



Lekcija 1

Osnove aktuatora

Prof.dr.sc. Jasmin Velagić
Elektrotehnički fakultet Sarajevo
Kolegij: Aktuatori

Kolegij: Aktuatori

Predmetni nastavnik: Prof.dr.sc. Jasmin Velagić, dipl.inž.el.

e-mail: jasmin.velagic@etf.unsa.ba

tel.: 033 25 07 65

Saradnik:

Mr.sc. Nedim Osmić

e-mail: nedim.osmic@etf.unsa.ba

tel.: 033 25 07 47

Konzultacije:

ponedjeljkom i četvrtkom 12-13, ili po dogovoru

**Načini provjere:
znanja**

kolokvij laboratorijskih vježbi (20%)

parcijalni ispiti (40%)

završni ispit (40%)

Kolegij: Aktuatori

Nastavne jedinice:

1. Osnove aktuatora
2. Električki strojevi
3. Istosmjerni motor s nezavisnom uzбудom
4. Istosmjerni motori s permanentni magnetima
5. Pojačala snage i upravljanje istosmjernim motorima
6. Koračni motori
7. Upravljanje koračnim motorima
8. Asinhroni motori
9. Pneumatski aktuatori
10. Hidraulički aktuatori
11. Piezoelektrički aktuatori
12. Elektrostatički i elektromagnetski aktuatori
13. Termalni aktuatori

Kolegij: Aktuatori

Preporučena literatura:

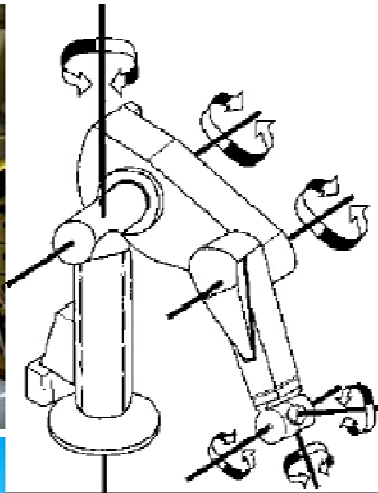
1. Jasmin Velagić, *Zabilješke s predavanja*, Elektrotehnički fakultet, Sarajevo, 2012, URL:
<http://people.etf.unsa.ba/~jvelagic/laras/lectures.htm>
2. H. Funacubo, *Actuators for Control (Precision Machinery and Robotics)*, CRC Press, 1991.
3. H. Janocha, *Actuators: Basics and Applications*, Springer Verlag, 2004.
4. C. Da Silva, *Sensors and Actuators*, CRC Press, 2007.

Dodatna literatura:

1. N. Manring, *Hydraulic Control Systems*, John Willey and Sons, 2005.
2. I.L. Krivts & G.V. Krejnin, *Pneumatic Actuating Systems for Automatic Equipment*, CRC Press, 2006.

Zašto su važni aktuatori?

- Aktuatori su smješteni u mnogim proizvodima za korisničke, industrijske, medicinske i vojne primjene.



Zašto su važni aktuatori?

- Minijaturizacija aktuatora dovodi do minijaturizacije proizvoda.



Zašto su važni aktuatori?

- Minijaturizacija aktuatora dovodi do minijaturizacije proizvoda.



Osnove aktuatora

- **Aktuatori su uređaji koji pretvaraju električke ili fluidne ulaze u mehaničke izlaze, kao što su pozicija, sila, ugao ili moment.**
- Razina izlazne energije je mnogo veća od razine energije ulaznog signala, tako da se zahtijeva korištenje el. naboja, pneumatskog pritiska, hidrauličkog pritiska, itd.
- Klasifikacija i evaluacija najvažnijih aktuatorskih koncepata može se koncentrirati u tri glavne grupe:
 - **Elektromehanički aktuatori;**
 - **Aktuatori koji koriste snagu fluida;**
 - **Alternativni aktuatorski koncepti (inteligentni, mikro aktuatori).**

Podjela aktuatora

- Podjela je načinjena s obzirom na ograničenja primijenjene energije i povezana konstrukcijska svojstva dizajna.
- Ovdje se razmatraju aktuatori malih snaga (< 5/10 kW).

Elektromehanički aktuatori

DC motor
AC motor
Koračni motor
Tranzistorska i tiristorska pojačala
Elektromagnet
Linearni motor

Aktuatori koji koriste snagu fluida

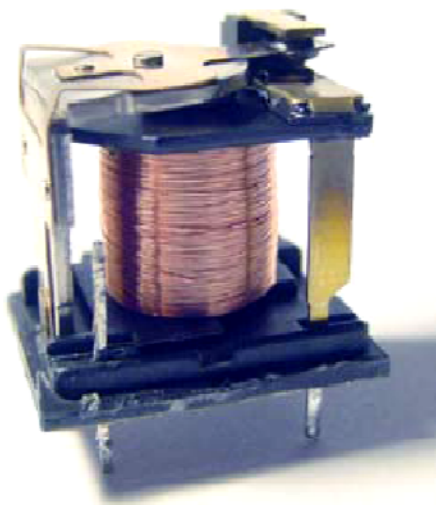
Hidraulički
(ventili, pumpe, motori)
Pneumatski
(regulacijski ventili, zasuni, motori)

Mikroaktuatori

Piezoelektrični
Magnetostriktivni
Elektrohemijski
Termalni
Memorijsko metalni

Elektromagnetski aktuatori

- Elektromagnetski aktuatori pretvaraju energiju elektromagnetskog polja u mehaničku energiju koja izaziva kretanje.
- Pogodni su za “srednje” pogonske momente i sile, kao i pomake u “srednjem” domenu.



Releji



Motori (rotacijski i linearni)

Elektromagnetski aktuatori



Zvučnik



Aktuator za otvaranje vrata.

Elektromagnetski aktuatori



Ventil sa solenoidom



Zvučni aktuator sa hard diskom

Pneumatski aktuatori

- Pneumatski aktuatori koriste pritisak zraka za pokretanje komponenti.
- Visoki iznosi sila i mali pomaci.



Pneumatski leptirasti ventil



Pneumatski cilindri

Pneumatski aktuatori



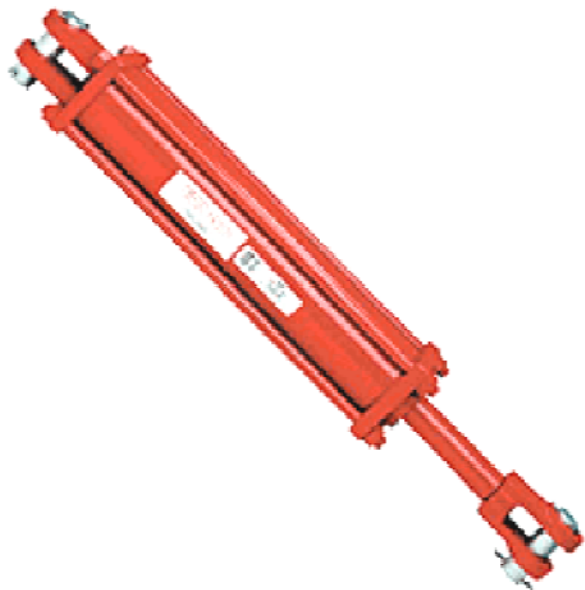
Pneumatski motor



Pneumatska bušilica

Hidraulički aktuatori

- Hidraulički aktuatori koriste pritisak tekućine za pokretanje komponenti.
- Pogodni za generiranje velikih sila i srednjih pomaka.



Hidraulički cilindar

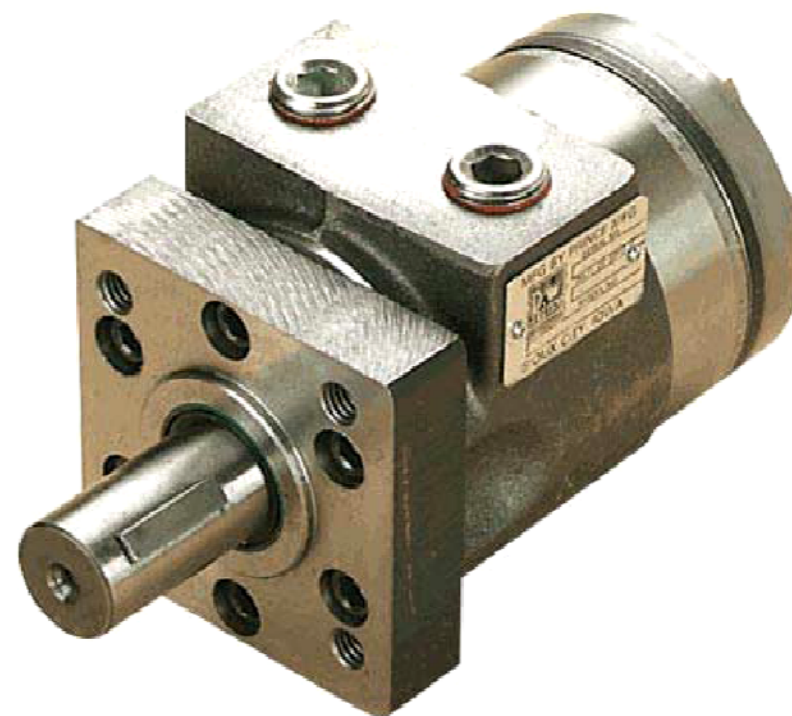


Hidraulička dizalica

Hidraulički akuatori



Hidraulička disk kočnica



Hidraulički motor

Hidraulički akuatori



Hidraulički viljuškar



Hidraulička presa

Piezoelektrički akuatori

- Piezoelektrički akuatori koriste elektrostatički pritisak kristala za pomak komponenti.
- Pogodni su za srednje sile i male pomake.

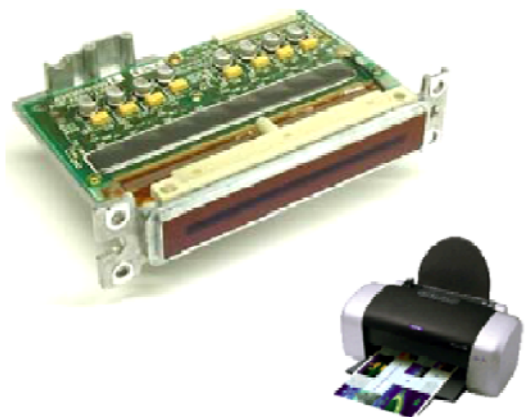


Piezo akuatori



Piezo kontroler za nanopozicioniranje

Piezoelektrični akuatori



Glava printera



Ultrasonični piezo motor



Piezo akuatori za pogon paralelnih robota (6D kinematika).

Termalni aktuatori

- Koriste toplotu za pomak komponenti.
- Pogodni za primjene u kojima su potrebne male sile i mali pomaci.



Termometri

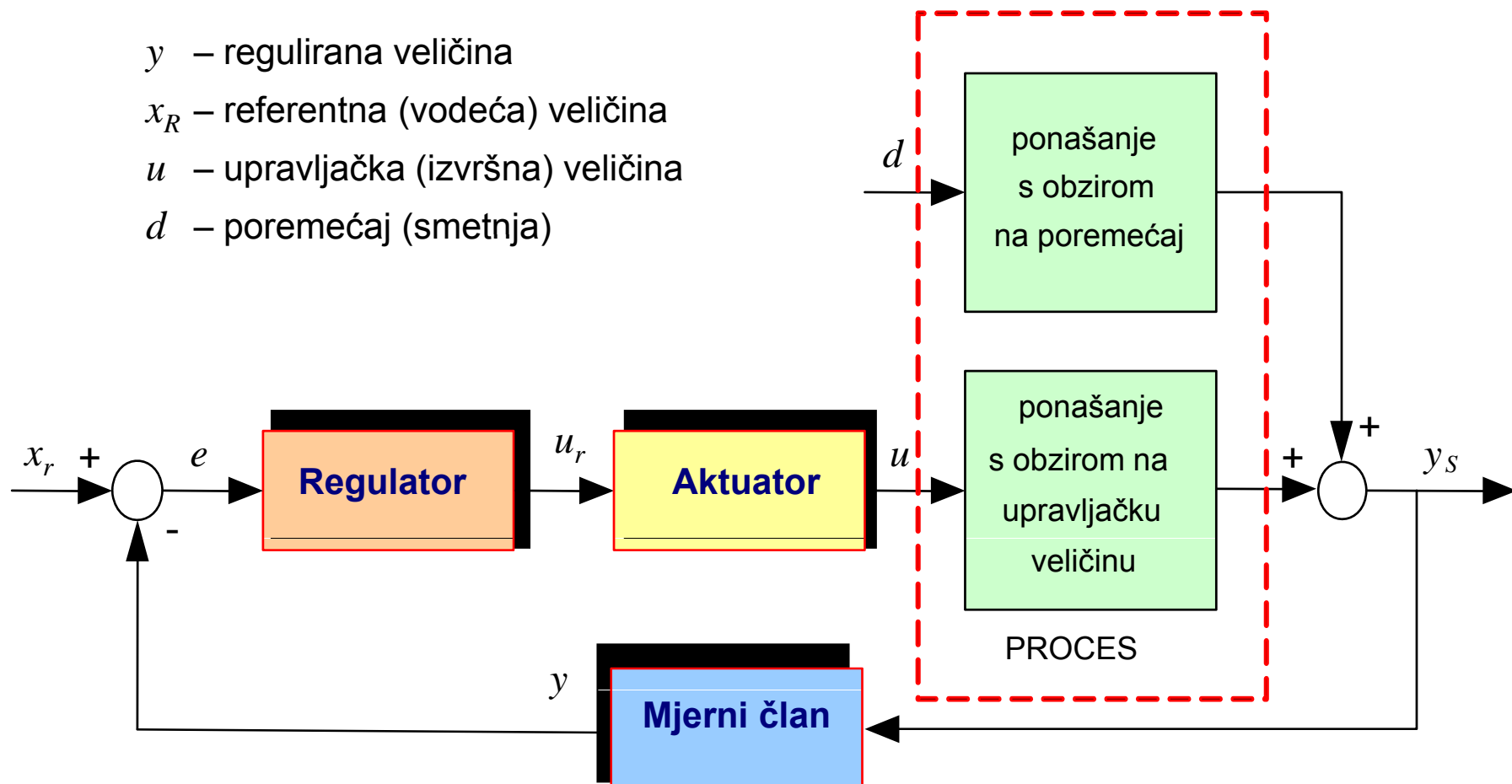


Glava ink-jet printera

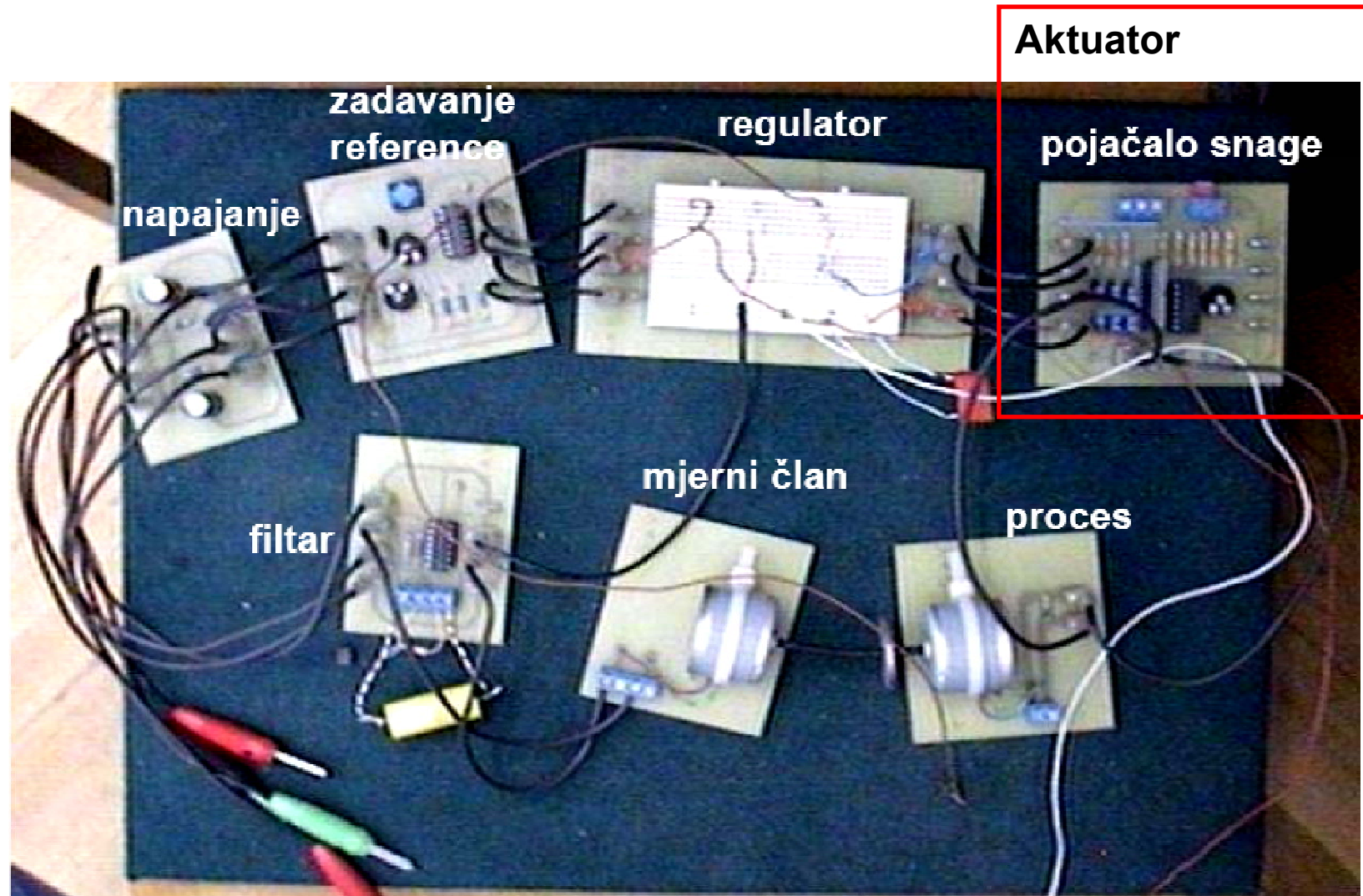
Pozicija aktuatora u sistemu automatske regulacije

- Shema sistema automatske regulacije

y – regulirana veličina
 x_R – referentna (vodeća) veličina
 u – upravljačka (izvršna) veličina
 d – poremećaj (smetnja)



Izgled laboratorijske makete za SAU



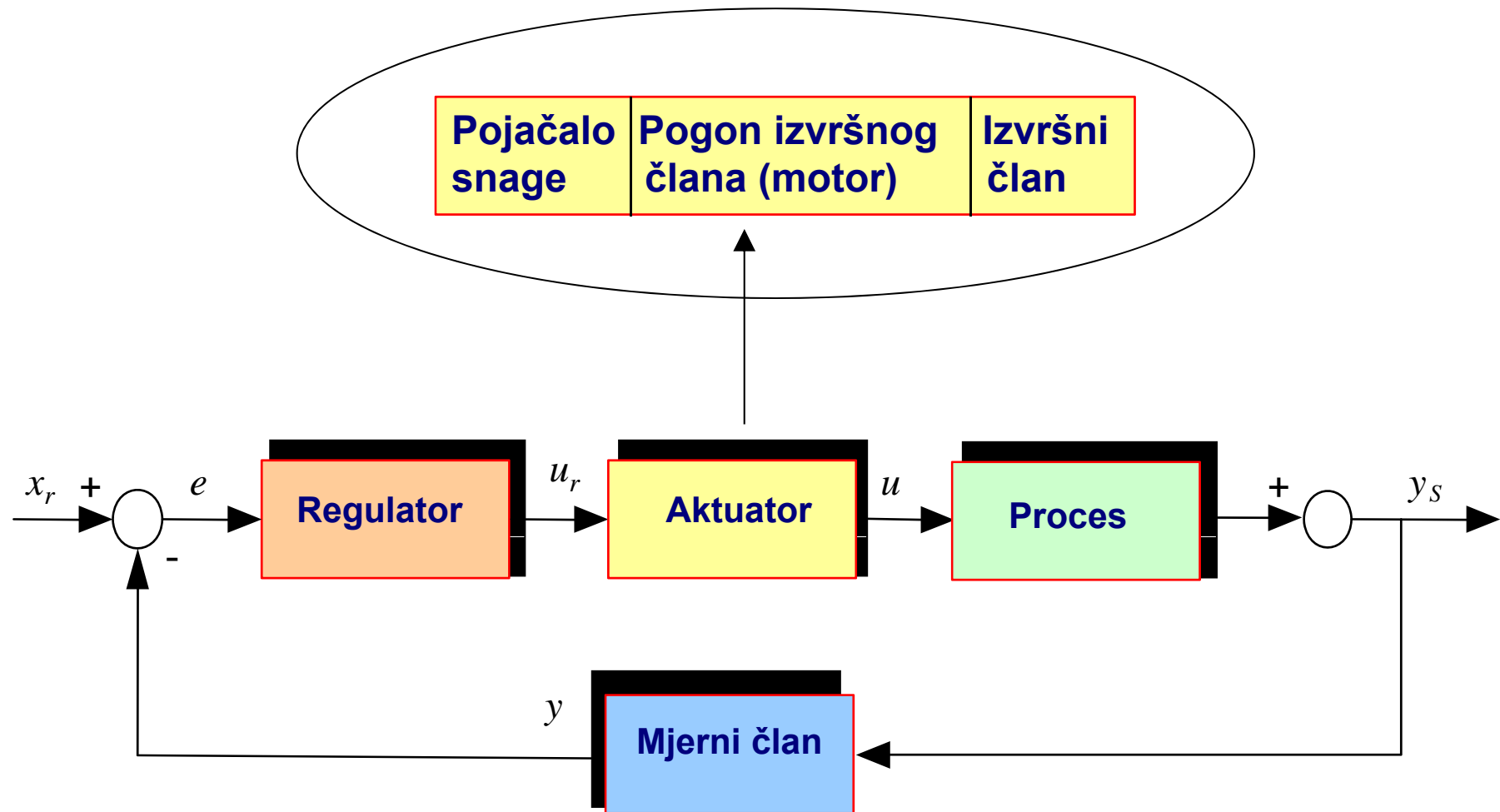
Elementi sistema automatske regulacije

- **Objekti upravljanja** (čime se sve može upravljati): proizvodni procesi, alatni strojevi, roboti, promet itd.
- Struktura sistema automatskog upravljanja (kako se upravlja procesima)
- **Regulator** (upravljački uređaji - “mozak” sistema upravljanja)
 - integrirana operacijska pojačala
 - preklopni sklopovi
 - digitalni logički sklopovi
 - mikroračunari i programirajući logički uređaji (PLC).

Elementi sistema automatske regulacije

- **Aktuatori** (izvršni uređaji) (uređaji koji direktno djeluju na proces):
 - istosmjerni, izmjenični i koračni motori,
 - tiristorska i tranzistorska pojačala snage,
 - pneumatski i hidraulički motori,
 - pneumatski i hidraulički razvodnici,
 - regulacijski ventili.
- **Mjerni uređaji** (senzori) (“osjetila” sistema upravljanja)
 - mjerni detektori za položaj, pomak, ugao, brzinu, silu, temperaturu, razinu, tlak i protok.
- Ostali elementi sistema automatske regulacije.
- Matematički opis fizikalnih pojava u elementima automatiziranih procesa.

Komponente aktuatora



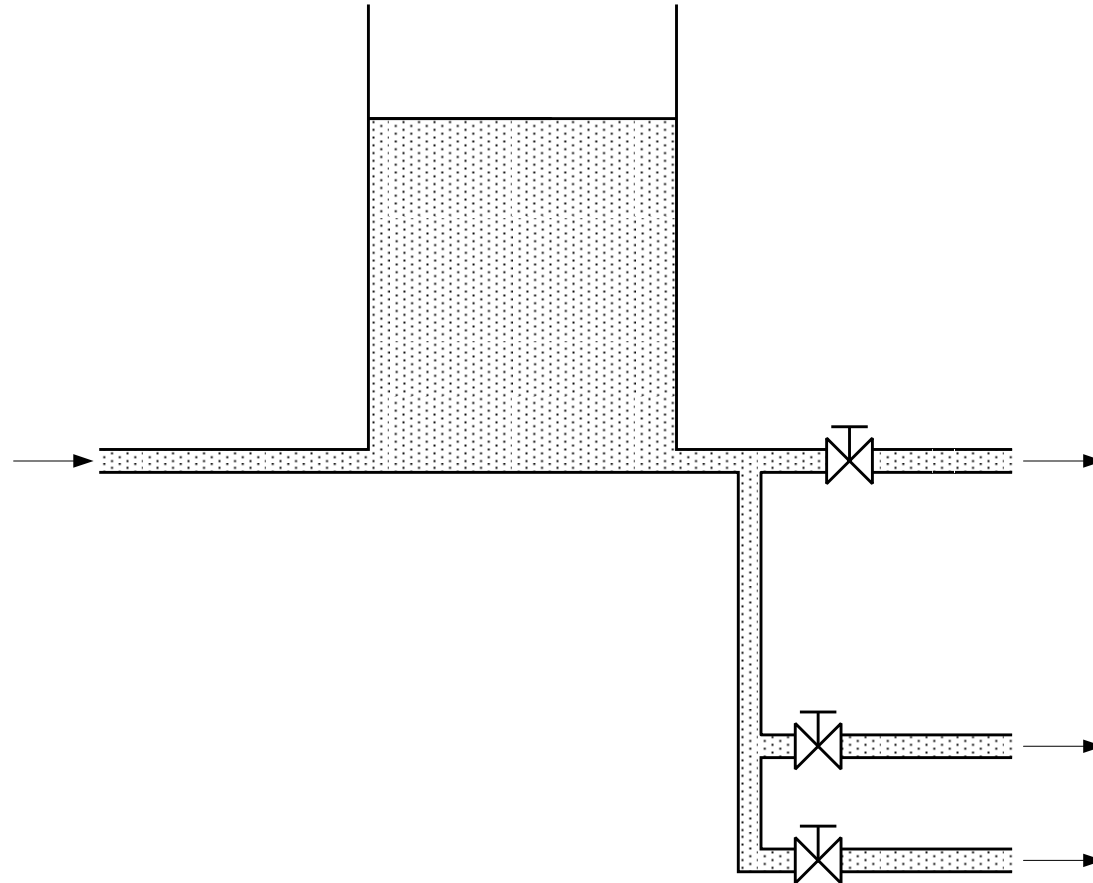
Komponente aktuatora

- **Pojačala snage** – upravljanje tokom energije (elektroenergije)
 - tiristorska,
 - tranzistorska,
 - strojna.
- Primjena: elektroenergetika, elektromotorni pogoni
- **Pogon izvršnog člana** – upravljanje kretanjem čvrstih tijela
 - motori (električki, pneumatski, hidraulički).
- Primjena: građevinski i poljoprivredni strojevi, roboti.

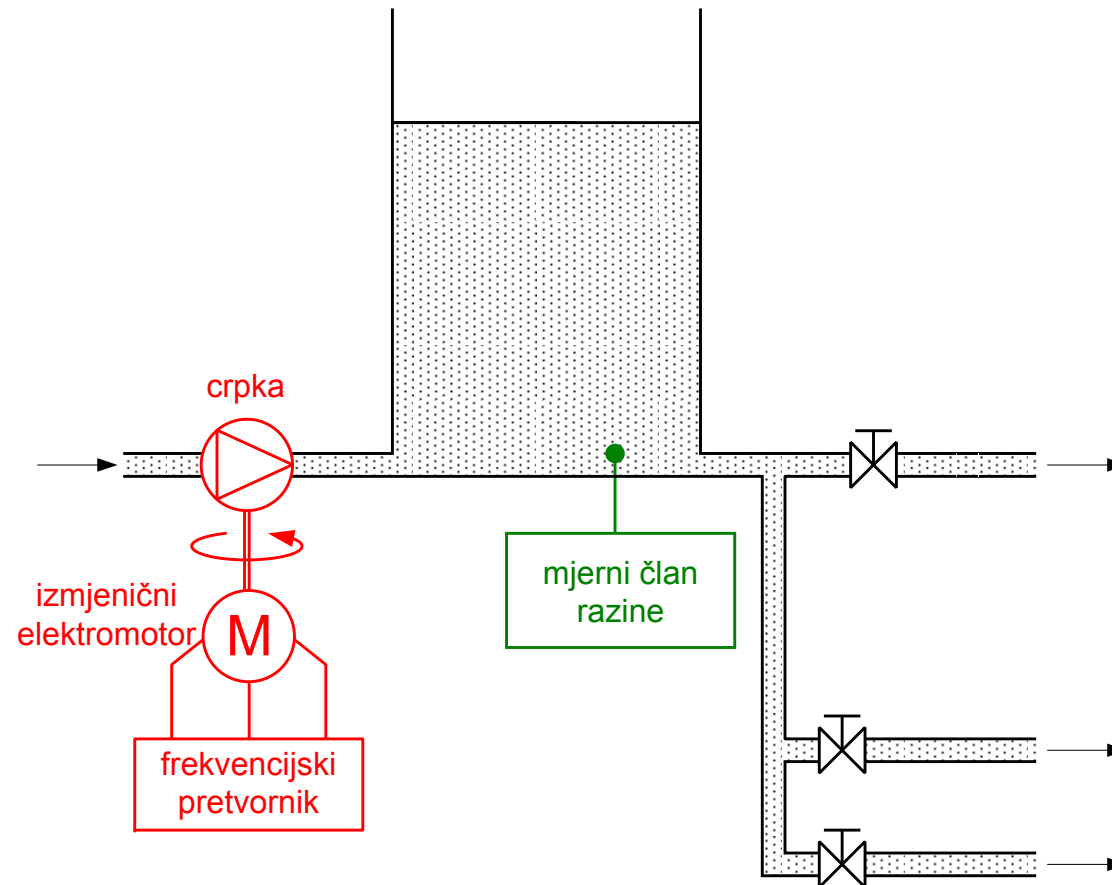
Komponente aktuatora

- **Izvršni član**
- **Upravljanje strujom materije** (plinovi, tekućine)
 - Ventili
 - Pumpe
 - Uređaj za doziranje
- Primjena: procesna tehnika.
- **Upravljanje tokom energije** (elektroenergije).
 - prigušnica (L),
 - transformator.

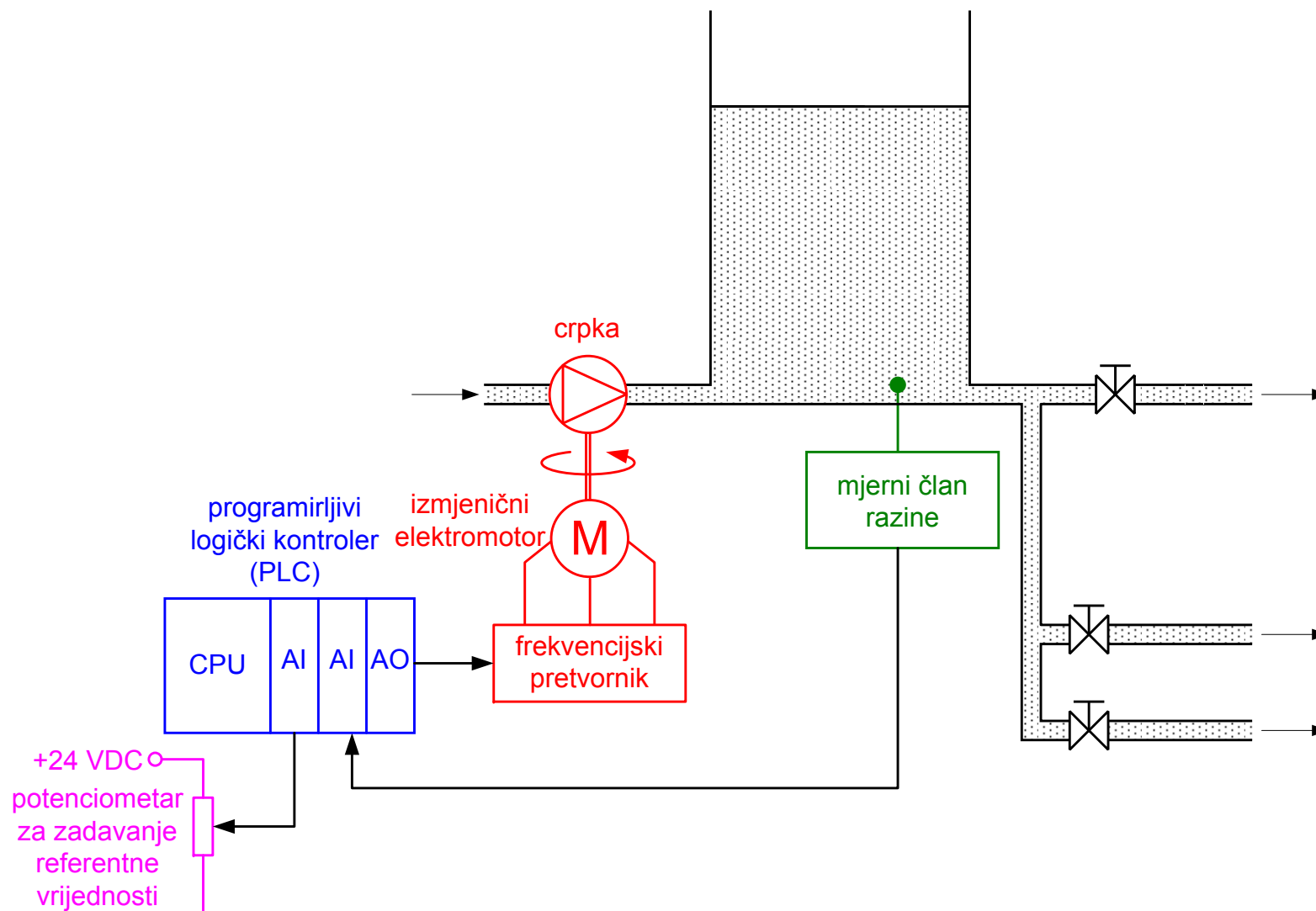
Primjer: upravljanje razinom tekućine u bazenu



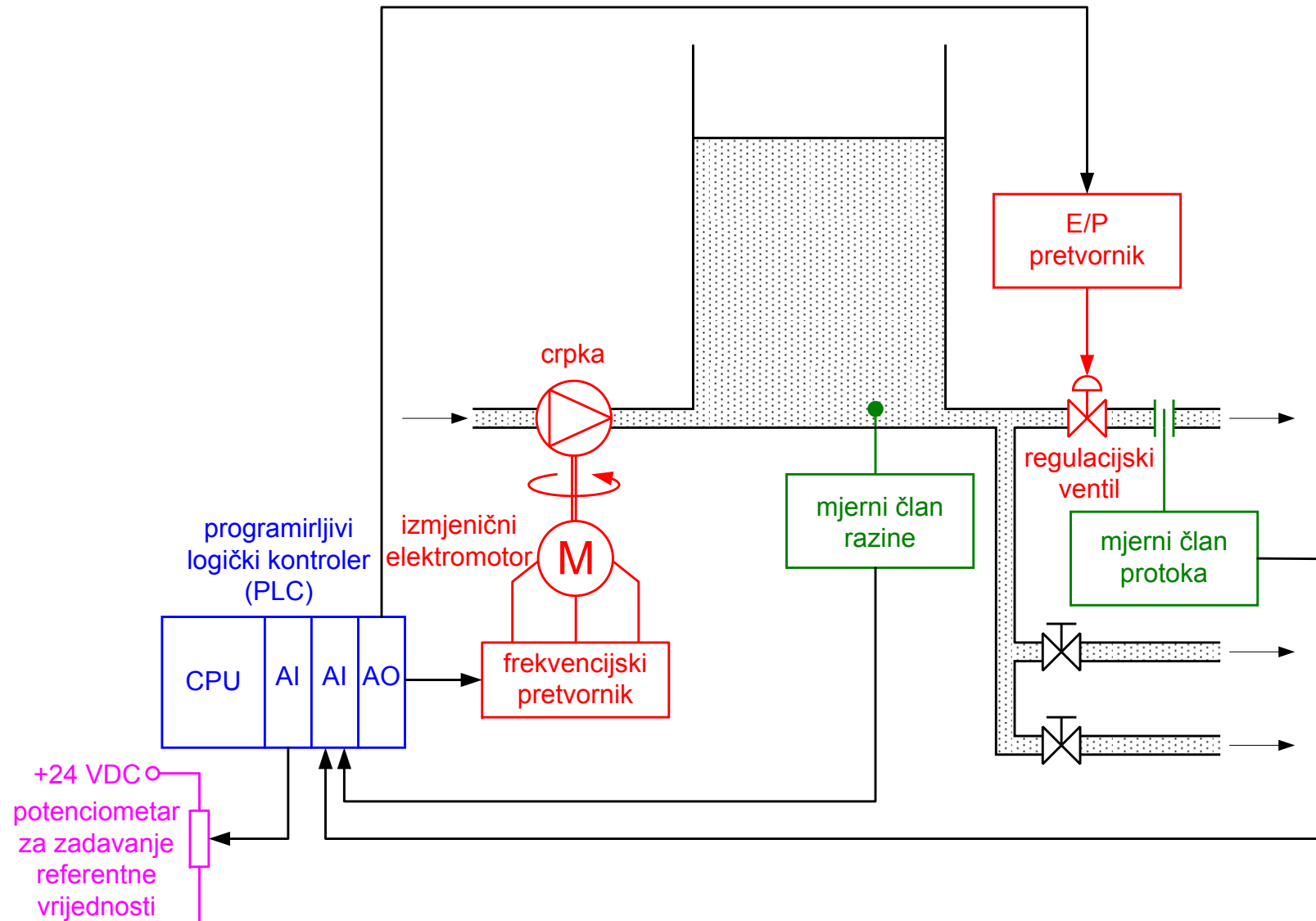
Primjer: upravljanje razinom tekućine u bazenu



Primjer: upravljanje razinom tekućine u bazenu



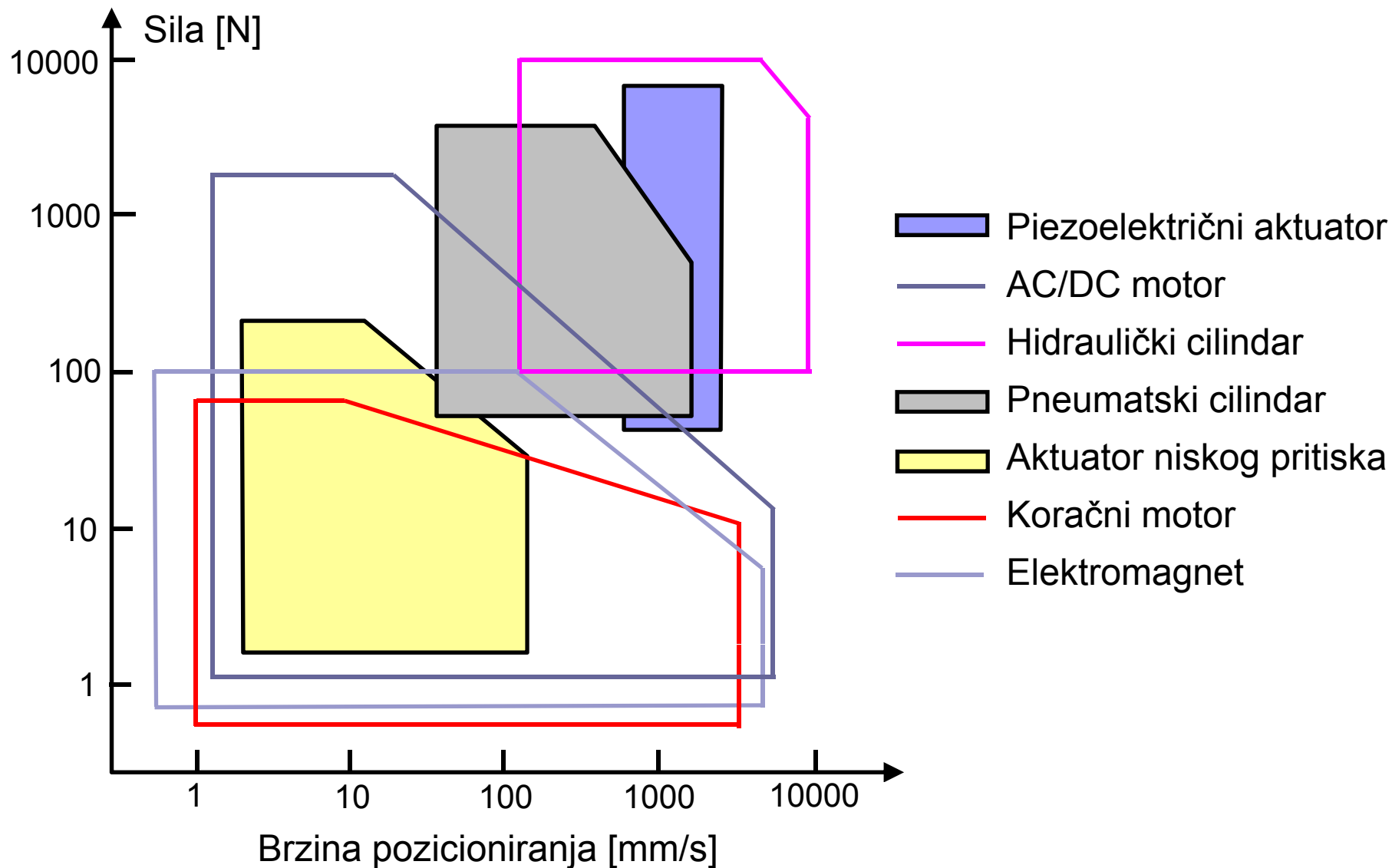
Primjer: upravljanje razinom i protokom



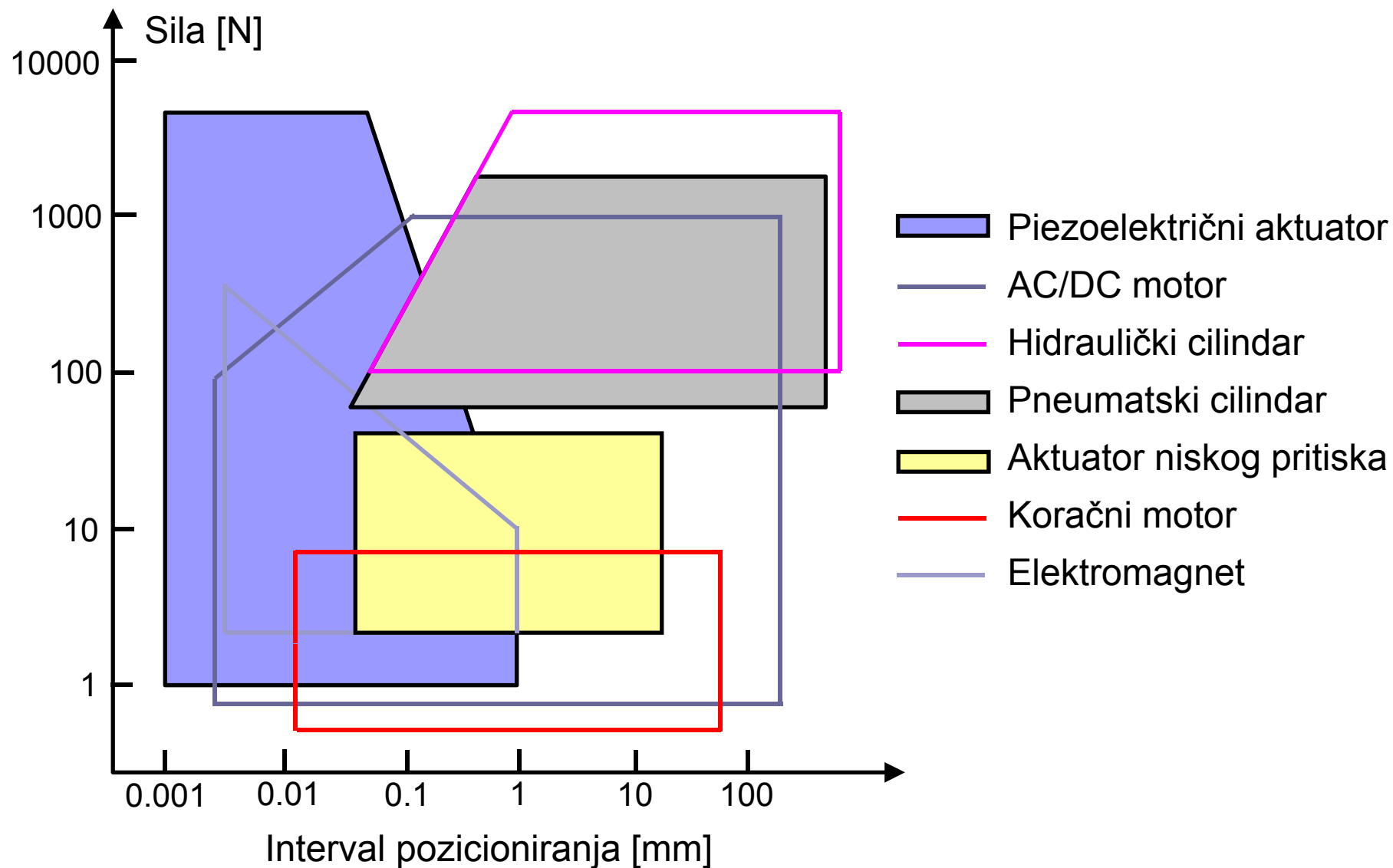
Usporedba aktuatora

- Za izbor odgovarajućeg aktuatora mogu se promatrati različiti principi.
- Najčešće se koriste sljedeći principi:
 - ovisnost sile o linearnoj brzini pozicioniranja;
 - ovisnost sile o intervalu pozicioniranja;
 - omjer energija/težina.
- Na sljedećim slikama će biti prikazane navedene karakteristike u logaritamskom mjerilu.
- Sa prve slike se uočava da piezoelektrični aktuatori zahtijevaju velike iznose sile za male pomake (promjena dimenzija).
- Što se tiče intervala pozicioniranja, najšire intervale imaju elektromehanički koncepti.

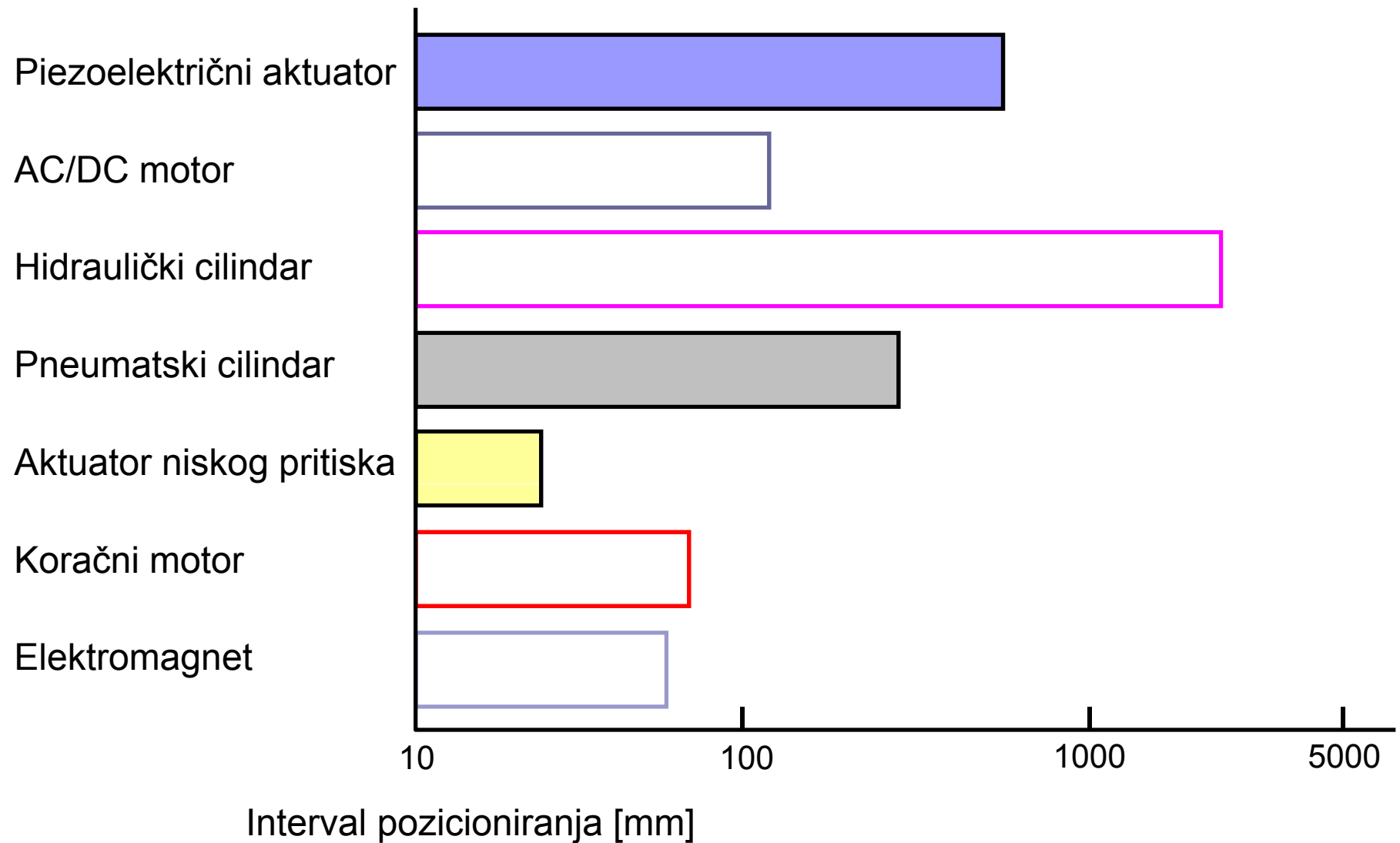
Ovisnost sile o brzini pozicioniranja



Ovisnost sile o intervalu pozicioniranja



Omjer energija/težina



Ulazno/izlazno ponašanje aktuatora

Vrsta aktuatora	Statička linearnost	Nelinearni efekti			Promjena parametara procesa	
		Trenje	Zazor zupčanika	Histereza	Unutarnji	Vanjski
AC/DC motor	+	0-	0-	0		0-
Koračni motor	+	0-	0-	0-		0-
Elektromagnet	0-	-		-	0	0-
Pneumatski	-	--		-	-	0
Hidraulički		-			-	0
Piezo	0		-	-		-