

UPRAVLJANJE FLEKSIBILNOM PROIZVODNjom I ULOGA ROBOTA U NJOJ

CONTROL OF FLEXIBLE PRODUCTION AND ROLE OF ROBOTS IN IT

Ljubinko Janjušević¹, Pavle Hadžić², Miroslav Radosavljević³

Rezime

U današnjim uslovima kada se na tržištu zahtevaju manje serije takoreći unikati sa osobinama (cenom, kvalitetom...) koje karakterišu masovnu proizvodnju, proizvođači su dovedeni u poziciju velikih kreatora. Tržište zahteva proizvode koji će biti sastavljeni od lako zamenljivih komponenti koje će mu uvek stajati na raspolaganju. Predpostavlja se da proizvođač ispunjava sve zahteve klijenata, uostalom to je uslov opstanka na tržištu. U takvim okolnostima rešenja se vide u fleksibilnosti proizvodnje.

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

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

“Fleksibilna automatizovana” proizvodnje, 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 skraćenju proizvodnih rokova.

Razvoj fleksibilne proizvodnje na osnovama automatizacije je vrlo intezivan. 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.

¹ Institut Goša, Beograd, Srbija

² Institut Goša, Beograd, Srbija

³ Institut Goša, Beograd, Srbija

Proces automatizacije fleksibilne proizvodnje počinje još od konstruisanja i projektovanja proizvoda kojom prilikom se koriste savremene računarske mreže a 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. Flaksibilna 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.

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. Kod nas tek dolazi početna faza razvoja.

Istraživanja sprovedena u vodećim fabrikama mašinske industrije Japana govore da je robotizacija proizvodnje već odavno dobila karakter epidemije. Sve veća ekonomska efikasnost korišćenja industrijskih robota je neminovno vodila njihovoj sve masovnijoj primeni. Karakteristični, podatci su 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 pralelno 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 70% 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.

Karakteristika savremene proizvodnje je uvođenje i razvoj robotizovanih i računarski orijentisanih fleksibilnih proizvodnih procesa. Od fleksibilnih proizvodnih sistema kao novog oblika filozofije proizvodnje očekuje se da razreši najvažnije nedoumice proizvodnje. U svetu su velike snage angažovane na projektovanju fleksibilnih sistema, različite namene i osobina koji najčešće u sebi sadrže i veliki broj robota. A, oni kao deo nove tehnologije uspešno se bore sa zahtevima koji su pred njih postavljeni. Kvalitetno obavljaju poslove i ujedno smanjujući cenu proizvodnje. Kako su projektni zahtevi industrijskih robota sve složenij u pogledu manipulativnih sposobnosti, brzine kretanja, tačnosti i ponovljivosti, adaptivnosti, štednje energije, cene koštanja i sl. to je neophodno dublje sagledavanje njihovih problema, koji su usko vezani sa ostalim elementimatehničkog sistema.

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 (produktivnost) 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 slučajevima, 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 uvodi bez obzira na cenu.

Rezultati pokazuju da postoji izražena korelaciona 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 tehnološkekomponente numerički upravljane mašine. Neposredani rezultati fleksibilne - automatizacije, koja je poslednjih tridesetak godina zahvatila sve industrijske grane, su po jedinstvenoj oceni tehno-ekonomskih analitičara označili ne samo višestruko povećanje produktivnosti rada već i podizanje kvaliteta proizvoda.

Analizom tržišta, njegovih potreba i mogućnosti određuje se i proizvodni program koji može obezbediti i najbolju iskorišćenost proizvodnih kapaciteta. 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“...A zatim se pojedinačno analizira svako radno mesto. Ako se, na primer, ustanovi da će deo zadataka efikasnije izvršiti mašine koje robot opslučuje onda se deo zadataka prebacuje na njih 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).

O prednostima robotizacije može se govoriti sa različitih aspekata, ali u uslovima kada čovek postaje jeftiniji od mašine odnosi u sistemima postaju veoma složeni.

Izgledi za primenu robota u domaćoj industriji u bližoj budućnosti nisu povoljni iz više razloga, a najznačajniji su:

- 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. Predpostavlja se da će u skoroj budućnosti i automatizacija naći svoje mesto bez obzira na nisku cenu radne snage na tržištu.

Organizovanje ovakvog načina proizvodnje iziskuje i velika ulaganje, koja su u ovom trenutku opravdana i dugoročno posmatrano isplativa.

Ključne reči: tržište, organizacija, CIM, automatizacija

Summary

Nowadays that market requires smaller batches, virtually unique products with the properties (price, quality ...) characterizing mass production, producers are brought into a position of great creators. Market requires products composed of easily replaceable components always at its disposal. It is assumed that the manufacturer meets all the clients' requirements, after all it is a prerequisite for survival in the market. Under such circumstances solutions are seen in the flexibility of production.

Addressing the demands of potential clients and survival in the selective market is considered the main task of flexible manufacturing systems of complex structures, whose control is the engineers' biggest challenge. Hardware problems are largely solved, and the resolution of the software ones is much anticipated. Managing the whole system leads to quality improvements and lower prices of the final product.

This production concept fully complies with the current requirements of the market. Rapid emergence of new products, creating multiple versions of the same model, small batches while maintaining quality, reliability, and low cost are some of the features of such production.

"Flexible automated" production and adaptability to market changes result from the use of new technologies, modern technology and methods of work organization. Many studies around the world indicate that the application of this kind of manufacturing inevitably leads to an increase in labor productivity, increasing product quality and reducing production deadlines.

The development of flexible manufacturing based on production automation is very intense. The preconditions are created for the factory of the future, so-called automated respectively computerized factory on the principles of computer integrated manufacturing (CIM). Modules are being developed that allow the concept of modern manufacturing and then factory automation, so today one can already speak of a fully computer integrated manufacturing i.e. CIM.

The process of flexible manufacturing automation goes back to the construction and design of the product using modern computer networks, while software CAD (Computer Aided Design) packages facilitate product design. CAM (Computer Aided Manufacturing) provides computer support of production line.

CAD and CAM are preconditions, while their integration is a prerequisite for CIM manufacturing. Flexible manufacturing organized and integrated in CIM integrates business i.e. the overall activity of planning, constructing, operating, maintaining... This should be the basis for the creation of expert systems in manufacturing, that will manage the entire production by the application of methods of artificial intelligence.

Flexible automation at the level of CIM is primarily a complex of technical systems and organizational measures with which to generate high economic efficiency. In this sense CIM is real, but only in industrially developed countries. Our country just takes the initial phase of its development.

Surveys conducted in leading factories of the Japanese mechanical industry show that the robotization of production has long got the character of the epidemic. Increasing economic efficiency of industrial robots inevitably leads to their application en masse. Typical 2010 data for the leading Japanese mechanical industry companies show, that one industrial robot as part of an automatic design and control system in conjunction with automated production preparation, was able to replace eight workers at full load in three shifts of work. At the same time the immediate result of robotization was a four times increase in business quality, while the number of interruptions of the technological processes was reduced for more than fifteen times.

The impact of industrial robots on the productivity increase and product quality improvement significantly rises when robotization is implemented in parallel with the setting up of other

automated systems, and above all with methods of automated design and production preparation. In the opinion of Japanese experts, robotics taken by itself contributes only a 15-20% increase in labor productivity, but in conjunction with automatic design systems, gains in productivity rise even to 60%. A number of eminent scientists in this field go so far as to claim that the gains in labor productivity in the case of complete automation can reach 70% and more. Such pronounced economic effects are mainly achieved due to the increased volume of production, but also by the increased product quality, improved organization of production and fuller use of equipment.

A feature of contemporary production is the introduction and development of robotic and computer-oriented flexible manufacturing processes. Flexible manufacturing systems as a new philosophy of production are expected to resolve the most important manufacturing concerns. Worldwide large resources are committed in the design of flexible systems for different purposes and characteristics, that usually contain a large number of robots. And they, as part of the new technology, successfully cope with the demands that are placed before them. They perform quality work, at the same time reducing the cost of manufacturing. As the design requirements of industrial robots are getting more complex in terms of handling capacity, speed, accuracy and repeatability, adaptability, energy conservation, cost etc., it necessitates a deeper understanding of their problems, which are closely related to other elements of technological systems.

Nowadays robots are used as flexible machines in cases when accuracy and repeatability of their operation can meet the requirements of the task. (It is assumed that economic criteria are met.) Due to the specific requirements of assembling, for this purpose they are rarely used, but in the processes of painting or welding, robot can often greatly increase the effect (productivity). In the case of "dirty" technologies, it may be indispensable. Introduction and use of robots increases the level of automation and productivity generally. Technological aspects of production in their application often face restrictions placed by economic considerations. No matter how successful and even revolutionary a technological solution is, its feasibility must be evaluated from an economic standpoint. In some cases, two cheap operations are a better solution than a prohibitively expensive, highly productive one. Of course, in practice there arise situations when the economic aspect is consciously ignored and a solution is introduced regardless of the price.

The results show that there is a strong correlation between product quality and the development of automated instruments of labor. In a number of cases of industrial manufacturing, application of highly automated tools and equipment is a necessary precondition for the realization of the desired product quality. In the analysis of contributions to raising the quality and lowering the price of the product, flexible manufacturing systems of various levels and purposes, with numerically controlled machines as their basic technological components, are certainly an important factor. The direct results of flexible automation, which in the last thirty years affected all branches of industry, at a unanimous assessment of techno-economic analysts marked not only a multiple increase in labor productivity, but also improved the quality of products.

After analysing the market, its needs and capabilities, one determines and implements a program that can provide even the best utilization of manufacturing capacity. On the other hand, market services, cooperation and own abilities greatly affect the process of defining technology of the required product. Based on the requirements of technology, the tasks to be performed by each work unit, "production cell", "automated workstation" are formed. Then each workplace is individually analyzed. If, for example, it is found that a portion of the tasks will be more efficiently executed by machines served by a robot, then a part of the tasks is iteratively transferred to them until an optimum solution from the standpoint of their potential is found. And always keeping in mind the financial effect (justification of the investment, in the first instance own options).

The advantages of robotization can be discussed from different aspects, but in terms of when a person becomes cheaper than machine, relationships in the systems become very complicated.

Prospects for the application of robots in the domestic industry in the near future are not favorable for several reasons, the most important are:

- cheap labor and a large number of unemployed, so in the design of new plants, as much workers as possible are often to be employed,
- machines are expensive, especially imported equipment.

The introduction of a market economy will contribute and probably dictate the introduction of robots because of the need to increase and equalize the quality of the product, but also in order to increase productivity. For more complex tasks, high speed, high accuracy and repeatability, reliability, autonomy, adaptability and the like, it is necessary to design such control systems that also meet the economic aspect, which is at present very unfavorable in this country. It is assumed that in the near future automation will also find its place, regardless of the low cost of labor in the market.

Organizing this kind of production requires a large investment, which are at present feasible, while cost-effective in the long term.

Keywords: market, organization, CIM, automation
