



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za elektrotehniko*

# REGULACIJSKA TEHNIKA

nosilec: prof. David Nedeljković

[davidn@fe.uni-lj.si](mailto:davidn@fe.uni-lj.si)

+386 1 47-68-478

govorilne ure: sreda ob 10:15

asistent: dr. Aleš Leban

drugi sodelavci LRTME

<http://lrtme.fe.uni-lj.si>



# RT - organiziranost

## ◆ Obremenitev 4-0-2 (P-A-L)

## ◆ Urnik

- Predavanja (P):           sreda 8:00 - 10:00 (**8:30 - 10:00**) v P-7
- Predavanja (P):           petek 8:00 - 10:00 (**8:30 - 10:00**) v P-15a
- Laboratorijske vaje (L) **POZOR - 3 SKUPINE:**
  - ◆ sreda       10:00 - 12:00 v LRTME (cikel 1c) / (**A-Kok**)
  - ◆ sreda       12:00 - 14:00 v LRTME (cikel 2c) / (**Kol-Sm**)
  - ◆ torek       14:00 - 16:00 v LRTME (cikel 3c) / (**So-Ž**)
- Začetek lab. vaj v tednu, ki se začne 14.10.2013

začasno...



# RT - organiziranost

## ◆ Laboratorijske vaje

- Predvidoma 11 obiskov po 2 šolski uri
- Sicer začetek načrtujemo v tednu, ki se začne 14.10.2013

## ◆ Navodila in gradivo za laboratorijske vaje

- Na predavanjih, dostopna tudi na spletu

## ◆ Poročila za laboratorijske vaje

- **ČISTOPIS!!!**
- Mapa A4 s prosojno prednjo stranjo in stranskim vpetjem
- **Obvezno** sprotno urejanje
- **Pregleda** asistent na naslednjem obisku in **potrdi** ustreznost, kar je **pogoj za uspešno opravljeno vajo**
- **Obvezno** na izpit!!! Možna so ustna vprašanja...



# RT - organiziranost

## ◆ Izpit

- Pogoji za pristop: uspešno opravljene vaje
- Pisni in ustni
- Roki, objavljeni v Študijskem koledarju
- Vsakič ob 9:00 pred LES, če ni drugače najavljeno
- **Obvezna prijava** preko E-šudenta
- **Uradna** možnost odjave, **sicer ocena 1**
- Na izpitu kot pripomoček **prejmete** list z enačbami
- Priporočamo opravljanje izpita **s kolokviji**
  - ◆ 1. kolokvij konec novembra (petek, 29.11.2013)
  - ◆ 2. kolokvij zadnji teden predavanj (petek, 17.01.2014)



# RT - organiziranost

## ◆ Literatura:

- Rafael Cajhen: Regulacije, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, 1990.
- David Nedeljković: Regulacije v močnostni elektrotehniki, visokošolski učbenik v pripravi.
- Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini: Feedback control of dynamic systems, Addison-Wesley, 1994.
- Vanja Ambrožič: Sodobne regulacije pogonov z izmeničnimi stroji, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 1996.
- Dogan Ibrahim: Microcontroller based applied digital control: J. Wiley & Sons, 2006.
- Borut Zupančič, Rihard Karba, Drago Matko: Simulacija dinamičnih sistemov, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, 1995.





# RT – Osnovni pojmi

◆ Osnovna struktura regulacije

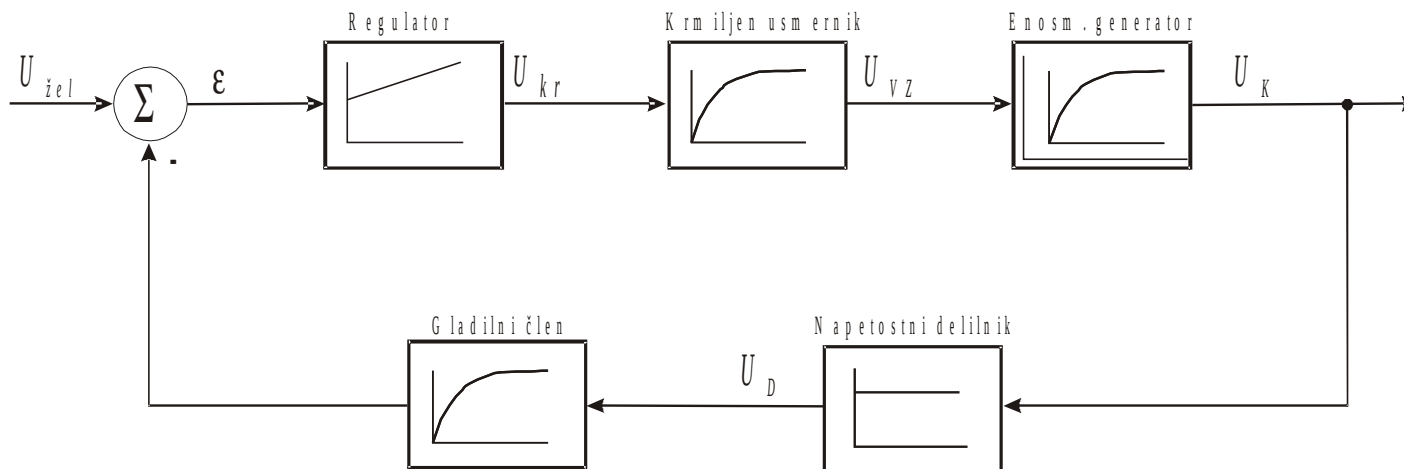
◆ Osnovna struktura krmiljenja



# RT – Osnovni pojmi

## ◆ Krmiljenje in regulacija

- Zgled: enosmerni generator...







# RT – Osnovni pojmi

## ◆ Zahteve pri regulacijah:

- Statični pogrešek
- Dinamični pogrešek
- Regulacijski čas
- Vpliv želene vrednosti
- Vpliv motenj...

$U_{\text{žel}}$

$U_K$

C1: 5 V/raz;

C2: 1 V/raz;

$K_{\text{IM,z}}$ : 500 ms/raz

a)

$I_K$

$U_{\text{žel}}$

$U_K$

$U_K$

C1: 5 V/raz;

C2: 1 A/raz;

$K_{\text{IM,z}}$ : 1 s/raz

C1: 5 V/raz;

C2: 1 V/raz;

$K_{\text{IM,z}}$ : 1 s/raz

b)



# RT – Pregled vsebine

## ◆ Osnovni pojmi

## ◆ Dinamika linearnih sistemov

- Diferencialna enačba, prenosna funkcija, prehodna funkcija, frekvenčna karakteristika, (prostor stanj)
- Osnovni členi, blokovna shema

## ◆ Simulacije

## ◆ Zaprtozančni sistemi

- Izračun prenosnih funkcij
- Statični pogrešek
- Stabilnost, stabilnostni kriteriji
- Korekcija v regulacijskih krogih

## ◆ Sklopi v regulacijskih napravah

- Referenca, primerjalni člen, regulator, reguliranec, merilnik...

## ◆ Sinteza linearnih regulacijskih sistemov

- Ožja sinteza (optimaliziranje regulatorjev)

## ◆ Nelinearne regulacije



# RT – Vrste regulacij

- ◆ **Električne, pnevmatske, mehanske**
- ◆ **Analogne, digitalne**
- ◆ **Linearne, nelinearne**
- ◆ **Zvezne, nezvezne**
- ◆ **Vodene regulacije, regulacije s konstantno želeno vrednostjo**
- ◆ **Procesne regulacije**
- ◆ **Večzančne regulacije**
  - Kaskadne regulacije
  - Regulacije s prepletenimi povratnimi zankami
  - Večkratne regulacije (npr. dvojne: omrežje - f, P)
  - Korekcija v regulacijskih krogih
- ◆ **Adaptivne regulacije**
  - Opomba: raketna, letalska tehnika...



# RT – Osnovni členi

$$F(s) = K \frac{\prod_{l=1}^D (1 + sT_l) \prod_{m=1}^E (1 + 2z_m T_m s + T_m^2 s^2)}{s^{\pm A} \prod_{n=1}^B (1 + sT_n) \prod_{r=1}^C (1 + 2z_r T_r s + T_r^2 s^2)}$$

Ime člena	Blok	Prenosna funkcija	Zapis v časovnem prostoru (diferencialna enačba)	Opomba	Zgled
Proporcionalni člen				$K$ ... ojačenje	uporovni delilnik; idealni ojačevalnik
Integralni člen				$T_i$ ... integracijska časovna konstanta	zasuk je integral vrtilne hitrosti (motor)
Člen 1. reda				$K$ ... ojačenje $T$ ... časovna konstanta	polnjenje kondenzatorja
Člen 2. reda				$K$ ... ojačenje $T$ ... časovna konstanta $z$ ... faktor dušenja	RLC nihajni krog
Člen z mrtvim časom				$K$ ... ojačenje $T_m$ ... mrtvi čas	tekoči trak
Realni diferencialni člen				$T_d$ ... časovna konstanta $T_d'$ ... parazitna časovna konstanta	praznjenje kondenzatorja
Idealni diferencialni člen				$T_d$ ... časovna konstanta ( $T_d' = 0$ )	prehodna funkcija: Diracov impulz