



UPRAVLJANJE FLEKSIBILNOM PROIZVODNOM I ULOGA ROBOTA U NJOJ

CONTROL OF FLEXIBLE MANUFACTURING AND ROBOT'S ROLE IN IT

Ljubinko Janjušević

Institut Goša, Beograd, Srbija

Pavle Hadžić

Institut Goša, Beograd, Srbija

Miroslav Radosavljević

Institut Goša, Beograd, Srbija

© MESTE NGO

JEL category: **L6, L61, O14**

Apstrakt

Važna osobina današnjih svetskih privrednih tokova je širenje tržišta. Zemlje postaju otvorenije uticajima koje diktiraju razvijene privrede i savremene tehnologije. Ovo otvaranje ima za posledicu pojavu velike konkurencije. U tom slučaju, kao način uspešnog poslovanja nameće se stalno usavršavanje postojećih proizvoda i osvajanje novih. Orijehtacija na stalne promene proizvodnog programa zahteva promene u organizaciji proizvodnje i poslovanja. Prema najnovijim saznanjima rešenje ovako složenih problema vidi se u permanentnoj primeni fleksibilnih proizvodnih sistema. Automatizacija postaje neizbežan elemenat kada govorimo o kvalitetu i ceni proizvodnje. Zadržavanje već postojećih i ostvarivanje novih pozicija na probirljivom tržištu moguće je jedino uz stalnu primenu novih saznanja i iskustava. Primena fleksibilnih proizvodnih sistema iziskuje analizu tehnologija i opreme karakteristične za ovakav način proizvodnje. Jedan od "obaveznih" elemenata ovih sistema su i roboti.

U uslovima teškog privređivanja, proizvodnja je dodatno opterećena nizom faktora čija je zajednička osobina povećanje cene finalnom proizvodu. Teški uslovi poslovanja i rada u prvom redu zbog velike konkurencije na tržištu i sve oštrijih kriterijuma klijenata dovode proizvođača u ulogu velikog kreatora. Primena fleksibilnih proizvodnih sistema i robota kao njihovog sastavnog dela treba finalni proizvod da učini u prvom redu kvalitetnijim i jeftinijim. Analiza proizvodnje i njenih glavnih problema trebalo bi da dovede do novih tehnologija koje moraju prevazići velike tehno-ekonomske barijere.

Adresa autora zaduženog za korespodenciju:

Ljubinko Janjušević

ljubinkoj@yahoo.com

Ključne reči: tehno-ekonomski pokazatelji, robot, fleksibilna proizvodnja, proizvodni sistem.

Abstract

The important characteristic of the today's world economy is market spreading. Countries are becoming more open to influences dictated by developing economy and modern technologies. This opening has, as a consequence, the appearance of huge competition. Conducting successful business implies constant improving of existing products and conquest of the new technologies. The orientation on permanent changes in the product line demands changes in the manufacturing organization and business. Solving this complex problem could be done by implementation of flexible production systems. Automatization becomes the unavoidable element when quality and price of production are being considered. Retaining existing positions and realizing new ones on the very selective market, is possible only by accepting permanent application of new understandings and experiences. Application of the flexible production systems requires the analysis of the technologies and equipment characteristic for this type of production. One of most important elements of these systems are robots.

Under difficult economic conditions, manufacturing is additionally burdened by a series of factors jointly making the final product more expensive. Hard conditions of business and operation, principally hard competition on the market and clients' criteria more and more difficult to satisfy, put the manufacturer in the role of a big creator. The application of flexible manufacturing systems and robots should primarily make the final product better and cheaper. Analysis of manufacturing and its main problems should bring about new technologies, which have to overcome big techno-economic obstacles.

Keywords: techno-economic indicators, robot, flexible manufacturing, manufacturing system.

1 UVOD

Od fleksibilnih proizvodnih sistema, novog oblika filozofije proizvodnje, očekuje se da razreši najvažnije probleme proizvodnje. Da bi se primenila najnovija iskustva neophodno je poznavanje i svih elemenata koji ulaze u sastav ovakvih sistema. Roboti kao deo nove tehnologije uspešno se bore sa zahtevima koji su pred njih postavljeni. Kvalitetno obavljaju poslove ujedno smanjujući cenu proizvodnje, a njihovi projektni zadaci postaju sve složeniji u pogledu manipulativnih sposobnosti, brzine kretanja, tačnosti i ponovljivosti, adaptivnosti, štednje energije, cene koštanja i sl. Zato postaje neophodno dublje sagledavanje njihovih upravljačkih problema, koje su usko vezani sa savremenom elektronikom.

Ova koncepcija proizvodnje potpuno odgovara sadašnjim zahtevima tržišta. Brza pojava novog proizvoda, izrada više varijanti istog modela, male serije uz zadržavanje kvaliteta, pouzdanosti, niski troškovi neke su od karakteristika ovakve proizvodnje.

“Fleksibilna automatizovana” proizvodnja, i prilagodljivost promenama na tržištu, rezultat su korišćenja novih tehnologija, savremene tehnike i metoda organizacije rada. Mnoga istraživanja u svetu upućuju na zaključak da primena ovakvog

načina rada neminovno vodi povećanju produktivnosti rada, podizanju kvaliteta proizvoda i skraćanju proizvodnih rokova.

Rešavanje zahteva potencijalnih klijenata i opstanak na tržištu smatra se osnovnim zadatkom proizvodnih sistema i njegovih složenih konstrukcija, čije upravljanje za inženjere predstavlja najveći izazov. Hardverski problemi su u velikoj meri rešeni, a od rešavanja softverskih se mnogo očekuje. Upravljanje celim sistemom dovodi do poboljšanja kvaliteta i sniženja cene finalnog proizvoda.

Danas se roboti kao fleksibilne mašine koriste u onim slučajevima kada tačnost i ponovljivost njegovog rada može zadovoljiti zahteve radnog zadatka. Podrazumeva se da su ekonomski kriterijumi zadovoljeni. Zbog specifičnih zahteva montaže u tu svrhu se ređe koriste. Međutim u procesima farbanja, varenja često robot može učinak u velikoj meri povećati. U slučajevima „prljavih“ tehnologija može biti i nezamenljiv. Prilikom uvođenja i korišćenja robota povećava se stepen automatizacije a uglavnom i produktivnosti rada. Tehnološki aspekti proizvodnje u svojoj primeni često nailaze na ograničenja postavljena ekonomskim razlozima. Ma koliko neko tehničko rešenje bilo uspešno, pa čak i revolucionarno, njegova izvodljivost se mora proceniti i sa ekonomskog stanovišta. Možda su u nekim

situacijama, dve jeftine operacije bolje rešenje od jedne preterano skupe visoko produktivne. Naravno, u praksi ima i situacija kada je ekonomski aspekt svesno zanemaren i kada se određeno procesno rešenje sprovodi bez obzira na cenu.

Rezultati pokazuju da postoji izražena uzajamna veza između razvoja automatizovanih sredstava za rad i kvaliteta proizvoda. U nizu slučajeva industrijske proizvodnje primena sredstava za rad i opreme visokog stepena automatizovanosti predstavlja neophodan preduslov za realizaciju proizvoda željenog kvaliteta. Prilikom analize doprinosa podizanju nivoa kvaliteta i snižavanju cene proizvoda, značajan činilac, svakako da predstavljaju fleksibilni proizvodni sistemi različitog nivoa i namene čije su osnovne tehnološke komponente numerički upravljane mašine. Neposredni rezultati automatizacije, koja je poslednjih dvadeset godina zahvatila sve industrijske grane, su po jedinstvenoj oceni tehn-ekonomskih analitičara označili ne samo višestruko povećanje produktivnosti rada već i podizanje kvaliteta proizvoda.

2 PROIZVODNE POTREBE

Savremena proizvodnja je još uvek vezana za takozvanu fiksnu automatizaciju tj. visoko automatizovane proizvodne linije namenjene velikoserijskoj proizvodnji. Mašine i organizacija proizvodnje projektovani su namenski za produkciju određenog proizvoda. Ekonomičnost ovakve proizvodnje zasniva se na velikim serijama i dugom "životu" tog proizvoda. Ali da bi se opstanak na tržištu očuvao neophodno je proizvod često inovirati u skladu sa novim tehnološkim dostignućima i važećim zahtevima. Treba reći da je drastično skraćeno i vreme potrebno da se ideja o nekom novom proizvodu realizuje. U današnjoj situaciji velikoserijska proizvodnja postaje sve manje isplativa a postavljaju se i zahtevi za srednjim i malim serijama (Janjušević, Milutinović, & Radosavljević, 2011).

Maloserijska i pojedinačna proizvodnja upućene su na upotrebu univerzalnih mašina sa velikim učešćem ljudskog rada. Otuda se veliki napori ulažu da se organizuju takvi načini proizvodnje koji bi i pri malim serijama postigli ekonomičnost svojstvenu velikoserijskoj proizvodnji. Dosadašnji način rada sa univerzalnim i zaokruženim

tehnološkim procesima smatra se zastarelim modelom.

Od kada se razvoj proizvodnje orijentisao prema tržištu došlo je do novih saznanja o uticaju ove komponente na ukupnu delatnost organizacije. Pored maloserijske proizvodnje danas je veoma prisutna i pojedinačna. Ovakva proizvodnja predstavlja izradu jednog proizvoda po narudžbini. U ovom slučaju svi predmeti rada se međusobno razlikuju. Zahtevi tržišta usmeravaju proizvodnju i ceo industrijski razvoj prema novim pravcima razvoja organizacije i tehnologije proizvodnje. Osobine proizvodnje orijentisane prema uslovima tržišta su:

- proizvodnja malog broja različitih sastavnih delova,
- kombinovanje i variranje sastavnih delova u montaži,
- veliki broj različitih proizvoda kombinovan od ograničenog broja sastavnih delova,
- specijalizacija proizvodnje na bazi grupne tehnologije,

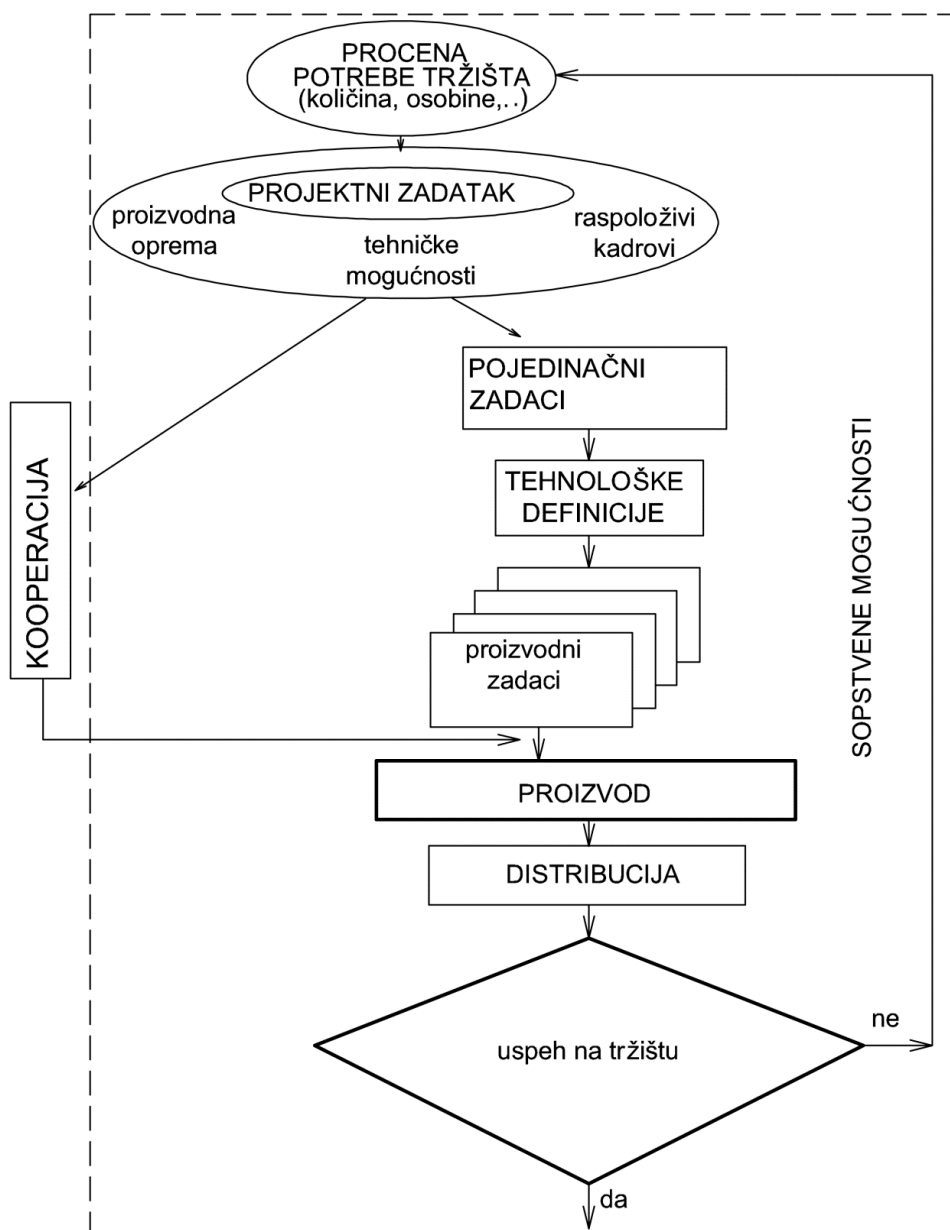
Da bi se opstalo na tržištu moraju se zadovoljiti želje klijenata što često dodatno opterećuje celu organizaciju. Proizvodnja mora biti spremna da odgovori poremećajima na tržištu sa što većom brzinom jer u uslovima oštre konkurencije, želje kupaca moraju biti zadovoljene. Ovo se ne može postići tehnologijom koja je namenjena proizvodnji velikih serija. Često smo prinuđeni da i pri malim serijama, koje su zahtevi tržišta, postignemo cene koje diktiraju velike serije. Sve ovo dovodi proizvođača u poziciju velikog kreatora i izumitelja novih tehnologija. U današnjim uslovima nešto što najčešće stoji na raspolaganju je automatizacija zahvata, procesa, celokupne proizvodnje (Levi-Jakšić, 2006).

Analiza potencijalnih klijenata i njihovih potreba govori o tome šta tržište traži i pod kojim uslovima. Najveće ograničenje predstavljaju naši kapaciteti koje u saradnji sa kooperantima nadomeštamo i zajednički izlazimo na tržište ili prema dogovoru na drugi način učestvujemo u velikoj trci koja se zove oštra konkurencija.

Analizom tržišta, njegovih potreba i mogućnosti određuje se i proizvodni program koji može obezbediti i najbolju iskorišćenost proizvodnih kapaciteta (sl. 1). Sa druge strane tržište usluga, kooperacija i naše mogućnosti u mnogome utiču

na proces definisanja tehnologije izrade zahtevanog proizvoda. Na osnovu zahteva tehnologije formiraju se zadaci koje treba da izvrši svaka radna jedinica, „proizvodna ćelija“, „automatizovano radno mesto“ (Janjušević & Potkonjak, 1999). a zatim se pojedinačno analizira svako radno mesto. Ako se, na primer, ustanovi da će deo zadataka efikasnije izvršiti mašine koje robot opslužuje onda se deo zadataka prebacuje na opsluživane mašine sve dok se ne pronađe optimalno rešenje sa stanovišta njihovih mogućnosti a imajući uvek u vidu finansijski efekat (opravdanost investicije i u

prvom redu naše mogućnosti). Najčešći je slučaj da radne zadatke koji su namenjeni predviđenom robotu opsluživane mašine ne mogu same izvršiti ili je prilagođavanje postojećih mašina datom zadatku nemoguće a možda i previše skupo. U procesu rada sve ove operacije se odvijaju jedna za drugom ali projektant ih posmatra kao jednu uzajamno veoma zavisnu celinu. Ako je potrebno i tehnologija se prilagođava novim uslovima. Na kraju, ako se ustanovi i neophodnost nekih promene u tehnološkom postupku, pristupamo ponovnom definisanju radnih zadataka koje svaka proizvodna jedinica treba da izvrši.



Sl.1 Definisanje proizvodnje

Pre odluke o proizvodnji potrebno je da budu rešeni problemi odnosa sa potrebnom kooperacijom i zajedničkog učešća na tržištu.

U današnjim uslovima kada se na tržištu zahtevaju manje serije sa osobinama koje karakterišu masovnu proizvodnju, proizvođači su dovedeni u delikatnu poziciju. Tržište zahteva proizvode koji će biti sastavljeni od lako zamenljivih komponenti koje će mu uvek stajati na raspolaganju. U takvim okolnostima rešenja se vide u fleksibilnosti proizvodnje.

3 AUTOMATIZACIJA

Glavni cilj savremene proizvodnje je maksimalno angažovanje svih raspoloživih kapaciteta celog okruženja kako bi se postigle sve prednosti koje nam mogu biti na raspolaganju. Ovo su veliki zahtevi ali ako želimo ostati u trci sa konkurencijom moramo biti spremni na sve izazove koje sa sobom nosi i savremeni način poslovanja. Ovakvi vidovi proizvodnje najčešće zahtevaju maksimalno angažovanje svih raspoloživih potencijala u najkraćem vremenskom periodu. Moramo voditi računa da se sada sve odigrava u realnom vremenu. Tržište je veoma "pokretljivo" i u narednom trenutku će najverovatnije važiti neki novi zakoni.

Danas su u svetu velike snage angažovane na projektovanju fleksibilnih proizvodnih sistema, različite namene i osobina koji najčešće u sebi sadrže i veliki broj fleksibilnih ćelija. Proizvođači su prisiljeni da uz povećanje asortimana obaraju cene svojih proizvoda. Pravljenje ustupaka tržištu i potencijalnim kupcima od proizvođača zahteva da u svakom trenutku mora biti upoznat sa svim novim tehnološkim dostignućima i novim projektantskim rešenjima kako bi mogao dobiti jedinični proizvod sa što nižom cenom.

Važno svojstvo fleksibilne proizvodnje, uz adaptivnost, je i velika automatizacija. Uvođenje optimalnog nivoa automatizacije u proizvodnju moguće je samo uz detaljno planiranje svakog proizvodnog zadatka (proces) posebno. Današnji način rada sam po sebi podrazumeva izvestan stepen automatizacije procesa.

Fleksibilnu automatizaciju omogućavaju, u prvom redu, najnovija dostignuća tehničke automatizacije i mogućnosti komunikacije, a to su dva podjednako važna područja, hardver i softver. Hardver, opremu u sistemu fleksibilne

proizvodnje, čine svi podsistemi potrebni za uspešno funkcionisanje celog sistema. Softver (programi) planira, upravlja i kontroliše rad čitavog hardvera.

Razvoj fleksibilne proizvodnje na osnovama automatizacije je vrlo intenzivan. Stvaraju se preduslovi za fabrike budućnosti, tzv. automatske fabrike odnosno kompjuterizovane fabrike na principima računarski integrisane proizvodnje CIM-a (Computer-Integrated Manufacturing). Razvijaju se moduli koji omogućavaju koncepciju savremene proizvodnje, a potom i automatizaciju fabrika, pa se danas već može govoriti o računarski potpuno integrisanoj proizvodnji, odnosno CIM-u.

Proces automatizacije fleksibilne proizvodnje počinje još od konstruisanja i projektovanja proizvoda kojom prilikom se koriste savremene računarske mreže i programski. CAD (Computer Aided Design) paket olakšava projektovanje proizvoda. CAM (Computer Aided Manufacturing) omogućava računarsku podršku proizvodnje.

CAD i CAM su preduslov, a njihova integracija je uslov za CIM proizvodnju. Fleksibilna proizvodnja organizovana i integrisana kao CIM proizvodnja, integriše poslovanje, odnosno ukupnu aktivnost od planiranja, konstruisanja, proizvodnje, održavanja,... Ovo treba da bude osnova za stvaranje ekspertnih sistema u proizvodnji koji će primenom metoda veštačke inteligencije upravljati celokupnom proizvodnjom.

Ovako definisan CIM još nije široko rasprostranjen i danas je teško govoriti o potpuno realnom CIM-u kao automatskoj fabrici.

Fleksibilna automatizacija na nivou CIM-a jeste pre svega kompleks tehničkih sistema i organizacionih mera pomoću kojih se ostvaruje visoka ekonomičnost poslovanja. U ovom smislu, CIM je realnost, ali kod razvijenih industrijskih zemalja.

Istraživanja sprovedena u vodećim fabrikama mašinske industrije Japana govori da je robotizacija proizvodnje već odavno dobila karakter epidemije. Sve veća ekonomska efikasnost korišćenja industrijskih robota je neminovno vodila njihovoj sve masovnijoj primeni. Radi ilustracije, navodimo podatak da je 2010. godine u vodećim japanskim kompanijama mašinske industrije jedan industrijski robot u

sklopu sa sistemom automatskog projektovanja i upravljanja, kao i automatizovanom pripremom proizvodnje bio u stanju da zameni osam radnika pri punom opterećenju u tri smene rada. Pri tome neposredni rezultat robotizacije je bio povećanje kvaliteta poslovanja za četiri puta dok se broj prekida tehnoloških procesa smanjio za više od petnaest puta.

Uticaj industrijskih robota na rast produktivnosti rada i poboljšanje kvaliteta proizvoda se značajno povećava u slučajevima kada se robotizacija sprovodi paralelno sa ustrojstvom drugih automatizovanih sistema a pre svega sa postupcima automatizovanog projektovanja i pripreme proizvodnje. Po oceni japanskih stručnjaka robotizacija uzeta sama za sebe doprinosi samo sa 15-20% povećanja produktivnosti rada, ali u sklopu sa sistemima automatskog projektovanja dobici u produktivnosti se povećavaju čak na 60%. Jedan broj eminentnih naučnika u ovoj oblasti ide tako daleko i tvrdi da se dobici u produktivnosti rada u slučajevima kompletne automatizacije mogu povećati i za 80% pa čak i više. Ovako izraženi ekonomski efekti se uglavnom ostvaruju zahvaljujući povećanom obimu produkcije ali i na račun povećana kvaliteta proizvoda, poboljšanja organizacije proizvodnje i potpunijeg korišćenja opreme.

Automatizacija i robotizacija kao jedan od njenih važnijih elemenata pokazali su da uspešno rešavaju ovakve probleme. Teži se tome da proizvodnja bude projektovana tako da se bez hardverskih promena mogu postići potrebne izmene u proizvodnom programu (kratkoročna fleksibilnost).

4 UPRAVLJANJE AUTOMATSKIM TEHNOLOŠKIM PROCESIMA

Kada se govori o automatskim tehnološkim procesima i specifičnom načinu upravljanja koji se vezuje za visoki stepen u razvoju tehnologije, tada se misli na fleksibilne proizvodne sisteme. I pored različitih podataka i koncepcija u literaturi mogu se izvesti neke osnovne karakteristike ovakvog načina upravljanja:

- potpuna mehanizacija rukovanja i obrade materijala,
- integracija pojedinačnih mašina i operacija u jedinstven sistem, i
- kontinuiranost proizvodnog procesa.

Kod automatskih tehnoloških procesa dolazi do:

- optimizacije i racionalizacije proizvodnje,
- automatske kontrole, regulisanja i upravljanja proizvodnom procesom što ima kao posledicu
- upotrebu računarske tehnike,
- korišćenje povratne sprege u upravljanju.

Efekti ili posledice primene automatskih sistema upravljanja tehnološkim procesima su:

- uštede u ljudskom radu, tj. povećanje produktivnosti rada,
- prevazilaženje nedostataka neželjenog subjektivnog uticaja u tehnološkom procesu (na primer zamor, neznanje, neiskustvo,...) koji dovode do grešaka u radu,
- fleksibilnije upravljanje i veća mogućnost promena,
- aktivnosti čoveka se pomeraju ka kreativnijim poslovima.

Osnovu za upravljanje tehnološkim procesima čine informacije koje se razmenjuju unutar tehnološkog procesa, a isto tako i između tehnološkog procesa i sredine u kojoj deluje.

U zavisnosti od složenosti algoritma upravljanja u praksi se susreću tri osnovna sistema automatskog upravljanja tehnološkim procesom:

- a. sistem logičko – programskog upravljanja tehnološkim procesima kod kojih se algoritmom upravljanja održava tačno logično vođenje tehnološkog procesa, što omogućava da se upravljani tehnološki proces odredi kao determinisani.

Velike su prednosti ovog način upravljanja nad ručnim. Isključuju se pogrešne radnje čoveka, omogućava korišćenje i primena informacija i metoda koje prevazilaze nivo i obim znanja operatera, te se time povećava kvalitet i efikasnost odvijanja tehnoloških procesa, zatim moguće je u program uneti sva poslednja dostignuća iz oblasti tehnologije, organizacije, upravljanja..

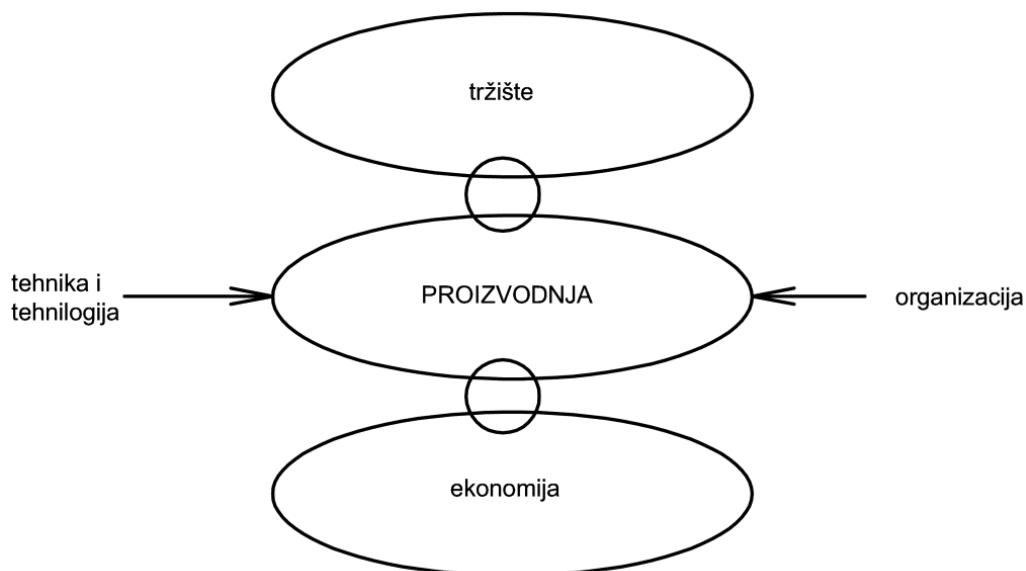
- b. sistem optimalnog upravljanja se javljaju u slučaju složenih tehnoloških procesa koji imaju determinisane, stohastičke i čisto slučajne delove. Uloga procesnog računara ogleda se upravo u mogućnosti stvaranja sistema optimalnog upravljanja stohastičkim delovima tehnološkog procesa, jer prirodno je da operator teško može da obezbedi optimalni režim rada.

Sistemi optimalnog upravljanja mogu se ostvariti kao automatski sistemi upravljanja tehnološkim procesom:

- bez adaptacije, kod kojih su raspodele verovatnoća promenljivih unapred poznate, pa optimalna strategija upravljanja može da se odredi kroz definisani matematički model funkcionisanja tehnološkog sistema, i
- sa adaptacijom, kod kojih ne postoji informacija o raspodeli slučajnih promenljivih procesa, što znači da tek u toku dejstva, u zavisnosti od ponašanja i karaktera slučajnih promenljivih (a na bazi dobijenih rezultata o ponašanju koji se registruju za prethodne periode posmatranja sistema) moguće je razraditi određenu optimalnu strategiju

upravljanja. Reč je o adaptivnom sistemu koji u zavisnosti od konkretne situacije treba da obavlja samopodešavanje.

- c. sistemi kompleksnog upravljanja tehnološkim procesom organizaciono povezuju grupe tehnoloških procesa, sa čitavim kompleksom, opreme, protocima materijala polufabrikata i nosilaca energije. Upravljanje se obavlja uz pomoć operativnog personala u toku tehnološkog procesa uz automatsko i poluautomatsko sakupljanje i obradu tehnoloških i organizaciono – proizvodnih informacija (sl. 2). Uloga procesnog računara je vrlo kompleksna: obuhvata proizvodnu, komercijalnu, finansijsku funkciju koje se regulišu automatskim putem po principima optimalnosti.



Sl.2. Upravljanje proizvodnim procesom

Sistemi upravljanja mogu se hijerarhijski raspodeliti na različite nivoe upravljanja u okviru kojih su, u zavisnosti od složenosti algoritma upravljanja, prisutni navedeni tipovi automatskih sistema upravljanja: na nižim nivoima zastupljeno je logičko – programsko upravljanje, na višim optimalno i kompleksno upravljanje (Štefanić, Križan, & Čala, 2008).

5 FLEKSIBILNI PROIZVODNI SISTEM

Dosadašnja istraživanja su pokazala da su uslovi i zahtevi tržišta takvi da im postojeća filozofija proizvodnje ne može da odgovori na pravi način.

Kruta proizvodnja uz neadekvatnu organizaciju učinili su da su postojeći tipovi proizvodnje postali neekonomični, nefleksibilni jednom rečju neprilagodljivi veoma oštrim tržišnim uslovima. Fleksibilna automatizovana proizvodnja nastala je kao odgovor na novo stanje na tržištu i savremene zahteve. Oni govore u prvom redu o tome da se traži sve više proizvoda u različitim varijantama uz sve ekskluzivnije zahteve potrošača. Masovna proizvodnja i prodaja proizvoda je sve ređa. Uspešno će se prodavati samo oni proizvodi koji se budu mogli prilagoditi zahtevima tržišta i to u kratkom vremenskom periodu.

Doprinos automatizaciji i podizanju nivoa kvaliteta proizvoda predstavljaju fleksibilni proizvodni sistemi različitog nivoa i namene, čije su osnovne tehnološke komponente numerički upravljane mašine i industrijski roboti. Automatizacija u svim oblastima proizvodnje posebno izražena u liku fleksibilnih proizvodnih sistema, znači i višestruko povećanje tačnosti, preciznije izvođenje operacija u svim fazama rada i time utiče na značajno poboljšanje kvaliteta svih finalnih proizvoda.

Fleksibilna proizvodnja predstavlja kombinaciju fleksibilnosti CNC-mašina i visoku pouzdanost i produktivnosti tehnoloških transfer-linija sa ciljem postizanja visokog kvaliteta proizvoda. Imajući ovo u vidu, do danas je razvijeno više varijanti fleksibilnih proizvodnih sistema. Razlike postoje u postavljenom konceptu i stepenu automatizacije. Ovi sistemi imaju velike mogućnosti samo ako su projektovani sa jasnim ciljem i koncepcijom (Matejić, 2002).

Razvoj mikroprocesora i ostalih pratećih tehnologija doveo je do drastičnog pada cena ovim komponentama i omogućio njihovu primenu za upravljanje mašinama. U tom slučaju kompjuter preuzima neke upravljačke funkcije koje su do tada bile rešene hardverskim putem i prebacuje ih u nadležnost softvera.

U eri novih tehnologija i velikog usavršavanja postojećih, fleksibilni proizvodni sistemi kao visoko automatizovani elementi treba da omoguće postizanje željenog kvaliteta, malih serija pa čak i pojedinačne proizvodnje. Opšte je poznato da se savremena kontrola proizvodnje ne može rešiti bez numeričkog upravljanja. Kod „konvencionalnih“ sistema završni kvalitet predmeta rada zavisi od umešnosti radnika. Savremena proizvodnja mora biti definisana tako da se delimično isključi značaj radnika na izlazni kvalitet predmeta rada. Jedan od najvećih problema je taj što se i tehnologija proizvodnje datih proizvoda često mora menjati, to jest prilagoditi novim proizvodnim sistemima. Kratkoročno gledano cena proizvoda se drastično povećava, međutim, ako problem posmatramo dugoročnije velike prednosti su na strani fleksibilne automatizacije.

Važna osobina današnje proizvodnje je automatizacija. Uvođenje automatizacije u fleksibilnu proizvodnju moguće je samo uz detaljno planiranje svakog proizvodnog zadatka.

Zato fleksibilna proizvodnja podrazumeva veliki stepen automatizacije procesa. Kažemo da je automatizacija procesa suština fleksibilne proizvodnje.

Za ovakvu proizvodnju, orijentisanu na male serije neki od osnovnih uslova su:

- brzo i efikasno projektovanje,
- proizvodna linija mora biti sposobna za prilagođavanje različitim proizvodima,
- fleksibilna proizvodnja podrazumeva računarsko upravljanje celim procesom.

Tehnološki progres i kvalitet proizvoda su dve uzajamno uslovljene kategorije. Tehnološki napredak deluje u pravcu permanentnog podizanja upotrebne vrednosti proizvoda, a sa druge strane, u svojoj realizaciji on podrazumeva upotrebu predmeta za rad sve većeg kvaliteta. Ovde treba tražiti i doprinos automatizacije kao najizraženijeg oblika savremenog tehničkog progressa na potrebu neprekidnog poboljšanja sredstava rada.

Organizacija i tehnologija automatizovanih fleksibilnih proizvodnih sistema zasniva se na grupnom tipu proizvodnje, odnosno na grupnoj tehnologiji kao vidu tehnološke organizacije. Ubrzani razvoj grupne tehnologije i njena primena u proizvodnoj praksi doprinose razvoju fleksibilne automatizovane proizvodnje, kao osnovnog koncepta savremenog načina rada. Zbog toga se danas pojam fleksibilne i automatizovane proizvodnje ne odvaja od pojma grupne tehnologije. Na temelju grupne tehnologije, obliku tehnološke organizacije, razvija se fleksibilna automatizovana proizvodnja, najvažniji savremeni koncept. Odnosno, grupna tehnologija predstavlja tehnološku i organizacionu osnovu ovakve proizvodnje (Ćuprić, 2003).

Automatizovana fleksibilna proizvodnja se kao koncept već primenjuje u industrijskoj praksi i daje zapažene rezultate. Očekivanja su da će ti rezultati u budućnosti biti još veći.

6 PERSPEKTIVE PRIMENE ROBOTA U DOMAĆOJ INDUSTRIJI

Roboti se danas primenjuju u svim granama industrije. Mogu „beskrajno“ da ponavljaju složene operacije, da ih obavljaju efikasnije od čoveka i da pri tome kvalitet urađenog posla bude ujednačeniji. Često rade u uslovima koji su teški i

opasni za čoveka, kao što je rad sa otrovnim i radioaktivnim materijalima, pri povišenim temperaturama i pritiscima nepovoljnim za ljudski organizam. Ovo ih čini veoma povoljnim uređajima za mehanizaciju pojedinih operacija u industrijskim pogonima. Generalno se može reći da se roboti primenjuju iz dva razloga:

- humanizacija uslova rada, odnosno oslobađanje ljudi od teškog i opasnog rada,
- povećanje produktivnosti.

U uslovima tržišne privrede povećanje produktivnosti je jedan od osnovnih uzroka opstanka na tržištu, pa je drugi od navedenih razloga primene robota dominantan, a ostaće to i u bližoj budućnosti. Predviđa se, naime, da će cena robota u industrijski razvijenim zemljama tri puta sporije rasti od cene radne snage. Sa druge strane zbog visoke početne cene takozvana „teška“ automatizacija može da otplati svoju cenu samo pri obradi velikih serija. Roboti imaju ekonomsku opravdanost i kod manjih serija, jer se njihov rad lako može podesiti za nove partije komada promenom programa računara.

O ovim prednostima robotizacije može se govoriti iz više uglova, ali u uslovima kada ljudski rad postaje jeftiniji od mašine uslovi i odnosi u sistemima postaju veoma specifični (Potkonjak, 1999).

Izgledi za primenu robota u domaćoj industriji u bližoj budućnosti nisu povoljni zbog sledećih razloga:

- kod nas je jeftina radna snaga i veliki je broj nezaposlenih radnika, pa se u projektima za nove fabrike često predviđa zapošljavanje što je moguće većeg broja radnika,
- mašine su skupe, naročito uvozna oprema.

Uvođenje tržišne privrede će, doprineti a verovatno i diktirati uvođenje robota zbog neophodnosti povećanja i ujednačavanja kvaliteta proizvoda, ali i zbog povećanja produktivnosti. Za složenije zadatke, velike brzine kretanja, velike tačnosti i ponovljivosti, veliku pouzdanost, autonomnost, adaptivnost i sl. potrebno je projektovati takve upravljačke sisteme koji moraju da zadovolje i ekonomsku stranu koja je u ovom trenutku u našoj zemlji veoma nepovoljna. Pretpostavlja se da će u skorij budućnosti i automatizacija naći svoje mesto bez obzira na nisku cenu radne snage na tržištu.

Pošto naša zemlja želi da bude članice mnogih svetskih organizacija i da prati najnovija tehnokonomske trendove to podrazumeva i prihvatanje velikog broja propisa i normi. Ovim zakonima su u najvećoj meri zaštićeni ljudi i životna sredina, što iziskuje korišćenje najsavremenije tehnološke opreme.

7 ZAKLJUČAK

Današnji imperativ je brzo proizvoditi što više modela, varijanti jednog istog modela sa velikom mogućnosti udovoljavanja željama kupca, normalno uz minimalne cene koštanja. Kao jedno od rešenja vidi se što veća automatizacija svih oblika poslovanja i spremnost usvajanja svih novih tehničko-tehnoloških rešenja. Proizvodnja kao deo celokupne aktivnosti umnogome doprinosi uspešnosti cele kompanije.

Analiza osobina proizvodnje treba da doprinese njenoj efikasnosti i otkrije potencijalna mesta primene automatskih mašina. Sa druge strane upoznavanje sa osobinama ovih uređaja omogućava projektantu tehnološkog procesa da može koristiti sve mogućnosti automatizacije koje mu stoje na raspolaganju.

Karakteristika savremene proizvodnje je uvođenje i razvoj robotizovanih i računarski orijentisanih fleksibilnih proizvodnih procesa. Funkcionisanje automatizovanih proizvodnih sistema je rezultat skladnog komponovanja elemenata proizvodnje. Ovakvi sistemi se sastoje od delova uzajamno zavisnih, povezanih i objedinjenih zajedničkim poslovnim, proizvodnim, investicionim, razvojnim ciljevima.

Analiza jednog ovako složenog “objekta” predstavlja veliki izazov. Problem predstavlja složenost sistema i međusobna povezanost velikog broja komponenti zavisnih elemenata. Ovo možemo definisati kao nedostatak odgovarajućih matematičkih modela koji bi na adekvatan način opisali funkcionisanje svih procesa. Prilikom definisanja matematičkih modela najveću prepreku sačinjava veoma izražena nelinearnost i dinamičko ponašanje ovih sistema. Sa druge strane je izbor odgovarajućeg (adekvatnog) hardvera koji bi mogao da odgovori svim postavljenim zahtevima. Treba napomenuti da je u zadnje vreme masovnom proizvodnjom upravljačkih komponenti i njihova cena na tržištu drastično opala.

Danas su u svetu velike snage angažovane na projektovanju fleksibilnih sistema, različite namene i osobina koji najčešće u sebi sadrže i veliki broj robota. Proizvođači su prisiljeni da uz povećanje asortimana obaraju cene svojih proizvoda. Pravljenje ustupaka tržištu i

potencijalnim kupcima od proizvođača zahteva da u svakom trenutku mora biti upoznat sa svim novim tehnološkim dostignućima i novim projektantskim rešenjima kako bi mogao dobiti jedinicu proizvodnje sa što nižom cenom.

CITIRANI RADOVI

- Ćuprić, N. (2003). *Modeliranje ulazno izlaznih zona automatskih skladišnih sistema*. Beograd: Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Janjušević, L., & Potkonjak, V. (1999). *Modeling and simulation of flexible and fully automated seed processing plant*. Beograd: ETRAN.
- Janjušević, L., Milutinović, Z., & Radosavljević, M. (2011). Zahtevi savremenog tržišta. *Konferencija ICDQM – 2011*, (pp. 646-652). Beograd.
- Levi-Jakšić, M. (2006). *Menadžment tehnologije i razvoja*. Beograd: Fakultet organizacionih nauka.
- Matejić, V. (2002). *Prilozi istraživanju naučnog i tehnološkog razvoja*. Beograd: Savezni sekretarijat za razvoj i nauku.
- Potkonjak, V. (1999). *Robotika*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Štefanić, N., Križan, O., & Čala, I. (2008). Models and Methods of Production Management. *Strojarstvo, Vol. 50. No. 3*, 175-184.

Zahvalnica

Ovaj rad je delom finansijski podržan od Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta TR-35042.

Datum prve prijave: 30.03.2014.
Datum prijema korigovanog članka: 13.05.2015.
Datum prihvatanja članka: 21.05.2015.

Kako citirati ovaj rad? / How to cite this article?

Style – **APA Sixth Edition**:

Janjušević, L., Hadžić, P., & Radosavljević, M. (2015, jul 15). Upravljanje fleksibilnom proizvodnjom i uloga robota u njoj. (Z. Čekerevac, Ed.) *FBIM Transactions*, 3(2), 46-56. doi:10.12709/fbim.03.03.02.06

Style – **Chicago Sixteenth Edition**:

Janjušević, Ljubinko, Pavle Hadžić, and Miroslav Radosavljević. 2015. "Upravljanje fleksibilnom proizvodnjom i uloga robota u njoj." Edited by Zoran Čekerevac. *FBIM Transactions (MESTE)* 3 (2): 46-56. doi:10.12709/fbim.03.03.02.06.

Style – **GOST Name Sort**:

Janjušević Ljubinko, Hadžić Pavle and Radosavljević Miroslav Upravljanje fleksibilnom proizvodnjom i uloga robota u njoj [Journal] // FBIM Transactions / ed. Čekerevac Zoran. - Beograd : MESTE, jul 15, 2015. - 2 : Vol. 3. - pp. 46-56.

Style – **Harvard** Anglia:

Janjušević, L., Hadžić, P. & Radosavljević, M., 2015. Upravljanje fleksibilnom proizvodnjom i uloga robota u njoj. *FBIM Transactions*, 15 jul, 3(2), pp. 46-56.

Style – **ISO 690** Numerical Reference:

Upravljanje fleksibilnom proizvodnjom i uloga robota u njoj. **Janjušević, Ljubinko, Hadžić, Pavle and Radosavljević, Miroslav.** [ed.] Zoran Čekerevac. 2, Beograd : MESTE, jul 15, 2015, FBIM Transactions, Vol. 3, pp. 46-56.