

Regulisani elektromotorni pogoni

-Uvodno predavanje

Šta su REMP i šta ćemo raditi ?

Regulisani elektromotorni pogoni (REMP)

– Mehatronika

predavanje 1

(Feb 2022)

Ko će šta raditi ?

☐ Predavanja

dr Darko Marčetić, NTP, II sprat, kanc. 237,
darmar@uns.ac.rs
(konsultacije: posle predavanja)

Knjiga: „Digitalno regulisani elektromotorni pogoni” , Darko Marčetić, Petar Matić, Akademski misao, Beograd 2020

☐ Vežbe na tabli i laboratoriji

Vladimir Popović , NTP, II sprat, kanc. 237,
popovicv@uns.ac.rs
(konsultacije: svako doba dana i noći)
- prvih 6 termina tabla onda lab vezbe

Praktikum: „Primena mikroprocesora u elektroenergetici – Praktikum laboratorijskih vežbi” , Darko Marčetić, Vlado Porobić, FTN Izdavaštvo , Novi Sad , 2012. (368)

Sadržaj uvoda u REMP

- 1 Literatura**
- 2 Šta su REMP ?**
- 3 Osnovna šema REMP sa najvažnijim elementima**
- 4 Šta se sve radi na predmetu REMP?**

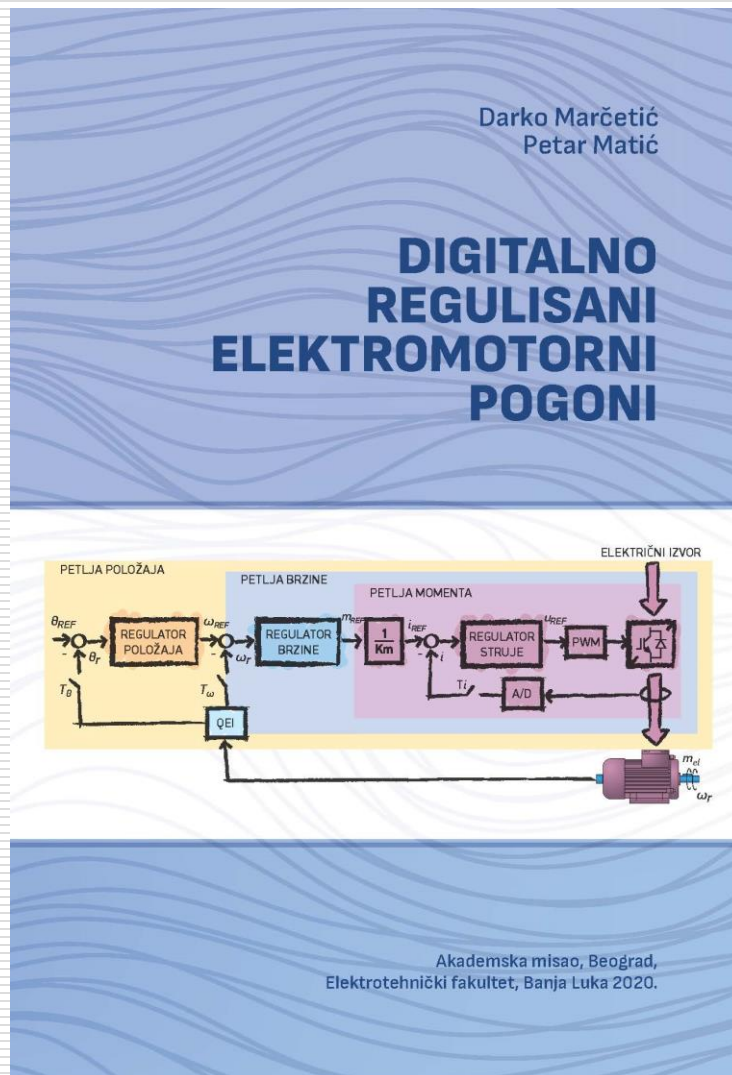
1.Literatura za predavanja

„Digitalno regulisani elektromotorni pogoni” ,

Darko Marčetić, Petar Matić, Akademski misao, Beograd 2020

Plan i program predmeta, kao i ove prezentacije, idu po ovom udžbeniku. On pokriva 100% gradiva plus 150 dodatnih strana kao bonus.

Preporuka je ovaj udžbenik.



1.Literatura za predavanja

Naziv udžbenika: 460

„Mikroprocesorsko upravljanje energetske pretvaračima”,
Darko P. Marčetić, FTN Izdavaštvo , Novi Sad , 2014 .

Jeftiniji FTN udžbenik je samo alternativa za one sa jeftinijim ulaznicama za predmet. Kod njega su fokus mikroprocesori a ne REMP, ali i on pokriva 60% gradiva, plus 150 dodatnih strana kao bonus.



1.Literatura za lab vežbe

Naziv pomoćnog udžbenika : 368

„Primena mikroprocesora u elektroenergetici – Praktikum laboratorijskih vežbi”, Darko Marčetić, Vlado Porobić, FTN Izdavaštvo , Novi Sad , 2012.

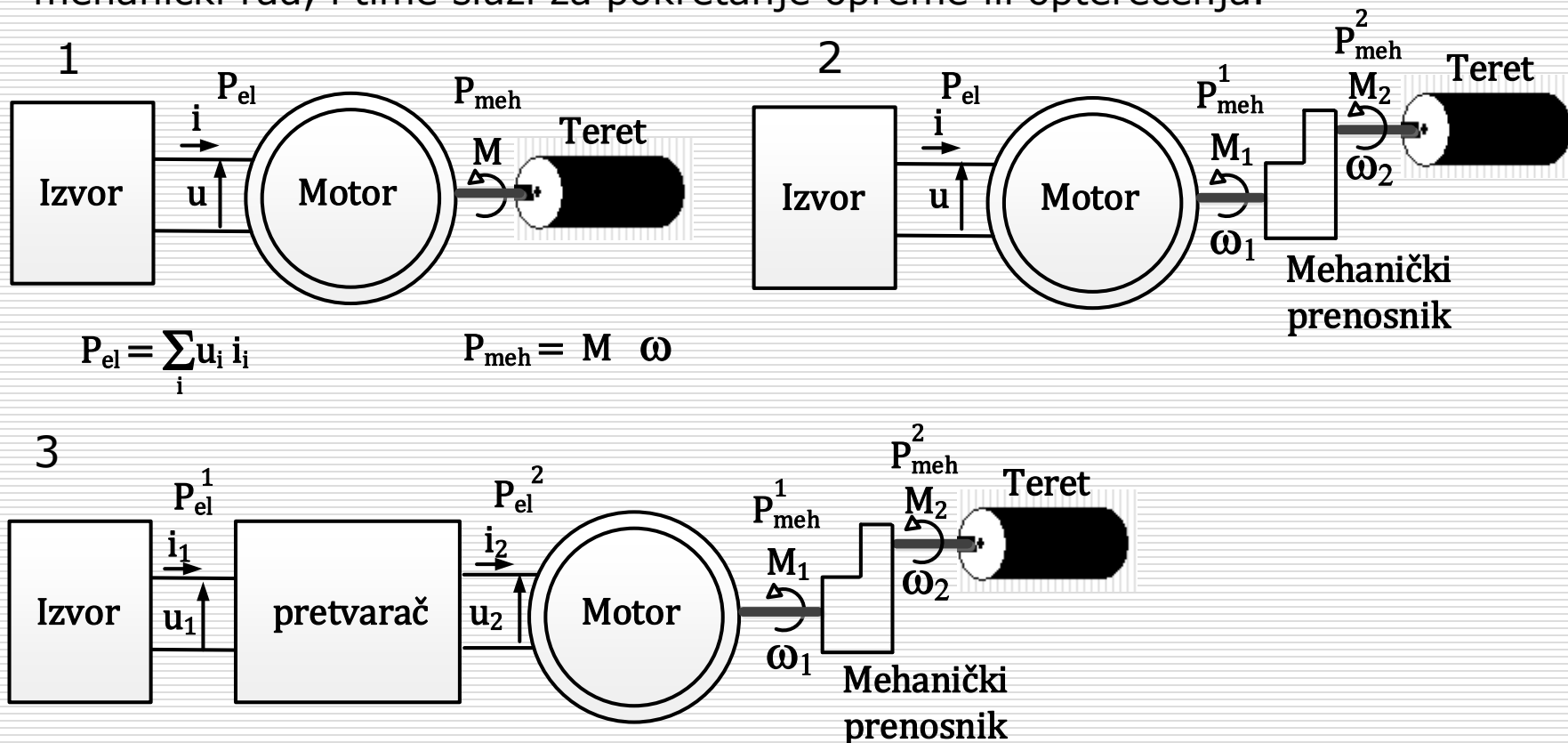
Laboratorijske vežbe na predmetu idu 85% po ovom pomoćnom udžbeniku. Ima se i 30 dodatnih strana kao bonus.



2. Uvod u REMP

2.Uvod u REMP

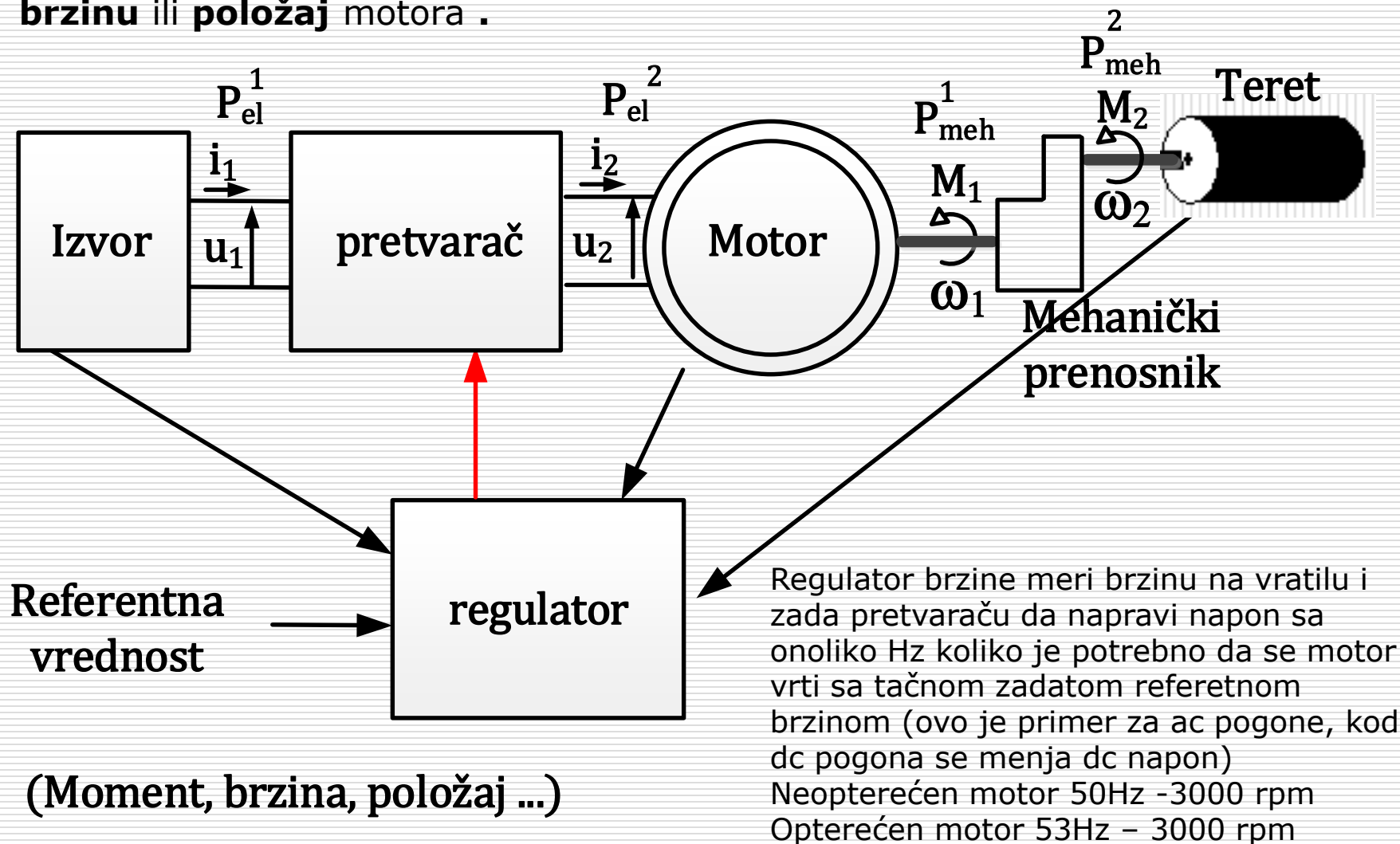
Elektromotorni pogon (EMP) je elektromehanički sistem koji električnu energiju iz primarnog izvora na kontrolisan način pretvara u mehanički rad, i time služi za pokretanje opreme ili opterećenja.



1. Mreža 50Hz → brzina motora 3000 rpm (primer $p=1$, $n = 60f/p$)
2. Mreža 50Hz → brzina motora 3000 rpm, prenos 10:1 pa je brzina tereta → 300 rpm
3. Mreža 50Hz ali pretvarač zada npr 25Hz → motor 1500rpm, zada 5Hz → motor 300rpm ... (problem, ako se motor opteret i brzina opadne ...)

2.Uvod u REMP

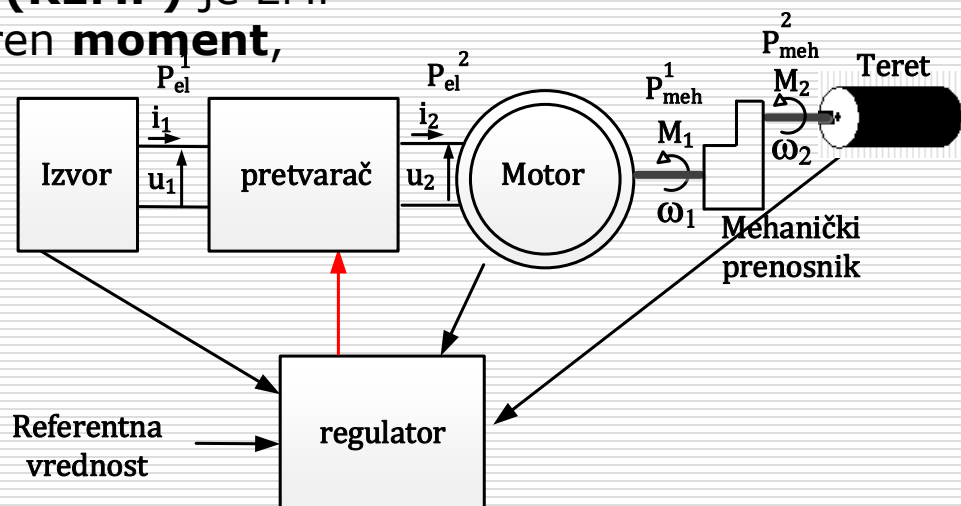
Regulisani elektromotorni pogon (REMP) je EMP u kome je moguće kontrolisati ostvaren **moment**, **brzinu** ili **položaj** motora .



(Moment, brzina, položaj ...)

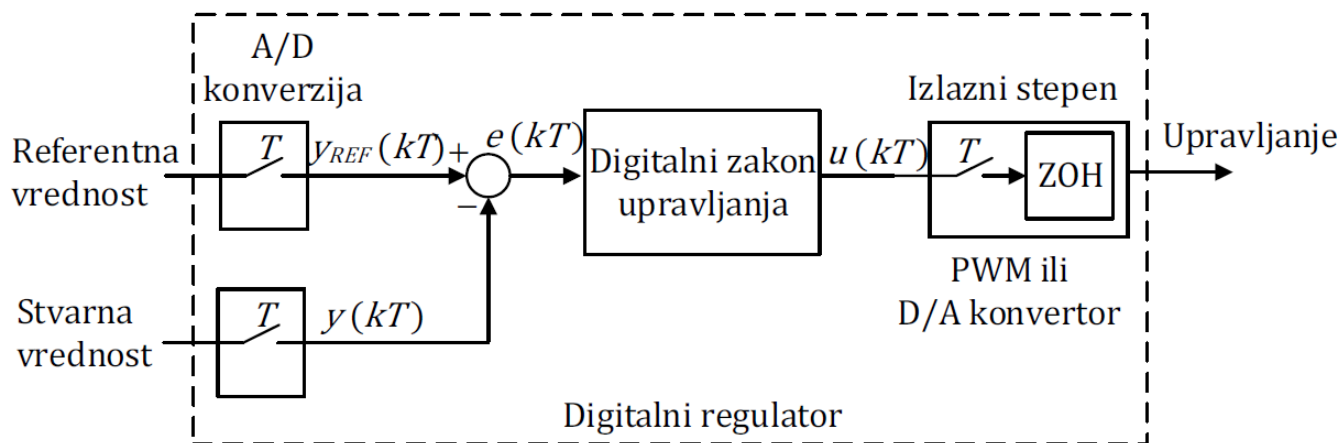
2.Uvod u REMP

Regulisani elektromotorni pogon (REMP) je EMP u kome je moguće kontrolisati ostvaren **moment**, **brzinu** ili **položaj** motora .



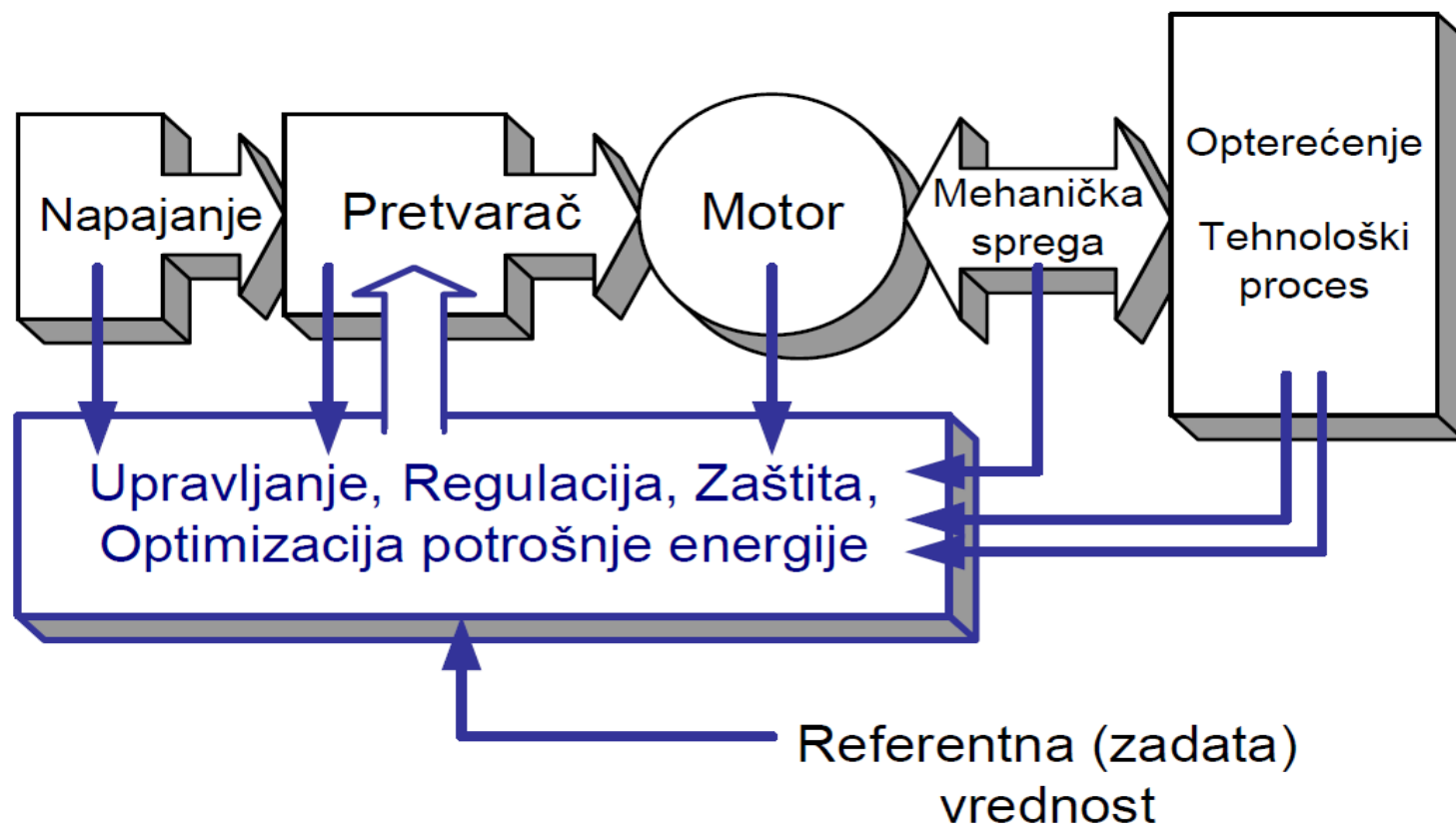
(Moment, brzina, položaj ...)

Digitalno regulisani elektromotorni pogon (DREMP) je REMP u kome je upravljački sklop realizovan digitalno



3. Osnovna šema i delovi digitalno upravljanog REMP

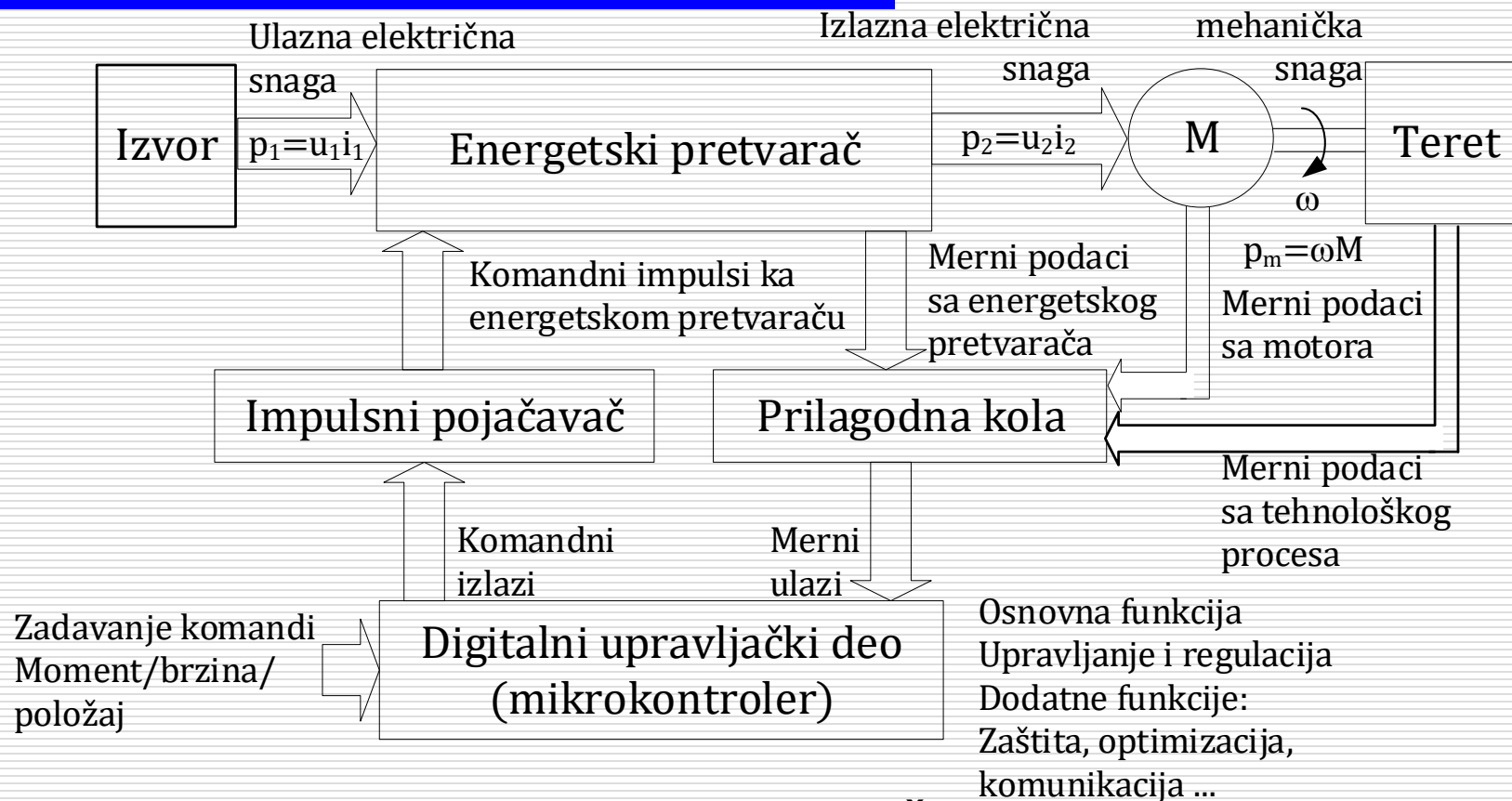
3. Šema i osnovni elementi REMP



- 1 Izvor** daje električnu energiju pogonu
- 2 Pretvarač** prilagođava oblik te energije motoru
- 3 Motor** razvija moment i vrši rad pokretanjem tereta sa kojim je spregnut
- 4 Upravljački** deo sve to kontroliše

Regulisani elektromotorni pogon (REMP) može biti podešen tako da motor ostvari zadatu vrednost **momenta, brzine** ili **položaja**.

Osnovni elementi modernog REMP

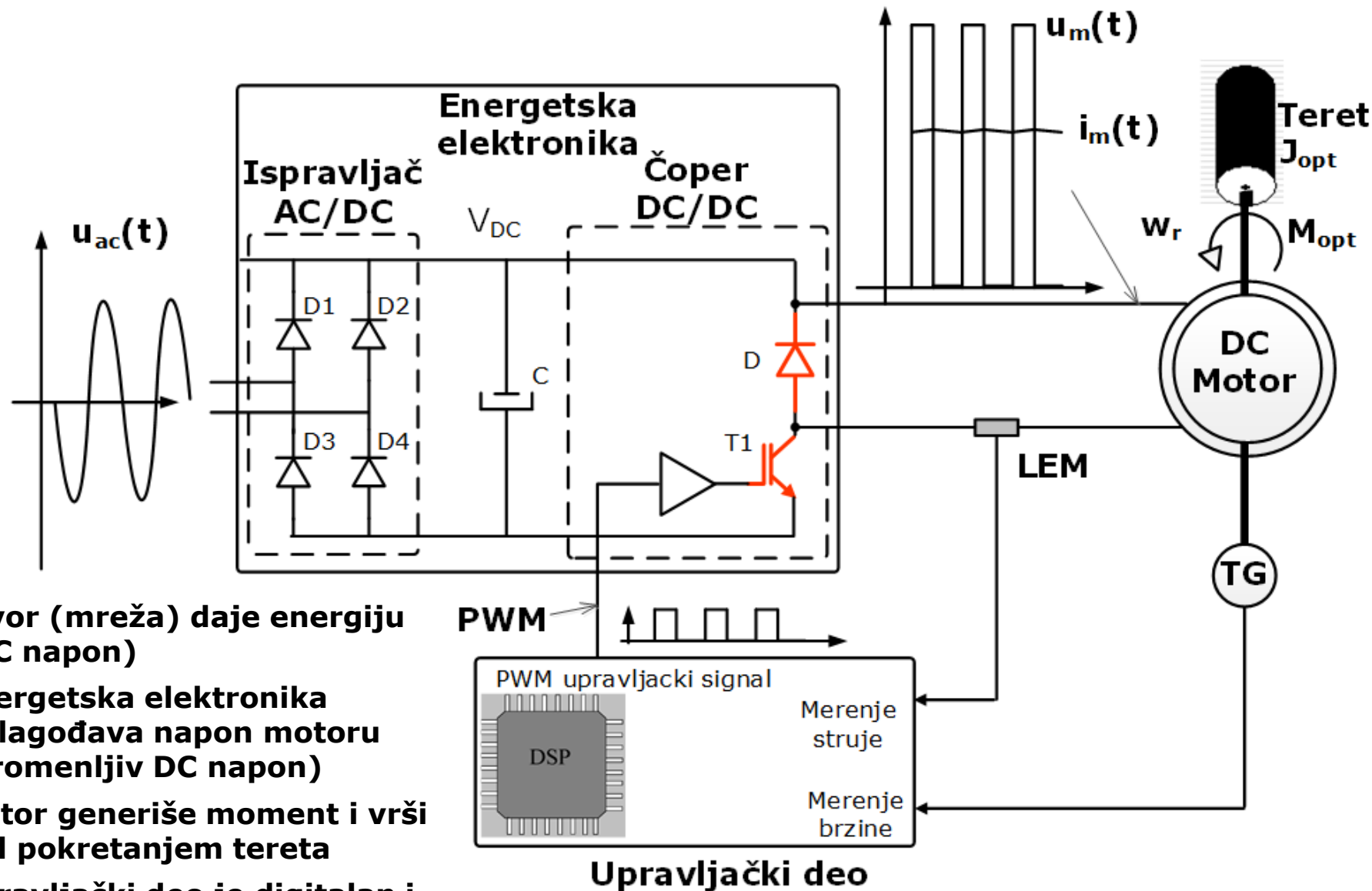


- 1 **Izvor** daje energiju, **motor** kao objekat vrši rad
- 2 **Pretvarač** prilagođava napon motoru
- 3 **Prilagodna kola** prilagođavaju merne signale ulazima mikrokontrolera
- 4 **Upravljački deo** je digitalan

Čita merenja i komande, Izvršava upravljački program, generiše upravljačke signale ka pretvaraču

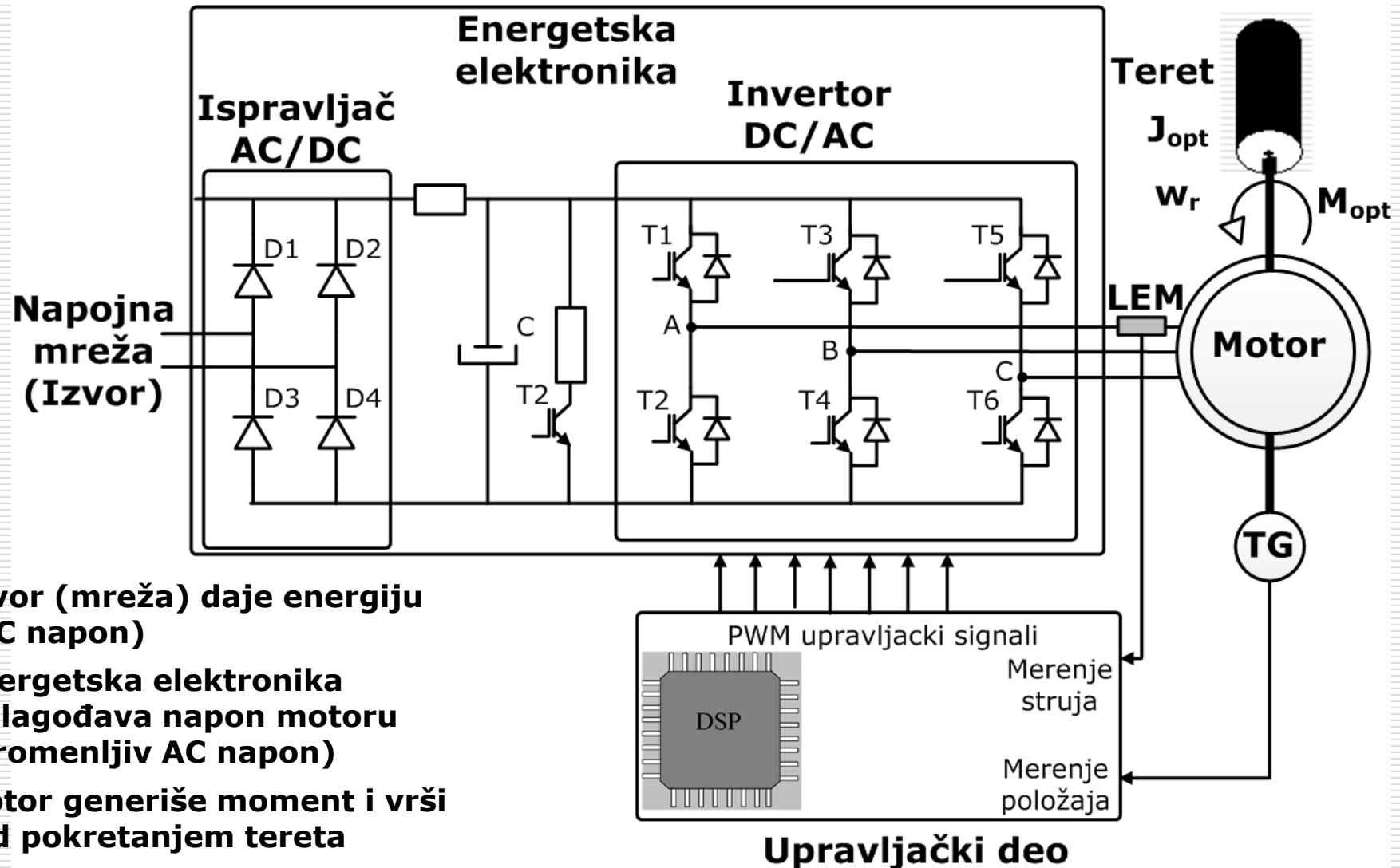
- 5 **Generisane upravljačke signale pojačavač prilagođava pretvaraču**

3.1 Primer šeme REMP sa DC motorom



3.2. Primer šeme REMP sa AC motorom

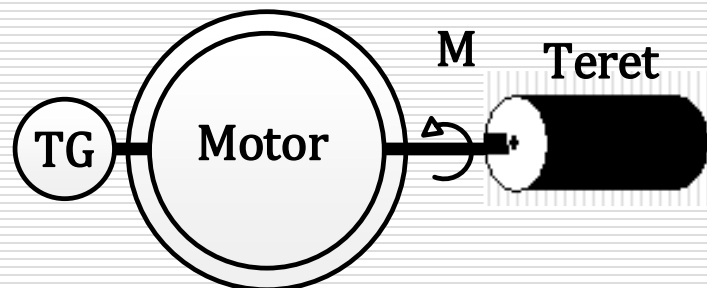
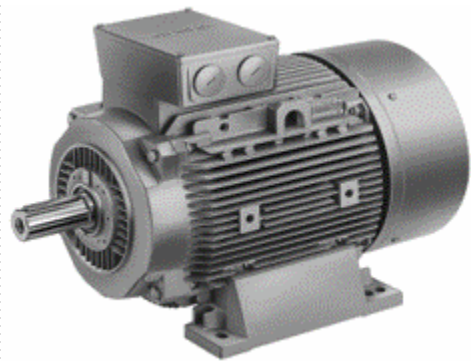
informativno



- 1 Izvor (mreža) daje energiju (AC napon)
- 2 Energetska elektronika prilagođava napon motoru (promenljiv AC napon)
- 3 Motor generiše moment i vrši rad pokretanjem tereta
- 4 Upravljački deo je digitalan i on generiše 6 x PWM signala

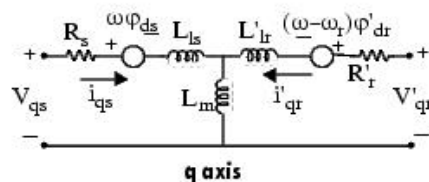
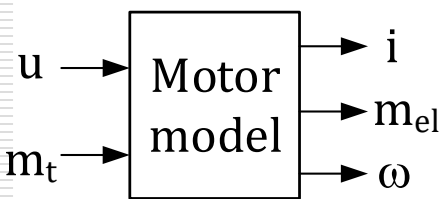
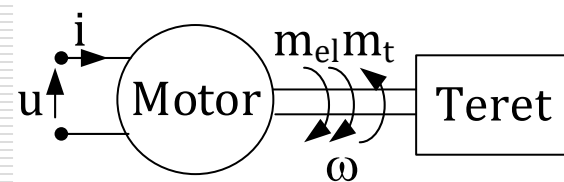
4. Šta ćemo sve učiti na predmetu REMP

4.1 Električni motor kao deo REMP



Radi se samo motor jednosmerne struje – DC motor

Motor pretvara električnu energiju u mehaničku tako što generiše obrtni moment i pokreće teret sa kojim je mehanički povezan.



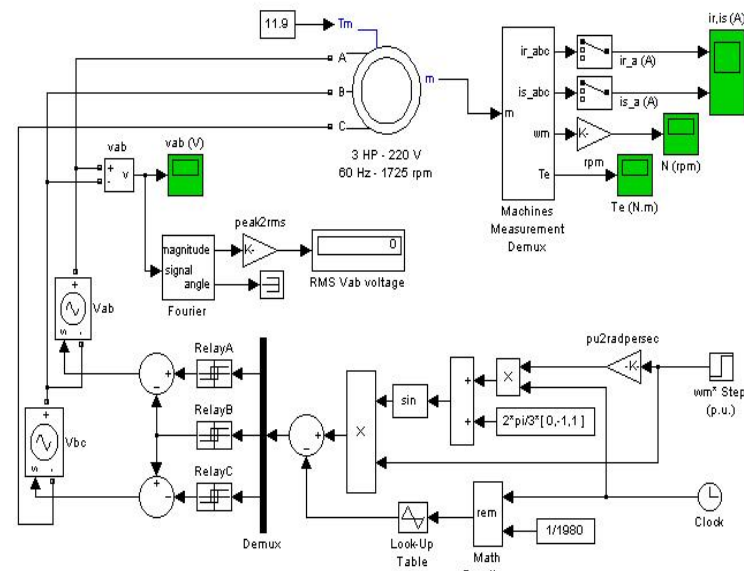
$$V_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{d}{dt} \phi_{qs} + \omega \phi_{ds}$$

$$V_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{d}{dt} \phi_{ds} - \omega \phi_{qs}$$

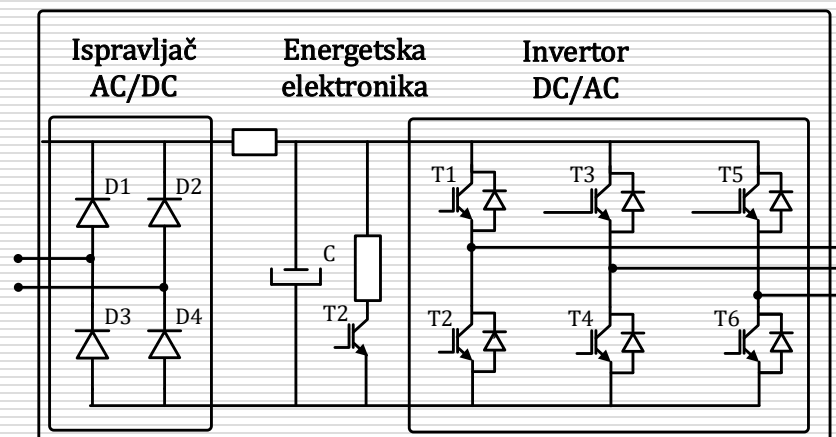
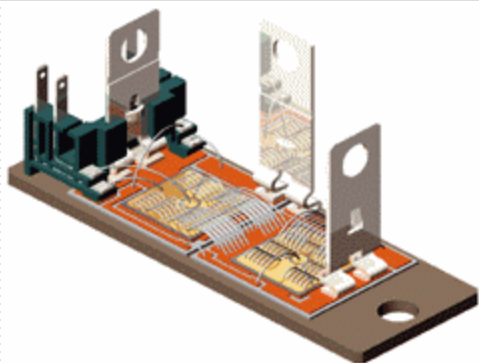
$$V'_{qr} = R'_r i'_{qr} + \frac{d}{dt} \phi'_{qr} + (\omega - \omega_r) \phi'_{dr}$$

$$V'_{dr} = R'_r i'_{dr} + \frac{d}{dt} \phi'_{dr} - (\omega - \omega_r) \phi'_{qr}$$

$$T_e = 1.5p(\phi_{ds} i_{qs} - \phi_{qs} i_{ds})$$

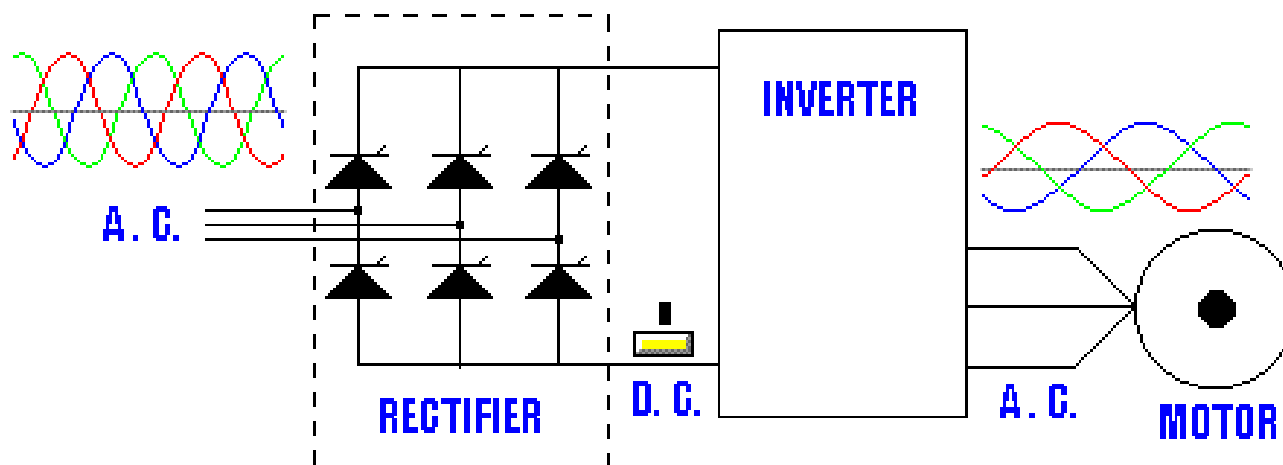


4.2 Energetska elektronika kao deo REMP



Radi se samo čoperi - DC/DC pretvarači

Razni tipovi motora traže različite oblike napona/struje.
Energetska elektronika uzima električnu energiju iz izvora i prilagođava oblik napona i/ili struje motoru.



4.3 Sistemi automatskog upravljanja i REMP

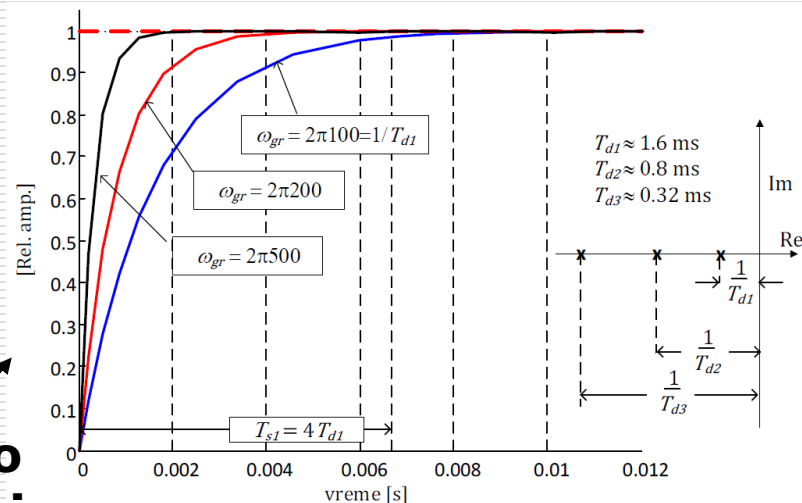
Objekat I reda (prost, lako ukrotiv)

$$u(s) \rightarrow \frac{1}{1 + T_{gr}s} = \frac{\omega_{gr}}{s + \omega_{gr}} \rightarrow y(s) \quad (\text{jedan pol})$$

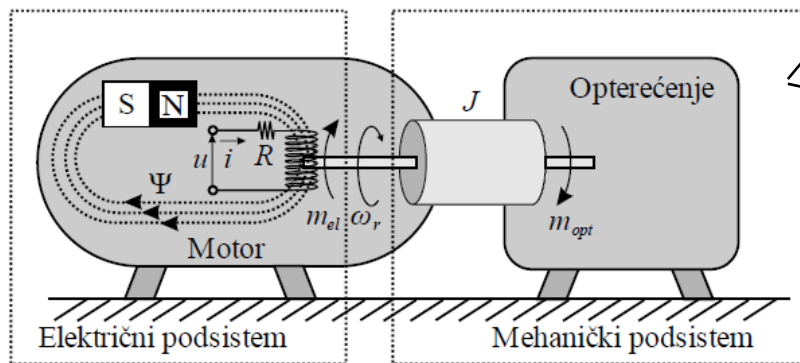
Primer RC kolo

$$y = \frac{1}{sC} u \rightarrow W_{LC}(s) = \frac{1}{1 + sCR} = \frac{\omega_{gr}}{s + \omega_{gr}}$$

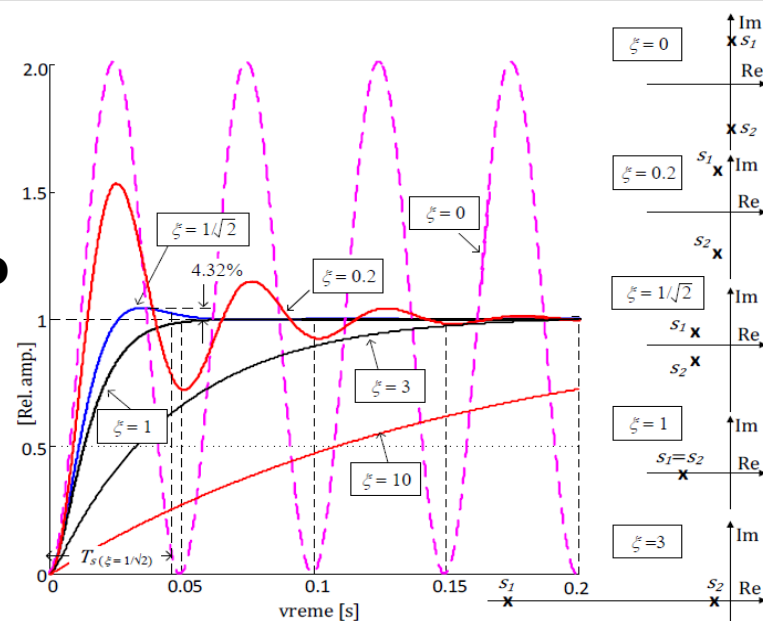
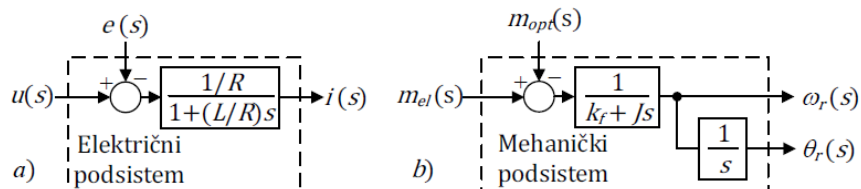
Ako
budemo
pametni



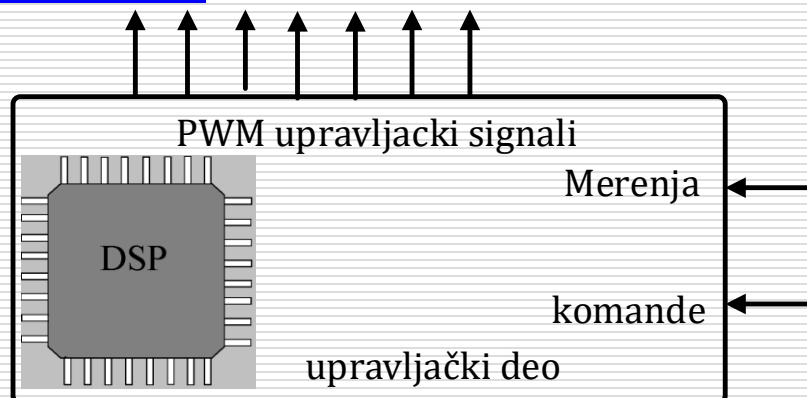
Motor (složen objekat reda X)



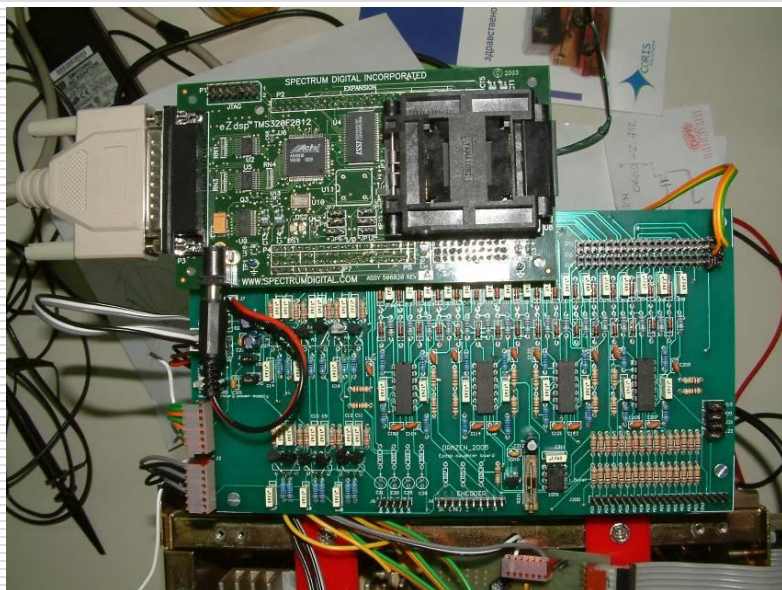
Ako ne
budemo



4.4 Mikrokontroleri i dig. upravljanje u REMP



Razni mikrokontroleri i digitalni signalni kontroleri su namenjeni upravljanju EMP. **Karakterišu ih periferije za generisanje upravljačkih impulsa, ADC i brojački moduli kao i rad u realnom vremenu.**



```
SyncPos - [Koracni.m [Controller: #01]]
File Edit Development Controller Testrun Cam-Editor Settings Windows Help

/* Koracni motor */

DEF ORIGIN          /* Definisanje nulte pozicije */
MOTOR ON            /* Ukljucuje se kontrola motora */
ACC 40              /* Ubrzanje 40% od max. */
DEC 40              /* Usporenje 40% od max. */
VEL 20              /* Brzina 20% od max. */
PRINT "Pocetna pozicija: ",APOS /* Prikaz pocetne pozicije vratila */

pocetnovreme= TIME /* Zapamti pocetno vreme */
/* Petlja u okviru koje se 10 puta vrši promena pozicije */
koraci:              /* Ime petlje */
POSR 500             /* Relativno pozicioniranje */
WAIT 1000            /* Cekanje 1 s */
PRINT "Trenutna pozicija: ",APOS /* Prikaz trenutne pozicije vrati. */
LOOP 9 koraci        /* Ponavljanje još 9 puta */
POSR -5000           /* Vracanje na početnu poziciju */

Compiling ... ok
Connecting to controller ... connected to "COVER " [#1, V5.17]
Loading 361 bytes ... ok
Executing temporary program ... ok
[01] Pocetna pozicija: 0
[01] Trenutna pozicija: 496
[01] Trenutna pozicija: 1002
For help press F1
```

5. Ishod kursa

1 Studenti su upoznati sa oblasti elektromotornih pogona

5. Studenti mogu da koriste gotove pogone

RoboteQ motor controllers



Motor Sensor Setup - Setup Procedure

- ✓ Welcome
- ✓ Motor Sensor Setup
 - ✓ Configure
 - ▶ **Setup Procedure**
 - ▶ Current Loop Auto Tuning
 - ▶ Motor Characterization
 - ▶ Current Gains
 - ▶ Step Command
 - ▶ Finalize
 - ▶ Speed Loop Auto Tuning
 - ▶ Feedback Sensor Config
 - ▶ Auto Tuning Config
 - ▶ Auto PI Tuning
 - ▶ Speed Gains
 - ▶ Step Command
 - ▶ Ramped Command
 - ▶ Finalize

Summary:

Channel: 1
Number of Pole Pairs: 4
Reference Seek Power: 100 Amps
Motor Direction: Direct
Sinusoidal Angle Sensor: Sin/Cos Sensor

Sin/Cos SSI Sensor Poles: 1



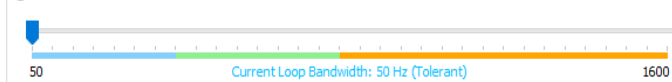
- Emergency stop will be released.
- Make sure that, in all controller channels, motor
- The motor will start moving.

Run Setup Procedure

Motor Sensor Setup...
Configuring controller...
Waiting for configurations to take effect...
Releasing emergency stop.
Switching to 'Open Loop'...
Running motor sensor setup procedure, this may take
BADJ = -219
SMD = 0
ZSMC = -528;-533;-4
Setup procedure completed, press Next to continue

Step Command Configuration

Calculate FOC Gains



Manual Entry

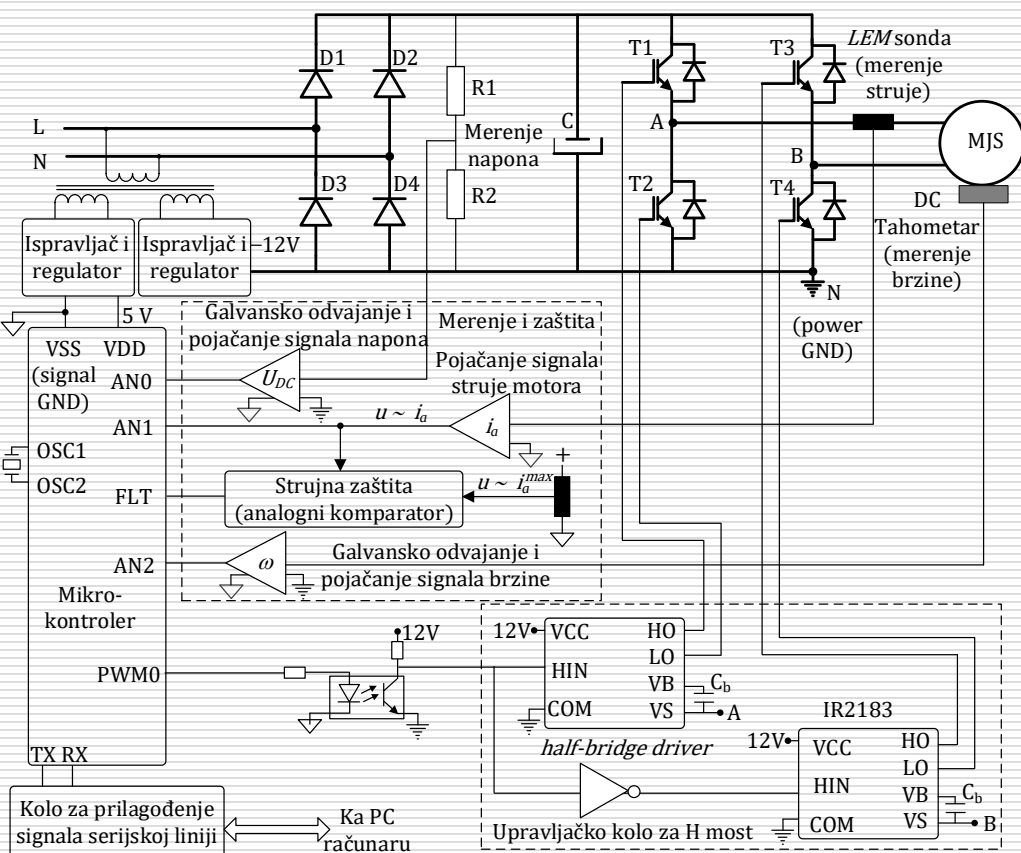
Torque Proportional Gain: 0.0392
Flux Proportional Gain: 0.016
Torque Integral Gain: 0.9424
Flux Integral Gain: 0.9424

Running Waveform...
Loading tuning script...
Applying emergency stop.
Initiate download...
Downloading...
Download completed.
Configuring controller...
Waiting for configurations to take effect...
Running script...
Wave 1 started...
Wave 2 started...
Waveform finished, press Next to continue.



5. Studenti mogu da učestvuju u izradi pogona

Blok dijagram hardvera pogona



Blok dijagram softvera pogona

