

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
MAŠINSKI FAKULTET

ODP "METAL" BANJA LUKA  
ZDP "METAL SAJAM"

# ZBORNIK RADOVA PROCEEDINGS



4. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE  
4<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE

4. MEDUNARODNO SAVJETOVANJE  
O DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO  
I MAŠINSKE INDUSTRIJE

4<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE  
ON ACCOMPLISHMENTS  
OF ELECTRICAL AND  
MECHANICAL INDUSTRIES

BANJA LUKA  
DEMI  
2001  
25/26 APRIL

ZBORNIK RADOVA 4. MEDUNARODNOG SAVJETOVANJA O DOSTIGNUĆIMA  
ELEKTRO I MAŠINSKE INDUSTRIJE

PROCEEDINGS OF THE 4<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
ACCOMPLISHMENTS OF ELECTRICAL AND MECHANICAL INDUSTRIES

Izdavač:

Publisher:

MAŠINSKI FAKULTET BANJA LUKA

Glavni i odgovorni urednik: Mr Mladen Todić  
Editor:

Recezentski tim  
Reviewer's team

Prof. dr Jovo Mrda  
Prof. dr Aleksa Blagojević  
Prof. dr Milan Šljivić  
Prof. dr Ostoja Miletić  
Prof. dr Milan Đudurević  
Prof. dr Đurad Davidović  
Prof. dr Vid Jovišević  
Prof. dr Miroslav Bohrek  
Prof. dr Miroslav Rogić  
Prof. dr Pero Petrović

Tehnička obrada i dizajn:  
Technical treatment and design:

Mr Mladen Todić

Tiraž:  
Circulation:

200 primjeraka

Štampa:  
Printing by:

D&S DESIGN  
ČELJNAC

СИР - Каталогизација у публикацији  
Народна и универзитетска библиотека  
Републике Српске, Бања Лука

621.001.6  
621.3001.6

МЕЂУНАРОДНО савјетовање о достигнућима електро и машинске индустрије  
DEMI (4 ; 2001 ; Бања Лука )

Zbornik radova = Proceedings / 4. međunarodno savjetovanje [o dostignućima elektro i mašinske industrije] DEMI / 4th International conference [on accomplishments of electrical and mechanical industries] DEMI, 25/26 april 2001 ; [glavni i odgovorni urednik=editor Mladen Todić]. - Banja Luka : Mašinski fakultet, 2001. (Čelinac : D & S DESIGN). - 421 str. : илустр. ; 25 cm

Текст на срп., енгл. и руском језику. Тираж 250. - Стр. 7: Predgovor / programski i organizacioni odbor. - Библиографија уз све радове. - Резиме на енгл. и срп. језику.

ТОДИЋ, Младен 340

П.О.: МАШИНСКА ИНДУСТРИЈА - Развој, ЕЛЕКТРО-ИНДУСТРИЈА - Развој

MFN=000401

4. MEDUNARODNO SAVJETOVANJE  
O DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO  
I MAŠINSKE INDUSTRIJE



4<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE  
ON ACCOMPLISHMENTS  
OF ELECTRICAL AND  
MECHANICAL INDUSTRIES

## STUDIJA RAZVOJA SISTEMA UPRAVLJANJA PROMENOM STEPENA PRENOSA U AUTOMATSKIM TRANSMISIJAMA

Mr Vanja Šušteršić, Dr Milun Babić, Dušan Gordić<sup>1</sup>

Automatske transmisiјe (AT) za putnička vozila razvijaju se još od 1930. god. Počele su kao 2-stepene, 3 i 4 - stepene, da bi od 1990. god. većina fabrika razvila 5 - stepene automatske transmisiјe. Krajem 1970. god. sistem upravljanja u automatskim transmisiјama bio je hidro-mehanički, a od 1980. god. uvođenjem elektronske upravljačke jedinice (electronic control unit - ECU) se razvija elektro-hidraulički upravljački sistem. Danas se, uvođenjem proporcionalnih elektromagnetskih ventila (proporcional control solenoid valve - PCSV) za kontrolu pritisaka svakog friкционog elementa nezavisno, radi postizanja što boljih performansi vozila, sve više razvija čisto elektronsko upravljanje promenom stepena prenosa u automatskim transmisiјama. U radu je dat pregled šema široko korišćenih rešenja sistema upravljanja u automatskim transmisiјama od staromodnih do najmodernijih.

**KLJUČNE REČI:** automatska transmisiјa, sistem upravljanja

## A STUDY ON DEVELOPMENT OF AUTOMATIC TRANSMISSION CONTROL SYSTEMS

The automatic transmission for passenger car have been developed since 1930s. Starting from the 2-speed, the 3 and 4 - speed automatic transmission, most of the major car and transmission manufacturers introduce 5 - speed automatic transmission in 1990s. Until late 1970s, the automatic transmission had adopted hydro-mechanical control systems for automatic gear shifting. From 1980s, electronic control units (ECU) of the electro-hydraulic control systems were introduced. Today, using the proportional control solenoid valve (PCSV) to control the pressure of each friction element independently and to get better performance of the automatic transmission, a full electronic control for automatic gear shifting has been developed. This paper gives the scheme of widely used control systems from the old-fashioned to the modern ones.

**KEYWORDS:** Automatic transmission, control system

<sup>1</sup> Mr Vanja Šušteršić, Mašinski fakultet Kragujevac, e-mail: vanjas@knez.uis.kg.ac.yu  
Dr Milun Babić, Mašinski fakultet Kragujevac, e-mail: nastasija@ptt.yu  
Dušan Gordić, Mašinski fakultet Kragujevac, e-mail: gordic@knez.uis.kg.ac.yu

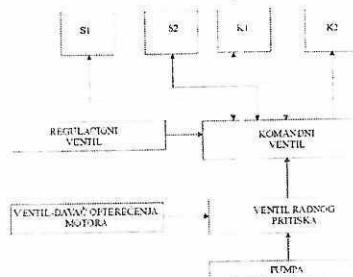
## UVOD

Kao i u mnogim drugim oblastima automatizacija se veoma široko koristi i u oblasti motornih vozila. Primena automatičke i automatskog upravljanja upravo je najšire prodrla u konstrukciji motornih vozila, njihovih sklopova i elemenata. Kada se govori o automatskim transmisijama, po pravilu se misli na automatizaciju u domenu menjajućih prenosnika kao podsistema. Najvažniji podsistem u automatskoj transmisiji predstavljaju uredjaji za upravljanje transmisijom koje imaju veliku mogućnost automatizacije. U zavisnosti od nivoa tehničkog rešenja transmisije, sistemi za upravljanje su, prvično, bili realizovani od mehaničkih sklopova i komponenata, da bi se kroz kasniji razvoj sve više automatizovali, korišćenjem hidrauličkih i pneumatskih komponenata, pa sve do najnovijih rešenja u kojima su primenjene elektronske komponente. Ovaj rad daje pregled rešenja i šeme sistema upravljanja u automatskim transmisijama. Zadatak ovakvog sistema je da kontroliše pritisak svakog friкционog elementa nezavisno i da obezbedi "idealnu" promenu stepena prenosa.

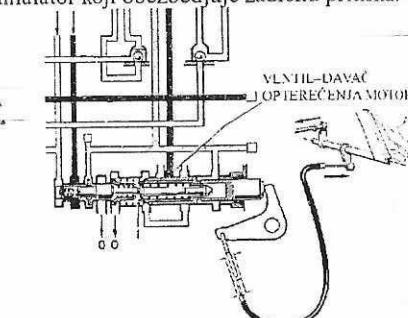
## PREGLED REŠENJA SISTEMA UPRAVLJANJA PROMENOM STEPENA PRENOSA

### I. HIDRO-MEHANIČKI UPRAVLJAČKI SITEM

Krajem sedamdesetih godina kod većine automatskih transmisija bio je korišćen hidro-mehanički sistem upravljanja promenom stepena prenosa u automatskim transmisijama [5]. Tako, na pr., ventil "opterećenja motora" je bio mehanički vezan sa pedalom gasa (sl.2) koja je determinisala neophodan pritisak sistema, a koji je odgovarao izlaznom momentu motora. Regulacioni ventil na izlaznom vratilu transmisije pomera komandni ventil koji komanduje uključivanjem i isključivanjem friкционih spojnica za promenu stepena prenosa. Da bi se izbegli udari pri promeni stepena prenosa postavlja se akumulator koji obezbeđuje zadršku pritiska.



Slika 1. Šema hidro-mehaničkog upravljačkog sistema



Slika 2. Šema mehaničke veze pedale gase i ventila opterećenja motora

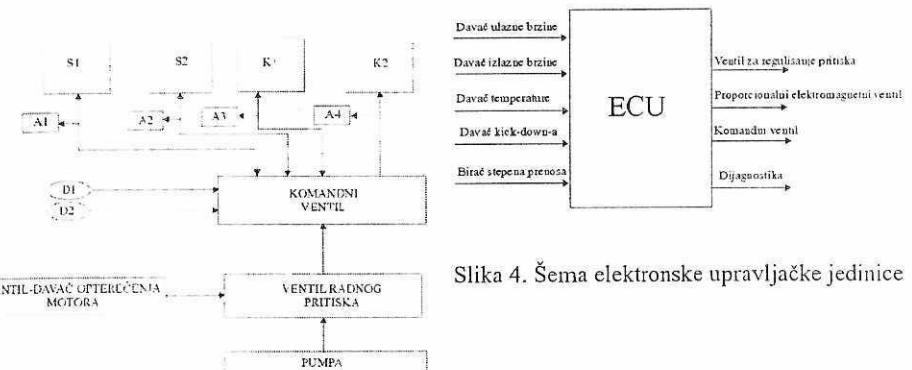
### 2. ELEKTRO-HIDRAULIČKI UPRAVLJAČKI SITEM

Ranih 80-tih godina, sa sve većim razvojem elektronike, razvijena je i elektronska upravljačka jedinica (ECU - electronic control system). Hidro-mehaničke komponente su zamjenjene elektro-hidrauličkim za samo nekoliko godina, a arhitektura upravljanja se menjala od pasivne do aktivne sa velikim brojem davača (senzora) i aktuatora. Elektro-hidraulički sistem upravljanja može se podeliti na tri vrste:

- pasivnu promenu stepena prenosa ili pasivno upravljanje,
- polu-aktivno upravljanje i
- aktivno upravljanje.

#### 2.1 Pasivni sistem upravljanja

Početak 80-tih godina karakteriše pojave rešenja u oblasti neprekidnosti toka snage i prelaz sa diskretnih elemenata na mikroprocesorske sisteme. Pojavom mikro-elektronike, koja ima malu inertnost i visoku tačnost, otvorene su i druge mogućnosti regulisanja neprekidnosti toka snage pomoću sinhronizacije komandi u vremenu, ili implisnog automatskog smanjenja dovoda goriva u motor, radi produžetka sinhronizacije pogonskih i gonjenih elemenata friкционih sklopova. Na sl. 3 je prikazana šema pasivnog elektro-hidrauličkog sistema upravljanja, gde je akumulator pritiska povezan sa svakim friкционim elementom, a regulacioni ventil je zamjenjen davačima. Ovu šemu možemo nazvati pasivnom jer ECU ima samo funkciju kontrole vremena promene stepena prenosa.

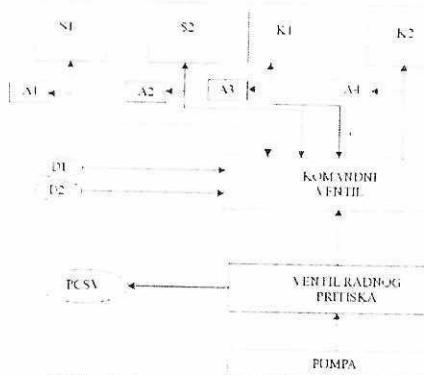


Slika 4. Šema elektronske upravljačke jedinice

Slika 3. Šema pasivnog elektro-hidrauličkog sistema upravljanja

#### 2.2 Poluaktivni sistem upravljanja

Srednjih 80-tih godina zamenjuje se mehanička veza pedale gase sa proporcionalnim elektromagnetskim ventilom (proportional control solenoid valve - PCCSV). Elektronska kontrolna jedinica prima signale kao što su brzina vozila, otvor leptira i sl. i pomoću raznih davača determiniše vreme promene stepena prenosa i kontroliše pritisak friкционih elemenata. Mnoge varijante ovih sistema imaju široku primenu u 3 i 5 - stepenim menjajućima. U nekim od njih, povratni pritisak od akumulatora pritiska se kontroliše na osnovu vrednosti momenta motora, ali performanse promene stepena prenosa, uglavnom, zavise od karakteristika akumulatora pritiska i prigušnika, pa pritisak ne može biti kontrolisan samo pomoću ECU. Zato se ovakav sistem naziva polu-aktivni i njegova šema je data na sl.5.



Slika 5. Šema polu-aktivnog elektro-hidrauličkog sistema upravljanja

### 2.3 Aktivni sistem upravljanja

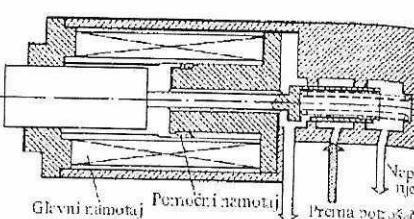
Na sl.7 je prikazana šema aktivnog elektro-hidrauličkog sistema upravljanja. Elektromagneti on-off ventili vrše kontrolu trajanja promene stepena prenosa kao i kod polu-aktivnog sistema, ali sa modulatorom pritiska (Mp) ili proporcionalnim elektromagnetskim ventilom (PCSV) koji kontrolišu pritisak uključivanja frikcionih elemenata.

## 3. POTPUNO ELEKTRONSKI UPRAVLJAČKI SISTEM PROMENE STEPENA PRENOSA

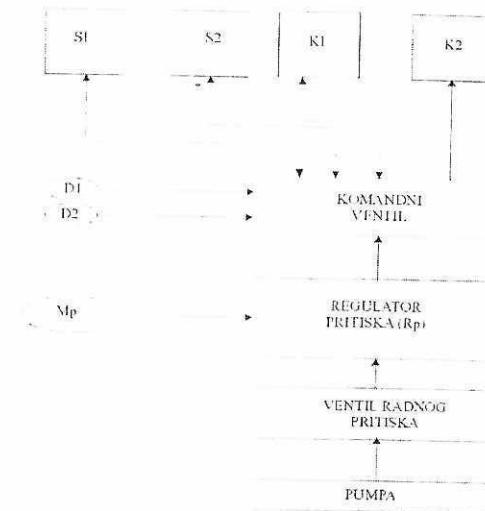
Gott [3] u svojoj knjizi koristi termin potpuna elektronska kontrola. Prednost čisto elektronskog upravljanja je ta što svaki friкцион element može zasebno da se kontroliše pomoću ECU. Od 1990. sa razvojem tehnologije u elektronskoj industriji i proizvodnji davača polako se ostvaruju ovakav način upravljanja koji smanjuje cenu koštanja i povećava pouzdanost.

### 3.1 Indirektno i direktno polu-aktivno upravljanje

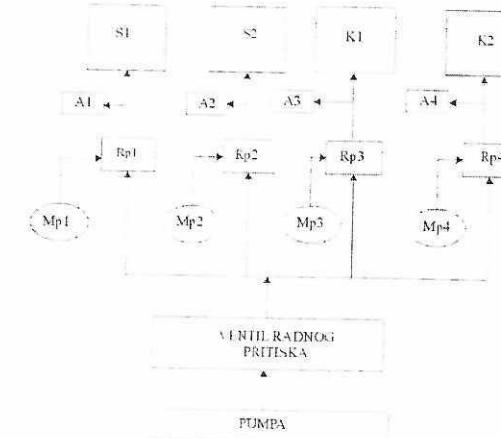
Polu - aktivni elektronski sistem upravljanja koji sadrži proporcionalne elektromagnetske ventile i regulatore pritiska može biti primjenjen na svakom friкционom elementu posebno. Ovaj sistem, prikazan na sl.8. U ovakovom sistemu upravljanja postoji veliki broj upravljačkih komponenti, tako da ga je teško projektovati, visoka mu je cena koštanja, a i gabaritno je veliki. Indirektno polu-aktivni upravljački sistem je do sada najviše korišćen. Njegova šema sadrži modulator i akumulator pritiska ispred svakog friкционog elementa, dok kod direktno polu-aktivnog sistema upravljanja nema regulatora pritiska (Rp). Međutim, ovakve sisteme je teško optimizovati bez dodatnih davača, naročito sa aspekta potrošnje goriva.



Slika 6. Šema proporcionalnog elektromagnetskog ventila



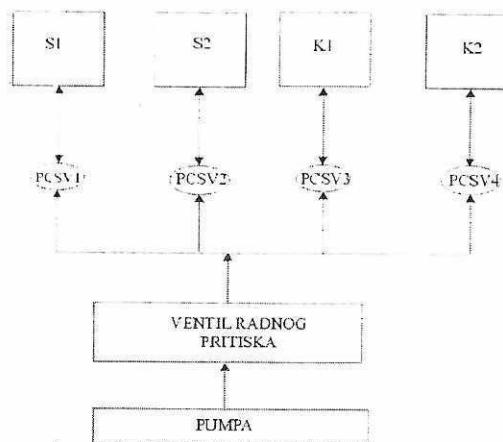
Slika 7. Šema aktivnog elektro-hidrauličkog sistema upravljanja



Slika 8. Šema indirektnog polu-aktivnog elektronskog sistema upravljanja

### 3.2 Direktno aktivno upravljanje promenom stepena prenosa

Na sl. 9 je prikazana šema direktnog elektronskog upravljačkog sistema. Za svaki friкцион element je vezan po jedan proporcionalni elektromagnetski ventil (PCSV) koji daje niz prednosti ovakovom sistemu kao što su: visok stepen slobode, smanjuje se težina, veličina i cena hidrauličkog dela sistema, kao manji broj delova što omogućava masovnost proizvodnje.



Slika 9. Šema direktno aktivnog elektronskog sistema upravljanja

## ZAKLJUČAK

Ovaj rad daje pregled šema upravljačkih sistema od ranih hidro-mehaničkih do modernih čisto elektronskih. Danas se, razvojem mikroprocesorskih sistema za automatsko upravljanje transmisijama i razvojem elektronskih regulatora za ubrizgavanje goriva kod motora stvaraju realne pretpostavke za budući koncept upravljanja.

## LITERATURA

- [1] Minoru S., Takashi S., Kunio O., Katsumi N. etc.: "Nissan Electronically Controlled Four-Speed Automatic Transmission", SAE papers No. 890530
- [2] Tadashi K., Kunihiro I., Yutaka T., Takao T. etc.: "Toyota "ECT-i" a New Automatic transmission with Intelligent Electronic Control System" SAE papers No. 900550
- [3] Philip Gott: "Changing Gears: The Development of the Automotive transmission", Society of Automotive Engineers, Inc. 1991
- [4] Yasuo H., Kunihiro I., Hidehiro O., Kazunori I.: "Toyota Five -Speed Automatic Transmission with Application of Modern Control Theory" SAE papers No. 920610
- [5] Baek-Hyun C., Hyoun-Woo L., Jong-Sun O., etc.: "A Study on Full Electronic Control of Automatic Transmission: Direct Active Shift Control" FISITA Worltd Automotive Congress, 2000
- [6] Zlatomir Živanović, Nenad Janićević: "Automatske transmisije motornih vozila" Ecolibri, Beograd, 2000
- [7] Yasushi N.: "Improving Automatic Transmission Shift Quality by Feedback Control with a Turbine Speed Sensor" SAE paper No 911938
- [8] Yoshiki I., Hiroyuki S.: "Development of an Electronically-Controlled Four -Speed Automatic transmission with a D-Range Neutral Control System", FISITA World Automotive Congres, 2000