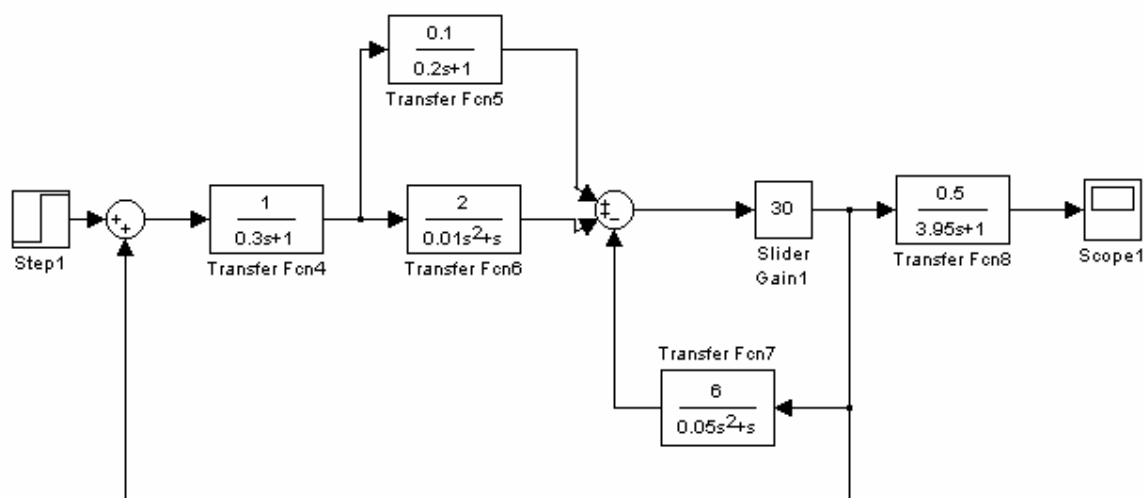
Pagal 3.13 pav. pateiktą struktūrinę schemą naudojantis Matlab programinės įrangos paketu sudaromas matematiniai siūlės pločio automatinės stabilizavimo sistemos modeliai (3.14, 3.16 ir 3.18 pav.) ir braižomi pereinamieji procesai, kurie parodyti 3.15, 3.17 ir 3.19 pav.



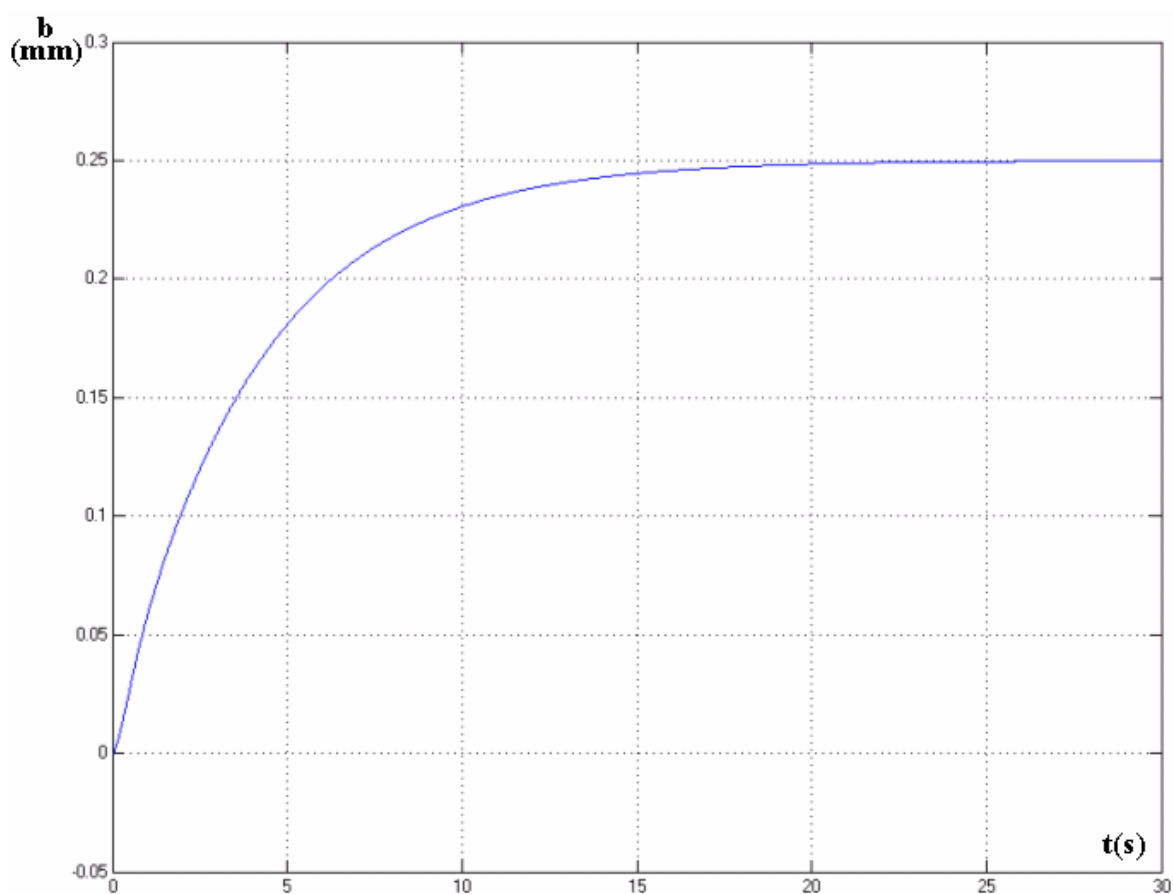
3.14 pav. Suvirinimo siūlės pločio automatinės stabilizavimo sistemos matematinis modelis



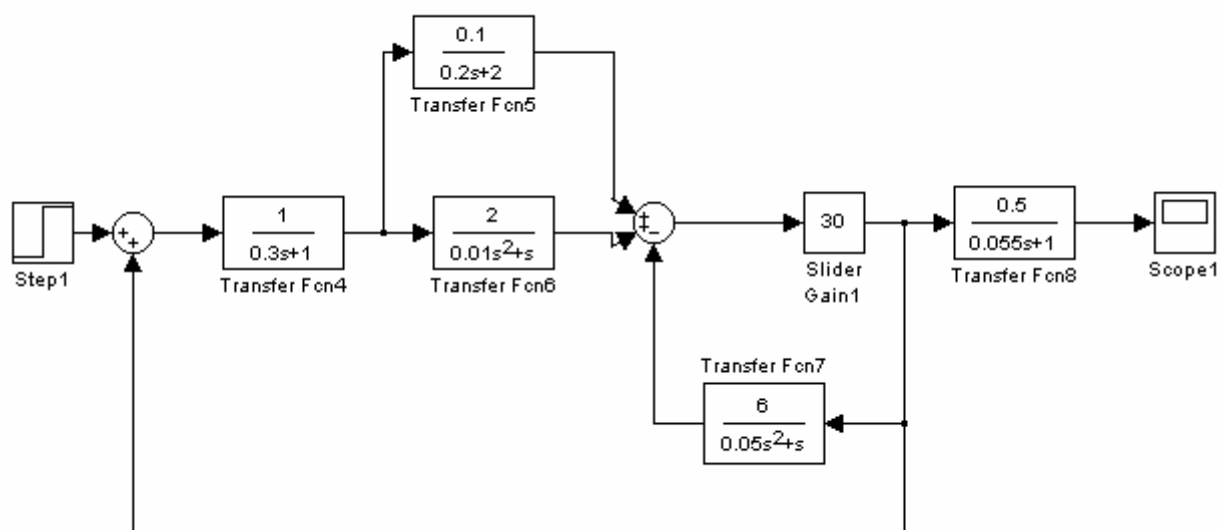
3.15 pav. Suvirinimo siūlės pločio švytuojantis pereinamasis procesas



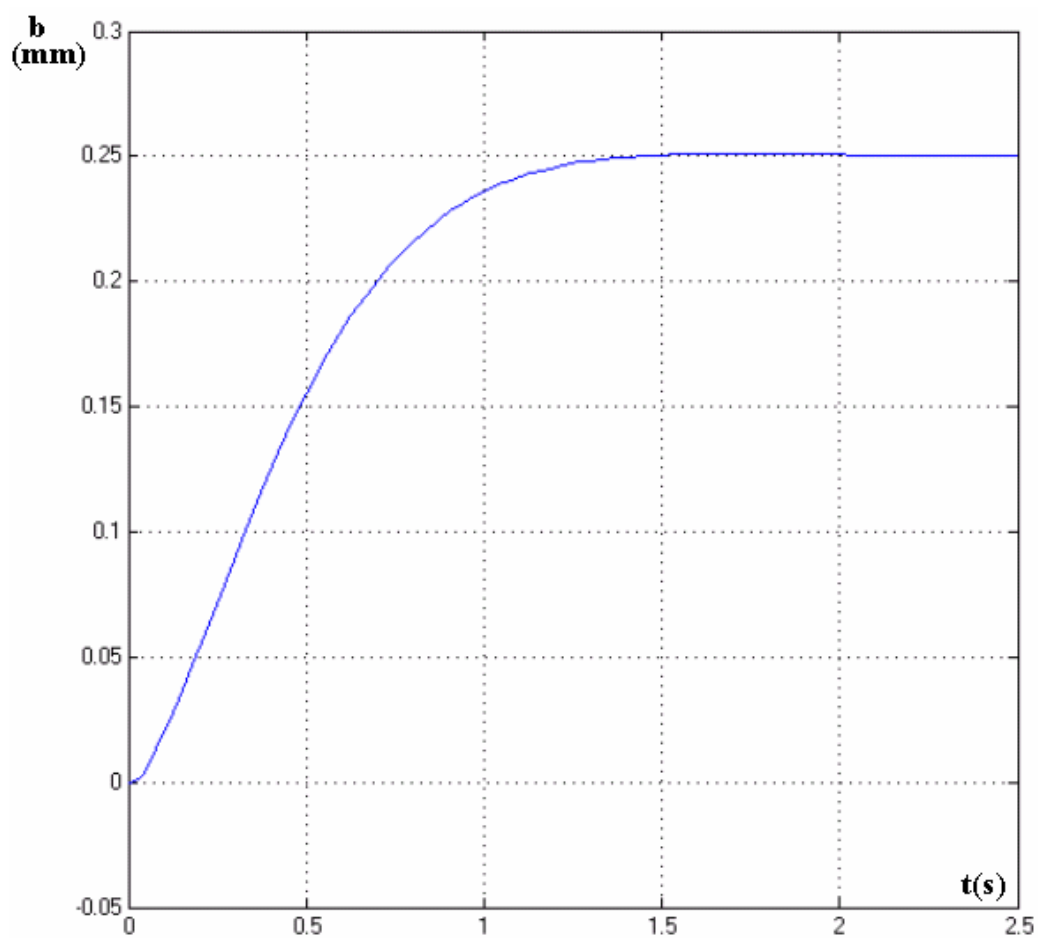
3.16 pav. Suvirinimo siūlės pločio automatinės stabilizavimo sistemos matematinis modelis



3.17 pav. Suvirinimo siūlės pločio pereinamasis procesas, kai yra ilgas nusistovėjimo laikas



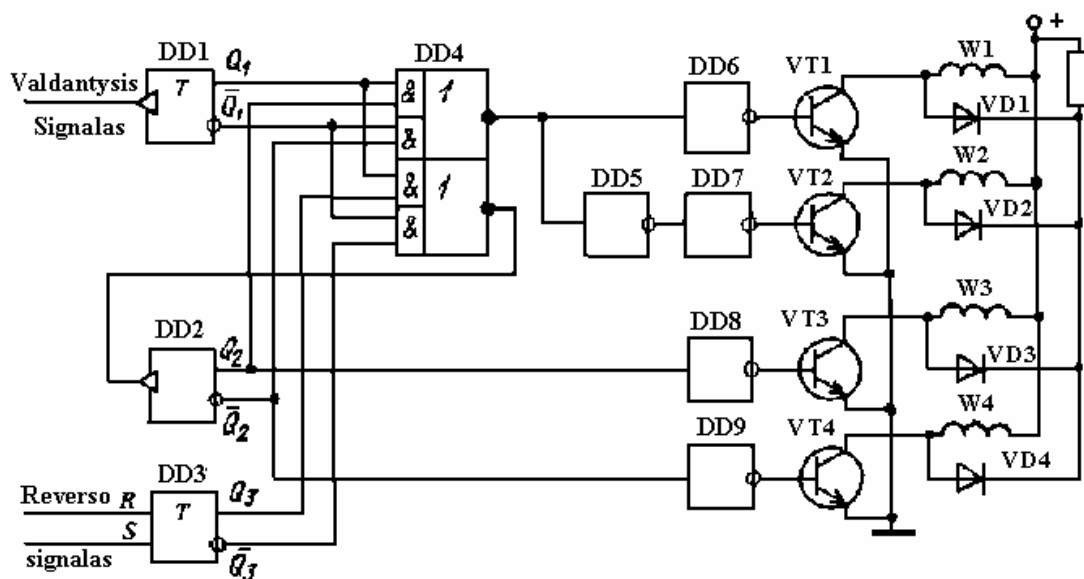
3.18 pav. Suvirinimo siūlės pločio automatinės stabilizavimo sistemos matematinis modelis



3.19 pav. Suvirinimo siūlės pločio optimalus pereinamasis procesas

Modeliavimo rezultatai rodo, kad atsiradę U_l ir I_l svyravimai iššaukia elektrodinės vielos ir pagrindinio metalo lydymosi greičio pokyčius. Šie faktoriai, kaip parodyta 3.1 pav., apsprendžia siūlės geometrinę formą bei jungties mechaninį atsparumą.

Kaip jau buvo minėta elektrolankinio suvirinimo kokybė labai priklauso nuo suvirinimo įrenginio elektros pavarų valdymo tikslumo, greitaeigiškumo ir gerų dinaminių savybių. Šiuolaikiniuose suvirinimo manipulatoriuose ir robotuose [10, 12] elektrodo laikiklio, vežimėlio ir elektrodinės vielos pastūmoms naudojamos tranzistorinės arba tiristorinės nuolatinės srovės elektros pavaros, pavaros su bekontakčiais ventiliniais varikliais, mažos galios dažninės asinchroninės pavaros ir diskretinės pavaros su žingsniniais varikliais. Žingsninių pavarų teigiamos savybės, lyginant su anksčiau minėtomis pavaromis, yra paprastumas, aukštas patikimumas, ilgaamžiškumas, nedidelė kaina ir pakankamai aukštas valdymo tikslumas. Todėl firmos, gaminančios naujausius suvirinimo įrenginius, gana plačiai naudoja, būtent žingsnines pavaras. Tokios pavaros principinė elektrinė schema parodyta 3.20 pav.



3.20 pav. Suvirinimo įrenginio vežimėlio pavaros su žingsniniu elektros varikliu principinė elektrinė schema

Žingsninio variklio valdantysis signalas iš mikroprocesorinės sistemos per mikroschemą DDI elektrinių impulsų pavidalu patenka į elektroninį komutatorių. Šis komutatorius, surinktas iš mikroschemų DD2 — DD9, vienkanelę impulsų seką keičia į variklio fazinę valdymo impulsų seką. Po to šie impulsai sustiprinami galios stiprintuvais VT1 - VT4 ir nukreipiami į žingsninio

variklio apvijas W1 - W4. Variklis reversuojamas RS trigeriu keičiant valdymo impulsų fazių seką apvijose W1 - W4.

Suvirinimo įrenginių elektros pavaroms būdinga tai, kad jos veikia kintant apkrovai gana plačiose ribose, svyruojant tinklo įtampai nuo - 10 iki + 5% nominaliosios vertės bei kintant aplinkos temperatūrai nuo - 45 iki + 50 C. Todėl pastaruoju metu kuriamos elektros lanku suvirinimo įrenginių mikroprocesorinės valdymo sistemos, kurios kontroliuoja suvirinimo srovę, lanko įtampą bei jo ilgį, atskirų operacijų atlikimo seką, valdo laikiklio, vežimėlio ir elektrodinės vielos judesį erdvėje, orientuoja elektrodo taikiklį suvirinamųjų detalių atžvilgiu, automatiškai suderina vielos pastūmos ir jos lydymosi greičius.

Nusistovėjusio suvirinimo proceso metu vežimėlio, vielos pastūmos ir jos lydymosi greičiai turi būti vienodi ir pastovūs:

$$V_v = V_e = \text{const.} \quad (3.8)$$

4. IŠVADOS

1. Pastaruoju metu mūsų šalies suvirinimo srityje priimami tarptautiniai ir Europos Sąjungos standartai, kuriuose nurodyti gana griežti suvirinimo kokybės reikalavimai. Todėl vis daugiau pasirodo mokslinių darbų, kuriuose nagrinėjamos suvirinimo elektros lanku problemos.
2. Literatūros analizė rodo, kad esami automatiniai ir pusiau automatiniai suvirinimo elektros lanku įrenginiai ir jų valdymo sistemos neužtikrina naujų siūlės formavimo kokybės reikalavimų. Todėl skaičiuojant ir projektuojant šiuos įrenginius, susiduriama su lanko įtampos ir siūlės geometrinės formos reguliavimo ir stabilizavimo problemomis. Siekiant pašalinti šiuos sunkumus vis dažniau nagrinėjami suvirinimo elektros lanku pereinamieji procesai.
3. Šiame darbe suvirinimo elektros lanku procesų automatizavimui sudaryta suvirinimo kontūro funkcinė schema, taip pat lanko įtampos mikroprocesorinės reguliavimo sistemos funkcinė schema, kurioje panaudotas grįžtamasis ryšys pagal lanko įtampą. Pagal šią schemą galima analizuoti darbo metu suvirinimo procesą veikiančius trikdžius.
4. Suvirinimo procesų kompiuteriniam moduliavimui naudojamas programinis paketas Matlab, pagal kurį sudaryti lanko įtampos ARS ir siūlės pločio automatinės stabilizavimo sistemos struktūrinių schemų elektroniniai modeliai. Naudojantis šiais modeliais, gauti lanko įtampos ir siūlės pločio pereinamieji procesai, esant įvairiems suvirinimo kontūrų parametrų deriniams.
5. Modeliavimo rezultatai įgalina analizuoti įvairių trikdžių įtaką suvirinimo procesui ir parinkti optimalius suvirinimo kontūro parametrus.
6. Gauti rezultatai gali būti pritaikyti automatinuose suvirinimo įrenginiuose ir įdiegiami firmose, gaminančiose šiuos įrenginius.

5. LITERATŪRA

1. Elektrotechnikos terminų žodynas. Red. Smilgevičius A., Žebrauskas S. Kaunas, 1999. 871 p.
2. Liaudis B. Suvirinimo procesų teorija. Vilnius, 1987. 132 p.
3. Januševičius V., S. Automatinis valdymas. Kaunas. Technologija. 2003. 9-13 p.
4. Naruškevičius J. Suvirinimo vadovas. Vilnius, 2000. 346 p.
5. Naruškevičius J. Elektrotechnika suvirinime. Mokomoji knygelė. Vilnius, 1999. 142 p.
6. Starkus B., Nešukaitis V. Puslaidininkiniai lygintuvai ir inventoriai. Paskaitų konspektas. Kaunas, 1976. 47 p.
7. Teišerskas Č. Automatinio valdymo teorija. Mokomoji knygelė. Vilnius, 1986. 100 p.
8. Radzevičius L. Elektros pavarų valdymo sistemos. Mokomoji knygelė. Vilnius, 1986. 75 p.
9. Naruškevičius J., Valaitis V., Narkevičius J. ir kt. Suvirinimo įrenginiai ir technologija.
10. Adamonis D., Žunda A. Suvirinimo standartai, procesų klasifikacija ir jungčių paruošimas // Agroinžinerija ir energetika. Mokslo ir gamybos žurnalas. LŽŪU. 2003. 3-11 p.
11. Kazakevičius Č. Elektrolankinio suvirinimo maitinimo šaltinių radijo trukdžiai // Proc. of X International Conference „Overvoltages in Power Electronic and Computer Engineering“-Bialystok, Poland, 1999. 79-83p.
12. LST EN 729-2:1999. Suvirinimo kokybės reikalavimai. Lydomasis metalų suvirinimas. 2 dalis. Išsamūs kokybės reikalavimai. Lietuvos standartizacijos departamentas. Vilnius. 11 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. Valiulis A. Specialūs suvirinimo būdai. Vilnius. Technika. 1993. 124 p.
17. Донской Н. В., Иванов А. Г. Управляемый выпрямитель в системах автоматического управления. Электроатомиздат. 1984. 352с.

18. Львов Н. С., Гладков Э.А. Автоматика и автоматизация сварочных процессов.: Учеб. Пособие для вызов по спец. “Оборуд и технология свароч. Пр-ва”. – М .: А. Г. Машиностроение. 1982. 302 с.
19. Цукерман М. Б. Источники питание сварочной дуги и электрошлакового процесса.: Учеб. Пособие для курсов инструкторов сварщиков по внедрению в нар. Хоз-ва передоаых способов сварки и наплавки металов. М.: Высшая школа. 1974. 237 с.
20. Оборудование для дуговой сварки. Справочное пособие/Подред. В. В. Смирнова. Электроатомиздат. Ленинград. 1986. 656 с.
21. Александров А. Г., Милютин В. С. Источники питания для дуговой сварки: Учеб. Пособие для подготовки рабочих на пр-ве. М.: Машиностроение.1982.79 с.
22. Браткова О. Н. Источники питания сварочной дуги. Учебник. М. Высшая школа. 1982. 182 с.
23. Александров А.Г., Заруба И. И., Пиньковский И. В., Эксплатация сварочного оборудования: Справочник рабочегою – К.: Будивэльнык. 1990. 224 с.
24. Новое оборудование для механизированной сварки и наплавки. Сб. Науч.тз./Редкол.: Чвертко А. И. (отв. Ред.) и др. Киев: ИЭС им. Патона Е. О. 1987. 82 с.
25. Soojarv J., Dragunov V. Switched Mode Power Supply for Welding Equipment // Elektronika ir elektrotechnika. Kaunas. Technologija. 1998. Nr. 4(17). P. 35-37
26. Pires J. Programming industrial robotic and automation equipment // Industrial Robot. 2000 . Vol. 27, No. 4. P. 279-287
27. 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. P. 55-57
28. 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
29. Bolmsjo G., Olsson M., Nikoleris G., Brink. Task programming of welding robots // Proc. Int. Conf. Joining Materials. JOM-7. 1995. P. 585.
30. Watson M. N., Oakley P. J., Dawes C. J. Laser Welding - Techniques and Testing // Metal Construction. 1985. No. 5.291. P. 288-291
31. Pires J. Using Matlab to interface industrial robotic and automation equipment // IEEE Robotics and Automation Magazine. 2000. P. 32-41
32. <http://www.atmel.com>.

33. <http://www.svarka.ru>