

## Elementi teorije kibernetskog sistema rukovođenja proizvodnim procesom

### Sažetak

U sistemu TRŽISTE — PROIZVODNJA postoje sve veći zahtjevi ekonomske moći. Veća i jača sredstva traže neprekidno veća ulaganja, a da bi se ta trka izdržala, potrebno je ekonomski biti sve efikasniji.

Pred proizvodni sistem od 100, 1000 ili 10.000 zaposlenih radnika postavlja se pitanje kako osigurati: opstanak, rast ili razvoj, što znači, kako upravljati sistemom da se osigura bar jedan od tri navedena moguća cilja.

Sve veća su povezivanja proizvodnog sistema s vanjskom sredinom i sve su veći utjecaji vanjskog sistema na promatrani sistem, iz čega slijedi zaključak da su sve veći problemi upravljanja sistemom. Da bi se zadovoljio bar jedan od navedena tri cilja, potrebno je da:

1. sistem funkcionira kao fenomen cjeline,
2. da se shvate i uoče poremećaji u sistemu,
3. da se razmišlja i upravlja kroz krugove povratnog djelovanja

U ovom članku dani su elementi teorije sistema koji čine osnovu za kibernetско upravljanje sistemom, dok će u slijedećem članku biti prikazan kompletan primjer kibernetskog sistema upravljanja u proizvodnji furniranog pokućstva.

**KLJUČNE RIJEČI:** sistem tržište-proizvodnja — kibernetско upravljanje proizvodnim sistemom — elementi teorije sistema.

### THEORY ELEMENTS OF KIBERNETIC SYSTEM IN PRODUCTION MANAGEMENT

#### Summary

There are increasing economic demands in Market — Production system. The greater the capital goods are the greater investments are required and to follow this race it is necessary to improve economic efficiency.

The production system of 100, 1000 or 10000 employed workers is faced with the problem of how to provide for the existence, growth or development which means how to manage the system so that at least one of the three below mentioned aims could be reached.

Constantly growing connection of production system with its environment and the growing influence of external system upon production system are responsible for the fact that the problems of managing system are becoming greater and greater.

In order to satisfy at least one of three aims it is necessary:

1. for the system to function as totality phenomenon
2. for the system disturbances to be observed and understood,
3. to understand and manage this system through the feedback circuits.

Theory system elements are described in this article giving the basis for kibernetic system management while a complete example of kibernetic system management in veneered furniture production will be treated in the following article.

**KEY WORDS:** system market-production — kibernetic management of production system — system theory elements.

Sistemi proizvodnje predstavljaju temelj dobivanja proizvodnih dobara za potrebe pojedinaca i društva u cjelini, koje iz dana u dan postaju sve veće. Te potrebe izazvane su: porastom priraštaja stanovništva, što znači broja potrošača, i porastom proizvodnih kapaciteta, koji rastu inicirani brzim razvojem znanosti tehnologije i organizacije.

Sigurno je da ovi faktori postavljaju kao uvjet unapređenje proizvodnog sistema, koji je vrlo složen i koji je izložen nizu vanjskih i unutarnjih faktora koji djeluju na njega.

Da bi se proizvodni sistem mogao razvijati, uvjet je da konstantno stvara dohodak, što je u uskoj vezi sa sniženjem troškova, boljim korišćenjem instaliranih kapacitetima, skraćanjem rokova isporuke, višim nivoom kvalitete i brzim prihvaćanjem želja i potreba tržišta. Drugim riječima, danas se postavljaju pitanja: kako razviti tržište, kako istisnuti konkurenciju, kako upravljati proizvodnim sistemom ako je on na tržištu već uhodan, kako zadržati tržište, kako zadovoljiti rokove isporuke, kako sniziti troškove, jednom riječju kako postići optimalan DOHODAK.

Sve se ovo može svrstati u tri osnovne grupe problema, tj. kako osigurati: opstanak, rast i razvoj. Ova tri zahtjeva predstavljaju osnovne ciljeve proizvodnog sistema.

Budući da su sve veća povezivanja s drugim sistemima i sve veći utjecaj na proizvodni sistem slijedi zaključak da su sve veći problemi rukovođenja proizvodnim sistemima. Ovi zahtjevi traže od proizvodnog sistema takvo ponašanje da funkcionira u skladu sa sistemom PODUZEĆE —

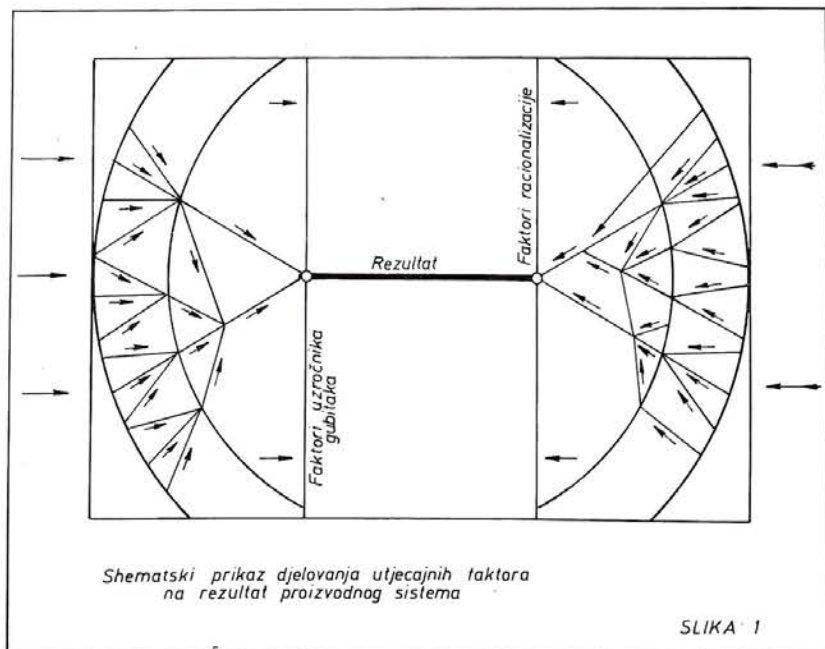
TRŽISTE kao zatvoren sistem s tim da u isto vrijeme ispunjava zahtjev optimalnog korišćenja reursima.

U napredovanju rukovodnih postupaka i akcija, najvažniju ulogu su svakako imale nove znanstvene discipline rukovođenja, kao što su: kibernetika; teorija sistema; industrijska dinamika i razvoj elektronike.

Navedene znanstvene discipline omogućile su svladavanje slijedećih bitnih faktora, kao što su: masovno obuhvaćanje utjecajnih faktora uzročnika gubitaka, efikasno praćenje njihova ponašanja, efikasno reagiranje proizvodnog sistema na nastali mogući poremećaj. Njihov najveći doprinos je u tome, što omogućuju cjelovitu simulaciju poslovnih procesa korištenjem velikim brojem vjerojatnih planskih pretpostavki, s ciljem da se dođe do što realnije slike mogućih optimalnih rezultata. Na slici 1 dan je grafički prikaz djelovanja utjecajnih faktora na rezultat sistema. S lijeve strane prikazani su faktori uzročnici gubitaka, a s desne strane faktori racionalizacije. Njih ćemo pokušati na prihvatljiv način približiti stručnjacima u poduzeću, da im kao spoznaja posluži pri donošenju rukovodnih i upravljačkih odluka.

## 1. SISTEM

U suvremenoj literaturi ima više definicija za sistem, no čini se da je najprihvatljivija slijedeća koja glasi: »Sistem je skup objekata ili elemenata međusobno povezanih relacijama na taj način da ostvaruju cjelinu radi zajedničke svrhe ili cilja«. Navedena definicija može se općenito prikazati shematski (sl. 2).





Stanje u sistemu obilježeno je sa »S«, a elementi sistema s međusobnim relacijama u stvari čine strukturu koja je označena sa »Z«. Sa »X« su označene veze kojima se vrši djelovanje vanjske sredine na sistem, što u stvari predstavlja ulaz u sistem, a s »Y« su označene veze sistema koje djeluju na vanjsku sredinu. Ulazi u sistem mogu, ali i ne moraju, biti pod kontrolom sistema. Izlazi su stvarna reakcija sistema i ovise od ulaznih veličina i stanja sistema. Sistem može imati više ulaza i više izlaza, koji se obično definiraju opisom sistema. Ulazi »X« i izlazi »Y« imaju isto kao i sistem svoje prostore u kojima se mogu naći. Oni mogu biti višedimenzionalni i mogu se prikazati kao niz podataka u određenim vremenskim intervalima. Ulazi u vremenu  $t$  ( $X_t$ ) i izlazi u vremenu  $t$  ( $Y_t$ ) za svako  $t = 0, 1, 2, \dots, n$ , čine uređene nizove s konačno ili beskonačno mnogo elemenata koji opisuju prenošenje ulaza i izlaza u sistem.



Slika 3

## 2. OKOLINA SISTEMA

Za promatrani sistem, okolina je skup svih ostalih objekata izvan sistema za koje vrijedi da promjene karakteristika okoline utječu na sistem i njegovo stanje i da povećanje sistema djeluje na promjene karakteristika okoline. Da bismo mogli promatrati neki sistem i analizirati ga, moramo utvrditi i odrediti da li i kada neki objekt pripada promatranom sistemu, a kada ne, tj. kada pripada vanjskoj sredini ili okolini sistema. Na taj se način dolazi do dva sistema: okolina sistema i promatrani sistem. Točnije rečeno, na taj način definiramo granice sistema od vanjske sredine, ili možemo reći da definiramo realan sistem.

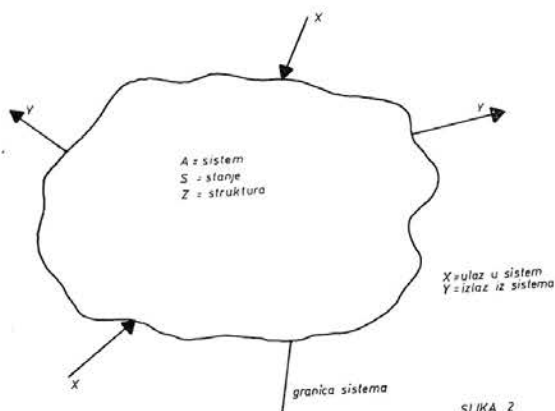
## 3. UPRAVLJANJE SISTEMOM

Ukratko, upravljanje je usklađivanje mogućnosti s potrebama, odnosno upravljanje je skup trenutnih akcija tokom vremena kojima se djeluje na sistem sa željom da se ostvari željeni cilj sistema, odnosno upravljanja. Naravno, usklađivanja moraju biti obostrana. Problem upravljanja sistemom sastoji se u tome, da se što manjim ulaganjima (ulazi) postignu što veći efekti (izlazi). To je vrlo teško, i potrebno je mnogo smišljenih, mudrih akcija i odluka da se to postigne. Ovaj problem moguće je svladati na dva osnovna načina: školovanjem kadrova i stjecanjem prakse.

Iz navedena dva načina rezultirala su dva prilaza rješavanju problema: — empirijski i znanstveni.

Može se reći da je znanstveni prilaz u cjelini nedovoljno poznat. Danas je već niz elemenata upravljanja riješen, kao npr. iz područja operacionih istraživanja. Nije rijedak slučaj da se na temelju nekog modela donosi odluka, a da se na izlazu ne dobije željeni cilj. Postavlja se pitanje zašto? Odgovor je jednostavan i glasi: zato što model nije uzeo sve ulaze u realnom svijetu.

Sistemi postaju veliki, te se kompliciraju, međutim, za sve elemente sistema možemo reći da su važni i bitni kod upravljanja. Vjerojatno da se problem upravljanja može riješiti kombinacijom emirijskih i teoretskih prilaza.



Svaki sistem, izvučen iz ukupnosti, jest pod-sistem u odnosu na njega. Izdvajanje sistema i ustanovljavanje njegove granice zavisi od ciljeva i zadataka. Granice sistema dijele realni sistem od vanjske sredine. Budući da nas interesira proizvodni sistem, možemo reći da on predstavlja skup raznih podsistema kao npr.: tehnološki sistem, sistem pripreme proizvodnje, sistem transporta, sistem uskladištenja, sistem kontrole kvalitete, sistem održavanja uređaja i postrojenja, sistem informacija i rukovođenja.

Zadatak proizvodnog sistema jest racionalno transformiranje ulaznih veličina (X) u izlazne veličine (Y), postizavajući maksimalizaciju u smislu dohotka. Shematski je ovo prikazano na slici 3.

Na slici 3 [X] predstavlja vektor ulaznih elemenata za svaki  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , kao npr.: energiju, materijal, sredstva, obučenu radnu snagu, informacije, reputaciju i narudžbu. Vektor ulaza utječe na ponašanje sistema. [Y] predstavlja vektor izlaznih elemenata za svaki  $y_1, y_2, \dots, y_m$  kao npr.: gotov proizvod, otpadak i škart. Vektor izlaza predstavlja rezultat rada sistema.

#### 4. OTVOREN SISTEM

Sistem preko elemenata ulaza i izlaza vrši razmjenu s vanjskom sredinom. Vršiti se razmjena energije, materijala ili informacija. Otvoren sistem je onaj koji vrši razmjenu bar jednog od navedenih elemenata, a koji djeluje na promatrane karakteristike sistema. Najveći broj sistema jest otvoren sistem. U odnosu na vrstu razmjene, postoje tri tipa otvorenosti sistema: materijalna; energetska, i informaciona. Veličinu razmjene definira stupanj otvorenosti. Proizvodni sistem je otvoreni sistem.

#### 5. ZATVOREN SISTEM

Zatvoren je sistem onaj koji ne vrši razmjenu materije ili informacije s okolinom u onom obujmu koji je od utjecaja na karakteristike sistema. To znači da u objektivima zatvorenog sistema nastaju promjene samo zbog djelovanja njihovih unutrašnjih promjena, što u stvari predstavlja jedan od mogućih ciljeva sistema. Da bi se dobio zatvoren sistem, potrebno je da se sistem na umjetan način zatvori, ili da se zanezare neke veze s vanjskom okolinom, ili da se formiraju veoma veliki sistemi, što je u privrednim sistemima danas slučaj.

#### 6. RESURSI

Danas se mnogo govori o resursima. U širem smislu to su sredstva za rad, predmeti rada i ljudi s proizvodnim iskustvom. U industriji ovaj pojam može značiti strojeve, novac, ljude, vodu, energiju, narudžbu, renome poduzeća, gorivo itd. Prilikom unošenja nekih aktivnosti upotrebljavaju se resursi koji moraju rezultirati u neki efekat. Efekti se mogu mjeriti u raznim jedinicama, a najčešće se mjere u istim u kojima su se mjerili i resursi. U sistemu, resursi su ograničeni, i uvijek se postavlja problem utroška resursa u smislu optimalne raspodjele prema postavljenom kriteriju. Ovaj zadatak moguće je riješiti poznavajući suvremene metode operacionih istraživanja.

#### 7. CILJ

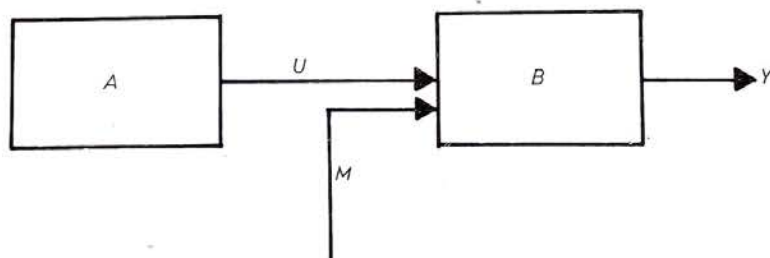
Ako je politika upravljanja nekim sistemom skup pravila pomoću kojih se vrši odlučivanje i planiranje pojedinih akcija i ako je strategija skup pravila koja se primjenjuju u donošenju rukovodnih akcija, onda je cilj željeno stanje sistema, željeni izlaz sistema, odnosno željeni VEKTOR IZLAZA.

Cilj sistema može biti i taj da održi u kontinuiranom vremenu sistem u željenom stanju. Upravljačkim se akcijama željeno stanje može održati usprkos svim vanjskim djelovanjima na sistem, koji teže da ga izbace iz željenog stanja. Cilj mora biti određen jasno i jednostavno. Npr. u skladištu materijala cilj je održati sve potrebne materijale na određenim unaprijed proračunatim stanjima količina materijala. Cilj upravljanja zalihama materijala jest održati te količine na željenoj zalihi. Ovo je jedan od bitnih ciljeva proizvodnog sistema s obzirom da su troškovi koji nastaju s prekomjernim zalihama neobično veliki. Odrediti i definirati cilj nije uvijek jednostavno, i to predstavlja istraživački zadatak.

#### 8. POREMEĆAJI

Promatramo na slici 4 sistem koji se sastoji iz dva dijela: A i B, gdje je B objekt upravljanja, a A je objekt koji upravlja. Za objekt upravljanja B postoje dvije vrste ulaznih veličina: U i M. Ulazne veličine obilježene vektorom  $U = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_m)$  dolaze iz dijela sistema A, tj. iz upravljačkog dijela. Pretpostavimo da je to priprema proizvodnje. Veličine ulaza označene vektorom  $M = (m_1, m_2, m_3, \dots, m_n)$  predstavljaju ulazne veličine POREMEĆAJA. To su sve one ulazne veličine koje nisu pod kontrolom dijela sistema A, a koje utječu da se sistem počne mijenjati na neželjeni način. Neke od ulaznih veličina mogu biti porijeklom iz vanjske sredine ili u samom sistemu.

Ulazne veličine poremećaja mogu biti npr. poskupljenje nekih resursa ili davanje narudžbi proizvodnji mimo pripreme proizvodnje, itd.



Slika 4

A = objekt koji upravlja,  
B = objekt koji je upravljani,  
U = vektor upravljačkih akcija  $U = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_m)$ ,  
M = vektor poremećaja  $M = (m_1, m_2, m_3, \dots, m_n)$



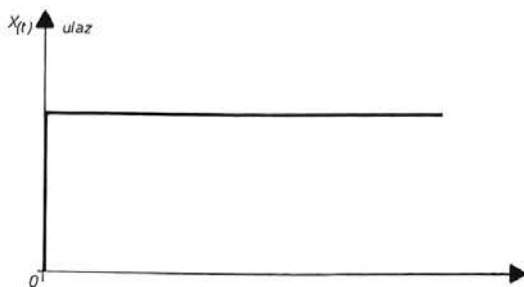
## 9. DINAMICKI SISTEM

Svaki sistem ima određeno ponašanje. To ponašanje ovisi, između ostalog, o parametru upravljačkih akcija i parametru objekta s kojim se upravlja.

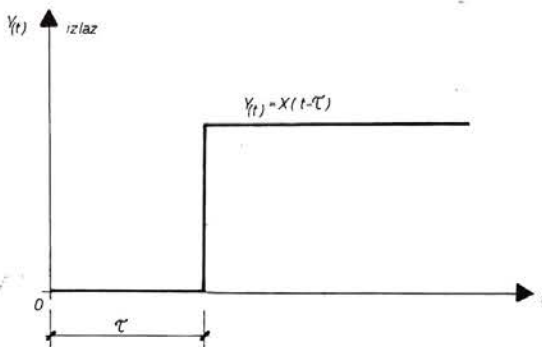
Sistem kojemu se stanje u vremenu ( $t$ ) namjerno mijenja, a to mijenjanje stanja je izazvano djelovanjem upravljačkih akcija, ili sistem na koji djeluje vanjska sredina i želi da promijeni njegovo stanje, a upravljanjem se djeluje u želji da se zadrži stanje sistema, naziva se dinamički sistem.

Uzmimo npr. proizvodnju kuhinjskog posuđa, koja treba mjesečno iznositi 12.000 kom. elemenata. U jednoj terminskoj jedinici (uzmimo da je to dan), dolazi do niza djelovanja raznih ulaza koji nisu pod djelovanjem upravljačkih akcija i dovode do toga da se ne proizvede 12.000 kom. elemenata. Rukovodne akcije moraju biti takve da osiguraju željenu proizvodnju, tj. željeni cilj ili stanje. Faktori upravljanja su veći ili barem jednaki kao i faktori uzročnika gubitaka ili poremećaja, kako je to prikazano na slici 1.

Jedna od bitnih komponenata jest pouzdanost sistema. To je karakteristika sistema kojom se označava ponašanje komponenata podsistema i sistema kao cjeline pod očekivanim uvjetima rada. Pouzdanost se mjeri vjerojatnošću, tj. određena aktivnost (uzmimo radni nalog) izvršit će se u određenom roku, uz određene uvjete rada. Kod proračuna vjerojatnosti služimo se tehnikom mrežnog planiranja.



Slika 5



$\tau$  - kašnjenje izlaza u odnosu na ulaz

Slika 6

## 10. KAŠNJENJE

U uvodu smo rekli da sistem ima svoj ulaz ( $X$ ) i izlaz ( $Y$ ). Vidjeli smo da ulazi mogu biti pod kontrolom upravljanja a ne moraju. Svako djelovanje na sistem želi sistem izbaciti iz stanja, tj. izazvati promjenu stanja u sistemu. Naravno, sve se to odigrava u nekom vremenu ( $t$ ).

Promatramo li sistem nakon primjenjivih ulaza, bilo da su pod kontrolom ili ne, uočiti ćemo dva slučaja: da se posljedica javlja u istom vremenu kada se djelovalo na sistem (sl. 5), ili da se posljedica javlja nakon nekog vremena ( $\tau$ ), (sl. 6). Vrijeme koje prođe od momenta ulaza  $X_t$  do momenta izlaska  $Y_t$  zove se KAŠNJENJE u prenošenju uzroka, što je prikazano vremenskim dijagramom.

## 11. POV RATNA VEZA

Već smo rekli da u sistemu postoje relacije. Sada bismo dodali da te relacije u sistemu mogu biti takve da jedan element posredno preko drugih utječe sam na sebe. Za sistem koji ima takvu karakteristiku kaže se da ima povratnu spregu, a onaj sistem koji nema takvo obilježje jest sistem bez povratne veze. Želimo li stalno pratiti neku upravljaju veličinu, potrebno je da postoji veza između ulaza i izlaza sistema, koja se naziva povratna veza.

Iz ovog slijedi da se sistem može dijeliti u dvije grupe:

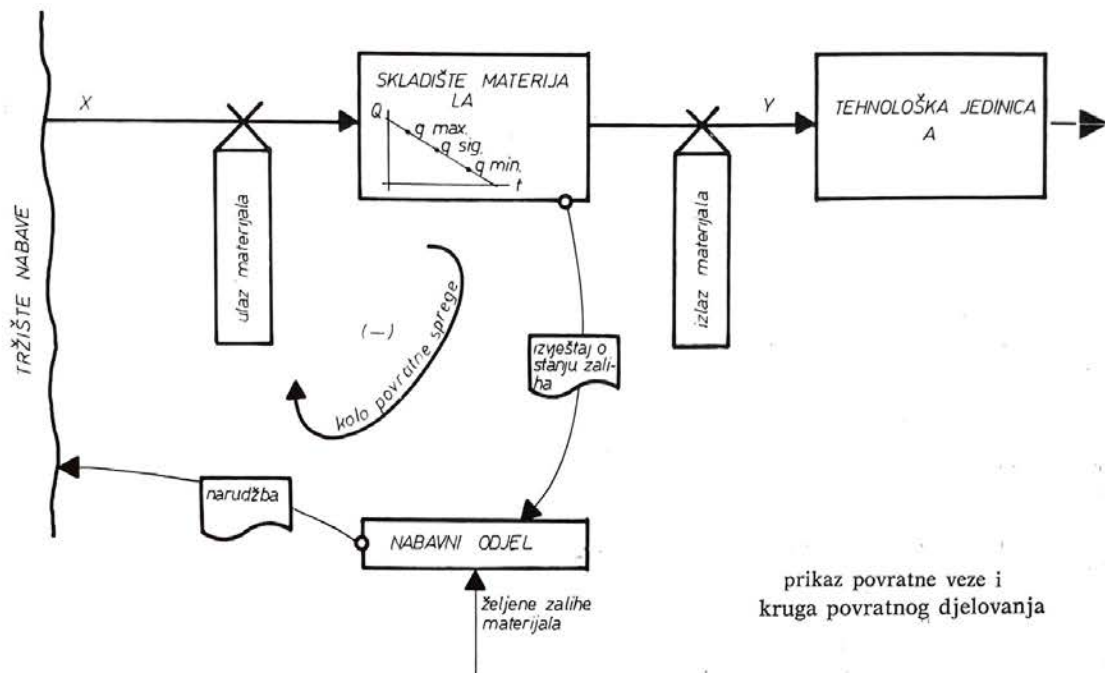
1. Sistem s povratnom vezom jest onaj kojemu ulaz zavisi od izlaza.
2. Sistem bez povratne veze jest onaj kod kojeg izlaz zavisi od ulaza, ali ulaz ne zavisi od izlaza.

Uzmimo kao primjer skladište materijala. Znamo da postoje dvije vrste materijala po sistemu nabave:

1. Materijali koji se konstantno troše (standardni materijali).
2. Materijali koji se povremeno troše (nестandardni materijali).

Oni u skladište ulaze, odnosno izlaze, u nekom vremenu ( $t$ ) u neku tehnološku jedinicu na obradu ili ugradnju. Ukoliko nemamo informaciju o stanju zaliha, dogodit će se da proizvodnja vrlo često ostaje bez materijala. U praksi se to rješava naručivanjem većih količina nego što bi trebalo, i materijali se (kojima je cijena vrlo visoka) gomilaju i zaleđuju sredstva. Da se to ne dogodi, potrebno je uvesti povratnu vezu, tj. informaciju o stanju zaliha materijala, kao što se to vidi na slici 7.

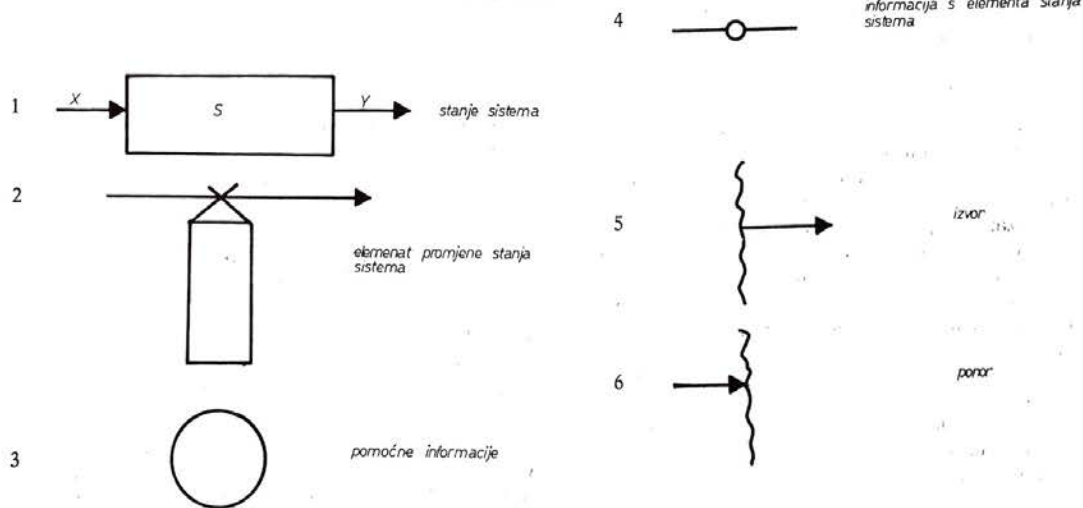
Svakodnevni izvještaj o stanju zaliha upozorit će na vrste materijala koje su utrošene do te mjere da je potrebno naručiti novu količinu materijala. Narudžba može biti standardna (čemu treba težiti) i u okviru godišnjih ugovora, a može biti i nестandardna.



Slika 7

prikaz povratne veze i kruga povratnog djelovanja

SIMBOLI ZA PRIKAZIVANJE SISTEMA POMOĆU DIJAGRAMA TOKOVA



Slika 8

Nakon stanovitog vremena, materijal dolazi u skladište, i tako se proces ponavlja. To je povratna veza. U suvremenoj organizaciji poduzeća, povratna veza se rješava vrlo efikasno pomoću automatske obrade podataka.

Za povratnu spregu treba još reći, da se pomoću nje vrši upravljanje sistemom kombinacijom promatranja ulaza u sistem, izlaza iz sistema i donošenje upravljačkih akcija. Na taj način nastoje »KRUG POVRATNE VEZE« koji ima svoj polaritet, a on može biti negativan i poziti-

tivan, pa govorimo o negativnom ili pozitivnom krugu povratne veze. Zapravo, na taj smo način došli do kibernetskog sistema rukovođenja.

## 12. DIJAGRAM TOKOVA — BLOK DIJAGRAM

Sistem, njegovu strukturu i dinamiku, promjene stanja itd. kod malih sistema moguće je pamtititi. Međutim, kod većih i složenih sistema, to nije moguće. Strukturu i dinamiku sistema



moguće je opisati (verbalni način), što se smatra jednim od mogućih načina prikazivanja sistema. Međutim, bolji je način sistem prikazati grafički, tj. pomoću dijagrama tokova ili blok dijagrama.

Tokove je moguće svrstati u šest vrsta:

— tok materijala, tok novca, tok narudžbe, tok informacija, tok kapaciteta, tok radne snage.

Simboli za blok dijagram dani su na slici 8. Označeni su i opisani pod brojevima 1 — 6.

Budući da su ovi simboli kod projektiranja sistema prihvaćeni, pomoću njih ćemo, u sljedećem broju časopisa, prikazati jedan proizvodni sistem u kojem će biti zastupljeni navedeni elementi o kojima je bilo naprijed govora, a što je nužno da se shvati projektirani proizvodni sistem.

#### LITERATURA:

1. Benić, R.: Organizacija rada u drvnjoj industriji, Nakladni zavod »Znanje« — Zagreb, 1971.
2. Ettinger, Z.: »Sadašnji nivo tehničke pripreme u proizvodnji pokućstva i mogućnost njene racionalizacije«. Habilitaciono predavanje, rukopis, Šumarski fakultet, Zgb. 1975.
3. Gubernić, S. i dr.: Sistemi, upravljanje sistemima, sistemske discipline, tehnike i metode. Institut »Mihajlo Pupin« — Beograd, 1970. god.
4. Langerfors, B.: Teorijska analiza informacijskih sistema, Oeconomica, Beograd 1973.
5. Rajkov, M.: Elementi teorije sistema, Beograd, 1975.
6. Wiener, N.: »Kibernetika«, ICS Izdavačko informativni centar studenata — Beograd, 1972.
7. Zelenović, D.: »Proizvodni sistemi«. Naučna ga, Bgd, 1973.

J. Krpan

## „SUŠENJE I PARENJE DRVA“

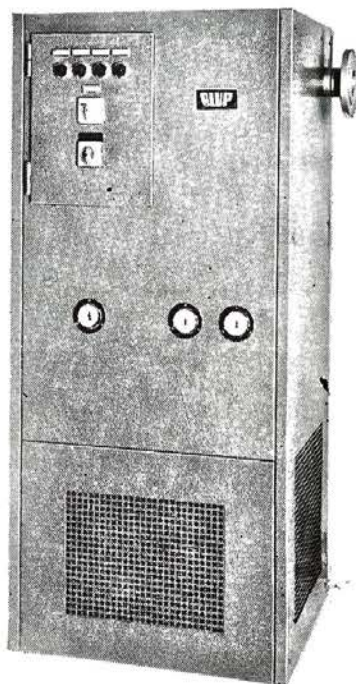
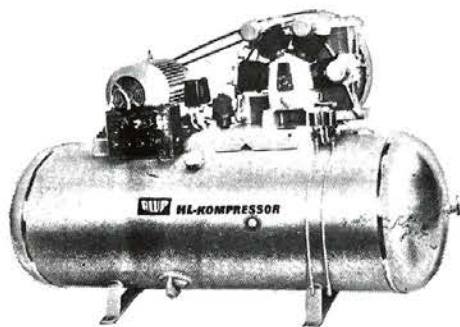
Drugo prerađeno i prošireno izdanje

DJELO SE MOŽE NABAVITI U INSTITUTU  
ZA DRVO — ZAGREB, ULICA 8. MAJA 82.

Cijena djela iznosi 60 dinara.

Đaci i studenti mogu ga nabaviti uz cijenu  
od 50 dinara.

## Kompresori i priprema komprimiranog zraka na jednom mjestu



Rješavamo vaše probleme s komprimiranim zrakom!  
Komprimirani zrak bez kondenzata i ulja  
Funkcioniranje bez smetnji — dugi vijek trajanja  
Učinak do 12.000 l/min. — Maksimalni pritisak  
15 at. pretlaka

50 GODINA

**ALUP**  
**KOMPRESSOREN**

D-7316 Köngen

P. O. B. 240

Na Jesenskom Zagrebačkom Velesajmu (10—19. IX  
1976.) izlažemo u dvorani SR Njemačke (br. 10),  
štanđ 26.