
	Универзитет у Београду Машински факултет Катедра за производно машинство Предмет: Машине алатке и роботи нове генерације. Део први: Машине алатке нове генерације.	Шифра предмета: ПРО220Н007-0331.0000 Статус предмета: Изборни, 2.5.5 http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma_bsc/indexnma.htm Професор: Милош Главоњић
НА2.1	НМА2 РЕКОНФИГУРАБИЛНЕ МАШИНЕ АЛАТКЕ И ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ	
Програмске целине за лакше дефинисање програма предмета ПРО220Н007-0331.0000 Машине алатке и роботи нове генерације, део први: Машине алатке нове генерације; НМА1 Сага о машинама алаткама и технолошким системима нове генерације; НМА2 Реконфигурабилне машине алатке и технолошки системи; НМА3 Брзоходни обрадни системи; НМА4 Обрадни системи за агилне технологије; НМА5 Обрадни системи за вишеосну обраду; НМА6 Машине алатке за микротехнологије; НМА7 Обрадни системи високе тачности; НМА8 Машине алатке са паралелном кинематиком; НМА9 Ресурси за развој машина алатки. Студенту ће на крају овог курса остати стечено знање и елаборат са подсетником шта је још могао научити.	АН-2 Реконфигурабилне машине алатке.	
	Ова тема припада целини НМА2 .	
	Подршка за ову тему су: <ul style="list-style-type: none"> • Први тест, ЗТ-2: за теме АН-1, АН-2, АН-3 и АН-4. • Друга аудиторна вежба, ПА-2 Анализа реконфигурабилних машина алатки. • Овај писани материјал, који је припремљен тачно за ову тему, ha2nma.pdf. • Допунски материјал који је расположив на сајту предмета, SP2.1. • Самостално прибављена литература. Тумаче се појмови модуларности и реконфигурабилности. Формира се матрица технологија које подржавају реконфигурабилност машина алатки. Дају се класификација реконфигурабилних машина алатки и примери таквих машина. Посматрају се производни програми карактеристичних индустрија по обиму и асортиману потребних компонената, габарити и геометрија обрадака, разноврсност потребних процеса и потребна тачност обраде. Издвајају се интерфејси као подлога за реконфигурабилност. Анализира се управљање реконфигурабилних машина алатки помоћу система отворене архитектуре. Постављају се основни елементи процедуре за иновирање технолошких капацитета помоћу реконфигурабилних машина алатки. Показују се пројекти првих таквих система.	
	НА2.1.0 ПРЕДГОВОР Ако се говори о такозваној масовној кастомизацији, о агилним технолошким системима, о интелигентним технолошким системима, о холархијама и сличним методима организовања модерних технолошких система, онда се као један од услова за конципирање и/или прављење машина алатки поставља модуларност, а онда и реконфигурабилност, S1.1.1 у ha1nma.pdf. Главни изазов ту су честе промене производних програма. То онда мења и структуру технолошког система ако се планира да се он прилагоди новом производном програму полазећи од његовог стања затеченог на завршетку производног програма који се управо мења. Правило је да је век машина алатки и њима сличне технолошке опреме дужи од века производног програма за који су биле инсталисане. Ако се успе да трошкови прилагођавања затечене технолошке опреме буду мањи од набавке и инсталисања нове и да се то уради за краће време, онда се чини могућим приступ помоћу реконфигурисања машина алатки и технолошких система. У претходној епохи производни програми су били дуготрајнији па је, на пример, у аутомобилској индустрији, као репрезентативној, било уобичајено да се праве фабрике са трансфер линијама за производњу мотора и линије аутомата за производњу појединачних делова за разне склопове. У тим линијама биле су машине алатке прављене по модуларном принципу да би се скратило време израде и снизили трошкови у односу на уобичајени развој појединачних машина. Сада се генерације технолошких система, па и машина алатки, смењују чешће. Због тога је потребно бар да се модуларност преведе у реконфигурабилност. Овде ће бити обрађене ове две теме: 1) <i>Модуларне машине алатке</i> , као питање број 3. за усмени испит и 2) <i>Реконфигурабилне и прилагодиве машине алатке</i> , као питање број 4. Бирањем ове теме и за семинарски рад садржај ће јој бити проширен. Овај документ је компактан и намењен је за школске потребе. Његово тумачење ваља почети тек када се има довољно времена. Најбоље је то чинити уз помоћ инструктора и у целом окружењу припремљеном за предмет Машине алатке.	
У Београду, фебруара 2011. године		

НА2.1.1 МОДУЛАРНЕ МАШИНЕ АЛАТКЕ

Уобичајени појам модуларног система овде ће бити преименован и у систем саставних елемената да би се тако у тумачење овог појма увео класичан документ о модуларном систему преведен и на српски језик^[1]. Ту је систем саставних елемената дефинисан овако:

Def.1: Систем саставних елемената је принцип систематизације који омогућује изградњу ограниченог или неограниченог броја различитих ствари из залихе стандардизованих саставних делова, а на основу одређеног програма градње, или плана узорака, у одређеној области примене.

Def.2: Modularity: Design all system components, both software and hardware, to be **modular**^[2].

Основна особина модуларних система је стандардизација. Тако се може наћи доста стандарда за подсистеме машина алатки, поготову када се користе као агрегатне јединице у трансфер линијама, или се праве као специјалне флексибилне машине. Модуларност се користи и у пројектовању производа. У аутомобилској индустрији је то карактеристично: аутомобил се пројектује, прави и склапа помоћу доста модула. Ти модули су аутономне целине које обично производе кооперанти, а у аутомобил се уграђују директно помоћу интерфејса, који су за то планирани, без дорада. Тако се смањује комплексност аутомобила, а тиме и цена. У тумачењу овог приступа илустративна је ова парабола о два часовничара^[3]:

Била једном два часовничара који су правили врло фине сатове. Један се звао Хора (латински: hora, час, сат. Преносно: Предузимљиви, који себи оставља резерву за анализе, корекције или било какав други предах), а други Темпус (латински: Tempus, време, право време. Преносно: Стрпљиви, који поштује посао и који не тежи да себи даје предахе за анализе, идући за послом који му је довољан). Обојица су у почетку били познати па им је телефон често звонио за наручивање њихових сатова. Хора је временом напредовао, јер је за своје сатове прво комплетирао подсклопове од по десетак делова, а онда цео сат склапао од тих подсклопова. Темпус је стагнирао и на крају остао без посла јер је сваки свој сат склапао од почетка, део по део. Њихови сатови су имали по око 1000 делова. Када Хора прекине посао због позива може му се десити да мора да понови само текуће склапање десетак делова. Темпусу се могло десити да му пропадне скоро довршен сат који је стрпљиво слагао део по део. Порука ове параболе је: Применом система саставних елемената може се пословати у јако променљивом и захтевном окружењу. Израчунавања комплексности Хориног и Темпусовог рада постоје, али овде нису релевантна. Резултат је био очигледан и без тог доказа: један је престао да послује, баш као што се може негде и сада видети велики технолошки капацитет који је надживео свој производ, а да сам није био реконфигуриран за нови.

У овом тексту исто значење имају: модул и саставни елемент; модуларни производ и слог саставних елемената; комплет модула и залиха саставних елемената. Слогови саставних елемената могу се овако класификовати [1]:

- Општи слог саставних елемената. Састоји се од залиха саставних елемената од којих се бирањем и комбиновањем саставних елемената праве производи.
- Променљиви слог саставних елемената. Постоји у два облика. Први је слог саставних елемената који је део неког производа. Други је слог саставних елемената са којим производ добија другачији изглед.
- Комбиновани слог саставних елемената. Он је комбинација претходна два.

Уз ову анализу додају се још и ове дефиниције:

- Повлашћени саставни елемент. То је саставни елемент који својим учешћем у неком слогу саставних елемената даје додатне особине.
- Степен растављивости. То је мерило којим се показује колико је саставних елемената различитог ранга уклопљено у неки производ

[1] Borowski K.H., Das Baukastensystem in der Technik, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1961. Превод на српски језик: Боровски, К. Х, Систем саставних елемената у техници, Органоматик, Београд, 1965.

[2] Koren Y., Jovane F., Moriwaki T., Ulsoy G., Brussel H. V., Reconfigurable Manufacturing Systems, Annals of the CIRP, Vol 48/2/1999, pp. 527-540. Неки од тих аутора понудили су и овај низ дефиниција – описа појмова: 1. **Modularity:** Design all system components, both software and hardware, to be **modular**; 2. **Integrability:** Design systems and components for both **ready integration** and future introduction of new technology; 3. **Convertibility:** Allow **quick changeover** between existing products and quick system adaptability for future products; 4. **Diagnosability:** **Identify quickly the sources of quality and reliability problems** that occur in large systems; 5. **Customization:** Design the system capability and flexibility (hardware and controls) to **match the application** (product family). Ови описи су наведени у оригиналу да их свако може превести и користити по свом виђењу модуларних и реконфигурабилних система. У [2] су уведени и искоришћени за дефинисање реконфигурабилности.

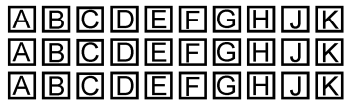
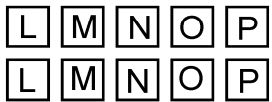

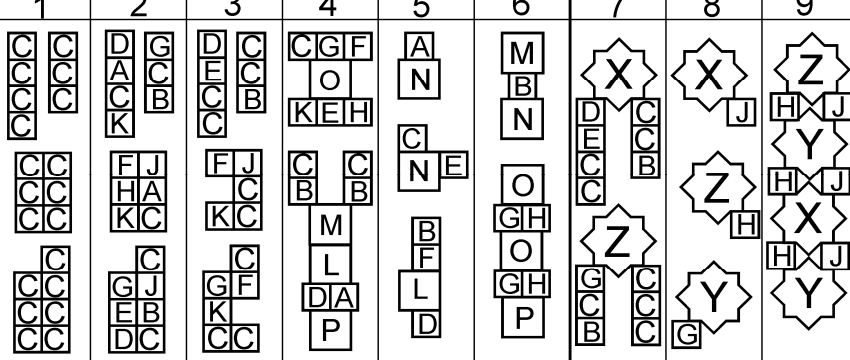
[3] Simon H. A., The Science of the Artificial, Third edition, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1998.

МАШИНЕ АЛАТКЕ И РОБОТИ НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ.
 Део први: МАШИНЕ АЛАТКЕ НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ. Рукописи.

- Програм градње. То је приказ свих могућности комбиновања које се могу извести у једној залихи саставних елемената. То је случај у којем је производни програм неког модуларног производа пребројив до задње његове верзије.
- План узорака. То је приказ одабраних слогова саставних елемената међу такорећи непребројиво много могућих у ученој залихи саставних елемената.

Један модуларни систем машина алатки по правилу је заснован као програм градње јер се ради о скупој опреми, а тиме и коначном броју модула у једној залихи и са фиксним правилима за склапање.

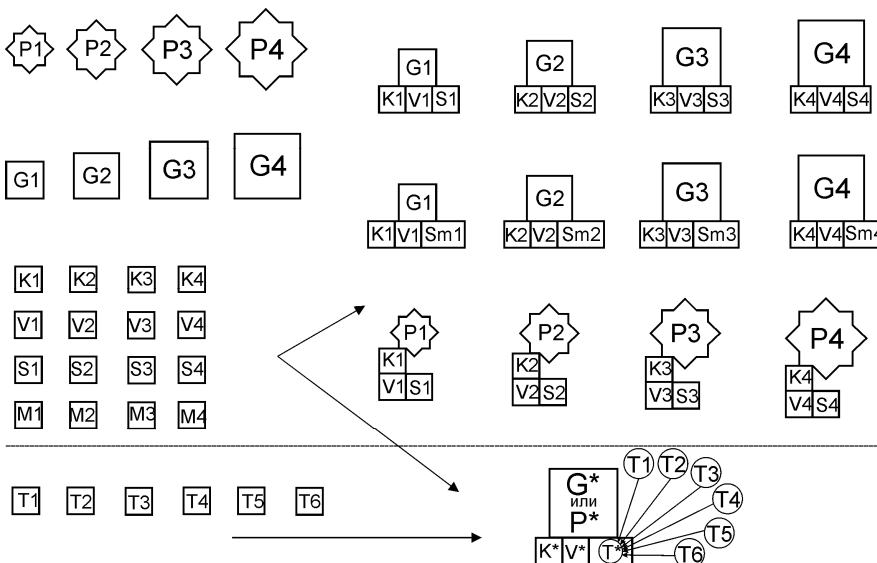
Пример једне класификације слогова саставних елемената показан је на S2.1.1 [1]. Ознаке су:

МАЛИ САСТАВНИ ЕЛЕМЕНТИ			ВЕЛИКИ SE			НЕСАСТАВНИ ЕЛЕМЕНТИ		
								
СЛОГОВИ САСТАВНИХ ЕЛЕМЕНАТА						МЕШОВИТИ СИСТ.		
САМО ИСТИ	САМО РАЗЛ.	МЕШО ВИТИ	SSE ОПР.	SSE ПРИБ.	SSE ПРИК.	SE ОПР.	SE ПРИБ.	SE ПРИК.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
								

SE: саставни елемент једне залихе саставних елемената.
 А - К: Ознаке малих саставних елемената у показаном броју примерака (по три од сваког).
 L - P: Велики саставни елементи у показаном броју примерака (по два од сваког).
 Они су састављени од бар два мала саставна елемента и тако постали нови саставни елемент, или су по неком основу специфични у односу на већину осталих.
 X, Y, Z: Ознаке несаставних елемената, њих укупно три у целој залихи.
 SSE: слог саставних елемената могућ у показаној залихи саставних елемената.
 ПРИБ.: прибор;
 ПРИК: прикључак;
 ОПР.: опрема.

S2.1.1 Класификација слогова саставних елемената

Махине алатке су, по правилу, мешовити слогови саставних елемената. Обично су њихова постоља, или њихове носеће структуре несаставни, специјални елементи. Оне се праве као фамилије са погодном одабраним бројем чланова, уређених по неком фактору прогресије. Тако се добијају фамилије истоветних слогова саставних елемената по типу, а различитих по величини. Пример је показан на S2.1.2 за глодалице [1]. Ознаке имају следећа значења, за j=1,2,3,4:



P_j: Специјални елементи, несаставни елементи. У овом случају су то постоља групе вертикалних глодалица.
 G_j: Велики саставни елементи. Користе се за хоризонталне и универзалне хоризонталне глодалице.
 K_j: Конзоле као мали саставни елементи, а намењене и за хоризонталне и за вертикалне глодалице.
 V_j: Преносници за помоћна кретања као мали саставни елементи.
 S_j: Столови за хоризонталну и вертикалну глодалицу као мали саставни елементи.
 M_j: Столови за универзалне

S2.1.2 Саставни елементи једне глодалице

хоризонталне глодалице као мали саставни елементи. T₁-T₆: Погони радних столова разних концепција за сва три координатна правца. Sm_j: Слог S_j+M_j.

Од тога је на S2.1.2 горе десно показано:

- Фамилија од четири хоризонталне глодалице исте концепције, а различитих габарита, у првом реду. Свака има по један велики саставни елемент и по три мала саставна елемента.
- Фамилија од четири универзалне хоризонталне глодалице исте концепције, а различитих габарита, у другом реду. Свака има по четири мала саставна елемента међу којима је и додати обртни сто да би постала универзална.
- Фамилија од четири вертикалне глодалице исте концепције, а различитих габарита, у трећем реду. Свака има по један несаставни елемент и по три мала саставна елемента.

Доле десно је показано како се свака од ових 12 глодалица може опремити столом са неким од 6 расположивих погона за столове и тако постати другачија од осталих. Илустрације концепција ових глодалица показане су у додатку, на SD2.1.1. Потичу из давних времена, од када и почеци модуларног пројектовања.

У модуларном пројектовању машина постоје уобичајена правила по којима се један систем саставних елемената подешава да буде ваљан по овим основима:

- Покривање планираног домена примене довољно великом фамилијом машина.
- Задовољавајућа економичност у односу на појединачно пројектоване и прављене машине.
- Постојање метода оптимизације слогова саставних елемената по основу кинематике и динамике машине, тачности у раду, њене цене, могућности ревитализације итд.

Илустрација једног таквог класичног метода показана је у додатку на SD2.1.2^[4]. Може бити искоришћен за даље студирање појма система модуларног пројектовања машина, укључујући и актуелно стање технике у којем се могу правити аутономни, мехатронски интелигентни модули машина, па и машина алатки.

Ако је машина компликованија од обичне троосне, за коју се не посматра ни главно кретање, онда систем саставних елемената за такве комплетније машине постаје комплексан. Пример за то је обрадни центар. Он обично има бар још једну обртну осу – сто, али и магацин са манипулатором алата, евентуално и измењивач палета са припремцима итд. Један фрагмент програма градње хоризонталног троосног обрадног центра показан је на SD2.1.3. Намењена је за илустрацију комплетирања метода конципирања једне модуларне машине када се посматра и њена намена.

НА2.1.2 РЕКОНФИГУРАБИЛНЕ И ПРИЛАГОДИВЕ МАШИНЕ АЛАТКЕ

Полази се од дефиниције реконфигурабилног технолошког система. Овде је дата једна описна и то у оригиналу да послужи за даље студирање овог појма и за формулисање прецизније дефиниције [2]:

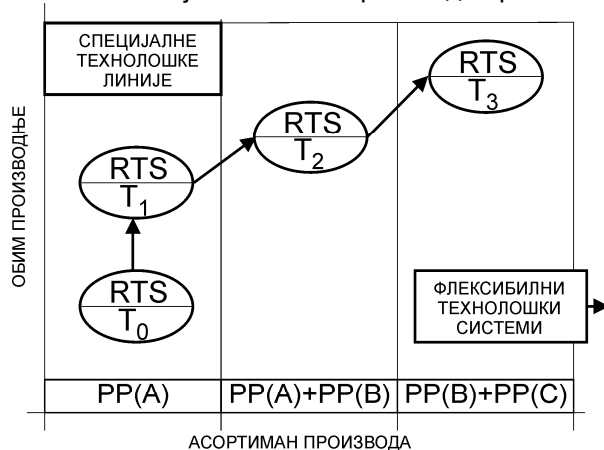
Def.3: *A reconfigurable manufacturing system is designed for rapid adjustment of production capacity and functionality, in response to new circumstances, by rearrangement or change of its components.*

Основна интерпретација оваквих технолошких система показана је на S2.1.3. Производна равна овде



АСОРТИМАН ПРОИЗВОДА
 Легенда
 М: мало; S: средње; V: велико; А: аутоматизација
 F: флексибилност; SOC: стругарски обрадни центри
 OC: обрадни центри; NUMA: нумерички управљане машине алатке; FTS: флексибилни технолошки системи; RMA: реконфигурабилне машине алатке; RTS: реконфигурабилни технолошки системи.

а) Производна равна технолошких система



АСОРТИМАН ПРОИЗВОДА
 Легенда
 RTS: реконфигурабилни технолошки систем
 T_j: тренутак времена са редним бројем j, j=0,1,2,3.

б) Генеза реконфигурабилног технолошког система

S2.1.3. Лоцирање реконфигурабилних технолошких система

^[4] Врагов Ю. Д., Анализ компоновки металлорежущих станков (основы компонетики), Машиностроени, Москва, 1978. Сматра се класичном референцом за анализу концепција машина алатки и мерних машина.

је класични двоосни – равански модел окружења технолошких система. Једна оса је асортиман производа, а друга је обим производње. Унапред се не прави разлика међу овим моделима за узајамно битно различите технологије: једне припадају групи технологија за производе са великим обимом производње и умерено ниском ценом, а друге групи капиталних добара која се производе у ограниченим серијама. Реконфигурабилни технолошки системи по својој концепцији намењени су за домен производње великог асортимана производа у већем обиму, S2.1.3a). Један реконфигурабилни систем може имати генезу која се унапред и не прописује, S2.1.3b). Може се почети са реконфигурабилним системом који се конфигурише само за производ А, а онда се реконфигурише у новим генерацијама и за разне типове производа, од којих се неки могу производити и упоредо. Тако се они постепено трансформишу од специјалних технолошких линија ка флексибилним технолошким системима. Модел ређања генерација једног реконфигурабилног система показан је на S2.1.4a). По правилу се започиње са једним производом. Он је овде означен са А. То је прва генерација. После тога се уводе нови, а и неки од претходних се задржавају. За свако такво иновирање производног програма врши се реконфигурисање затечене генерације реконфигурабилног система. Тада се свакако рачуна и на све расположиве алате за развој нових производа (RA(A)) да се не деси да буде могуће пре реконфигурисати технолошки систем него развити нови производ. По моделу са S2.1.3b) у почетку реконфигурабилни систем личи на специјалну технолошку линију којој је својствен један производ. Зато су таква два технолошка система еквивалентна по цени, S2.1.4b). Како одмичу генерације реконфигурабилног система тако он постаје скупљи од специјалне линије зато што улази у домен великих обима производње. По томе реконфигурабилни технолошки систем треба држати у домену умерено великих обима производње са умерено великим асортиманом производа.



Легенда: RP(A): Развој производа (RP) типа А; RA(A): Уштеде у развоју производа типа А применом рачунарских алата RA; PP(A): Производња производа (PP) типа А; PI(TS): Пројектовање и инсталација (PI) технолошког система (TS); UP(A): Уходавање производње производа типа А.

а) Уходавање реконфигурабилног технолошког система

S2.1.4 Праћење реконфигурабилног технолошког система по генерацијама и улагањима [2]

Сада се стичу услови да се говори и о машинама за реконфигурабилне технолошке система када је показано да имају добру употребљивост. То су реконфигурабилне машине алатке. Најлакше их је разумети помоћу патента којим су уведене у домен производног машинства и на основу чега је направљен и један државни истраживачки центар^[5]. Основна порука тог патента показана је на S2.1.5.

Одмах се може поставити овакво питање: Зашто оваква реконфигурабилна машина није сврстана у модларне машине, него је издвојена у сасвим нову класу машина алатки? Одговор се не може дати само посматрајући S2.1.5. Тек када се у захтевима патента постави услов да основна шема конфигурирања, показана на S2.1.5a), служи да се увек изнова састави нова машина за технологију коју треба покренути, каква је показана на S2.1.5b), тада се и формулише концепција реконфигурабилне машине: Она се сваки пут склапа изнова од модула који су за то планирани. То се може вршити двојачко. У првом случају произвођач машине по позиву код корисника врши реконфигурисање машине помоћу донетих потребних нових модула. Тада се не врши само препакивање, него и инвестирање у нове модуле. То је класична концепција показана на S1.1.1 у ha1nma.pdf. У другом случају сам корисник машине врши њено прилагођавање за наредну технологију. У том случају резерву модула треба да има корисник, а реконфигурисање може бити брже и јефтиније. Ово је новија концепција реконфигурисања помоћу прилагодивих машина.

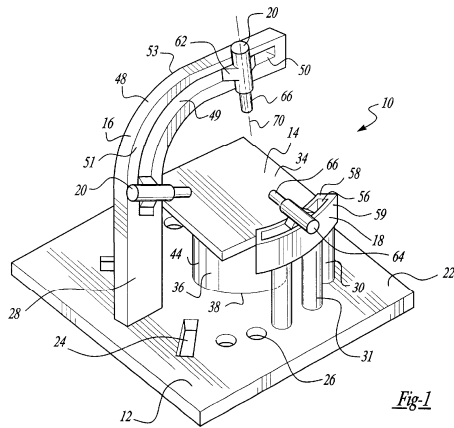


б) Оријентациона цена реконфигурабилног технолошког система

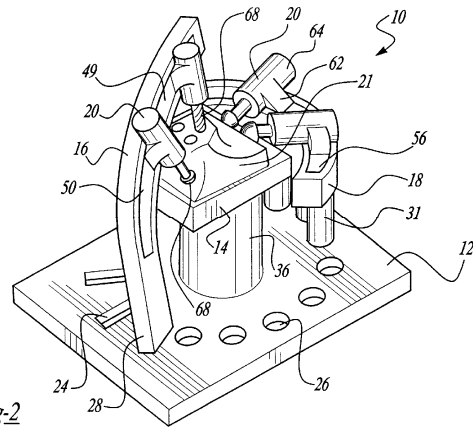
У епохи великих инвестиција у развој технологија скупих и стационарних производних програма куповани су и уходавани комплетни флексибилни технолошки системи који су каштали најмање десетину милиона долара. Сада није тако.

[5] Koren Y., Kota S., Reconfigurable Machine Tool, US Patent 5943750, 1999.

МАШИНЕ АЛАТКЕ И РОБОТИ НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ.
 Део први: МАШИНЕ АЛАТКЕ НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ. Рукописи.



а) Основна шема конфигурисања



б) Пример (ре)конфигурисане машине у раду

S2.1.5 Концепција реконфигурабилне машине алатке [5]

То се може посматрати и као појам системске машине, показане на S1.1.1 у ha1nma.pdf. Ако је оријентисана продавцу, онда је то класична концепција реконфигурабилности, а ако је оријентисана купцу, онда је то прилагодива машина из класе реконфигурабилних. Модуларне машине би остале са фиксном структуром у односу на корисника зато што се све реконфигурисање и/или комбиновање у програму градње и/или плану узорака обавља код произвођача. Он потом купцу нуди машину алатку фиксне конфигурације.

Сама реконфигурабилност повлачи за собом могућност реконфигурисања свих главних делова машине алатке: носеће структуре, погона са преносницима и управљања. Посредно се то разврстава на две групе реконфигурисања: реконфигурисање хардвера и реконфигурисање софтвера. Од тога је ово друго изводљивије. По томе се онда саставља и класификација технолошких система, а тиме и реконфигурабилних машина алатки. Показана је у T2.1.1 [2].

T2.1.1 Једна класификација технолошких система и машина алатки		
Софтвер	Фиксни хардвер машине	Реконфигурабилни хардвер
Без софтвера	Ручно управљане машине и Специјалне технолошке линије	-
Фиксни управљачки софтвер	Нумерички управљане машине, Роботи и Флексибилни технолошки системи	Модуларне нумерички управљане машине
Реконфигурабилни софтвер	Модуларна управљачка јединица отворене архитектуре	РЕКОНФИГУРАБИЛНИ ТЕХНОЛОШКИ СИСТЕМИ
Правила конфигурисања система и израчунавања трошкова →		

Овако је постављен проблем реконфигурабилности у технолошким системима. То и модуларни систем даље се могу студирати по сопственом избору. Као путоказ су у додатку дате и SD2.1.4 и SD2.1.5. На првој је први реконфигурабилни систем са системским машинама оријентисаним купацу, а друга може да послужи са постављање разлике модуларних и реконфигурабилних машина.

HA2.1.3 Поговор

Сви текстови за предмет Машине алатке и роботи нове генерације, део први: Машине алатке нове генерације, планирани су као подсетници за почетак студирања одабране теме. Отуда они нису намењени за памћење и репродуковање у целисти, већ за комплетирање сопствених текстова о теми на коју се односе, за евентуалну израду семинарског рада и сличне школске потребе. Одабране теме већином се односе на актуелне програме истраживања у свету и на очекиване догађаје у производном машинству. Отуда се и закључивања не могу вршити са сигурношћу, а поруче не треба памтити напамет. Тако се и S1.1.1 из ha1nma.pdf може издвојити и користити у обради сваке теме овог курса, као подсетник који се не учи напамет.

У овом курсу се сугерише студирање понуђених тема, не класично учење. Ако се одабере да то студирање тече и кроз израду семинарског рада, онда ће се више пута наићи на сугестију да се упоредо вежба прикупљање техничких информација и састављање семинарског рада као техничког елабората. Може се тада наићи и на неки међународни пројекат на одабрану тему. Ту ће све бити описано идеализовано, биће нуђене публикације са обиљем резултата истраживања чак и неауторизованим корисницима, а и добар део публикација ограничене циркулације може бити доступан путем библиотечног сервиса КОБСОН (KobSON, **K**onzo**r**cijum **B**iblioteka **S**rbije за **O**bjedinjenu **N**abavku, <http://nainfo.nbs.bg.ac.rs/Kobson/page/>). Значајан корак напред вероватно ће учинити свако ко се у тај технички хор укључи да би активно у њему учествовао и да би умео да слуша и друге хорова. Не очекује се од сваког и да још негде буде и диригент.

НА2.1.4 ДОДАТАК

Овде су приложене слике које је боље користити у електронском облику, не штампајући их. Намењене су за помоћ у тражењу литературе о тој теми, за планирање семинарског рада, за комплетирање одговора на питање из те теме на усменом испиту итд. На основу ових слика могу се стилизовати скице које се могу лако нацртати руком и објаснити и тако комплетирати подсетник о обрађиваној теми какав би требало да има сваки студент за себе.

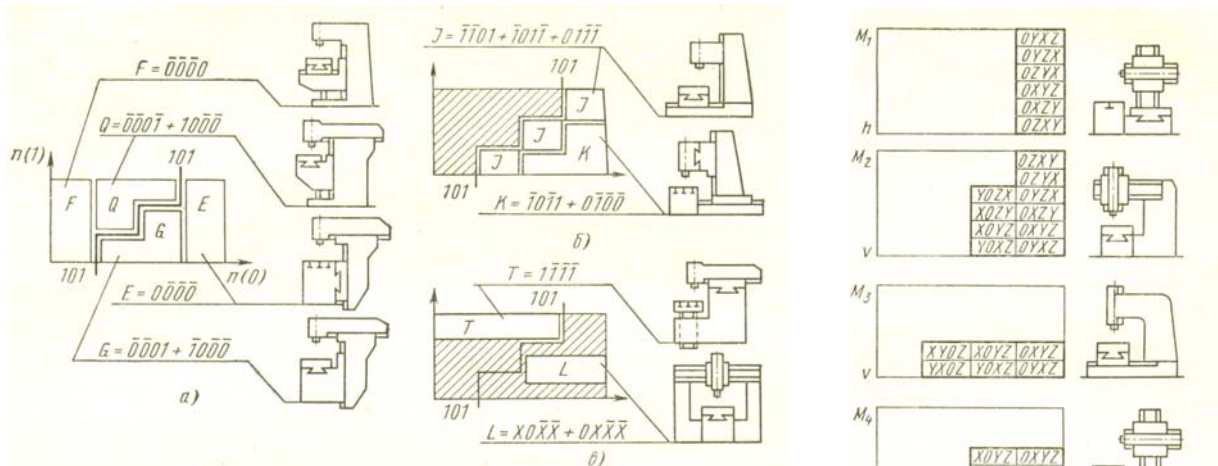


а) Програм градње глодалица

б) Алтернативе са погонима столова

Ова фирма је примењивала систем саставних елемената у пројектовању и изради глодалица од око 1920. године. Овде је показан полазни систем са фамилијама од по четири глодалице у свакој. Касније је хоризонталне глодалице произвођила у пет величина. Исти модули овде су означени истим бројевима. У Лабораторији за машине алатке на Машинском факултету још увек постоји једна вертикална глодалица тог произвођача.

SD2.1.1 Пример фамилије глодалица фирме Fritz Werner [1]



а) Типови слогова саставних елемената по подматрицама система

По овом формализму постоји укупно 24 структуре – слога саставних елемената вертикалних глодалица. Саставни елементи су модули за кретања X, Y и Z и постоље означено са O. Примери ознака: E су слогови у којима сва кретања врш само алат; F су слогови у којима сва кретања врши обрадак, не рачунајући главно обртно кретање алата; G и Q су слогови у којима је непокретни елемент (O) између оближњих покретних;

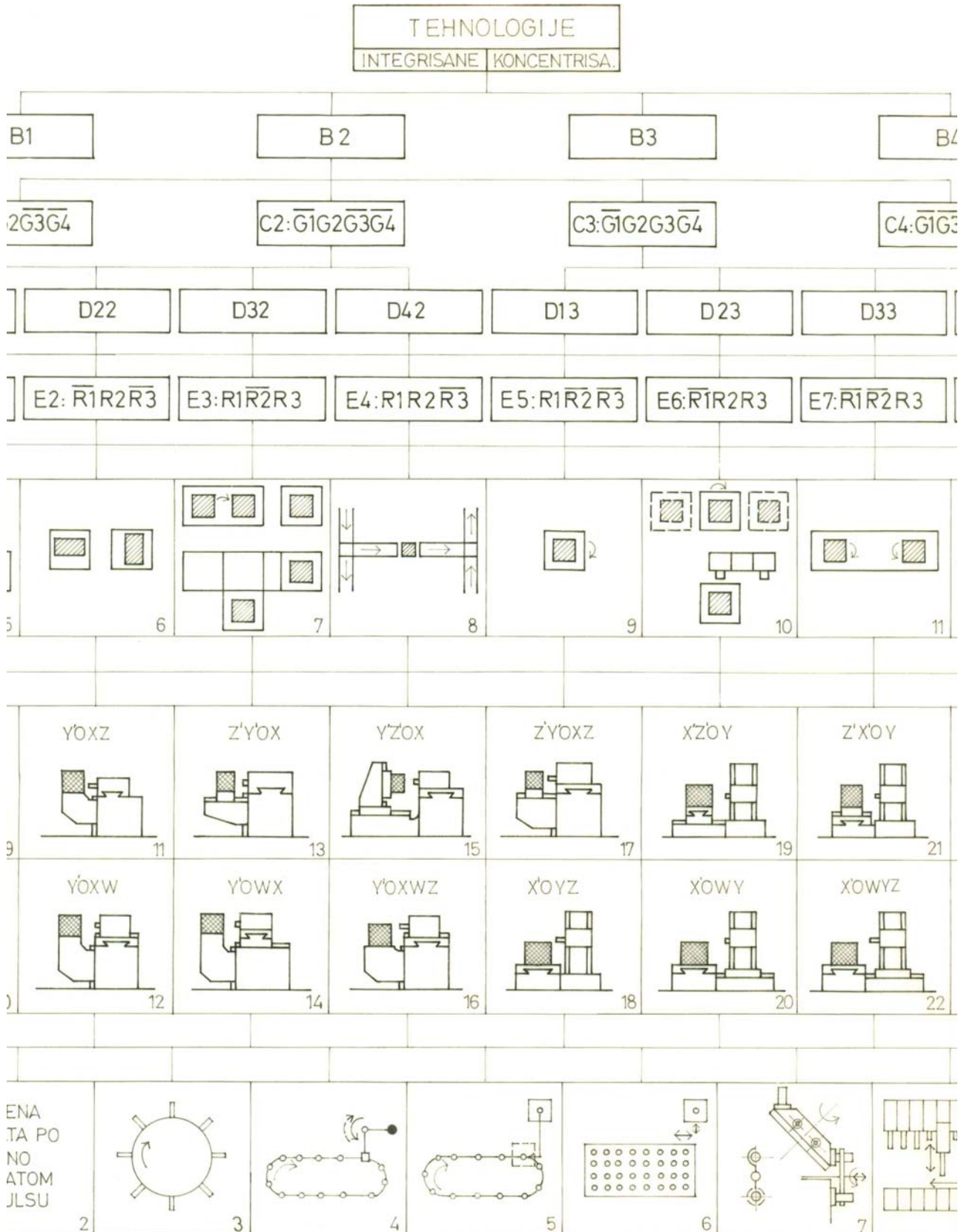
1 је ознака за вертикално кретање, а $\bar{1}$ за хоризонтално. Десно су показани примери претраживања слогова: M_1 су сви слогови – машине у којима обрадак не врши кретања, када је елемент O лево, $M_1 \approx O\bar{O}\bar{O}\bar{O}$,

што је истоветно са слоговима типа E итд.

б) Примери бирања слогова

SD2.1.2 Пример формализма за елементарно описивање система саставних елемената [4]

МАШИНЕ АЛАТКЕ И РОБОТИ НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ.
 Део први: МАШИНЕ АЛАТКЕ НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ. Рукописи.

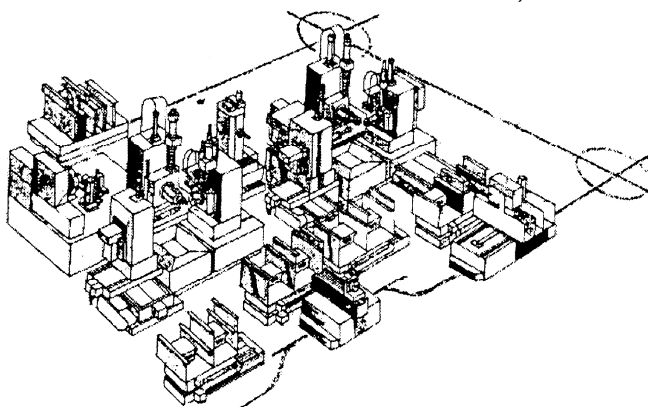


Легенда: B1,2,3,... су врсте процеса; C1,2,3,... су групе процеса; G1,2,3,... су догађаји у C; $\overline{G1}$ је негација од G1; D22, D32, D42,... су подгрупе процеса; E1,2,3,... су класе репрограмирања; R1,2,3,... су догађаји у E; Y'OXZ је структурна формула основне хоризонталне троосне машине у којој обрадак врши кретање само по оси Y машине (по стандарду се оно означава са Y'); 2,3,4,... у задњем реду су концепције система за измену алата.

SD2.1.3 Структура домена троосних хоризонталних обрадних центара



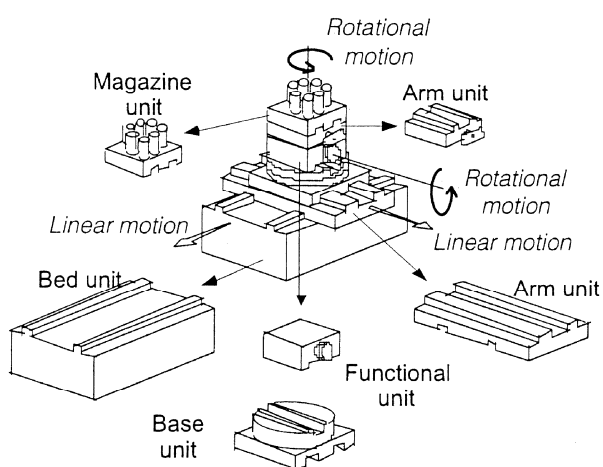
а) Поглед на цео систем



б) Литературни приказ система
 SD2.1.4 Флексибилни технолошки комплекс са ласером у лабораторији у Цукуби

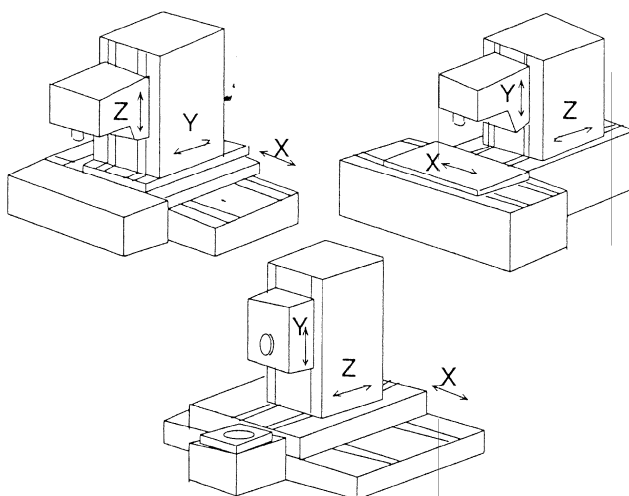


с) Једна од технолошких ћелија



а) Залиха модула за обртну осу

SD2.1.5 Фрагмент конфигурања обрадног центра [2]



б) Реконфигурабилни обрадни центри