
SISTEMI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA

Predavanje 1

Uvod u sisteme automatskog upravljanja

Ishodi učenja:

Nakon savladavanja gradiva sa ovog predavanja studenti će moći da:

- ❖ Razumiju osnovne koncepte automatskog upravljanja i daju neke ilustrativne primjere SAU-a.
- ❖ Naprave kratak pregled istorije sistema automatskog upravljanja, njihove primjene i uloge u društvu.
- ❖ Skiciraju osnovnu regulacionu strukturu SAU-a i prepoznaju ulogu njegovih osnovnih komponenti.

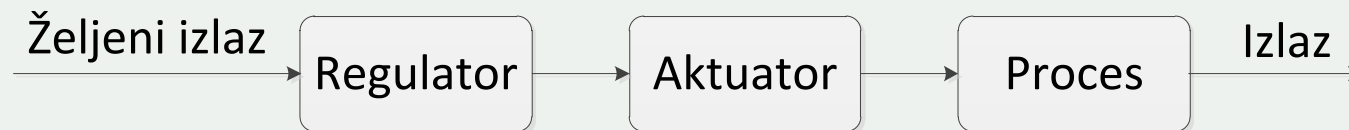
Osnovni pojmovi

- **Upravljanje** je proces podešavanja promjenljive sistema na željenu vrijednost (na primjer temperature).
- **Sistem** skup elemenata i uređaja međusobno povezanih u cilju obavljanja određene funkcije.
- **SAU je** je skup komponenti koje formiraju sistem na način kojim se obezbijедуje željeni odziv.
- **Proces (objekat upravljanja)** je uređaj, sistem ili objekat kojim se upravlja. Dinamika procesa se opisuje ulazno-izlaznim relacijama.



Upravljanje u otvorenoj sprezi

- Upravljački sistem (sistem upravljanja) **u otvorenoj sprezi** koristi regulator i aktuator za dobijanje željenog odziva procesa direktno, bez povratne sprege (informacije).



Primjeri?

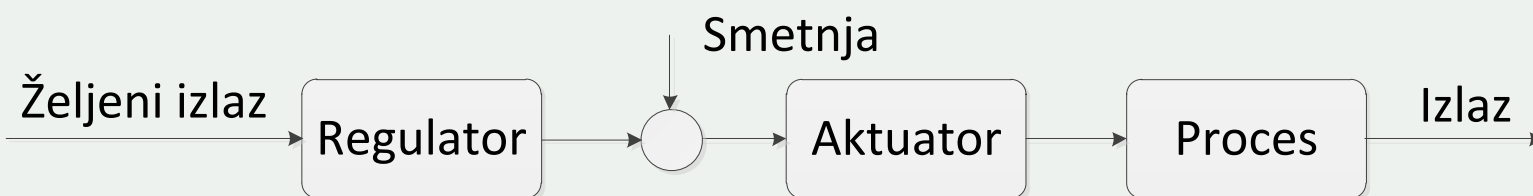
Električni toster, veš mašina, itd.

Mane?

Sistemi u otvorenoj sprezi nemaju informaciju o stanju na izlazu sistema, pa samim tim ne mogu automatski da izvrše korekciju upravljačkog signala, ukoliko izlaz odstupa od željene vrijednosti.

Upravljanje u otvorenoj sprezi

Takođe, sistemi upravljanja u otvorenoj sprezi ne mogu reagovati ukoliko dođe do pojave smetnji na ulazu sistema ili promjena u parametrima sistema.



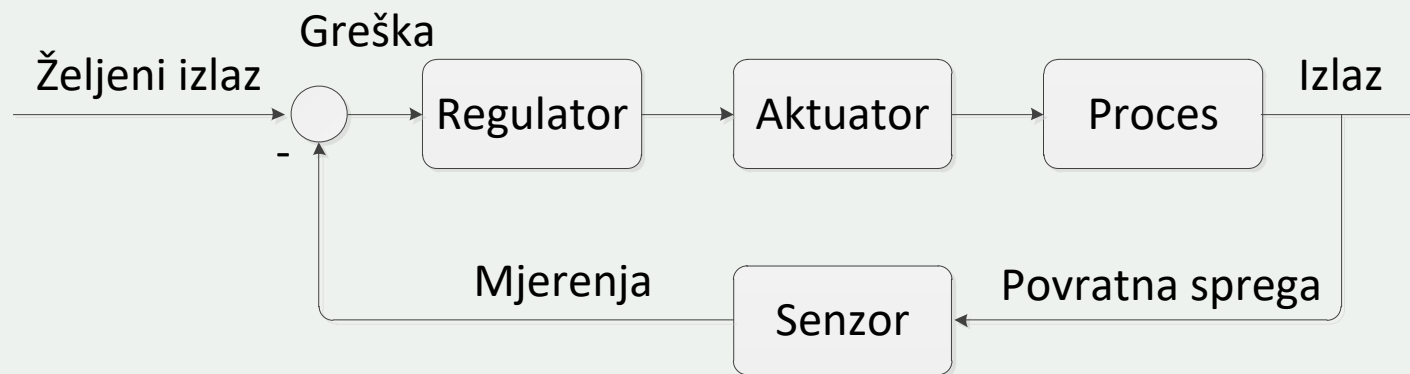
Primjer?

Na primjer, ukoliko podesite tajmer klima uređaja na 30 minuta, prostorija se neće zagrijati ukoliko su sve vrijeme vrata bila otvorena. U ovom primjeru spoljašni vazduh predstavlja smetnju na ulazu sistema.

Sistemi u otvorenoj sprezi su jeftiniji i jednostavniji za implementaciju u odnosu na sisteme za zatvorenim spregom. Idealni za korišćenje u slučajevima kada je veza između izlaza i ulaza sistema jasno definisana i nezavisna od uticaja spoljnih poremećaja.

Upravljanje sa zatvorenom spregom

- Sistem upravljanja sa povratnom spregom koristi mjerenja stvarne vrijednosti izlazne promjenljive i poredi ih sa željenom vrijednošću odziva.



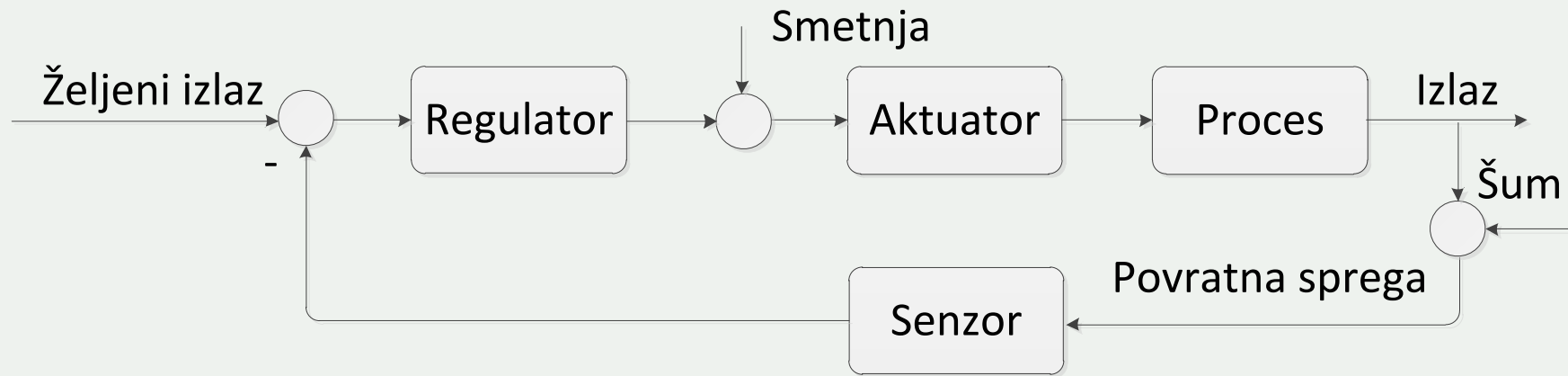
- Povratna sprega omogućava upravljanje izlaznom promjenljivom i povećava tačnost, ali treba voditi računa o stabilnosti odziva.

Primjeri?

Klima uređaj, automobil, pozicioni i brzinski servomehanizmi, itd..

Upravljanje sa zatvorenom spregom

- Sistem upravljanja treba da obezbijedi dobre performanse i u slučajevima pojave poremećaja i mjernih šumova.



Sistemi u otvorenoj sprezi su jeftiniji i jednostavniji za implementaciju u odnosu na sisteme za zatvorenim spregom. Idealni za korišćenje u slučajevima kada je veza između izlaza i ulaza sistema jasno definisana i nezavisna od uticaja spoljnih poremećaja.

Proces (objekat upravljanja)

Inženjer automatike treba da bude familijaran sa „fizikom“ procesa kojim se upravlja. Da bi projektovali SAU, nije dovoljno da poznavanje teorije upravljanja, već se mora poznavati i objekat kojim treba upravljati. Prvi korak u projektovanju SAU-a je modelovanje procesa. Proces se može modelovati na više načina: fizičko modelovanje (primjenom fizičkih zakona koji važe za dati proces), identifikacija sistema, parametarska estimacija, itd.

Proces ili objekat upravljanja je uređaj ili sistem kojim se upravlja.

*Primjeri: pozicioni sistem **aviona**, regulacija temperature u **prostoriji**, **robotska ruka**, upravljanje brzinom **motora***

Senzori

Senzori su *oči* SAU-a jer mu omogućavaju da *vidi* šta se dešava. Iz tog razloga u vezi sa upravljanjem se često kaže:

Sve što može da se izmjeri, može i da se kontroliše.

Senzor je element koji kvantitativno konvertuje energiju mjerene varijable (izlaznog signala) u formu podesnu za mjerenje.

Primjeri: senzor struje, senzor zvuka, senzor nivoa fluida, senzor svjetlosti, temperaturni senzor, rotacioni senzor, ultrazvučni senzor, senzor protoka fluida

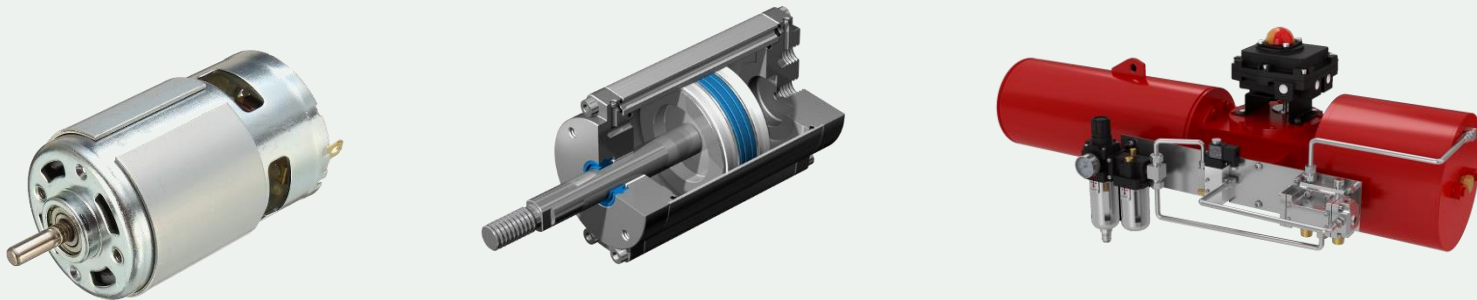


Aktuatori

Nakon što identifikuju senzori koji mogu da izmjere izlaznu promjenljivu, potrebno je izabrati aktuator – komponentu koja može da djeluje, pokrene sistem iz tekućeg (izmjerenog) stanja ka željenom stanju.

Aktuator je uređaj koji ima sopstveni izvor energije i koji za odgovarajući upravljački signal na ulazu, na izlazu daje odgovarajući signal mehaničkog tipa.

Primjeri: električni motori, hidraulični i pneumatski aktuatori.



Regulatori/Kontroleri

Regulatori u SAU-u su uređaji koji koriste razliku između izmjerene i zadate vrijednosti u cilju generisanja upravljačkog signala koji se šalje aktuatoru. Regulatori mogu biti realizovani u analognoj i digitalnoj tehnici.

Cilj **regulatora** je generisanje upravljačkog signala implementacijom određenog zakona/algoritma upravljanja. Projektovanje odgovarajućeg zakona/algoritma je centralni problem teorije upravljanja.

Primjeri: *PLC - Programmable Logic Controllers, PC, mikrokontroleri, PID regulator*



Poremećaji i mjerni šumovi

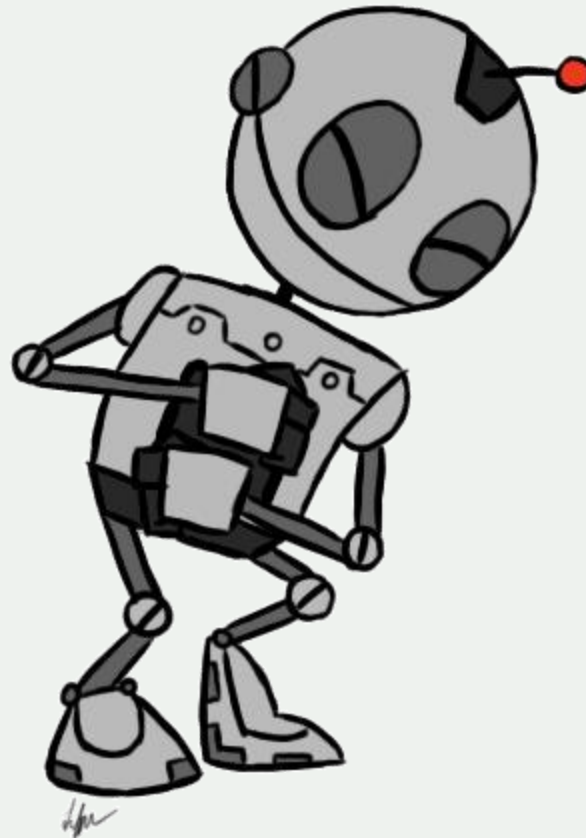
U praksi sistemi upravljanja su često izloženi spoljnim poremećajima i šumovima. Ovi faktori imaju značajan uticaj na performanse sistema.

SAU treba projektovati tako da bude robustan na poremećaje i mjerne šumove, ali i na razne greške koji mogu nastati usljed nemogućnosti preciznog modelovanja sistema. Na kraju krajeva, ovo teoriju upravljanja čini komplikovanijom i zanimljivijom.

Primjeri: Neravnina na putu (automobil), varijacije spoljne temeprature (regulacija sobne temperture), talasi (upravljanje pravcem broda), magla (ocjena treunutnog pravca), termički šum, vibracije..

Komponente SAU-a

Senzori predstavljaju oči, a aktuatori mišiće, dok algoritmi upravljanja omogućavaju razne finese.



Komponente SAU-a

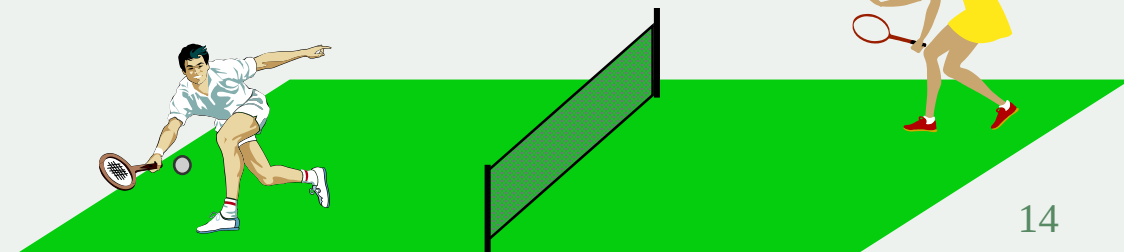
- ❖ **Bolji senzori**
obezbijeđuju bolju *viziju*



- ❖ **Bolji aktuatori**
obezbijeđuju više *mišića*



- ❖ **Bolji algoritam upravljanja**
obezbijeđuje više *finesa* kombinujući *senzore* i *aktuatore* na što inteligentnije načine



Uspješno upravljanje

Performanse SAU-a zavise od:

- ❖ objekta kojim se upravlja (procesa)
- ❖ postavljenih ciljeva
- ❖ senzora
- ❖ aktuatora
- ❖ regulatora (algoritma upravljanja)
- ❖ robusnosti na poremećaje i mjerne nesigurnosti

Upravljanje je ključna tehnologija za postizanje:

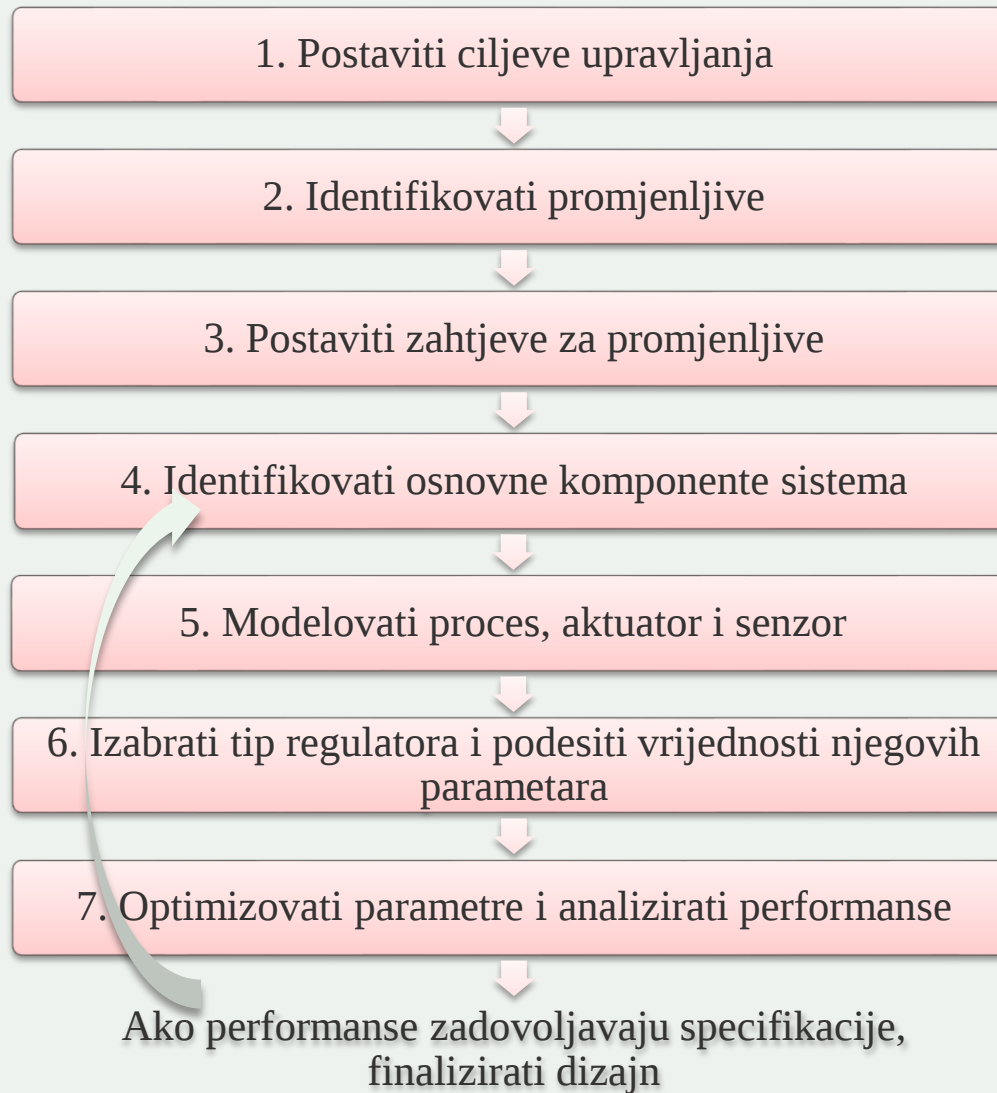
- ❖ boljeg kvaliteta proizvoda
- ❖ minimizacije otpada
- ❖ zaštite okoline
- ❖ veće produktivnosti
- ❖ veće sigurnosti

Ciljevi upravljanja

Prije dizajna senzora, aktuatora i upravljačkog algoritma važno je definisati ciljeve upravljanja. Ovo uključuje:

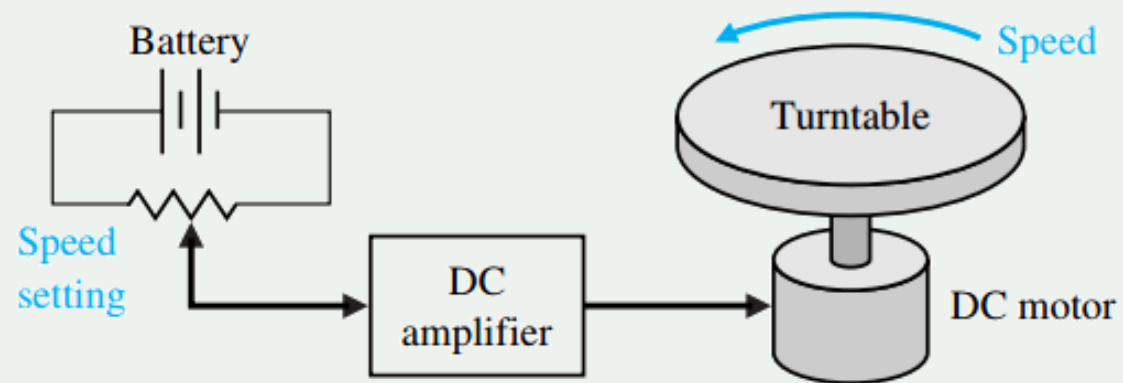
- ❖ šta tačno treba da se postigne (smanjenje uložene energije, povećanje proizvodnje,...)
- ❖ kojim promjenljivima treba upravljati da bi se postigli postavljeni ciljevi
- ❖ koliki nivo performansi je obavezan (tačnost, brzina,...)

Dizajn SAU-a

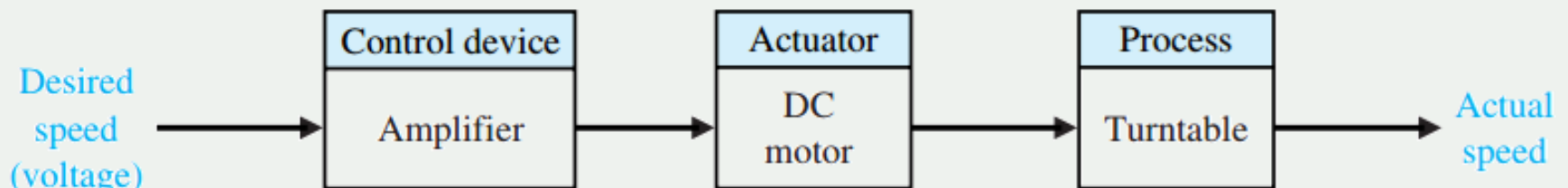


Primjer dizajna SAU-a

- ❖ Sistem upravljanja bez povratne spege

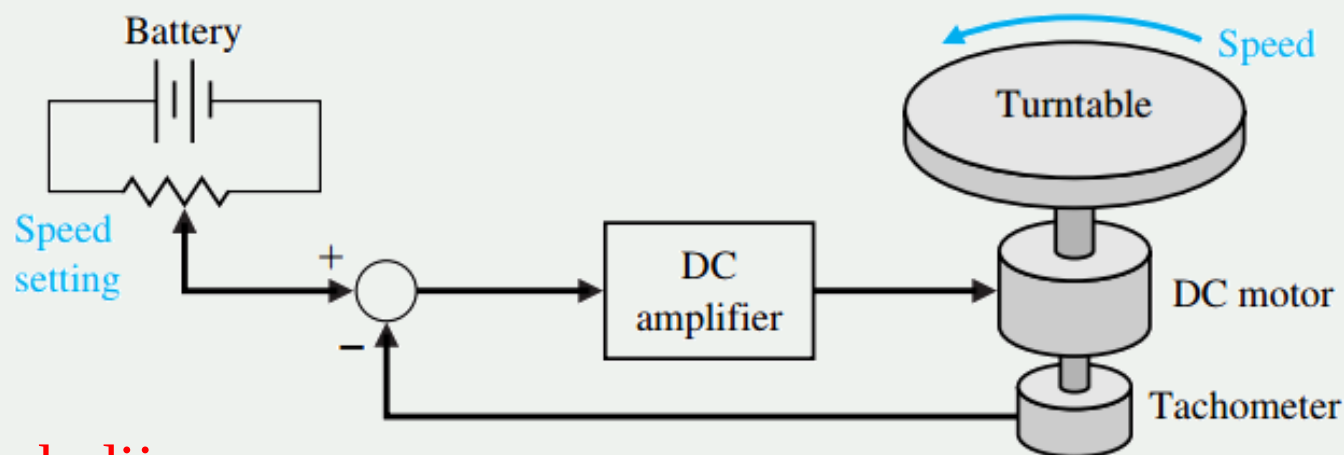


- ❖ Strukturni blok dijagram

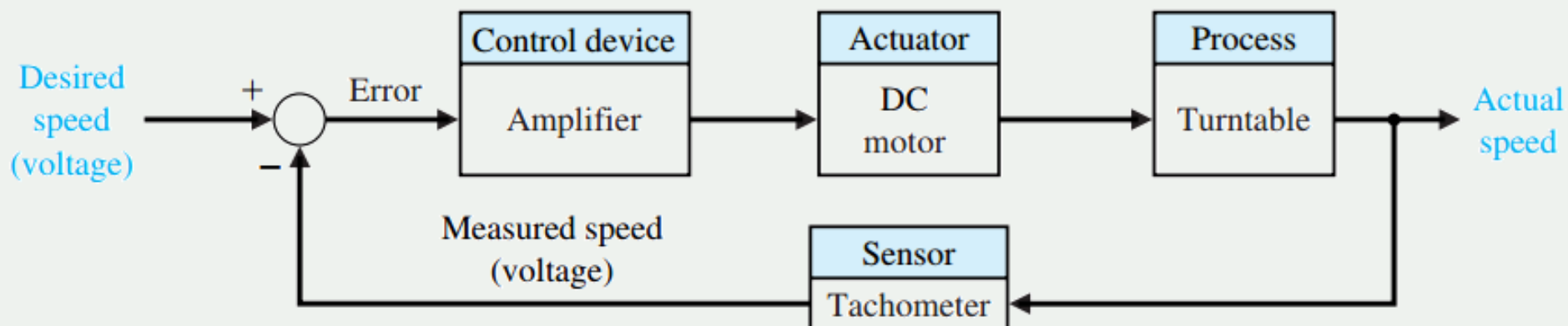


Primjer dizajna SAU-a

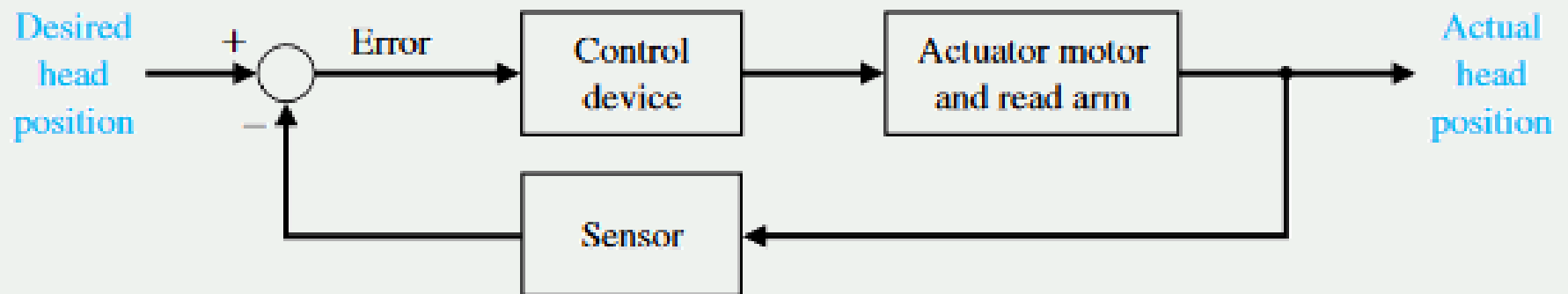
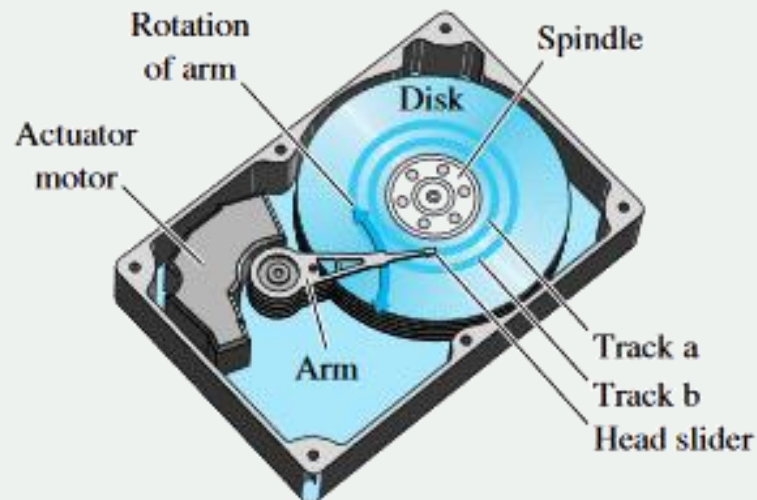
❖ Sistem upravljanja sa povratnom spegom



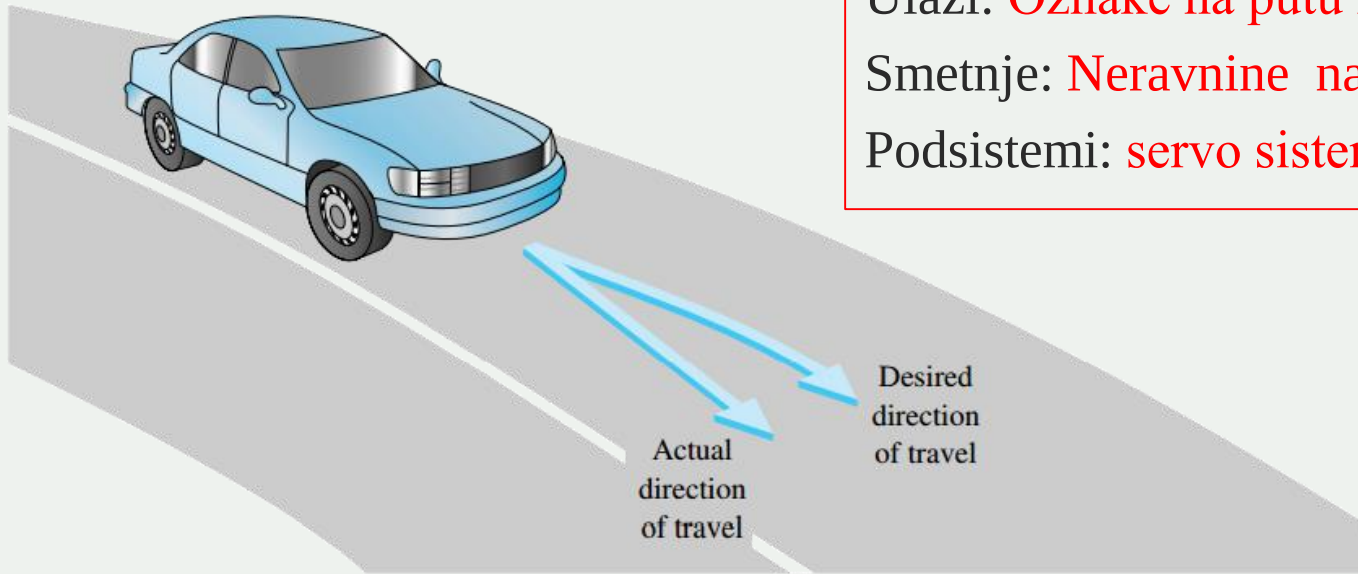
❖ Strukturni blok dijagram



Primjer dizajna SAU-a



Automobil



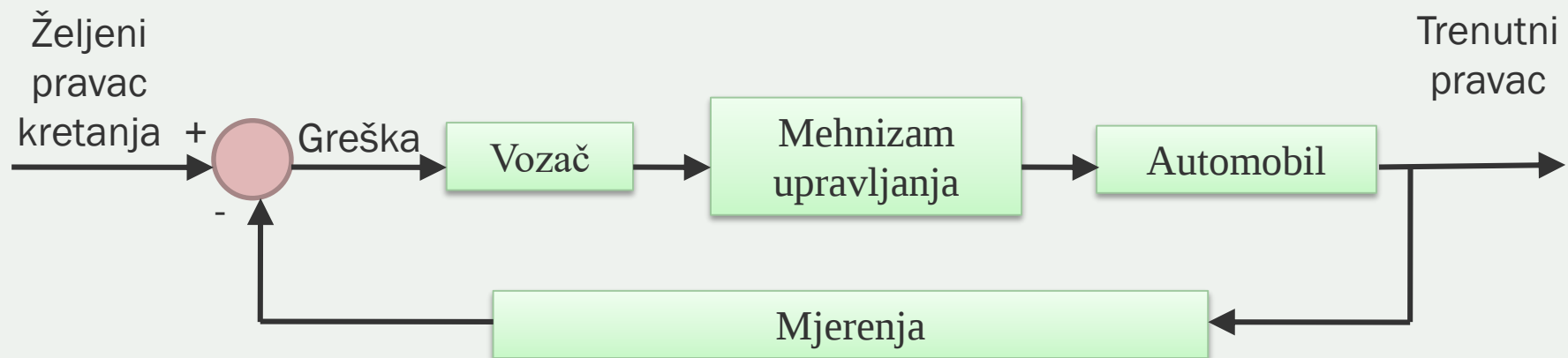
Cilj: Upravljanje pozicijom i brzinom automobila

Izlazi: Trenutni pravac i brzina automobila

Ulazi: Oznake na putu i saobraćajni znakovi

Smetnje: Neravnine na putu, usponi, vjetar

Podsistemi: servo sistem, kočioni sistem



Čovjek

- i. Pankreas
 - + Reguliše nivo šećera u krvi
- ii. Adrenalin
 - + Automatski povećava brzinu rada srca i kiseonik u toku letenja
- iii. Oko
 - + Prati predmete koji se kreću
- iv. Ruka
 - + Uzima predmet i postavlja ga na željenu poziciju
- v. Temperatura
 - + Reguliše temperaturu na 36°C - 37°C

Istorijski razvoj SAU-a

300 godina p.n.e: Vodeni časovnici u staroj Grčkoj. Primjena povratne sprege.

XVI vijek: Drebbel-ov temperaturni regulator.

XVIII vijek: James Watt-ov centrifugalni regulator za upravljanje brzinom parne mašine.

XIX vijek: Maxwell razvija linearni model trećeg reda centrifugalnog regulatora za potrebe analize stabilnosti. Routh i Hurwitz definišu metode za ispitivanje stabilnosti dinamičkih sistema višeg reda.

1920-ih: Rad Minorsky-og na teorijskoj analizi automatskog upravljanja brodovima. Način na koji treba izvršiti upravljanje je jasno definisan (proporcionalno, integralno i diferencijalno djejestvo). Ubrzo se potreba za SAU-om se javlja i drugim oblastima kao što su energetika (za regulaciju napona i frekvencije) i vojna industrija (pozicioniranje topova).

1930-ih: Nyquist je razvio metod za analizu stabilnosti sistema automatskog upravljanja sa povratnom spregom posmatranjem sistema u otvorenoj sprezi. Primjena negativne povratne sprege u elektronici (Black-ov operacioni pojačavač). Bode razvija metod za skiciranje asimptotskih frekvencijskih karakteristika.

Istorijski razvoj SAU-a

1940-ih: Hall je razvio metode za sintezu SAU-a sa povratnom spregom u frekvencijskom domenu, koje su tek poslije rata pojavljuju u javno dostupnoj literaturi.

1950-ih: Evans je razvio root-locus metod – postupak za skiciranje položaja polova spregnutog sistema, čime je zaokružena klasična teorija upravljanja (u smislu koncepata, ali ne i daljih istraživanja i primjena).

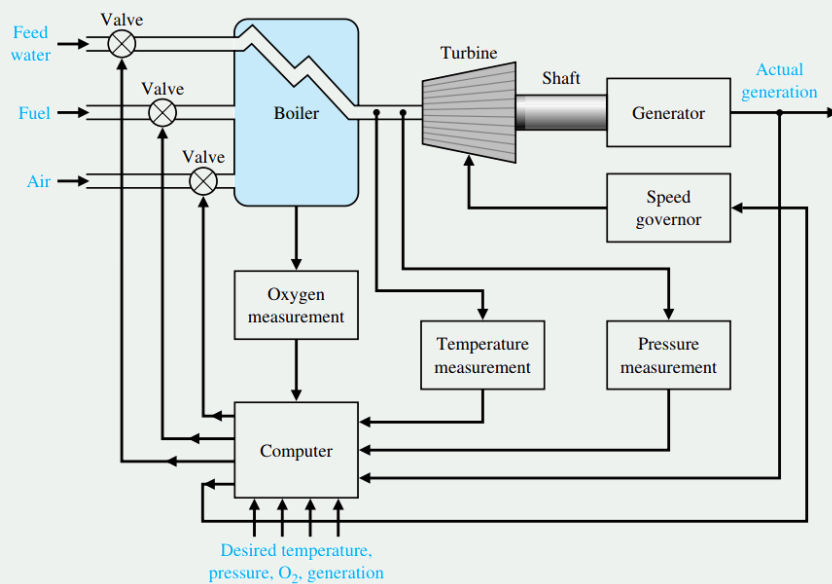
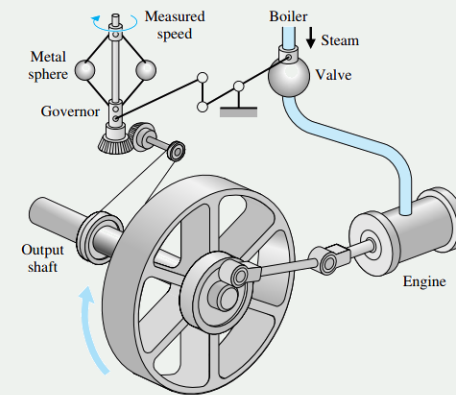
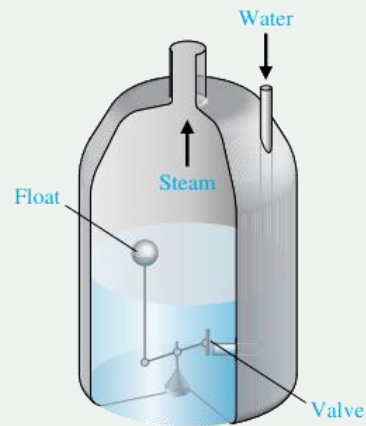
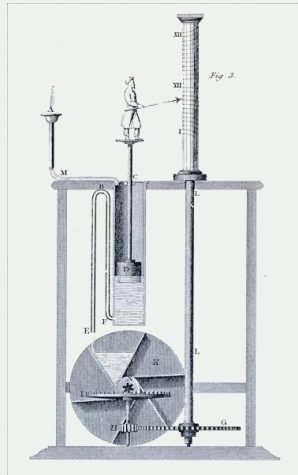
1960-ih: Kalman uvodi koncept modelovanja dinamičkih sistema u prostoru stanja. Počinju da se razvijaju moderne grane upravljanja kao što su optimalno upravljanje (Pontryagin, Bellman), adaptivno upravljanje (Widrow, Tsypkin), itd. Razvoj računara i digitalog upravljanja.

1980-ih: Počinje istraživanje i razvoj metoda upravljanja putem učenja. Inteligentno upravljanje.

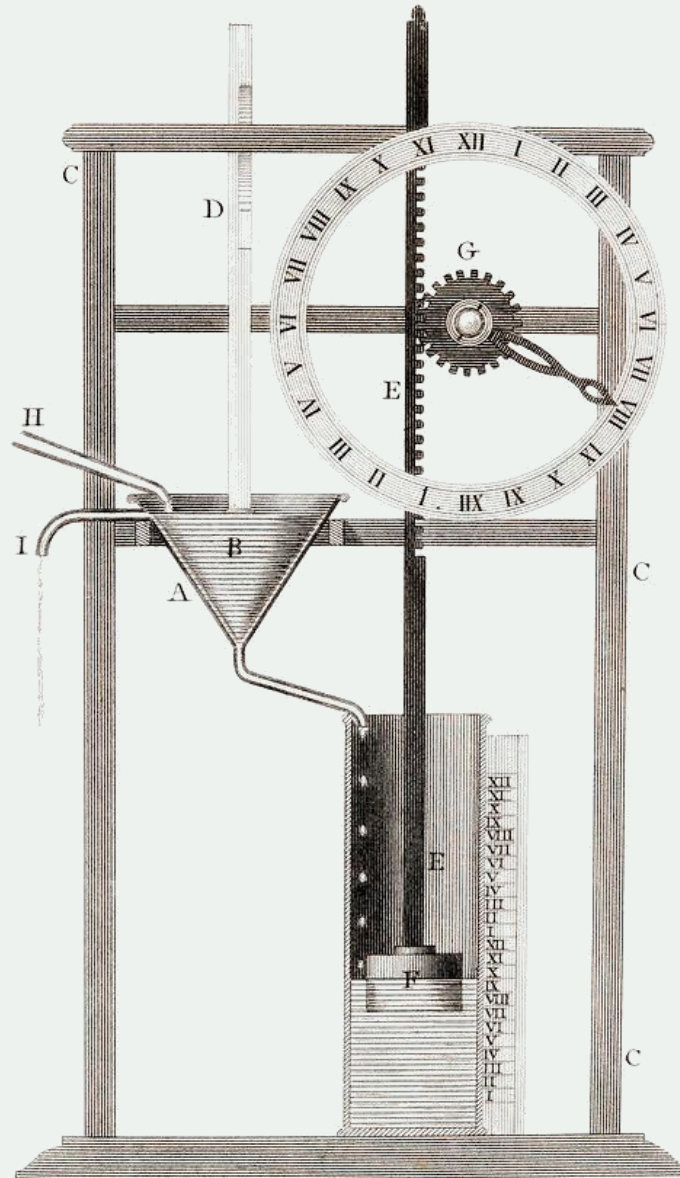
.....

Danas se teorija upravljanja primjenjuje u gotovo svim inženjerskim granama.

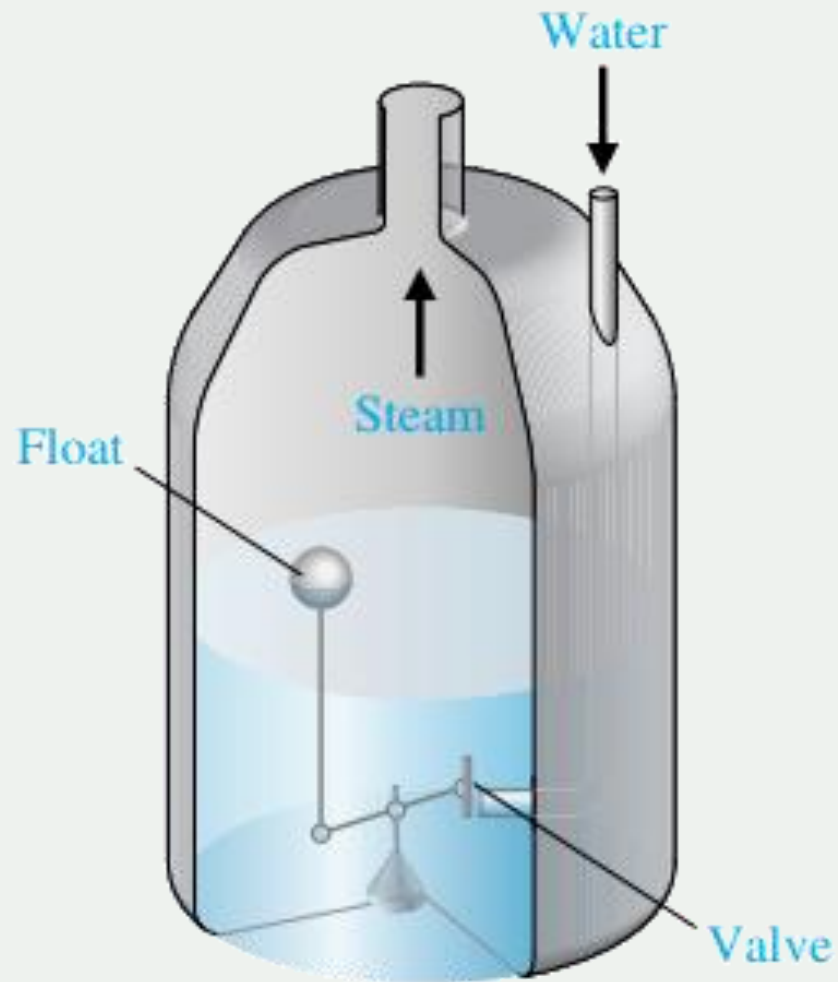
Primjeri primjene SAU-a



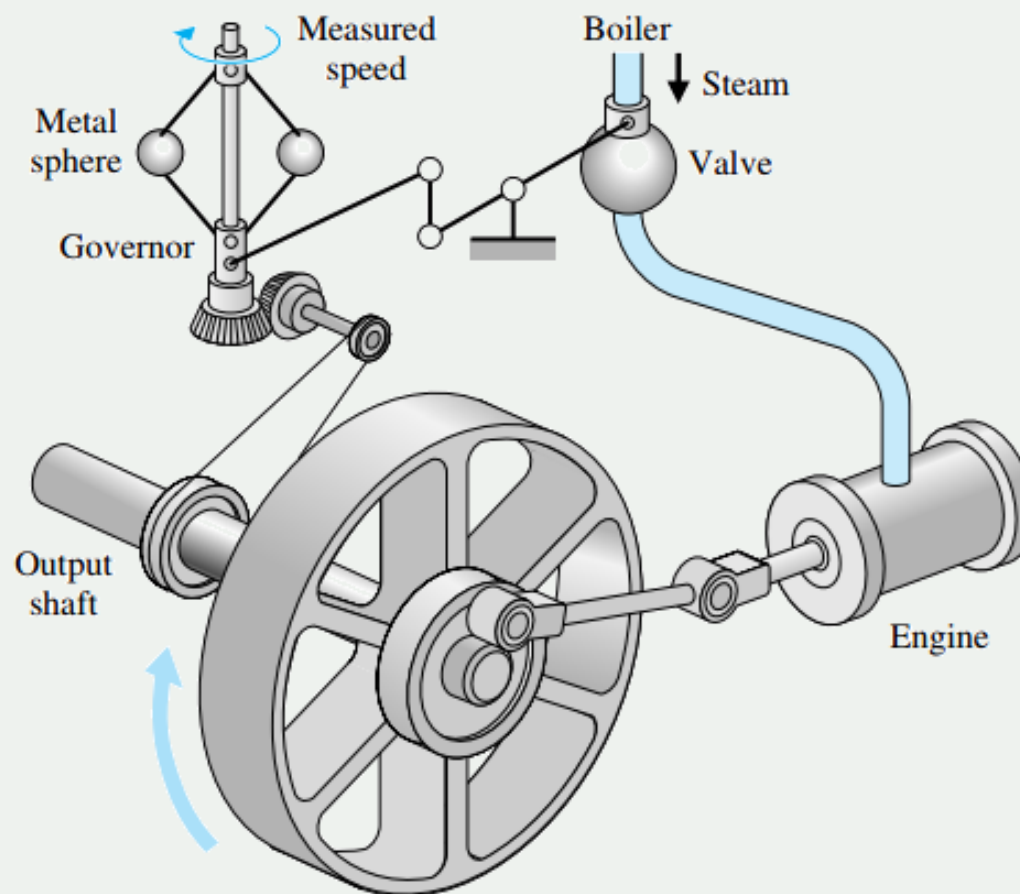
Vodeni časovnik (Ktesibios)



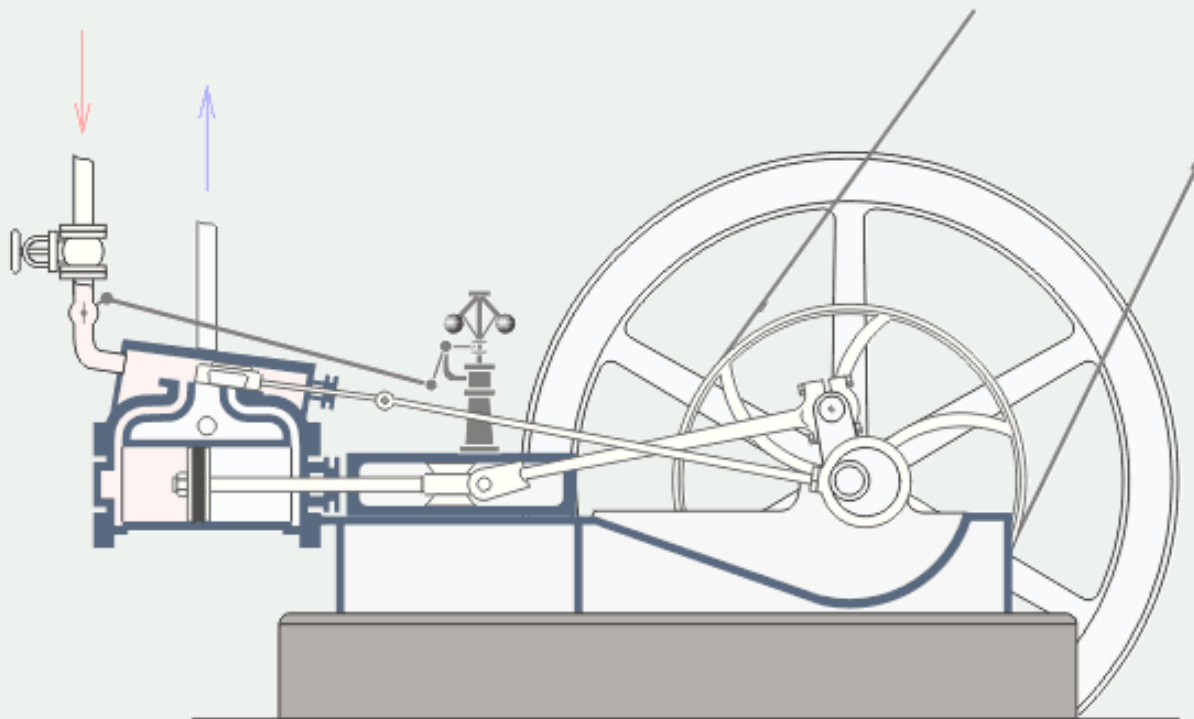
Regulator nivoa tečnosti sa plovkom



Watt-ova parna mašina

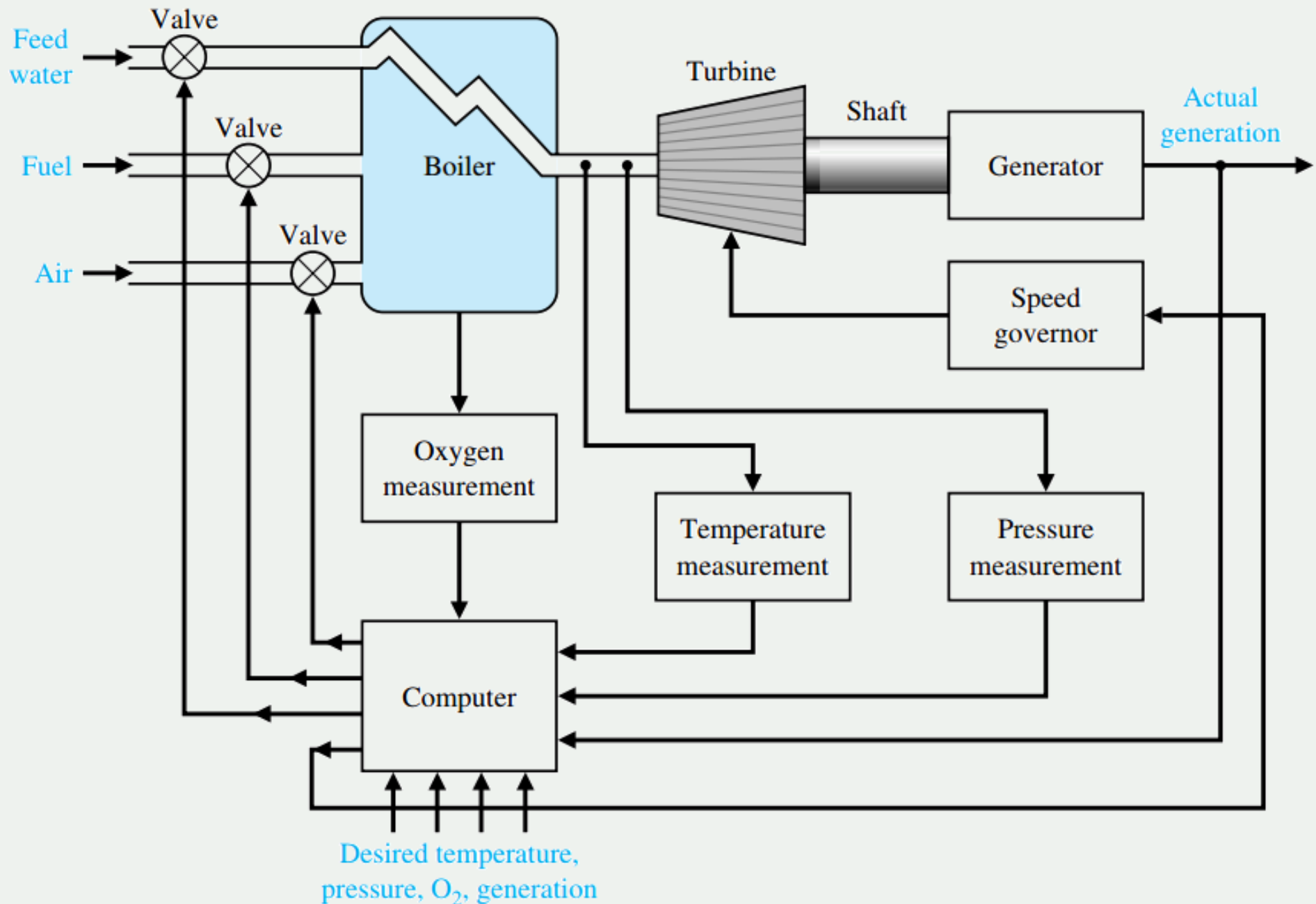


Watt-ova parna mašina



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Steam_engine_in_action.gif

Sistem upravljanja parnim generatorom



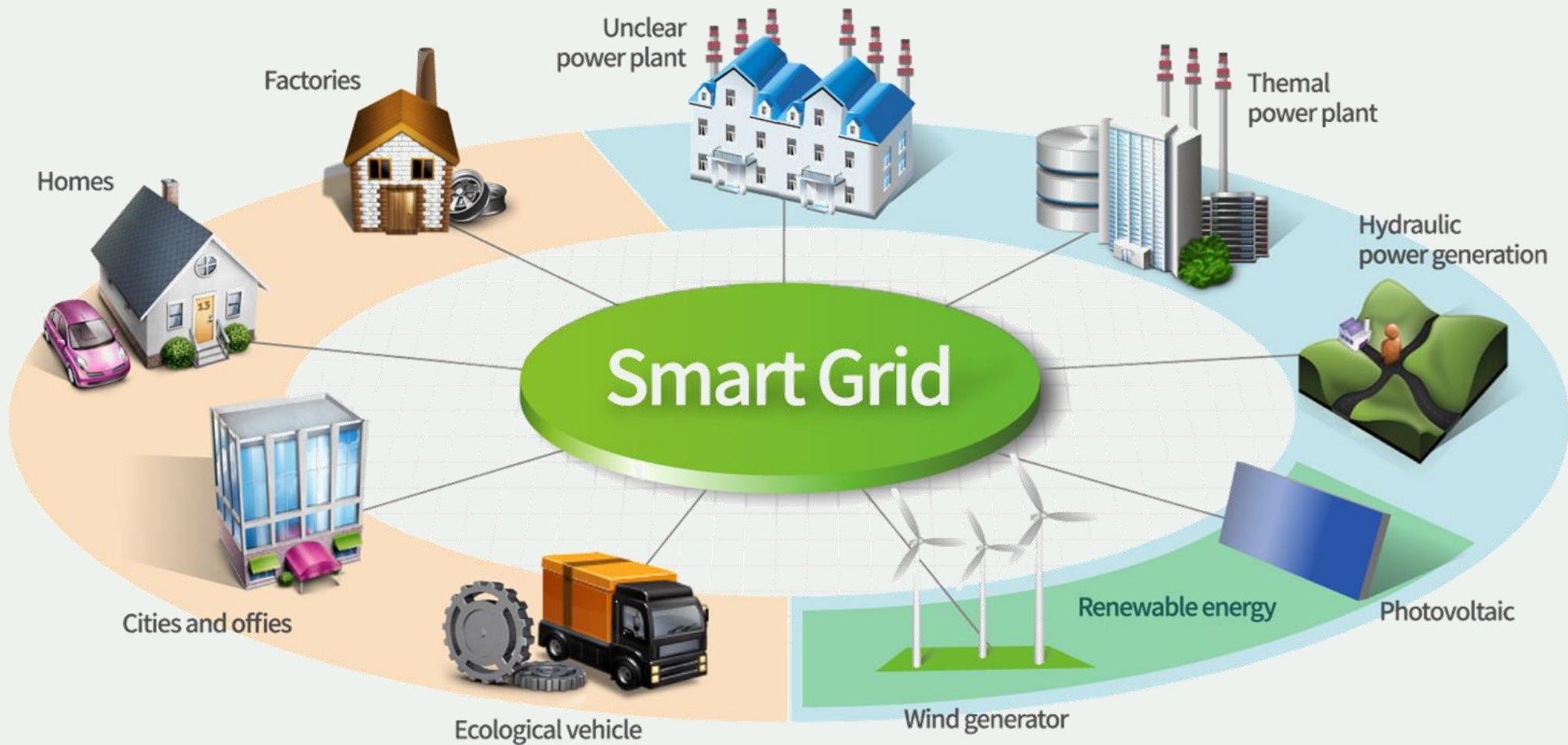
Farma vjetrogeneratora



Dronovi



Smart grid



Primjeri za vježbu

- a) Autofokusirajuća kamera podešava sočiva objektiva korišćenjem snopa infracrvenih ili ultrazvučnih signala za određivanje udaljenosti od objekta. Skicirajte blok dijagram ovog sistema.
- b) Proces učenja učenik-nastavnik je sam po sebi sistem sa povratnom spregom. Skicirajte model sa povratnom spregom i identifikujte svaki blok u sistemu.
- c) Bepilotne letilice (UAV) su razvijene tako da mogu autonomno da lete duži vremenski period. Nacrtati blok dijagram UAV-a čiji je zadatak monitoring usjeva po zadatoj trajektoriji.

Primjeri za vježbu

- d) Nacrtajte blok dijagram sistema sa inverznim klatnom, prikazanog na slici.

