

HIDRAULIČKE KOMPONENTE MEHATRONIČKIH SISTEMA NA TRANSPORTNIM SREDSTVIMA

Prof.dr.sc Muhamed Sarvan, email: muksar@hotmail.com

Internacionalni univerzitet Travnik

Sažetak. Po definiciji, transportna sredstva spadaju u grupu radnih mašina (radne mašine su mašine koje mijenjaju oblik, svojstvo, stanje ili položaj predmeta rada) koju čine: automobili, lokomotive, avioni, brodovi, itd., specijalne transportne mašine (transporteri, konvejeri, elevatori, kranovi, viljuškari i dr.). U cilju postizanja većeg stepena bezbjednosti, ekonomičnosti, komfora i smanjenja emisija štetnih gasova u toku rada, transportna sredstva svojom konstrukcijom postaju sve složenija, ugradnjom velikog broja mehatroničkih sistema. Strukturu mehatroničkih sistema čine senzori, mikroprocesori i aktuatori. Princip rada navedenih elemenata bazira na primjeni elektrotehnike, mehanike, hidraulike, pneumatike, ili, njihovom kombinacijom. U radu će biti dat prikaz primjene pojedinih hidrauličkih komponenti (pumpi, motora, ventila) i njihove uloge u mehatroničkim sistemima.

Ključne riječi: mehatronika, hidrauličke komponente, senzori, aktuatori, upravljanje

HYDRAULIC COMPONENTS OF MECHATRONIC SYSTEMS ON VEHICLES

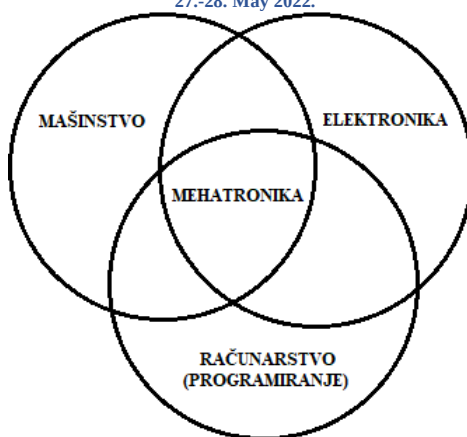
Abstract: By definition, means of transport belong to the group of working machines (working machines are machines that change the shape, property, condition or position of the object of work) consisting of: cars, locomotives, airplanes, ships, etc., special transport machines (transporters, conveyors, elevators, cranes, forklifts, etc.). In order to achieve a greater degree of safety, economy, comfort and reduce emissions during operation, vehicles with their construction are becoming more complex, with the installation of a large number of mechatronic systems. The structure of mechatronic systems consists of sensors, microprocessors and actuators. The principle of operation of these elements is based on the application of electrical engineering, mechanics, hydraulics, pneumatics, or a combination thereof. The paper will present the application of individual hydraulic components (pumps, motors, valves) and their role in mechatronic systems.

Keywords: mechatronics, hydraulic components, sensors, actuators, control

UVOD

Mehatronika je sinergetski spoj mašinstva, elektrotehnike i informaciono komunikacionih tehnologija (računarstvo, informatika, automatika, obrada signala itd.), slika 1.

Prvi mehatronički proizvod u automobilske industrije bio je ABS (Antilock-Braking System) kočioni sistem (1979. godina). Zadatak mehatronike je projektovanje elektromehaničkih sistema, njihovo modeliranje, simulacija i analiza, te razvoj potrebnog računarskog sklopovlja i programske potpore. Cilj mehatronike je, dakle, poboljšanje funkcionalnosti tehničkih proizvoda i sistema spajanjem svih komponenti u jednu.



Slika 1. Uprošćeni prikaz mehatronike

Slobodno se može reći da su svuda oko nas mehatronički proizvodi. Neki od njih su: kućni uređaji (mašine za pranje veša, mikseri, fotoaparati, automatski usisivači....), automobili (ABS sistem za kočenje, aktivno vešanje, centralna brava...), autonomne bespilotne letelice, CNC mašine, liftovi i pokretne stepenice, roboti za zavarivanje, automatski vođena vozila i ostali.

1. OSNOVNA STRUKTURA MEHATRONIČKIH SISTEMA

Mehatronički sistemi obuhvataju sljedeće elemente:

- Senzore (osjetila) koji registruju promjene parametara tehničkog procesa i radne okoline,
- mikroprocesore koji ove informacije obrađuju i
- aktuatora (izvršni elementi) koji (samostalno) reaguju na registrovane promjene radnih uslova i radne sredine u skladu sa naloženim zadatkom ili situacijom.

Oni čine jedinstven sistem koji ne može raditi ako jedan od tih elemenata zakaže, ne radi ispravno ili nije dobro projektovan. Stoga stručnjaci koji se bave mehatronikom (mehatroničari) moraju imati objedinjena znanja iz područja mehanike (uključivši pneumatiku i hidrauliku), senzorike, elektronike, upravljanja, vođenja i programiranja.

1.1 Senzori

Senzori su elektroničke komponente koje prikupljaju podatke iz našeg okruženja tako da konvertuju fizičke ili hemijske (obično neelektrične) ulazne veličine u električne izlazne veličine. Senzori namijenjeni aplikaciji u motornim vozilima omogućavaju prvenstveno konverziju fizičkih u električne veličine a potom i detektovanje i mjerenje parametara za potrebe upravljanja i nadgledanja sistema vozila. U savremenim vozilima postoji veliki broj senzora. Njihova uloga, vrsta i tip se mogu razlikovati od vozila do vozila. Najčešće korišteni automobilske senzori su: senzori pomjeraja i položaja (linearnog ili ugaonog), senzori linearne brzine kretanja, senzori broja obrtaja ili ugaone brzine, senzori linearnog ubrzanja, senzori pritiska, sile, obrtnog momenta, senzori protoka (zraka ili tekućine), senzori temperature, slika 2.

Pored navedenih senzora, vozila imaju i potpuno netipične senzore kao što je npr. senzor kišne kapi (rain sensor), lambda sonda itd.

1.2 Mikroprocesori

Mikroprocesor (CPU - Central Processing Unit) služi za obavljanje logičkih i matematičkih operacija i predstavlja dio mikrokompjuteru koji se koriste kao centralni upravljački moduli vozila. Mikrokompjuteri motornih vozila su elektronski računari bazirani na arhitekturama sadašnjih personalnih računara (PC), ali, u određenoj mjeri skromnijih performansi. Zadatak upravljačkih modula je obrada izlaznih električnih signala senzora putem aritmetičkih ili logičkih operacija a potom i generisanje izlaznih komandnih signala. Izlazni signali upravljačkih modula se šalju ka aktuatorima.

1.3 Aktuatori

Izvršni organi sistema, primaju signale sa odgovarajućih upravljačkih jedinica a potom koristeći dodatnu, spoljašnju energiju (hidrauličnu, pneumatsku ili električnu), ostvaruju odgovarajuća dejstva veće snage na delove vozila. Time, aktuatori povezuju informatičke komponente sa mehaničkim (i/ili električnim) komponentama sistema. U motornim vozilima se najčešće koriste aktuatori opšte namene, kao što su: elektromagneti, elektromotori, elektrohidraulični ventili, hidraulični cilindri, elektropneumatski ventili, pneumatski cilindri i dijafragme (jastuci)

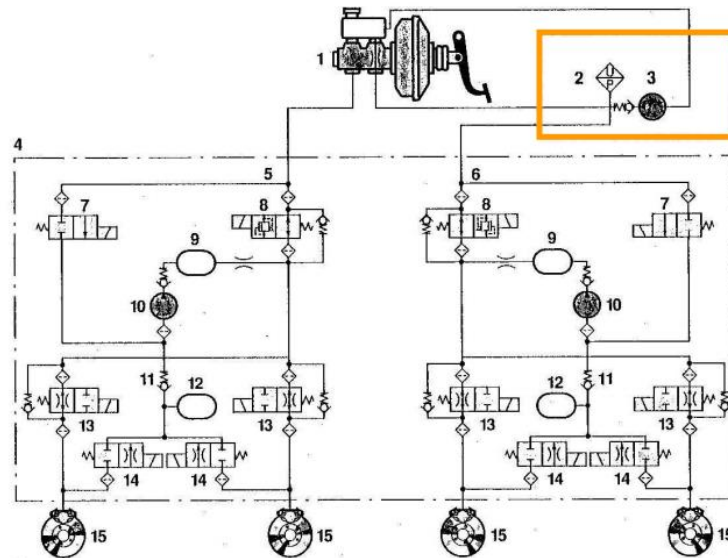
2. HIDRAULIČKI SISTEMI

Pod hidrauličkim sistemom, u opštem slučaju, podrazumijeva se skup uređaja sposobnih da vrše prenos energije i informacije pomoću hidrauličke tekućine. Široku primjenu našli su u industriji, transportu i svakodnevnom životu, jer, omogućavaju: velike sile, brzine i ubrzanja; male, jednolične pomake i brzine; visoku tačnost pozicioniranja u međupoložajima i složenu regulaciju. Hidraulički sistem pretvara mehaničku energiju u hidrauličku i obratno. Medijum za pretvaranje i prenošenje energije u hidrauličkim sistemima je tekući fluid (nestišljiv!). Danas se zbog dobrog podmazivanja i dobre zaštite od korozije u najvećoj mjeri koriste mineralna ulja. Zato se i termin hidrauličko ulje koristi kao sinonim za hidraulički fluid.

2.1 Prikazivanje hidrauličkih sistema

Poznavanjem teorijskih osnova i komponenata hidrauličkih i pneumatskih sistema, moguće je rješavati najkompliciranije primjere regulacije i automatizacije Hidraulički sistemi se prikazuju funkcionalnim šemama (slika 2).

Koriste se funkcionalni simboli (grafički simboli) po standardima DIN-ISO 1219-1 i DIN-ISO 1219-2. Simboli grafički prikazuju funkciju hidrauličnog elementa i sve njegove priključke, ali bez tumačenja njihove konstrukcijske izvedbe. Funkcionalne šeme hidrauličkih sistema u tehničkoj praksi nazivaju se „hidrauličke šeme“. Funkcionalne (hidrauličke) šeme grafički prikazuju sve funkcionalne elemente hidrauličnog sistema, hidraulične priključke i međusobne veze, kao i sve funkcije hidrauličkog sistema. Poznavanje čitanja i crtanja funkcionalnih šema predstavlja uslov za komunikaciju u ovoj tehničkoj oblasti.



Slika 2. Šematski prikaz hidroagregata ESP⁸¹ sistema : 1-glavni kočioni cilindar, 2-senzor pritiska, 3-pumpa predpritiska, 4-hidroagregat, 5-plivajući krug, 6-krug pritiskne poluge, 7-ventil predpritiska, 8-ventil za prebacivanje sa funkcijom ograničenja pritiska, 9-prigušna komora, 10-povratna pumpa, 11-ventil povratnog udara, 12-rezervoar, 13-ventil povećanja pritiska, 14-ventil smanjenja pritiska, 15-kočnice na točku

2.2 Osnovne komponente hidrauličkog sistema su:

- generator hidrauličke energije (pumpa, akumulator),
- upravljačke komponente (razvodnik, servorazvodnik, regulator pritiska, regulator protoka itd.),
- izvršne komponente (hidromotori, cilindri) i
- pomoćne komponente (cjevovodi, rezervoari, filtri, izmjenjivači toplote itd.).

2.2.1 Hidraulička pumpa

Hidraulička pumpa je uređaj u kojem se dovedena mehanička energija (npr. od elektromotora) pretvara u energiju radnog fluida. Zavisno od priključivanja, često isti uređaj može raditi i kao pumpa i kao motor.

Radni proces hidrauličke pumpe opisuje se sljedećim veličinama: protok pumpe- Q_p , specifična radna zapremina pumpe- V_p , potrebna snaga pumpe- P_p , ugaona brzina vratila pumpe- ω_p i stepen iskorištenja- η_{vp} .

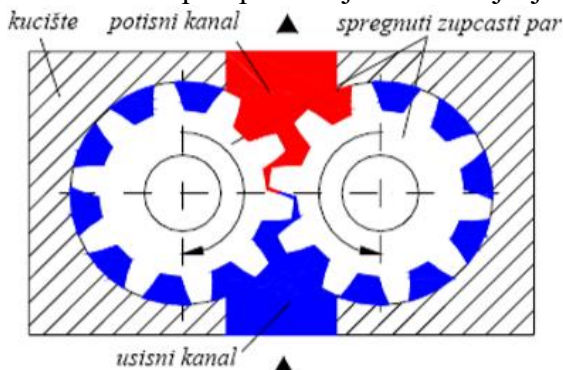
Pumpe se dijele u dvije osnovne grupe:

1. **zapreminske pumpe** (energiju predaju zahvaćenoj zapremini tečnosti, i, u nastavku će o ovoj skupini pumpi biti riječi) i
2. **dinamičke pumpe** (najčešće strujne, tj. turbopumpe i ovdje se neće spominjati)

⁸¹ ESP ili ESC (Electronic Stability Program ili Electronic Stability Control) je sistem za elektronsku kontrolu stabilnosti vozila.

Zapreminske pumpe se dijele na: *zupčaste hidraulične pumpe* (s vanjskim ozubljenjem, s unutrašnjim ozubljenjem, sa zupčastim prstenom), *zavojne (vijčane) hidrauličke pumpe*, *krilne (lamelne) hidrauličke pumpe* u različitim izvedbama, *klipne hidrauličke pumpe* (klipno-aksijalne i klipno-radijalne), membranska hidraulička pumpa.

Zupčasta hidraulička pumpa s vanjskim ozubljenjem, šematski je prikazana na slici 3.



Slika 3. Shematski prikaz zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem



Slika 4. Presjek zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem

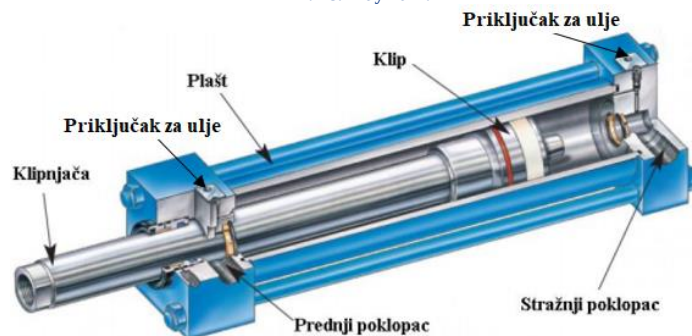
Mehanizam za potiskivanje je spregnuti zupčasti par. Zupčanici su oslonjeni u kliznim ili kotrljajnim ležajima. Radnu komoru čini prostor između zuba i ravna površina kojom je taj prostor zatvoren sa zadnje i prednje strane i dio cilindrične površine kućišta pumpe koji zatvara taj prostor po obodu zuba. Zupčasta pumpa nema mehanizam za upravljanje što znači da se smjer potiskivanja, veličina protoka, radni pritisak ne mogu u toku rada podešavati (pumpa konstantne radne zapremine). Presjek jedne zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem dan je na slici 5. Karakteristike ovih pumpi ogledaju se u: jednostavnoj konstrukciji, niskoj cijeni, maloj težini, širokom rasponu brzina i širokom rasponu viskoznosti radnog fluida. Preporučene vrijednosti radnog pritiska kreću se do 200 bar, broj obrtaja je u rasponu 1000 do 2000 min⁻¹. Izrađuju se u širokom dijapazonu veličina specifične radne zapremine.

2.2.2 Hidraulički motori

Hidraulički motori (hidromotori, aktuatori) su hidraulički izvršni elementi. Osnovna funkcija im je pretvaranje hidrauličke energije radne tečnosti (fluida) u mehanički rad (mehaničku energiju). Dije se na rotacijske motore, cilindre i zakretne motore. Cilindri i zakretni motori imaju pomak ograničen dvjema krajnjim tačkama. U grupu rotacijskih hidro motora spadaju: *zupčasti hidromotori* (sa vanjskim ozubljenjem i zupčasto-prstenasta varijanta), *krilni (lamelni) hidromotori* i *klipni hidromotori* koji mogu biti izvedeni kao klipno-aksijalni i klipno-radijalni.

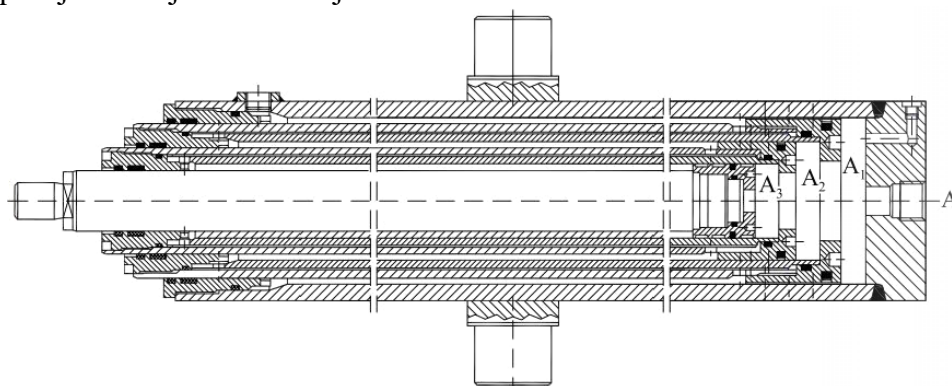
Klipno-aksijalni hidromotori su najviše korišteni hidromotori u klasičnoj hidraulici i elektrohidrauličkim sistemima upravljanja.

Hidraulički cilindri pretvaraju hidrauličku energiju u mehanički rad (slika 5). Karakteristični su po ograničenom pravolinijskom ili kružnom kretanju izvršnog elementa. Ta mogućnost koju pružaju cilindri predstavlja i jednu od značajnih prednosti hidraulike (i pneumatike). Hodovi koji postižu mogu biti od nekoliko milimetara do više metara (i do 20-tak metara, pa i više). Ostvarene sile mogu biti veoma velike (do nekoliko stotina hiljada kN – što je ekvivalent masi od nekoliko desetina hiljada tona!).



Slika 5. Prikaz dvoradnog hidrauličkog cilindra

Kada su potrebni veliki hodovi cilindara, a ugradni prostor je mali, koriste se teleskopski cilindri (slika 6.). Dužina hoda im može biti i 8 puta veća od iste dimenzije standardnog cilindra. Najveću primjenu imaju u mobilnoj hidraulici.



Slika 6. Jednoradni teleskopski cilindri



Slika 7. Primjer primjene teleskopskih cilindara

2.2.3 Ventili

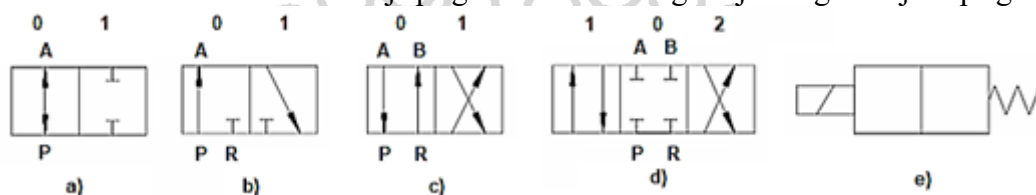
Željene funkcije i bezbjedan rad svih hidrauličkih sistema, ostvaruju se ugradnjom upravljačkih elemenata – hidrauličkih ventila. Upravljanje hidrauličkim sistemom ostvaruje se podešavanjem pritiska i protoka, kao i sprječavanjem ili otvaranjem toka radne tečnosti u određene dijelove pripadajućeg sistema.

Prema definiciji (DIN ISO 1219), ventili su uređaji (elementi) za upravljanje ili regulaciju pokretanja, zaustavljanja, usmjeravanja, te pritiska i protoka fluida pod pritiskom dobavljenog pumpom ili pohranjenog u akumulatoru.

Ventili se prema namjeni dijele u četiri osnovne grupe:

- razvodni ventili (razvodnici),
- ventili za pritisak;
- ventili za protok i
- nepovratni ventili

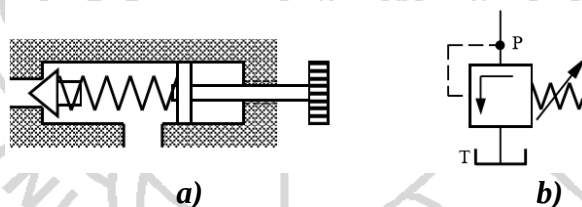
Funkcija *hidrauličkih razvodnika* (slika 8) je usmjeravanje (razvođenje) i prekidanje struje radne tečnosti. Kod nekih konstrukcija prigušnih otvora moguće je i odgovarajuće prigušivanje.



Slika 8. Razvodnici: a) 2/2, b) 3/2, c) 4/2, d) 4/3, e) sa dva razvodna položaja, upravljan elektromagnetom i oprugom

Hidraulički razvodnici omogućuju start, reverziranje i zaustavljanje hidrauličkih motora. Osnovne konstrukcijske karakteristike hidrauličkih razvodnika su: broj radnih položaja, broj hidrauličkih priključaka na razvodniku, funkcija radnih položaja,

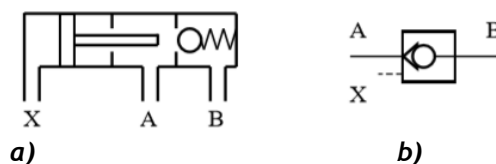
Ventili za pritisak utiču na pritisak u sistemu ili dijelu sistema i predstavljaju izvršne elemente za upravljanje i za regulaciju pritiska. Prema funkciji dijele se na: ventile za ograničavanje pritiska (slika 9), redosljedne ventile i reduksijske ventile.



Slika 9. Ventil za ograničenje pritiska (direktni): a-šematski prilaz, b-simbol

Protočni ventili su ventili koji prigušivanjem utiču na protok u sistemu, a dijele se na: protočne upravljačke ventile i regulatore protoka. Protočni upravljački ventili imaju zadatak da protok u sistemu prilagođavaju potrebama. Kao prigušni elementi koriste se prigušnice i dijafragme (blende).

Nepovratni ventili - Dozvoljavaju protok samo u jednom smjeru. Pladanj ventila može imati oblik kugle, konusa, tanjura ili čahure. Ventil može biti neopterećen ili opterećen (s oprugom). Ventil s hidrauličkim deblokiranjem (slika 10) normalno dozvoljava protok od A prema B. Međutim, kad se priključak X dovede pod pritisak, omogućava se protok u suprotnom smjeru (od B prema A). Ovaj ventil omogućava blokiranje i deblokiranje željenog položaja (npr. kod hidrauličke dizalice za automobil).



Slika 10. Nepovratni ventil s hidrauličkim deblokiranjem: a) princip rada, b) simbol

ZAKLJUČAK

Savremeni proizvodi predstavljaju sve složenije sisteme, kao rezultat sinergijskog pristupa više naučnih disciplina u cilju zadovoljavanja rastućih zahtjeva proizvoda. Stoga, mehatronika predstavlja multidisciplinarnu inženjersku disciplinu koja obuhvata kombinaciju elektrotehnike, računarstva, mašinstva i automatskog upravljanja. U radu je dat prikaz strukture mehatroničkih sistema koji se koriste kod transportnih sredstava. Izvedbe mehatroničkih sistema su veoma raznovrsne. Za izvršavanje pojedinih funkcija mehatroničkih sistema koriste se i hidrauličke komponente. U radu je dat djelimičan pregled hidrauličkih komponenti, njihova uloga, konstruktivna rješenja i izvedbe.

LITERATURA

- [1] Velagić, J.: *Osnove mehatronike*, predavanja, Elektrotehnički fakultet Sarajevo, 2012.
- [2] Petrić, J.: *Hidraulika i pneumatika, I dio Hidraulika*, FSB, Zagreb, 2012.
- [3] Bishop R. H.: *Mechatronic Systems, Sensors, and Actuators - Fundamentals and Modeling*, 2nd Edition; CRC, 2008.
- [4] Mirković, R.: *Hidraulika*, Mikroelektronika, Beograd, 2003.
- [5]: *Mehatronika motora i drumskih vozila*, FTN, Novi Sad, 2015
- [6] Nađ, L.: *Primena senzora i aktuatora*, FTN, Novi Sad, 2018
- [7] Sarvan, M.: *Osnove mašinstva*, Internacionalni univerzitet Travnik, Saobraćajni fakultet, Travnik, 2020
- [8] www.riteh.uniri.hr KONSTRUIRANJE i MEHATRONIKA - RiTeh
- [9] www2.viser.edu.rs -hidraulički i pneumatski sistemi