

ELEKTROMECHANINIŲ VYKDYMO SISTEMŲ ADAPTYVIŲJŲ VALDYMO METODŲ TYRIMAS

Nerijus Šulčius, Dainius Raudys

Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas

Įvadas

Pagrindinis automatinio valdymo sistemos įtaisas, užtikrinantis pageidaujamą sistemos valdymo kokybę, – *regulatorius*. Tačiau keičiantis valdomo objekto parametrų ar veikiant išoriniams nepageidaujamiems poveikiams (trikdžiams), sistemos valdymo kokybė prastėja. Todėl pastoviai sistemos valdymo kokybei palaikyti reikia koreguoti regulatoriaus valdymo dėsnį, parametrų vertes ar formuoti papildomus valdymo signalus. Tuomet toks regulatorius, įgalinantis keisti savo funkcionavimą, atsižvelgiant į valdomo objekto dinamikos pokyčius bei veikiančius trikdžius, yra vadinamas *adaptyviumu* [1]. Adaptivi automatinio valdymo sistema yra tokia, kurios valdymo poveikiai automatiškai keičiami siekiant palaikyti geriausią sistemos valdymo kokybę.

Elektromechaninėse valdymo sistemose vieni iš dažniausiai besikeičiančių parametrų sistemos darbo metu yra apkrovos bei inercijos momentų kitimas. Šių parametrų kitimo įtaka sistemos valdymo kokybei galėtų būti kompensuota skirtingo veikimo principų parametrinės ir signalinės adaptacijos metodais [2] bei P-PI keičiamos struktūros regulatoriumi [3, 4, 5], kuris tradiciškai naudojamas tik apkrovos momento įtakos valdymo kokybei pašalinti. Taigi, šio darbo *tikslas* – ištirti elektromechaninės vykdyimo sistemos adaptyvaus valdymo metodų tinkamumą sistemos parametrų kitimui kompensuoti.

Darbo tikslui pasiekti išskirti tokie *uždaviniai*:

1. Nustatyti parametrinės ir signalinės adaptacijos metodų tinkamumą elektromechaninės vykdyimo sistemos statinio apkrovos ir inercijos momentų kitimui kompensuoti.
2. Nustatyti elektromechaninės vykdyimo sistemos su P-PI keičiamo valdymo dėsnio greičio regulatoriumi tinkamumą inercijos momento kitimui kompensuoti.

Tyrimo metodas – kompiuterinis modeliavimas ir imitacija MATLAB/Simulink programa.

Parametrinės adaptacijos metodo tyrimas

Parametrinės adaptacijos principu veikiančios elektromechaninės vykdyimo sistemos modeliui sudaryti MATLAB/Simulink programa panaudotas nuolatinės srovės nepriklausomo žadinimo elektros va-

riklis. Pritaikytas hierarchinio (kaskadinio) valdymo principas, kai srovės valdymo kontūras yra pavaldus greičio valdymo kontūrai. Elektros variklio mechaninė dalis apibūdinama perdavimo funkcija

$$H_{Mech}(s) = \frac{k}{s}; \quad (1)$$

čia k_M – variklio mechaninės dalies koeficientas.

Pavaldus inkaro srovės valdymo kontūras aproksimuotas pirmos eilės atstojamąja perdavimo funkcija

$$H_{ink}(s) = \frac{k_{ink}}{2 \cdot T_K \cdot s + 1}; \quad (2)$$

čia k_{ink} – inkaro srovės valdymo kontūro koeficientas, T_K – galios keitiklio laiko pastovioji.

Greičio valdymo kontūras suderintas pagal kiekybinį optimumą ir tuomet gaunamas proporcinis (P) greičio regulatorius, kurio perdavimo funkcija

$$H_{GR}(s) = k_p, \quad (3)$$

čia k_p – proporcinio valdymo dėsnio koeficientas.

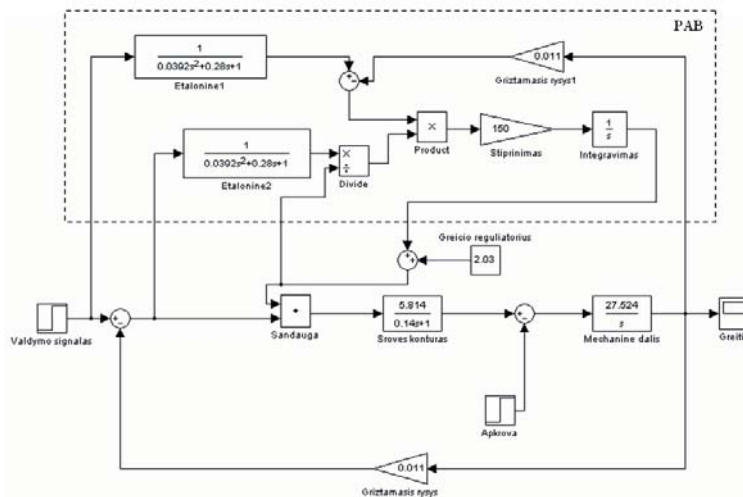
Suderinus sistemą pagal kiekybinį optimumą, gaunamas tinkamiausias greičio pereinamasis procesas – reakcija į šuolinį greičio nustatymo signalo pokytį, kai maksimalus dinaminis nuokrypis (maksimalus persvyris) siekia tik 4,32 % [2–5]. Tačiau pasikeitus darbo sąlygoms, t. y. pakitus sistemos inercijos ar apkrovos momentui, greičio valdymo kontūras yra išderinamas ir nebeužtikrina optimalaus greičio pereinamojo proceso, tuo pablogindamas sistemos valdymo kokybę. Todėl vėl reikalinga sistemą suderinti pagal kiekybinio optimumo kriterijų – reikia keisti greičio regulatoriaus proporcinio valdymo dėsnio koeficientą k_p . Tai atliekama lyginant elektromechaninės vykdyimo sistemos modelį su etaloniniu modeliu ir automatiškai keičiant greičio regulatoriaus koeficientą taip, kad būtų gaunamas kiekybinis optimumą atitinkantis greičio pereinamasis procesas. Tai ir yra parametrinės adaptacijos metodo esmė.

Etaloninio modelio perdavimo funkcija, atitinkanti kiekybinį optimumą

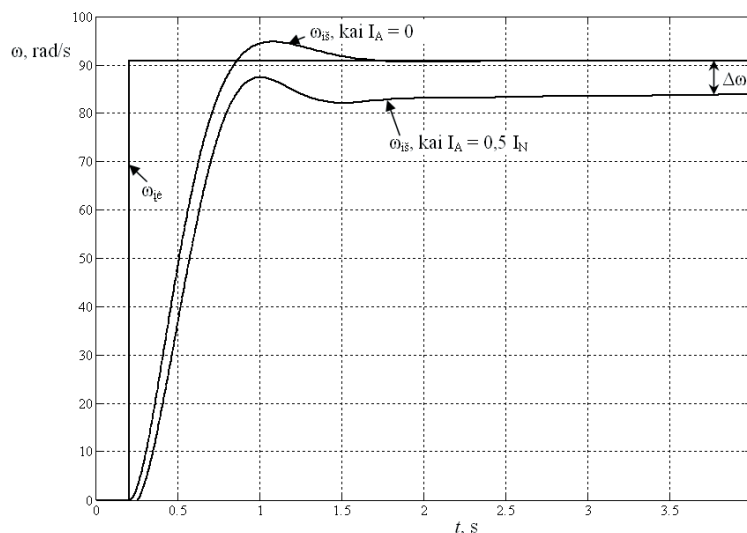
$$H_{etalon}(s) = \frac{1}{8 \cdot T_K^2 \cdot s^2 + 4 \cdot T_K \cdot s + 1} \quad (4)$$

Elektromechaninės vykdymo sistemos su parametrinės adaptacijos bloku (PAB) modelis MATLAB/Simulink programa pateiktas 1 pav. Greičio pereinamojo proceso kreivės – reakcijos į šuolinį greičio nustatymo signalą, keičiantis apkrovai pateik-

tos 2 pav. Iš paveikslų matyti: kai statinės apkrovos srovė $I_A = 0$, tuomet gaunamas kiekybiškai optimalus greičio pereinamasis procesas (dinaminis nuokrypis neviršija 5 %, trumpa reguliavimo trukmė), tačiau veikiant apkrovai, kai jos srovė lygi pusei nominaliosios srovės, pasibaigus sistemoje pereinamajam procesui gaunamas statinis greičio nuokrypis $\Delta\omega$, kuris nėra nepageidaujamas.



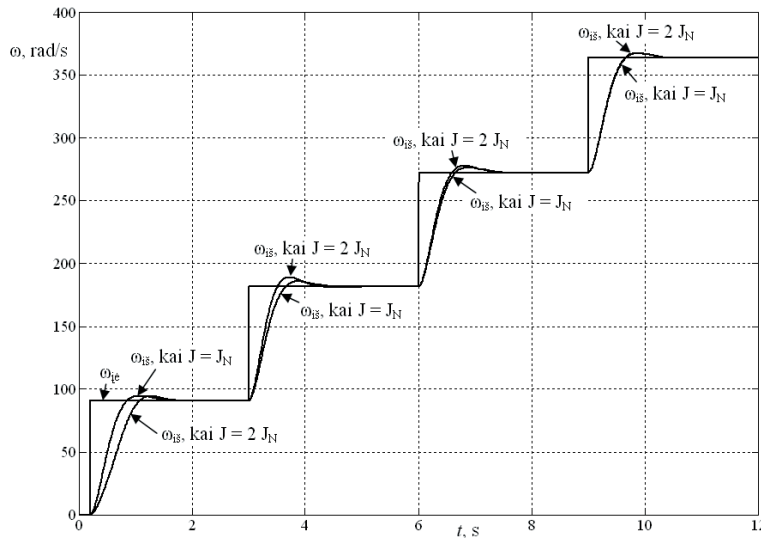
1 pav. Parametrinės adaptacijos principu veikiančios elektromechaninės vykdymo sistemos modelis MATLAB/Simulink programa



2 pav. Elektromechaninės vykdymo sistemos su parametrine adaptacija greičio pereinamojo proceso kreivės, keičiantis apkrovai

Greičio pereinamojo proceso kreivės – reakcijos į šuolinį greičio nustatymo signalą, keičiantis sistemos inercijos momentui J , kai nėra apkrovos, pateiktos 3 pav. Iš čia matyti, kad sistema adaptuojasi ne iš karto, o tik po kelių ciklų – po keleto greičio nu-

statymo signalo pokyčių išderintos sistemos, kai $J = 2 J_N$, išėjimo signalo kreivės kitimo forma pradeda sutapti su neišderintos sistemos, kai $J = J_N$, optimalia greičio pereinamojo proceso kreive [6].

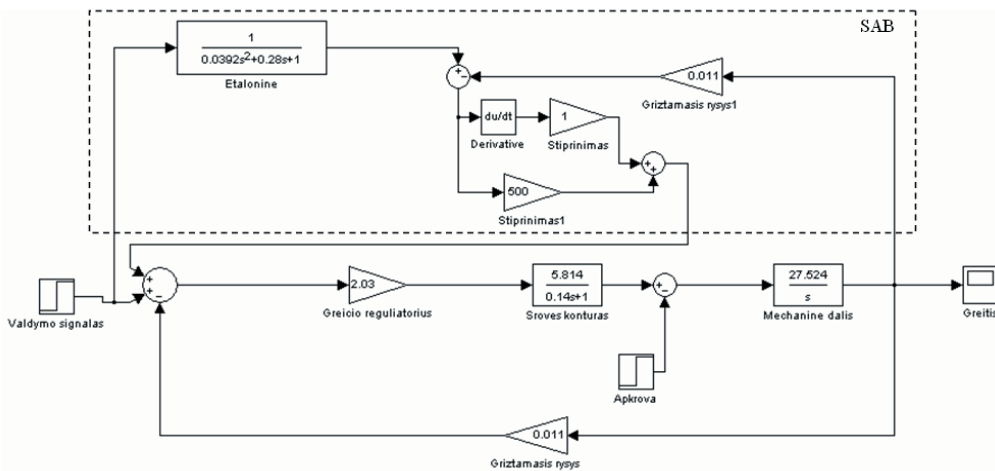


3 pav. Elektromechaninės vykdyto sistemos su parametrine adaptacija greičio pereinamojo proceso kreivės, keičiantis inercijos momentui

Signalinės adaptacijos metodo tyrimas

Signalinės adaptacijos metodo esmė – elektromechaninės vykdyto sistemos dinamika lyginama su etaloninio modelio greičio optimaliu pereinamuoju procesu, atitinkančiu kiekybinį optimumą ir pagal neatitikimą formuojamas papildomas valdymo signalas, veikiantis sistemos įėjime ir keičiantis sis-

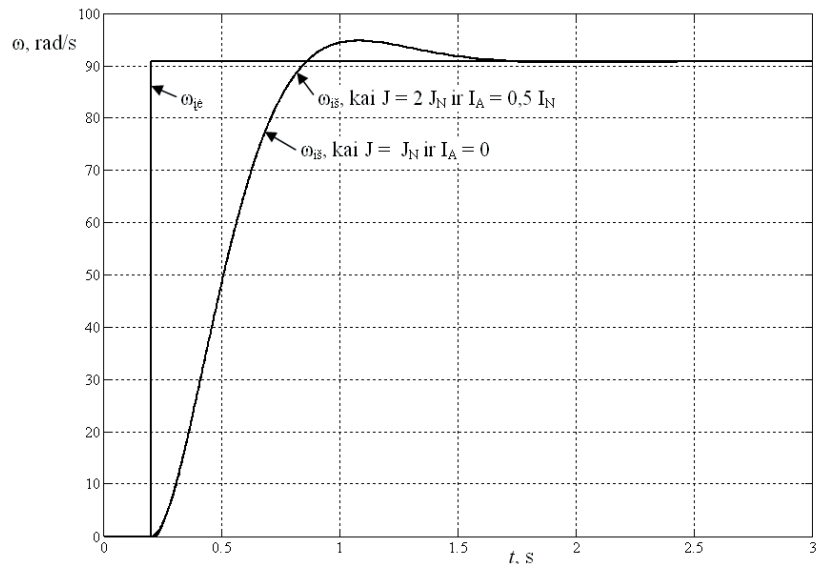
temos pereinamąjį procesą, kad atitiktų etaloninio modelio dinamiką. Šiuo atveju greičio regulatoriaus nei stiprinimo koeficiento vertė, nei valdymo dėsnis nekeičiami, jie išlieka pastovūs. Elektromechaninės vykdyto sistemos (nuolatinės srovės elektros pavaros) su signalinės adaptacijos bloku (SAB) modelis MATLAB/Simulink programa pateiktas 4 pav.



4 pav. Signalinės adaptacijos principu veikiančios elektromechaninės vykdyto sistemos modelis MATLAB/Simulink programa

Greičio pereinamojo proceso kreivės – reakcijos į šuolinį greičio nustatymo signalą, keičiantis sistemos inercijos momentui ir apkrovai, pateiktos 5 pav., iš kurio matyti, kad sistema adaptuojasi iš karto, to paties ciklo metu – išderintos sistemos išėjimo signalo kreivės kitimo forma sutampa su neišderin-

tos sistemos optimalia greičio pereinamojo proceso kreive. Statinės apkrovos įtaka irgi pašalinama tuo išvengiant greičio statinio nuokrypio bei užtikrinant norimą gauti etaloninį greičio pereinamąjį procesą, atitinkantį kiekybinį optimumą [6].

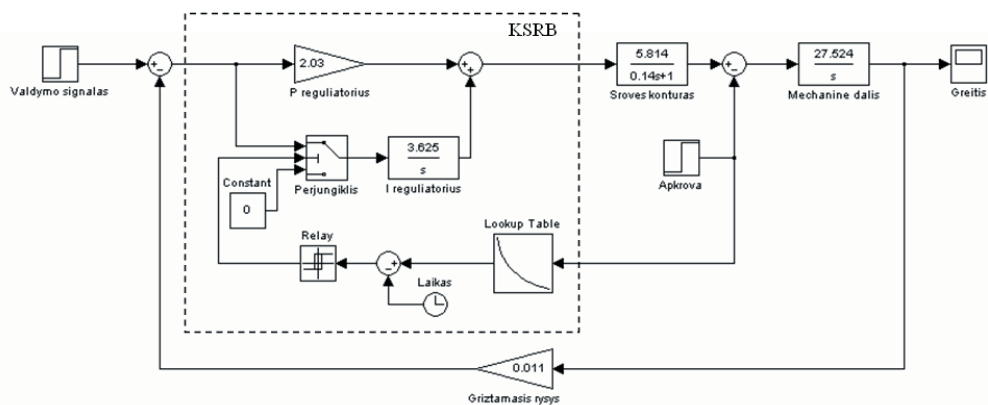


5 pav. Elektromechaninės vykdomo sistemos su signaline adaptacija greičio pereinamojo proceso kreivės, keičiantis inercijos momentui ir apkrovai

Keičiamo valdymo dėsnio reguliatoriaus tyrimas

Ankstesniais tyrimais [3, 4, 5] nustatyta, kad elektromechaninės vykdomo sistemos statinės apkrovos įtakai pašalinti gerai tinka P-PI keičiamos struktūros greičio reguliatorius, kurio valdymo dėsnis pereinamojo proceso metu automatiškai keičiamas iš proporcinio (P), suderinto pagal kiekybinį optimu-

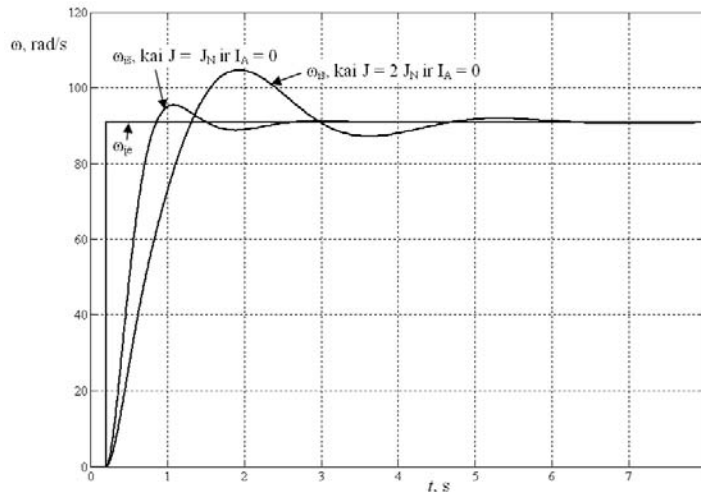
mą, į proporcinį integruojantį (PI), suderintą pagal simetrinį optimumą. Tačiau iki šiol nebuvo tirta, kaip toks keičiamos struktūros greičio reguliatorius reaguos į sistemos parametru – inercijos momento pokytį. Elektromechaninės vykdomo sistemos su keičiamos struktūros reguliatoriaus bloku (KSRB) modelis MATLAB/Simulink programa pateiktas 6 pav.



6 pav. Elektromechaninės vykdomo sistemos su keičiamos struktūros reguliatoriumi modelis MATLAB/Simulink programa

Greičio pereinamojo proceso kreivės – reakcijos į suolinį greičio nustatymo signalą, keičiantis sistemos inercijos momentui, pateiktos 7 pav., iš kurio matyti, kad, esant išderintai sistemai, P-PI keičiamos

struktūros reguliatorius nebeužtikrina optimalios greičio pereinamojo proceso dinamikos – dinaminis nuokrypis viršija 5 % ir padidėja iki 15 % – pablogėja sistemos valdymo kokybė [6].



7 pav. Elektromechaninės vykdyto sistemos su keičiamos struktūros reguliatoriumi greičio pereinamojo proceso kreivės, keičiantis inercijos momentui

Išvados

1. Nustatyta, kad *parametrinė adaptacija* turi trūkumų – adaptuojamasi tik po kelių ciklų, veikiant apkrovai, gaunamas statinis greičio nuokrypis. Taigi parametrinės adaptacijos metu kompensuojamas inercijos momento pokytis, tačiau nekompensuojama apkrovos momento įtaka sistemos valdymo kokybei.
2. Atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad *signalinės adaptacijos* metu adaptuojamasi iš karto to paties ciklo metu. Statinės apkrovos įtaka pašalinama tuo išvengiant greičio statinio nuokrypio bei užtikrinant pageidaujamą pereinamąjį procesą. Taigi, taikant signalinę adaptaciją, kompensuojami tiek inercijos, tiek ir apkrovos momentų pokyčiai.
3. Nustatyta, kad, taikant P-PI keičiamos struktūros reguliatorių, nekompensuojama inercijos momento pokyčio įtaka sistemos valdymo kokybei – 3 kartus padidėja dinaminis nuokrypis – pablogėja sistemos valdymo kokybė.
4. Remiantis tyrimų rezultatais, konstatuota, kad tinkamiausias metodas elektromechaninės vykdyto sistemos parametru kitimui kompensuoti

yra signalinės adaptacijos metodas, kompensuojantis inercijos ir apkrovos momentų pokyčių įtaką sistemos valdymo kokybei.

Literatūra

1. Astrom K. J., Wittenmark B., 1994, *Adaptive Control*. Addison-Wesley.
2. Geleževičius V., Kriščiūnas K., Kubilius V., 1990, *Elektros pavarų valdymo sistemos*. Vilnius: Mokslas.
3. Šulčius N., 2009, Kintamos struktūros greičio reguliatoriaus realizavimo elektromechaninėje vykdyto sistemoje tyrimas. *Jaunujų mokslininkų darbai*. Nr. 3(24). P. 132–136.
4. Šulčius N., Mikulskis A., 2009, Proporcinio – proporcinio integruojančio kintamos struktūros greičio reguliatoriaus tyrimas. *Jaunujų mokslininkų darbai*. Nr. 3(24). P. 137–141.
5. Šulčius N., Malinauskas G., 2011, Elektromechaninės greičio valdymo sistemos su keičiamos struktūros reguliatoriumi tyrimas. *Jaunujų mokslininkų darbai*. Nr. 3(32). P. 131–136.
6. Raudys D., 2011, Adaptyvaus valdymo elektromechaninių vykdyto sistemų tyrimas. *Magistro darbas*. Šiaulių universitetas.

ANALYSIS OF ADAPTIVE CONTROL METHODS OF ELECTROMECHANICAL SERVO SYSTEMS

Nerijus Šulčius, Dainius Raudys

Summary

The article deals with suitability of methods of adaptation of electromechanical servo systems for the compensation for change in load and inertia moments in electromechanical servo systems. The simulation results obtained using MATLAB/Simulink software demonstrate that the parametric adaptation principle has disadvantages – adaptation is not

instantaneous, it occurs only after a few cycles and the static load causes the static deviation of the speed. Adaptation is instantaneous during signal adaptation, it occurs within the same cycle. Static deviation of the speed is avoided and desirable speed transient regime is ensured. The P-PI variable structure speed controller does not compensate for the influence of change in inertia moment on the quality of control of the system – the speed dynamic deviation increases 3 times. Thus the most suitable method for the compensation for the change in parameters of the electromechanical servo system is the signal adaptation method that compensates for the influence of changes in the moments of inertia and load torque on the control quality of the system.

Keywords: parametric adaptation, signal adaptation, P-PI speed controller, electromechanical servo system.

ELEKTROMECHANINIŲ VYKDYMO SISTEMŲ ADAPTYVIŲJŲ VALDYMO METODŲ TYRIMAS

Nerijus Šulčius, Dainius Raudys

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjamas elektromechaninių vykdymo sistemų adaptacijos metodų tinkamumas sistemos statinio apkrovos ir inercijos momentų kitimui kompensuoti. Modeliavimo rezultatai MATLAB/Simulink programa rodo, kad parametrinė adaptacija turi trūkumų – adaptuojamasi tik po kelių ciklų, veikiant apkrovai gaunamas statinis greičio nuokrypis. Signalinės adaptacijos metu adaptuojamasi iš karto to paties ciklo metu. Statinės apkrovos įtaka pašalinama tuo išvengiant greičio statinio nuokrypio bei užtikrinant pageidaujamą sistemos greičio pereinamąjį procesą. Nustatyta, kad, taikant P-PI keičiamos struktūros greičio reguliatorių, nekompensuojama inercijos momento pokyčio įtaka sistemos valdymo kokybei – tris kartus padidėja greičio dinaminis nuokrypis. Taigi, tinkamiausias taikytinas metodas elektromechaninės vykdymo sistemos parametų kitimui kompensuoti yra signalinės adaptacijos metodas, kompensuojantis inercijos ir apkrovos momentų pokyčių įtaką sistemos valdymo kokybei.

Prasminiai žodžiai: parametrinė adaptacija, signalinė adaptacija, P-PI greičio reguliatorius, elektromechaninė vykdymo sistema.

Įteikta 2012-04-27