

DEVELOPMENT OF STUDY CONTENT AND METHODS IN AUTOMATIC CONTROL FOR MECHANICAL ENGINEERS**MEHĀNIKAS INŽENIERU STUDIJU SATURA UN METOŽU PILNVEIDE AUTOMĀTISKAJĀ VADĪBĀ****Jānis Kaņeps**

M.sc., Assistant professor,
Riga Technical University
Address: Ezermalas 6k-343, Riga LV-1006
Phone.: +371 67089357
Fax: +371 67089357
E-mail: janis.kaneps@rtu.lv

Atslēgas vārdi: mehānikas inženieru studijas, mācību laboratoriju aprīkojums, vizuālā programmēšana, Grafacet

Ievads

Tehnikas un tehnoloģiju attīstības dēļ pakāpeniski mainās arī mehānikas un mašīnbūves inženieru darba uzdevumi, kā arī zināšanu un prasmju kopums, kas nepieciešams sekmīgam darbam savā specialitātē. Mūsdienīgās iekārtās arvien vairāk izmanto elektro-, pneimo- un hidroautomātikas elementus, modernas piedziņas un sensorus, kā arī programmējamās vadības sistēmas. Mūsdienās tās bieži sauc par mehatroniskām, bet agrāk vienkārši par automatizētām ražošanas iekārtām. Tā kā mehānikas un mašīnbūves nozares speciālistu darbība var būt saistīta ar šādu iekārtu projektēšanu, ražošanu, uzstādīšanu, uzraudzību, pilnveidošanu un remontu, šo speciālistu kvalificēts darbs nav iespējams bez pienācīgām zināšanām minētajās jomās. Te ir runa ne tikai par speciālistiem ar mehatroniķa kvalifikāciju, bet arī par konstruktoriem un citiem speciālistiem mehānikas un mašīnbūves jomā. Savukārt Latvijas tehniskās izglītības iestādēm un vispirms jau Rīgas Tehniskajai universitātei šo specialitāšu studentiem jāspēj tādas zināšanas dot.

Problēmas mehānikas un mašīnbūves nozares studentu studijās automātiskās vadības jomā

Papētot situāciju RTU šajā jomā, var secināt, ka ir nepieciešama studiju satura un metožu pilnveide mehānikas un mašīnbūves nozarē studējošajiem. Pie šāda secinājuma noved vairāki fakti.

Vēl pirms neilga laika RTU šajā nozarē bija atrodamas studiju programmas, kurās automātikas, elektrotehnikas un elektronikas, tehniskās informātikas u.tml. zināšanu apguvei bija atvēlēts labi ja 3 – 4% no kopējā studiju laika un daudzi pilnvērtīgai inženiera izglītībai svarīgi jautājumi netika apgūti vispār. Tas mūsdienu situācijā šķiet pilnīgi nepieļaujami. Pēdējā laikā stāvoklis šajā ziņā nedaudz uzlabojies, taču daudzas problēmas nav atrisinātas joprojām, piemēram, pārāk maz uzmanības tiek veltīts praktiskajām un laboratorijas nodarbībām. Problēmu vēl vairāk saasina tas, ka studenti savā iepriekšējā izglītībā bieži vien nepietiekamā līmenī ir apguvuši tādas minētajai jomai svarīgus mācību priekšmetus kā fizika un informātika. Tā rezultātā RTU mehānikas un mašīnbūves nozares studenti

savos studiju darbos ļoti bieži pieļauj tādas kļūdas, kas nebūtu pieļaujamas pat vispārizglītojošās skolas skolniekiem, piemēram, vienkāršās un pārskatāmās elektriskajās ķēdēs pieļauj īssavienojumus un pat īsti neizprot to būtību un sekas. Savukārt, izpildot studiju projektus, kur nākas risināt arī vienkāršus automatikas uzdevumus, studenti patstāvīgi šos uzdevumus nespēj atrisināt, cenšas no tiem izvairīties vai piedāvā kaut kur aizgūtus novecojušus tehniskos risinājumus.

Šīm problēmām ir vairāki acīm redzami cēloņi. Piemēram, īsajā un tīri teorētiskajā elektrotehnikas un elektronikas kursā, kuru apgūst minēto specialitāšu studenti, laikam patiešām iespējams apgūt labi, ja tikai elektrotehnikas teorētiskos pamatus un gandrīz neko nevar uzzināt par elektriskajām mašīnām, ciparu shēmām, mikroprocesoru vadības sistēmām un citiem svarīgiem jautājumiem. Savukārt datormācībā, kurā galvenā uzmanība pie mums tiek pievērsta matemātikas un mehānikas uzdevumu datorizētai risināšanai, neatliek laika un varbūt arī vēlēšanās sniegt sākuma zināšanas, piemēram, algoritmu teorijā un programmēšanas pamatos. Arī savā iepriekšējā izglītībā vidusskolā mūsu studenti lielākoties apguvuši tikai lietišķo informātiku (*MS Office* u.tml.), tā kā ar programmēšanu saistītas zināšanas viņiem pilnībā trūkst. Ar to arī zināšanu pamatu apguve automatizētās vadības jomā daudzās specialitātēs beidzas.

Lai turpinājumā sekmīgi un mūsdienīgā līmenī varētu apgūt dažus specializējošus mācību priekšmetus, piemēram, ne sevišķi apjomīgo elektro-, pneimo-, hidroautomātikas kursu gandrīz vienīgā iespēja ir uzticēt virkni pamatjautājumu studentiem apgūt patstāvīgi pēc norādītās literatūras, taču metodiski tas laikam nebūtu gluži pareizi. Turklāt patstāvīgām studijām, kas dažkārt būtu jādara arī svešvalodās pat no viegli pieejamas literatūras liela daļa mūsu studentu pagaidām nav gatavi.

Viss iepriekš minētais it kā virza uz to, lai mehānikas un mašīnbūves nozares studenti darbojas tikai savā mehānikas jomā un citas ar mehāniku šķietami mazāk saistītas zināšanas apgūst tikai vispārizglītojošā līmenī un gandrīz bez nekādām praktiskām iemaņām. Tomēr reālā dzīve bieži vien prasa ko citu. Dažādu Latvijas uzņēmumu vadošie speciālisti, kādreizējie mūsu mehānikas novirzienu studenti pie mums meklē un neatrod jaunos speciālistus, kas spētu sekmīgi uzsākt darbu automatizētu iekārtu konstruēšanas, apkāpes, uzstādīšanas un citās līdzīgās jomās. No otras puses, mūsu studentu aktīvākā daļa ar lielu entuziasmu piedalās Latvijā un ārzemēs organizētās robotikas un konstruēšanas sacensībās, kurās nākas praktiski risināt pat visai sarežģītus mehatronikas uzdevumus, viņi rosina diskusijas par jaunu studiju programmu veidošanu, piemēram, robotikā vai esošo programmu pilnveidošanu. Viņiem iegūt prasmes šādās jomās šķiet savai nākamai profesijai atbilstošs, nepieciešams un aizraujošs uzdevums, kuru ne visai atbalsta mācību iestāde, kurā viņi studē.

Eiropas Savienības valstu vispārējās izglītības iestāžu pieredze

No RTU studiju prakses šajā ziņā krasi atšķiras mācības ārzemju izglītības iestādēs. Nerunājot nemaz par tehniskajām universitātēm un koledžām [1], arī vispārējās izglītības iestādēs pēdējos gados ļoti aktīvi tiek sekmēta mehatronikai, robotikai un ražošanas automatizācijai raksturīgu zināšanu teorētiska un praktiska apguve jau agrīnā vecumā. Lūk, daži piemēri:

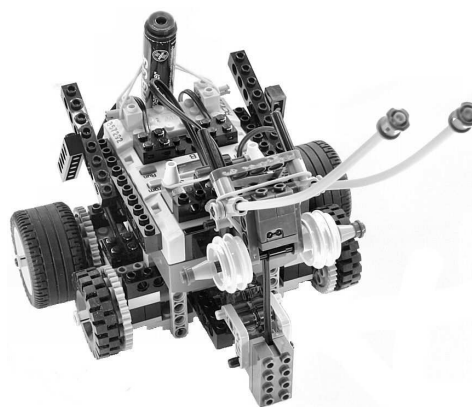
- Vācijas un vēlāk arī vairāku citu Eiropas Savienības valstu vispārizglītojošās skolās ar Fraunhofera institūta atbalstu no 2002. gada ļoti veiksmīgi tiek īstenots projekts „*Roberta*” un tā turpinājums „*Roberta-Goes-EU*” [2]. Projekts uzsākts, lai meitenēm sākot no 10 gadu vecuma un sievietēm pamodinātu interesi par tehniku, dabaszinātnēm, informātiku un sekmētu izpratni par tehniskajām sistēmām. Nodarbībās meitenēm tiek piedāvāts veidot ar datoru programmējamus mobilo robotu modeļus uz *Lego Mindstorms* sistēmu bāzes. Robotikas tēma šeit izvēlēta apzināti kā jauniešos interesi visvairāk saistošā un emocionāli visiedarbīgākā. Skolēnu darbs pie modeļu veidošanas un kāds no izveidotajiem modeļiem parādīts 1. attēlā. Pilnīgāku informāciju par projektu var iegūt no [3].
- Vācijā jauniešiem ar īpašām vajadzībām visai plaši tiek organizētas iepriekš aprakstītajām līdzīgās nodarbības – sk. [4].
- Vācijas skolās īstenots projekts „*Roboter in der Schule – RIDS*” [5].

Šajās un citās aktivitātēs, kuras organizē daudzās Eiropas skolās fizikas, amatu mācības un informātikas stundās pusaudžiem samērā īsā laikā vismaz praktisko iemaņu ziņā tiek iemācīts vairāk, nekā to spēj RTU lielākajai daļai mehānikas un mašīnbūves nozares studentu. Šo panākumu galvenie cēloņi ir sekojoši:

- Bez teorētiskajām nodarbībām skolēnu apmācībā liels īpatsvars ir praktiskajām/laboratorijas nodarbībām, kur katram skolniekam tiek nodrošināta darba vieta, kas apgādāta ar datoru un funkcionāli pilnvērtīgu aprīkojumu – parasti *Legu Mindstorms* vai *Fischertechnik* moduļiem, kuros bez dažādiem mehāniskiem pārvadiem ir integrētas mikroprocesoru vadības sistēmas, sensori un elektriskās vai pneimatiskās piedziņas. No šiem elementiem var samontēt dažādas sarežģītības pakāpes iekārtu modeļus bez papildus darba rīkiem. Skolēnu rīcībā ir arī viņu uztverei atbilstoši metodiskie materiāli, un darbus palīdz veikt pieredzējuši skolotāji. Tieši praktiskās nodarbības un taustāmie šo darbu rezultāti ir tie, kas skolēnos rada vislielāko interesi. 94 % projekta „Roberta” dalībnieces ir izteikušās ļoti pozitīvi par šīm nodarbībām.
- Izveidoto modeļu programmēšanai lielākoties tiek izmantotas samērā viegli apgūstamas vizuālās programmēšanas valodas (*LLWin*, *Icon-L*, *ROBOLAB*, *Microsoft Robotics Studio* u.c.), kuras lietojot galveno uzmanību var koncentrēt uz pareizu vadības algoritma/programmas izstrādi grafiskā formā un praktiski nav jāraizējas par tekstuālā programmēšanā raksturīgām sintakses kļūdām.

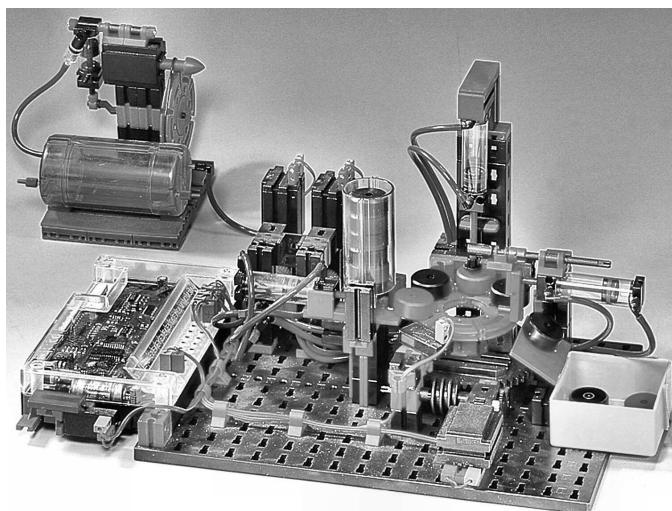


a)

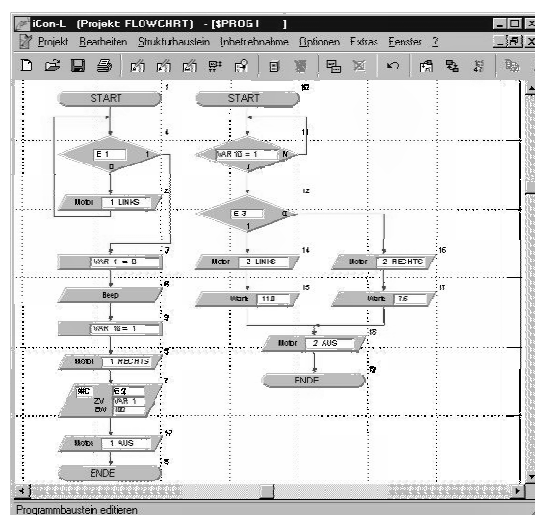


b)

1. att. Skolēnu darba vieta (a) un viens no darba rezultātiem (b) projektā „Roberta”



a)

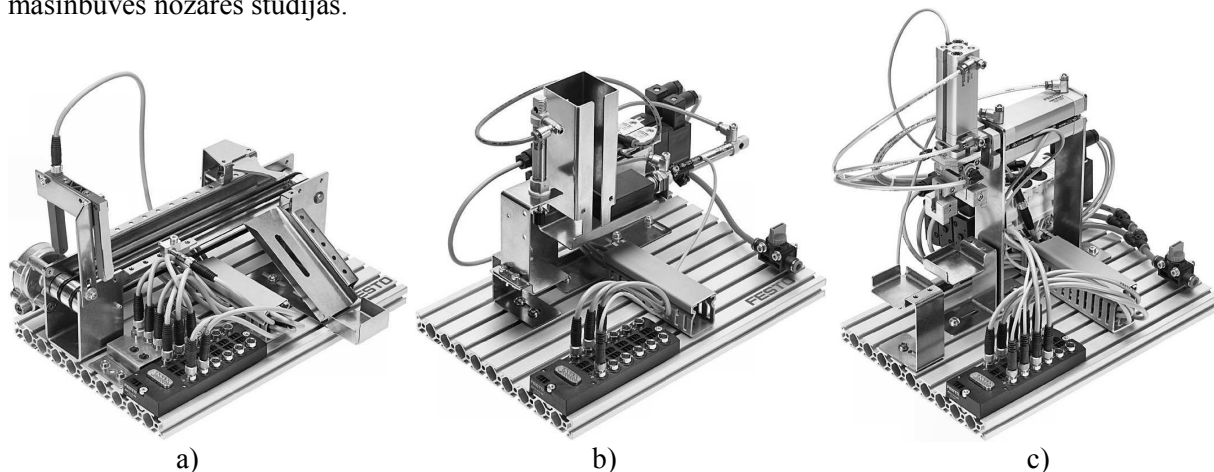


b)

2. att. *Fischertechnik* elementu pielietojums automāta modelī (a) un to vizuālās programmēšanas vide (b)

Lego un Fischertechnik elementus lieto ne tikai skolās, bet arī studentu apmācībai daudzās ārzemju universitātēs un koledžās, jo tie ir salīdzinoši lēti un no tiem var izveidot modeļus, kas ir funkcionāli tuvi rūpniecībā izmantojamām iekārtām. Tomēr tās ir tikai rotaļlietas, to konstrukcijai ir ļoti attāla līdzība ar analogām rūpnieciskām iekārtām un to ilgmūžība ir ierobežota. Tādēļ vairākas firmas piedāvā dažādiem izglītības līmeņiem piemērotas mācību sistēmas, kas veidotas no rūpniecībā plaši lietotām komponentēm. Te kā piemēru var minēt mācību sistēmu MacLab (sk. 3. attēlu), kuru nesēni sākuši ražot firma Festo Didactic. Šī mācību sistēma ir paredzēta galvenokārt skolēnu izglītībai, kaut arī tā, protams, varētu būt noderīga arī augstskolām.

Kaut arī iepriekš pieminētās aktivitātes ir izrādījušās ļoti sekmīgas ārzemju vispārīzglītojošām skolām, rodas jautājums cik lielā mērā šī pieredze ir izmantojama it kā pilnīgi atšķirīgajās RTU mehānikas un mašīnbūves nozares studijās.



3. att. Festo Didactic jaunās mācību sistēmas MecLab elektropneimatiskās mācību stacijas:
a – transportieris ar šķīrotāju; b – magazīna; c – manipulators

Kopējs izglītībai abos minētajos līmeņos ir neliels mācībām atvēlētais stundu skaits iztirzātajā jomā un priekšzināšanu trūkums apmācāmajiem. Tātad, no ārzemju skolu pieredzes būtu aizgūstamas tās idejas, kas studentiem maksimāli īsā laikā ar minimālām priekšzināšanām palīdz iegūt tādu zināšanu un prasmju kopumu, kas ļautu sekmīgi sākt darbu savā specialitātē mūsdienīgā līmenī un būtu pietiekami stabils pamats pašmācībai un tālākizglītībai nākotnē.

Laboratoriju aprīkojuma un programmatūru izvēles apsvērumi augstskolām

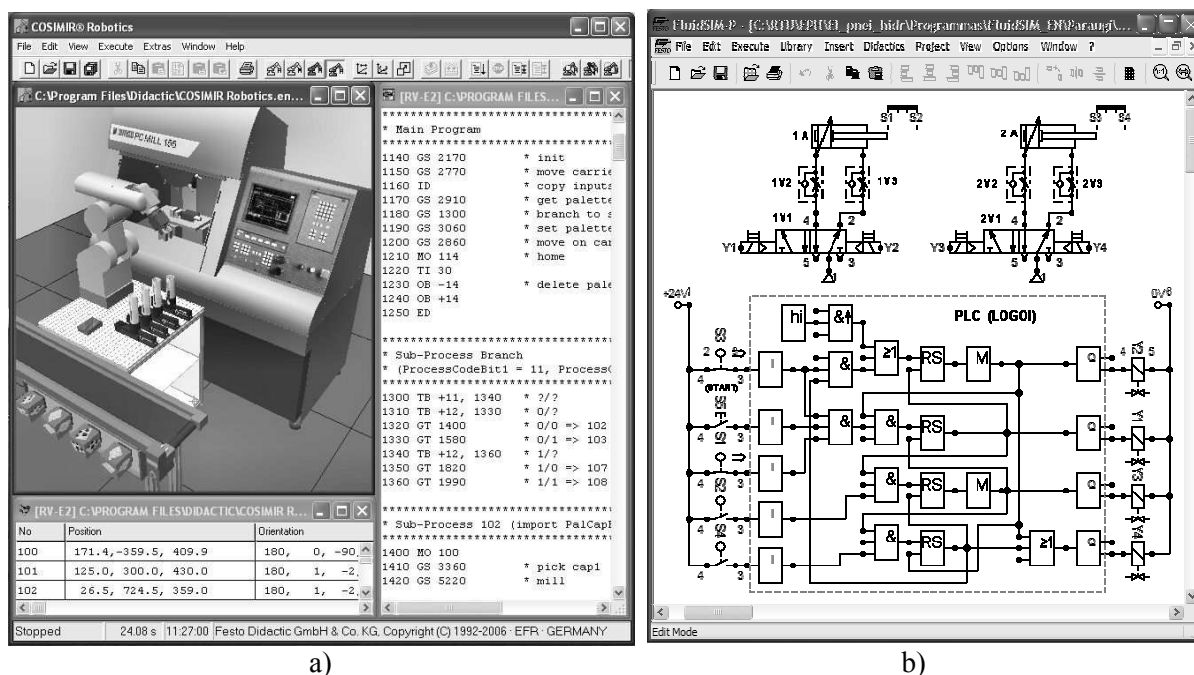
Laboratorijas aprīkojuma ziņā RTU struktūrvienībām, būtu jāizšķiras par labu iekārtām, kas veidotas no rūpniecībā lietotām komponentēm, jo tās studentiem mācību laikā ir jāredz un jāmacās ar tām praktiski rīkoties, turklāt tām ir arī daudz lielāks darba mūžs. Šādu aprīkojumu piedāvā, piemēram, Latvijā pārstāvēto firmu didaktikas nodaļas Festo Didactic un SMC International Training. Liekas, ka ierobežotu materiālo iespēju apstākļos būtu jāizvēlas tāda aparatūra, ar kuru var nokomplektēt individuālajam darbam pietiekamu darba vietu skaitu, pat ja tas notiek uz nedaudz samazinātu iekārtu funkcionālo iespēju rēķina. Piemēram, iepriekš pieminētās mācību sistēmas MecLab mācību stacijas ir 3 – 4 reizes lētākas nekā šīs pašas firmas piedāvātās un funkcionāli tikai nedaudz pārkāpās profesionālās izglītības iestādēm domātās MPS (Modular Production System) stacijas. Liekas, ka arī ar MecLab līmeņa sistēmām ir iespējams sasniegt tādu studentu zināšanu un prasmju līmeni, kas ļautu daudz efektīvāk uztvert informāciju tīri teorētiskās nodarbībās un demonstrāciju veida praktiskajās nodarbībās pie sarežģītākām iekārtām.

Papildus darbam ar laboratoriju iekārtām ievērojamu īpatsvaru mācībām augstskolā var piešķirt darbam ar programmatūru virtuālā vidē, kas visumā ir lētāka nekā aparatūra. Turklāt daudzos gadījumos šī programmatūra labāk nekā aparatūra palīdz izprast procesus, kas norisinās reālās iekārtās. Aplūkotajā jomā var izdalīt divu dažāda līmeņa programmatūru.

Pirmajai grupai piekļaujami programmatūra, piemēram, Festo piedāvātā COSIMIR (sk. 4. a attēlu), kur automātisku iekārtu 3D modeļiem izstrādā vadības programmas, un pēc tam virtuālā vidē pārbauda to darbību. Šī ir dārgākā programmatūras klase, taču lietotāji var izvēlēties pēc cenas un funkcionālajiem rādītājiem sev piemērotu programmatūras versiju.

Ar otrās grupas programmatūru darbība pamatā notiek pneimatisko, elektrisko, vai hidraulisko shēmu līmenī. Programmējamas vadības gadījumā vispirms ar šo programmatūru tiek izveidota vadāmajai iekārtai atbilstoša pneimatiskās, hidrauliskās vai elektriskās shēmas spēka daļa. Pēc tam tiek veidota tā vadības sistēmas daļa, kas izpilda ieplānoto izpildelementu darbības secību, parasti izmantojot vizuālās programmēšanas līdzekļus. Šai programmatūras grupai var piekļaut 4. b att. parādīto programmatūru FluidSIM, kuru diezgan plaši lieto RTU studenti, kā arī Automation Studio, autoSIM-200 u.c. Patiesību sakot, notiek virzība arī uz šīs klases programmatūras papildināšanu ar vadāmo iekārtu vienkāršotiem un ar programmu vadāmiem 2D un 3D modeļiem. Šīs grupas programmatūra visumā ir lētāka par sākumā minēto un ir ļoti noderīga mehānikas un mašīnbūves nozares studentiem.

Ar abu līmeņu programmatūru parasti var veidot arī pusnaturālas programmēšanas un modelēšanas sistēmas, kurās izpildelementi, vai iekārtu 3D modeļi ir virtuāli, bet to programmējamās vadības sistēmas ir reālas.



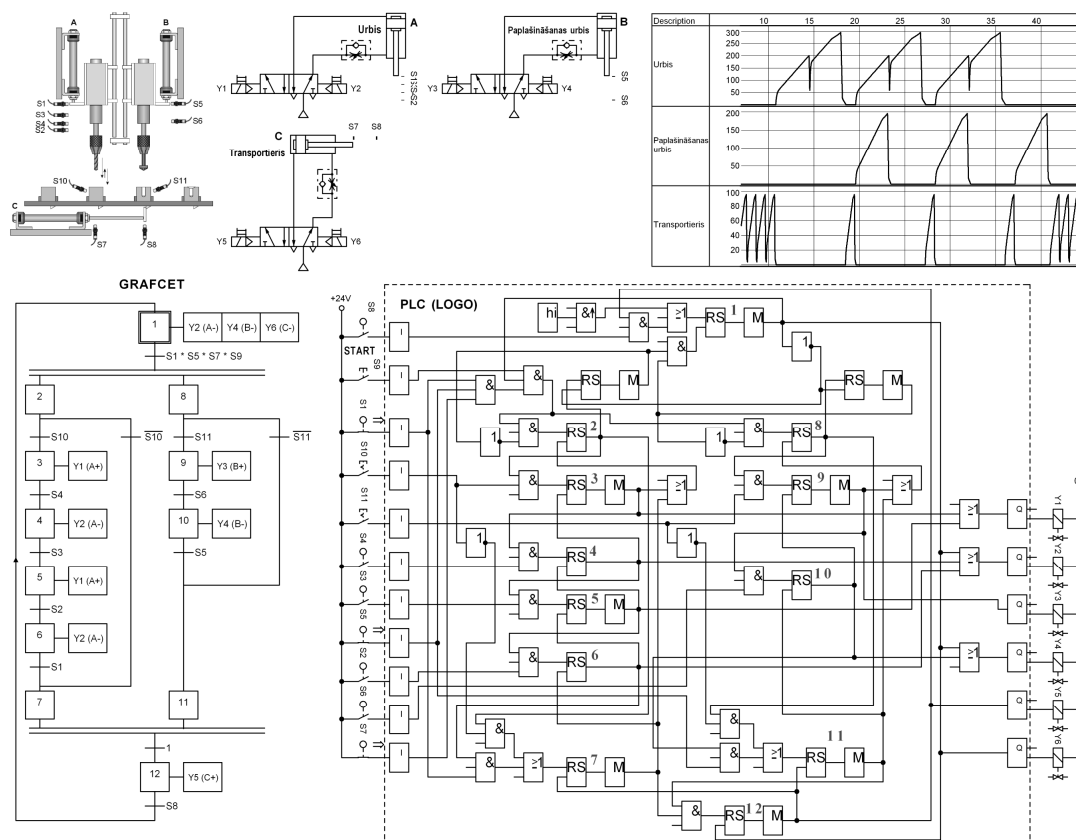
4. att. Automatizētu iekārtu programmēšanas un modelēšanas programmatūras veidu piemēri:
a – programmatūra *COSIMIR Robotics*; b – programmatūra *FluidSIM*

Tradicionālā veidā mācot programmēšanas pamatus, vispirms risināmā uzdevuma izpildes secību (algoritmu) pieraksta grafiskā veidā ar standartā ISO 5807-85 noteiktajām algoritmu blokhēmām – plūsmkartēm. Tālāk programmētājs parasti veic šī algoritma „pārtulkošanu” kādā no tekstuālajām programmēšanas valodām. Tomēr pietiekami attīstītas programmēšanas sistēmas gadījumā šis „pārtulkošanas” etaps var izpalikt, jo pats grafiski pierakstītais algoritms var kalpot par programmu. Kā bija parādīts 2. b attēlā, tieši tā parasti rīkojas mācot skolēnus programmēt automātiskos mācību modeļus. Tomēr uz plūsmkaršu simboliem bāzētu vizuālo programmēšanas valodu, kas tiktu lietotas rūpniecības iekārtu automatiskajā vadībā nav sevišķi daudz.

Diskrētas darbības rūpniecības iekārtu vadības algoritmu pierakstam arvien vairāk izmanto samērā jaunu grafisku apraksta veidu ar nosaukumu Grafceļ, kas radies 20.g. septiņdesmitajos gados

Francijā. Tagad tas adaptēts kā daudzu pasaules valstu nacionālais standarts, tai skaitā arī kā Latvijas standarts – sk. [7], [8], [10]. Šīs algoritmu pieraksta formas lietošanas dažādi aspekti atspoguļoti daudzās publikācijās, piemēram, [9]. Vadības algoritma pieraksts ar Grafcet, kā redzams 5. attēlā, sastāv no kvadrāta formas algoritma soļu simboliem, kuru iekšpusē uzrādīti soļu kārtas numuri, un pārejas nosacījumiem, kurus attēlo ar horizontālām svītriņām un tām blakus pierakstītām loģiskām izteiksmēm. Kārtējam solim ieslēdzoties, iepriekšējais solis tiek izslēgts. Katrā solī izpildāmās darbības (akcijas) pieraksta taisnstūrī, ko novieto pa labi no soļa apzīmējuma. Algoritma sākuma soli attēlo ar dubultu kvadrātu. Algoritms var būt vienkāršs, bez zarošanās (lineārs algoritms), tajā var paredzēt gan alternatīvu zarošanos atkarībā no kādiem nosacījumiem, gan arī paralēli noritošas darbības. 5. att. parādīta ar Grafcet aprakstīta darbību secība, kuras izpilda metālapstrādes automāta urbšanas galviņu pneimatiskie padeves mehānismi un detaļu soļu transportieris. Algoritmā paredzēta gan urbšanas galviņu paralēla darbība gadījumā, ja abās darba pozīcijās atrodas sagataves, gan darbību izlaišana, ja sagatave kādā no darba pozīcijām neatrodas. Kad urbšanas galviņas savas darbības beigušas vai izlaidušas, soļu transportieris sagataves pavirza soli uz priekšu.

Grafcet kļūst par universālu komunikācijas līdzekli starp dažādu nozaru speciālistiem. Piemēram, inženieri – konstruktori ar Grafcet var skaidri un nepārprotami dot darba uzdevumu saviem kolēģiem – programmētājiem un elektronikiem, kas nodarbojas ar projektējamās iekārtas vadības sistēmas izstrādi un programmēšanu. Grafcet izmanto arī kā iekārtas darbību paskaidrojošu un dokumentējošu līdzekli, ko izmanto iekārtu uzstādīšanas un uzturēšanas inženieri.



5. att. Iekārtas darbības algoritma apraksts ar *Grafcet* un algoritma īstenošana FBD valodu formā

Grafceta apguve ir ļoti noderīga arī tādēļ, ka tam ļoti līdzīgajā SFC (Sequential Function Chart) valodas formā var programmēt daudzas plaši izplatītās rūpniecības iekārtu vadības sistēmas – programmējamos kontrollerus (PLC). Tas nozīmē to, ka vienkāršāku iekārtu vadības sistēmas programmēt bieži vien spēj tie paši speciālisti, kas šīs iekārtas konstruējuši un ir visvairāk iedziļinājušies visās iekārtas funkcionēšanas niansēs. Šāda iespēja varētu būt īpaši noderīga mazos uzņēmumos ar ierobežotu speciālistu skaitu.

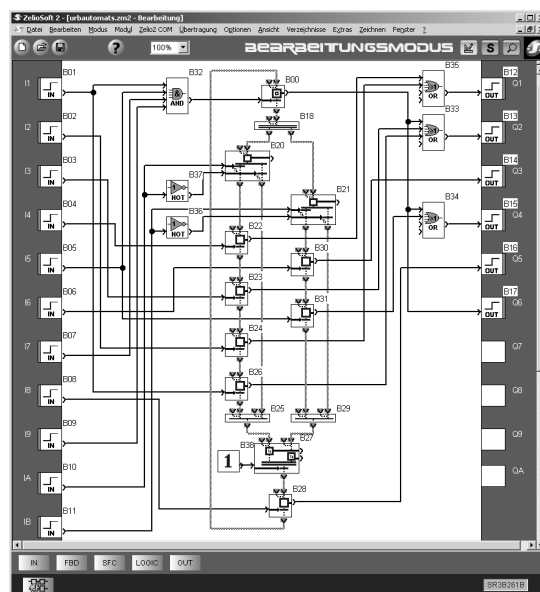
Iekārtu darbības aprakstu ar Grafcet arī iesācējiem parasti izdodas iemācīt ļoti viegli. To apgūt, un iekārtu darbību modelēt palīdz daudzas programmatūras, piemēram, FluidSIM, Automation Studio un autoSIM-200. Liekas, ka vizuāls vadības algoritma un tam atbilstošas vadības programmas pieraksts ir arī vispiemērotākais mehānikas un mašīnbūves nozares studentiem un speciālistiem, jo šajā nozarē ir pierasts informāciju uztvert grafiskā veidā, strādājot ar mašīnbūves rasējumiem, kinemātiskajām, tehnoloģiskajām, pneimatiskajām, hidrauliskajām un elektriskajām shēmām. Vadības algoritma apraksts ar Grafcet varētu būt obligātā minimuma nozīmīga sastāvdaļa, kas jāpārvalda mehānikas un mašīnbūves nozares studentiem un speciālistiem automātiskās vadības jomā un tā tas šobrīd arī tiek nostādīts industriāli attīstītās valstīs.

Vizuālai programmēšanai ir arī trūkumi. Piemēram, vizuāls programmas pieraksts aizņem daudz vietas. Tomēr uzdevumos, kurus risina mehānikas un mašīnbūves nozares studijās šis trūkums parasti nerada nekādas problēmas. Bez tam, augsta līmeņa vizuālās programmēšanas valodas (SFC/Grafcet) līdz šim ir bijušas arī samērā dārgas. Lētākajos PLC, tādos kā Siemens LOGO, SMC PneuAlpha (Mitsubishi Alpha) u.c. izmanto zemāka līmeņa vizuālo programmēšanu, piemēram, kādu no funkcionālo bloku diagrammu FBD valodu grupas versijām. Programmēšana šajās valodās atgādina ciparu shēmu izstrādi elektronikā. Kaut arī šāda programmēšana ir tikai loģisku izteiksmju pieraksts grafiskā formā, tā tomēr prasa ciparu elektronikas elementu pārzināšanu, kas mūsu studentiem trūkst. Arī programma nav tik pārskatāma un kompakta kā Grafcet/SFC gadījumā. 5. attēlā iepriekš aprakstītajam vadības uzdevumam blakus Grafcet pierakstam parādīta iekārtas vadības programma PLC LOGO FBD valodas formā. Abi vadības algoritma/programmas pieraksti izdarīti programmatūrā FluidSIM, kurā daļēji iekļauta PLC LOGO komandu sistēma. Ar šo programmatūru, modelējot sistēmas darbību, ir pārbaudīta atrisinājumu pareizība.

Pēdējos gados arī vismazāko un lētāko PLC programmēšanas valodās parādījušies Grafcet/SFC elementi. Šeit par piemēriem var minēt firmas Telemecanique PLC Zelio Logic un firmas Crouzet kontrolleri Millenium 3. Abu ļoti līdzīgo kontrolleru programmēšanas valodās iekļauti 7 galvenie Grafcet/SFC elementi, kas daudzos gadījumos, it sevišķi iesācējiem, ievērojami atvieglo to programmēšanu. 6. a attēlā redzams Zelio Logic kontrolleris ar dažiem tā paplašināšanas moduļiem, bet attēlā b tā programmēšanas valodā izstrādāta vadības programma ar Grafcet/SFC elementiem iepriekš iztirzātajam vadības uzdevumam.



a)



b)

6. att. Mazākie PLC un to vizuālās programmēšana vide ar SFC valodu elementiem

Secinājumi

Pašreiz rūpniecībā plaši lietotie, vienkāršākie un lētākie PLC un to programmatūra sasnieguši tādu tehnisko līmeni, kas ļauj ar tiem rīkoties visplašākajam lietotāju lokam, kas nedaudz apmācīti šajā jomā. Ir pieejamas arī salīdzinoši lētas, bet funkcionāli pilnvērtīgas laboratoriju iekārtas un programmatūra praktiskajām nodarbībām mehatronikas jomā. Tas sakrīt ar prasību paaugstināšanos šajā sfērā mehānikas un mašīnbūves nozarē studējošajiem. RTU struktūrvienībām, kas nodrošina šīs studijas tagad ir daudz lielākas iespējas ievērojami celt studiju kvalitāti šajā jomā un tās ir jāizmanto.

Literatūra

1. P.Micheau, P.Masson. Laboratory experiments and Projects for Teaching Mechatronics to Mechanical Engineers. "Mechatronics 2000", Darmstadt, September 2000, <http://mecano.gme.usherbrooke.ca/~pmicheau/mecha02.pdf>
2. <http://www.iais.fraunhofer.de/roberta-eu.html>
3. M.Müllerburg, J.Börding, U.Petersen, G.Theidig. Roberta – Grundlagen und Experimente. Roberta-Reihe: Mädchen erobern Roboter, Band 1, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2006, 376 s.
4. Neue Informations- und Kommunikationstechnologien in der Sonderpädagogik. „PZ-Information“ 6/2000 131 s., <http://fb-pc.sonderpaedagogik.bildung-rp.de/veroeffentlichungen.html>
5. <http://www.rids.de>
6. C.Johnsson, K.-E.Årzén. Grafchart and grafcet: A comparison between two graphical languages aimed for sequential control applications. "Preprints 14th World Congress of IFAC", vol. A, pp. 19 – 24, July 1999, <http://www.das.ufsc.br/~werner/das5305/CLP/grafcet/teoriaGrafcetGraphchart.pdf>
7. R.David, H.Alla. Petri Nets and GRAFCET: Tools for Modelling Discrete Event Systems, New York: PRENTICE HALL Editions, 1992, 339 p.
8. G.Schmidt. Practical knowledge: GRAFCET, Festo Didactic Denkendorf, Germany, 2007, 64 s.
9. G.V.Arnold, P.R.Henriques, J.C.Fonseca. A graphical interface based on grafcet for programming industrial robots off-line. ICINCO 2005, p. 113-118, https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3360/1/C2_243_Arnold.pdf
10. Latvijas standarts LVS EN 60848:2002 Secīgo funkcionālo shēmu specifikācijvaloda GRAFCET

Kaņeps J. Mehānikas inženieru studiju satura un metožu pilnveide automātiskajā vadībā.

Rakstā aplūkotas problēmas, kas mehānikas un mašīnbūves nozares studentiem traucē gūt labākas zināšanas un prasmes automatizētās vadības jomā. Konstatēts, ka vislielākie pilnveidojumi šobrīd jāizdara mācību laboratoriju un praktisko nodarbību sfērā. Aplūkoti ekonomiski izdevīgi tehniskie līdzekļi un programmatūra, kas spētu būtiski uzlabot studiju kvalitāti. Rekomendēts diskrētas darbības iekārtu vadības algoritma pierakstam izmantot salīdzinoši jauno grafisko pieraksta veidu Grafcet un iekārtu vadības sistēmu programmēšanai pielietot galvenokārt vizuālās programmēšanas sistēmas.

Kaneps J. Development of study content and methods in automatic control for mechanical engineers.

The given article covers problems, what are disturbing to get the best practice and knowledge in the area of automatic control for the students of mechanics and engineering fields. It is the fact, the best improvements has to been done in laboratories works and in area of practical studies. Article covers description of reasonable technical resources and software, what could be sufficient improvement of the quality of education. It is recommended to use for record of algorithm of control of discrete devices completely new way of record Grafcet, and for the programming of control systems to use mainly systems of visual programming.

Канепс Я. Усовершенствование содержания и методов обучения инженеров-механиков в области автоматического управления.

В статье рассмотрены проблемы, препятствующие студентам специальностей механики и машиностроения достичь лучших знаний и навыков в области автоматического управления. Констатируется, что на данный момент наибольшие усовершенствования необходимы в сфере учебных лабораторий и практических занятий. Рассмотрены экономически выгодные технические средства и программное обеспечение, которые смогли бы существенно улучшить качество обучения. Рекомендовано для записи алгоритма управления устройств дискретного действия использовать сравнительно новый способ записи Grafset, а для программирования систем управления использовать главным образом системы визуального программирования.