

Predmet: ELEKTRONIKA U MEHATRONICI
Predmetni nastavnik: Dr Nándor Burány

1. Semestar specijalističkih studija iz
Mehatronike

5. GLAVA
AKTUATORSKA ELEKTRONIKA

Teme

Ovde se obrađuju sledeći aktuatori i kola za njihovu kontrolu:

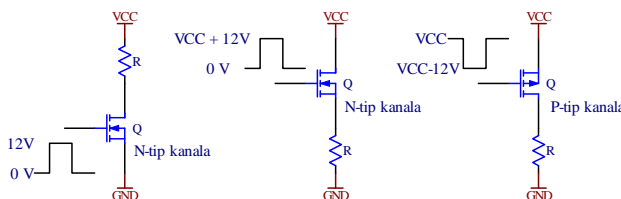
- Poluprovodnički prekidači
- Relej
- Kontaktor
- Vremenski relej
- Elektromagnetni ventil
- Elektromagnetna kočnica
- Elektromagnetno kvačilo
- Sklopovi za grejanje i hlađenje
- Voice coil aktuator
- Razni motori: DC, AC, koračni, linearni, elektrostatički
- Piezo glava

Načini rada aktuatora:

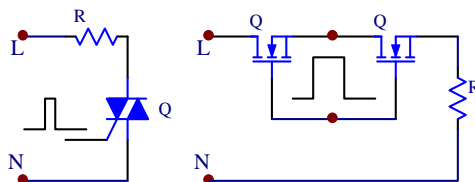
- kontinualni
- diskretni (dvopoložajni, više položajni)

Poluprovodnički prekidači

- Služe za uključenje/isključenje električnih uređaja (grejač, motor, elektromagnetni ventil...)
- Prekidanje/uspostavljanje jednosmerne struje (DC)

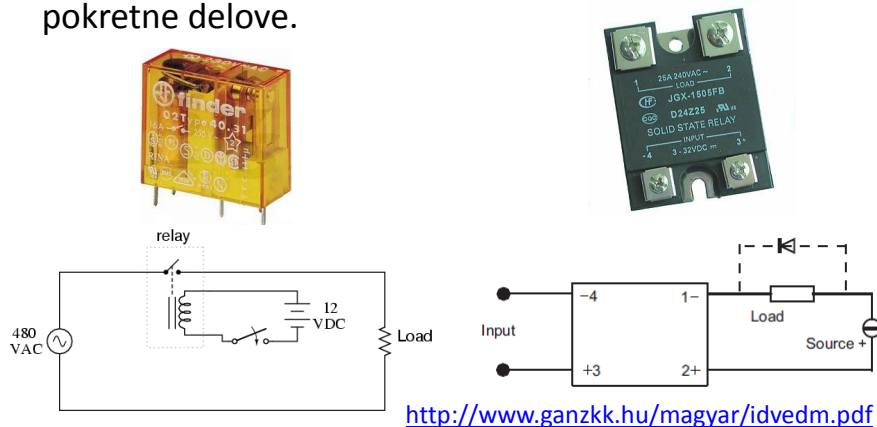


- Prekidanje/uspostavljanje naizmenične struje (AC)



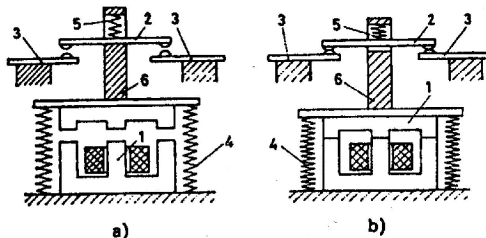
Releji

- Služe za uključenje/isključenje potrošača za manje struje (maks. 10-15A, DC i AC).
- Elektromagnet pomera kotvu zajedno sa kontaktom.
- Postoje i poluprovodnički (solid state) releji – nemaju pokretne delove.



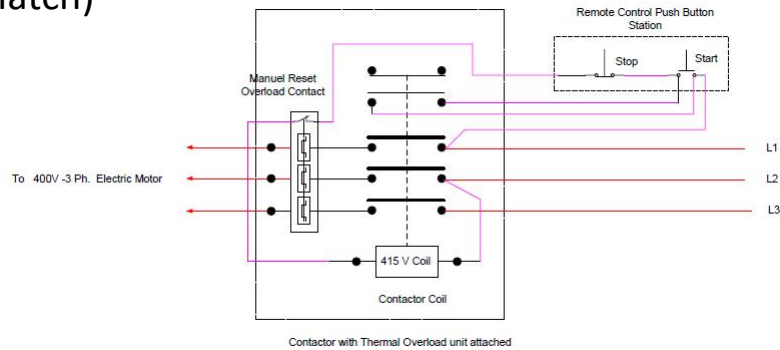
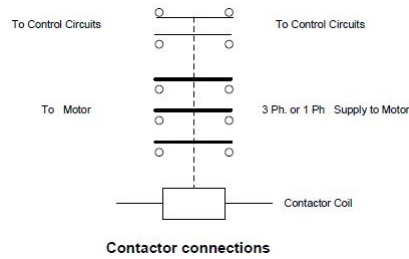
Kontaktori

- Koriste se za veće struje i više strujnih krugova i veće napone.
- Kontakti su dimenzionisani za potrebnu struju i napon.
- Lakše prekinuti naizmjeničnu struju od jednosmerne.
- Uglavnom se prave radni kontakti, retko i mirni (da se ne bi uspostavili energetski strujni krugovi bez kontrole).
- Pobuda elektromagneta sa jednosmernom ili naizmjeničnom strujom.
- Pobuda sa naizmjeničnom strujom je efikasnija – manji namotaj je dovoljan pošto pri zatvaranju magnetnog kola opadne pobudna struja.



Primena kontaktora

- Prosto uključivanje trofaznog potrošača
- Samodržeci kontakt (latch)



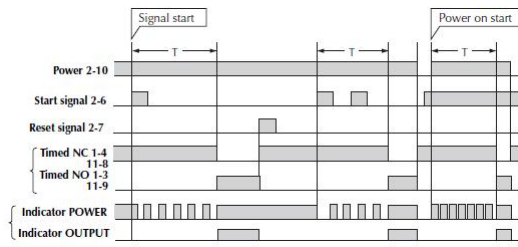
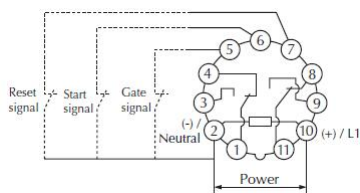
Vremenski releji

Mogu obavljati sledeće zadatke:

- uvode kašnjenje u uključivanje potrošača u odnosu na pojavu kontrolnog signala (Start).
- uvode kašnjenje u isključivanje.
- uključuju potrošač u određenom trajanju, jednom ili periodično...



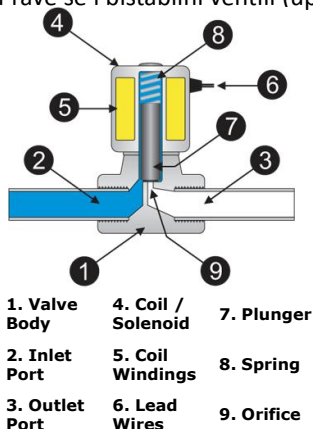
<http://www.attf.info/relays.htm>



<http://www.automationdirect.com/static/specs/fuji116timers.pdf>

Elektromagnetni ventili

- Otvaraju/zatvaraju protok gasa ili tečnosti.
- Neki mogu i da kontinualno upravljaju sa protokom (proporcionalni ventili).
- Položaj aktivnog dela se menja elektromagnetom (solenoid sa pokretnim čeličnim jezgrom)
- Napajanje ventila može biti DC ili AC. AC varijanta obično ima manju potrošnju/gabarit zbog povećanja impedanse namotaja pri zatvaranju magnetnog kola.
- Prave se i bistabilni ventili (upravljaju se kratkim impulsima).

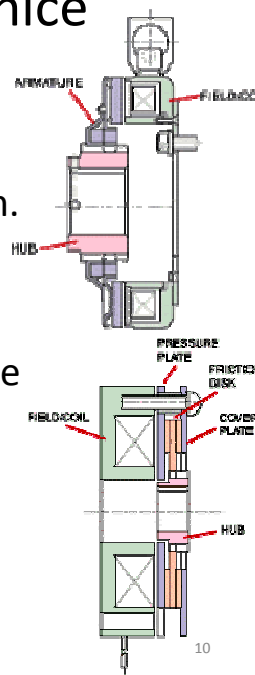


<http://www.cn-lida.com/>

9

Elektromagnetne kočnice

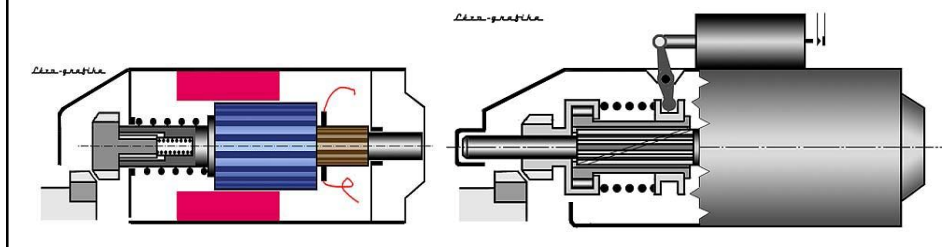
- Ako je kod elektromotornih pogona velika inercija i/ili malo trenje, zaustavljanje se može ubrzati kočnicom.
- Pokretni deo se steže paknama koji stoje u mestu.
- Iz sigurnosnih razloga koristi se i rešenje gde su pakne stegnute oprugom, a potrebo je aktivirati elektromagnet da bi se omogućio kretanje. Takvi uređaji (na pr. lift) ne mogu slučajno da krenu pri ispadu napajanja.



10

Elektromagnetna kvačila

- Prenose momenat motora na radnu mašinu kada se aktivira kvačilo.
- Prenos se vrši frikcijom (trenjem) ili nazubljenjem.
- Upravljanje se vrši elektromagnetom.



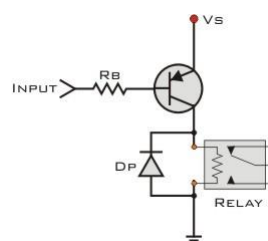
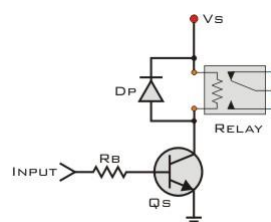
Upravljanje DC namotajima kod releja, ventila, kočnica, kvačila itd.

Primenom **NPN** tranzistora ili N kanalnog MOSFET-a:

- uključuje se na visoki logički nivo na ulazu,
- potrebna je **zamajna dioda** da bi sprečili prenapon kod isključenja,
- poželjno je premostiti spoj BE sa otpornikom
- kod bipolarnog tranzistora potreban je redni otpornik prema bazi (R_B) radi podešavanja struje baze
- može se ugraditi zaštita od prekostruje tranzistora u slučaju stradanja namotaja ili diode.

Primenom **PNP** tranzistora ili P kanalnog MOSFET-a:

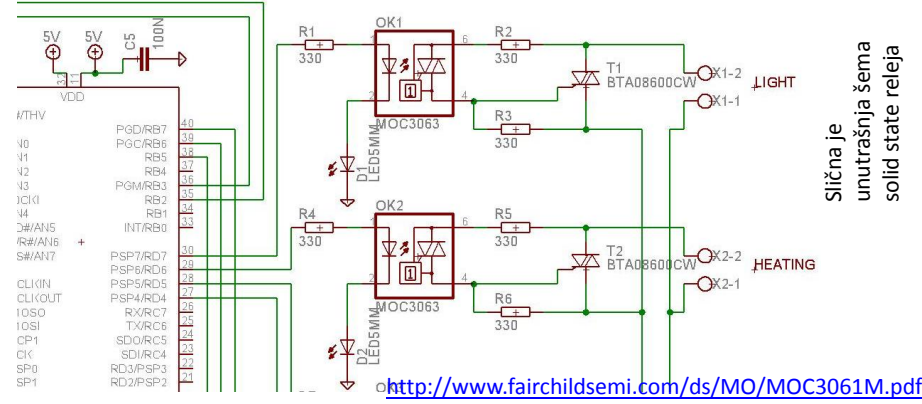
- uključuje se na niski logički nivo na ulazu



Upravljanje AC namotajima kod releja, ventila, kočnica, kvačila itd.

Primenom **trijaka**:

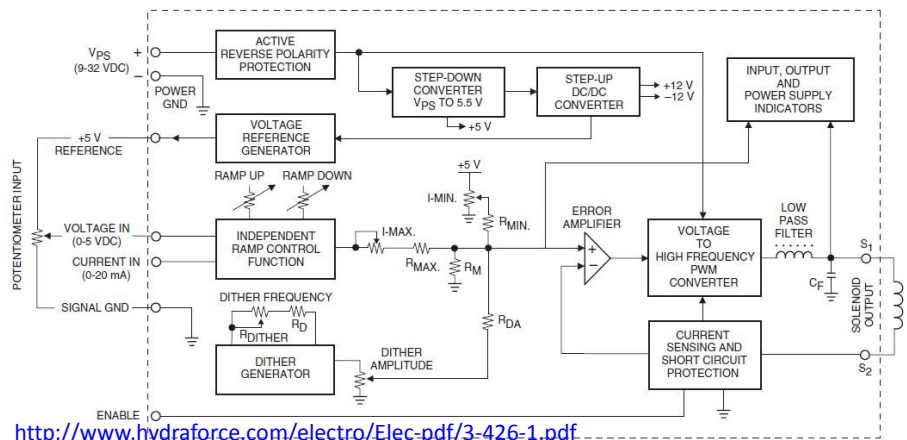
- poželjan je među-stepen sa opto trijakom za ukidanje galvanske sprege
- za smanjenje prenapona i smetnji kod isključenja poželjno je paralelno sa glavnim trijakom povezati RC član (snubber).



Slična je unutrašnja šema solid state releja

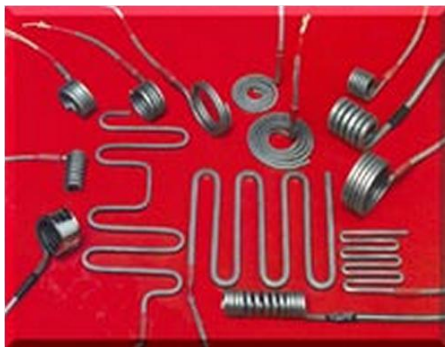
Upravljanje proporcionalnim ventilom

- Za pogon solenoida (koji otvara/zatvara ventil) potreban je napon srazmeran sa željenim protokom.
- Koristi se buck pretvarač za regulaciju napona.
- Mogu se realizovati dodatne funkcije (ramp control, zaštita od prekostruje, razne indikacije...)



Sklopovi za grejanje

- Primene u domaćinstvu, industriji i laboratoriji.
- Električnim grejačima je lako upravljati (kontinualno, u koracima ili on/off).
- Za velike snage grejanja koriste se gas, nafta, ugalj. Kod takvih sistema upravljanje je redovno limitirano na on/off.



<http://www.nph heaters.com/products/products.htm>

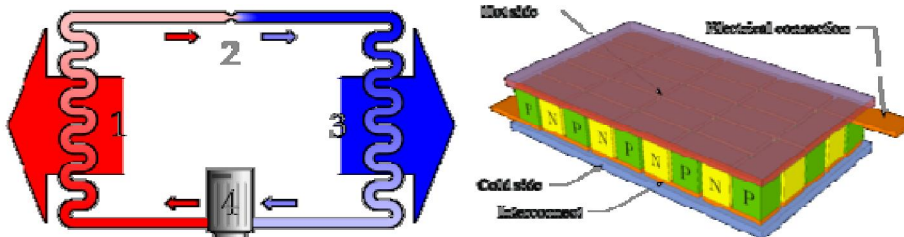
15

Upravljanje sklopovima za grejanje

- Izvor energije može biti DC ili AC.
- Manje snage se mogu uključivati poluprovodničkim prekidačima
- Poluprovodnički prekidači omogućavaju kontinualnu regulaciju (fazna regulacija ili regulacija brojem celih perioda za AC odnosno PWM za DC)
- Za veće snage koriste se kontaktori. Oni omogućavaju samo on/off upravljanje ili eventualno upravljanje u nekoliko koraka.

Sklopovi za hlađenje

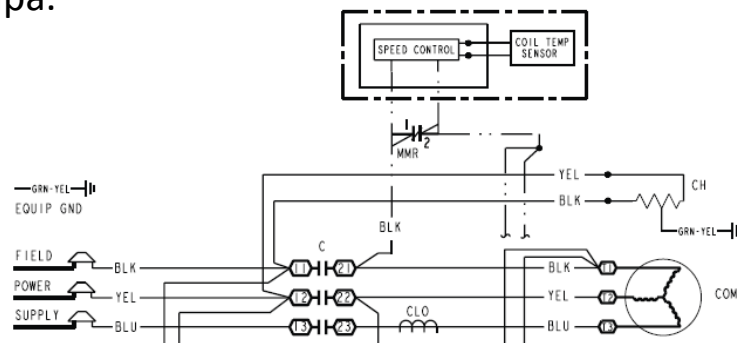
- Oduzimaju toplotu sa toplih površina.
- **Toplotne pumpe** – potreban je mehanički rad za prenos toplote – koristi se kompresor, isparivač i kondenzator.
- **Peltier-ovi elementi** – prenose toplotu pod uticajem električne struje. Smer prenosa zavisi od smera struje. Nema pokretnih delova ali je manje efikasno od toplotnih pumpi.



http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pump <http://www.tellurex.com/technology/peltier-faq.php>

Upravljanje toplotnom pumpom

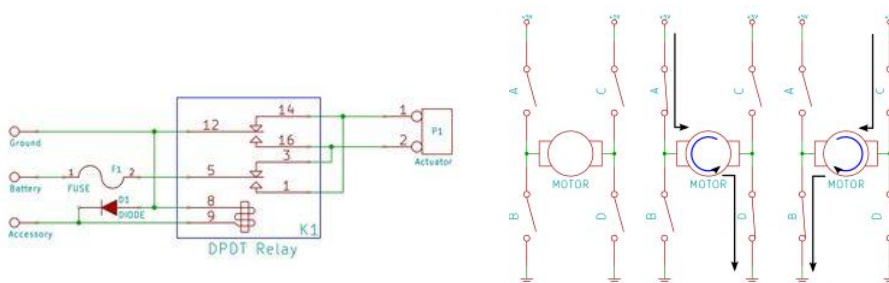
- Pogon pumpe sa asinhronim motorom.
- Upravljanje motorom je uglavnom ON/OFF tipa.



<http://www.docs.hvacpartners.com/idc/groups/public/documents/techlit/38a-5w.pdf>

Upravljanje Peltier-ovim elementom

- Ponaša se kao Ohm-ski potrošač.
- Potreban je izvor filtriranog DC napona (recimo: buck pretvarač).
- Za slučaj dvosmernog prenosa toplote potrebno je menjati polaritet napona.
- Promena polariteta napona je moguća relejima ili tranzistorskim mostom (kao kod DC motora).



Voice coil aktuatori

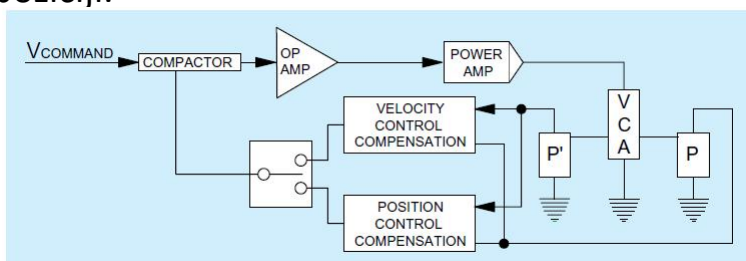
- Ista struktura kao kod elektro-dinamičkog zvučnika: u vazdušnom zazoru lončastog stalnog magneta kreće se valjkasti namotaj. Kretanje je linearno.
- Sila koja deluje na namotaj je srazmerna sa proizvodom indukcije u zazoru i struje u namotaju.
- Moguće je izbeći mehanička rešenja za pretvaranje rotacionog kretanja u linearno kretanje.
- Tipična primena: pomeranje glave kod hard diskova.



<http://www.learningace.com/doc/739043/f179b6b186708939b9d0dca3b2f3f528/chapter5-c>

Upravljanje voice coil aktuatorima

- Slično upravljanje kao kod DC motora.
- Dvokvadrantno upravljanje sa polumostnom vezom tranzistora pogodno za pogon i kočenje u jednom smeru.
- Četvorokvadrantno upravljanje sa mostnom vezom tranzistora za pogon u oba smera.
- Može se primeniti povratna sprega po brzini i/ili poziciji.



<http://www.beikimco.com/pdf/VCA%20App%20Product%20Guide.pdf>

Servo motori

Koje su **osobine** dobrog servo motora?

- brzo uspostavljanje željene brzine (uslov je mali moment inercije),
- mogućnost podešavanja brzine u širokom opsegu (1:100, 1:1000) (uslov je malo trenje),
- veliki moment pri ubrzavanju i kočenju (3-10 puta više od nazivne vrednosti),
- laka promena smera rotacije (bez mehaničke intervencije),
- stepen iskorišćenja ne mora da bude naročito dobar (servo motori se koriste samo za pomoćna kretanja).

22

Uobičajene izvedbe DC servo motora

- Stator je stalni magnet ili elektromagnet.
- Rotor je namotaj.
- U interesu smanjenja momenta inercije rotor nema gvozdeno jezgro ili ga ima samo delimično.
- Smer magnetnog polja u zazoru je radialni kod valjkastih motora i aksijalni kod disk motora.
- Rotor dobije struju preko četkica i komutatora.

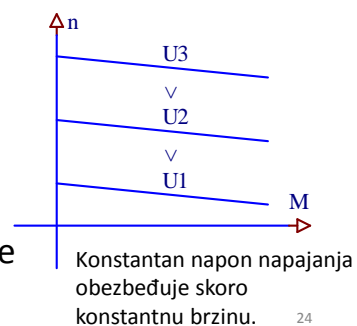
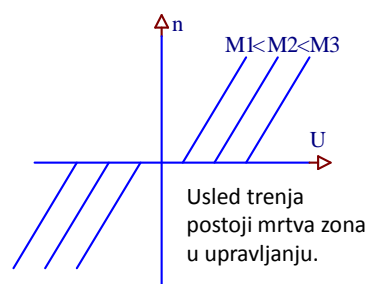
Konstrukcija disk motora



23

Upravljačke karakteristike DC servo motora

- Električni model motora je redna veza otpornosti, induktivnosti indukovanog napona.
- U ustaljenom stanju induktivnost ne igra ulogu: $U = U_i + R_b \cdot I_a$.
- Mehanički model sadrži moment inercije i trenje.
- Dobijeni obrtni moment je:
 $M = k_M \cdot \phi \cdot I_a$.
- Dinamičko ponašanje se može opisati sa dve vremenske konstante (električna i mehanička).

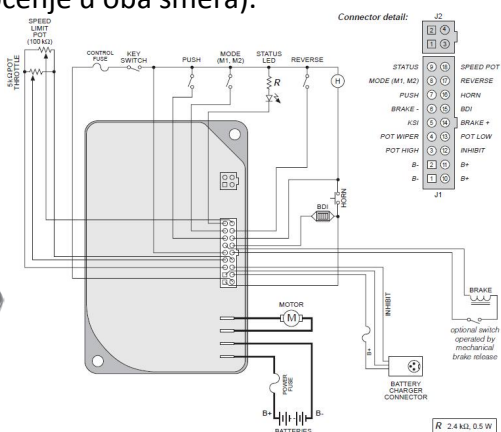


24

Upravljanje DC servo motorima

- Mogu se primeniti sledeći tipovi upravljanja: jednokvadrantno sa buck pretvaračem (pogon samo u jednom smeru, dvokvadrantno sa polumostnom vezom tranzistora (pogon i generatorsko kočenje u jednom smeru i četvorokvadrantno sa mostnom vezom tranzistora (pogon i kočenje u oba smeru).

- Primer: upravljački modul za viljuškar.

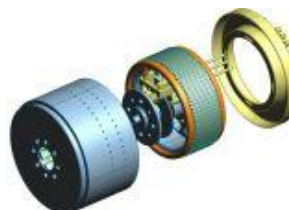


<http://tech-mobile.hu/termekek-motorvezerlo-dc.php>

25

AC servo motori

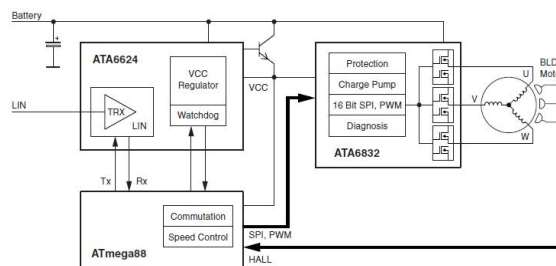
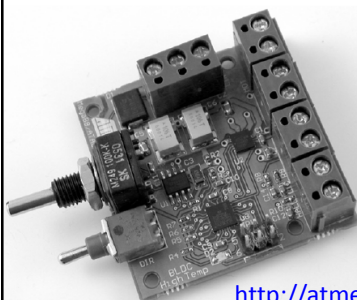
- Umesto četkica i komutatora na rotoru prekopčavaju se struje statorskih namotaja pomoću kola energetske elektronike (snažni tranzistori). Nema trenja i habanja četkica i komutatora.
- Stator redovno ima trofazni namotaj. Rotor je obično stalni magnet sa potrebnim brojem polova (kao na statoru). Ista konstrukcija kao kod AC sinhronih motora.
- Struja koju treba dovesti na statorske namotaje zavisi od položaja rotora. Potrebno je ostvariti da ugao između statorskog i rotorskog magnetu bude oko 90°. Detekcija ugaone pozicije rotora se vrši Hall senzorima. U novije vreme prelazi se na rešenja bez senzora.
- Na statorske namotaje se dovodi pravougaoni napon velike frekvencije i promenljivog faktora ispunje (modulisan).
- Brzina motora se podešava promenom frekvencije modulacije.



26

Upravljanje AC servo motorima

- Potrebno je proizvesti AC napon određene frekvencije i amplitude.
- Koristi se pretvarač frekvencije.
- Potrebno je obezbediti rad u četiri kvadranta.
- Napon motora je približno sinusni ili trapezni, zavisno od tipa motora.
- Napajanje pretvarača frekvencije iz naizmjenične mreže ili iz akumulatora.

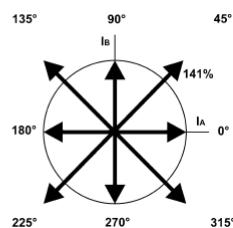
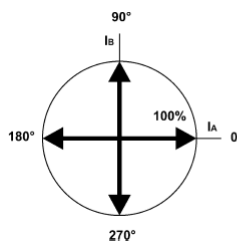
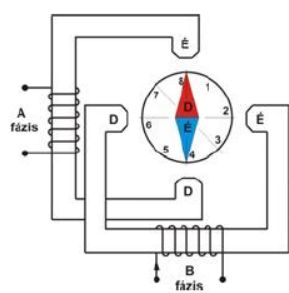


27

http://atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4987.pdf

Koračni motori

- Koračni motori su pogodni za upravljanje bez povratne sprege (biro mašine, alatne mašine itd.).
- Ugao okretanja određuje broj impulsa – može se odrediti pozicija i brzina na osnovu broja impulsa primenjenih na motor, bez povratne sprege.
- Ako na principskoj šemi motora pobuđujemo statorske namotaje jedan po jedan, dobija se korak od 90° . Istovremenim pobuđivanjem dva namotaja korak se može prepoloviti (45°).

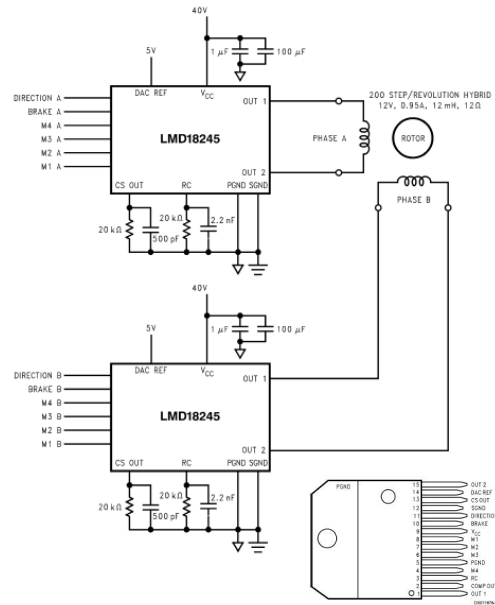
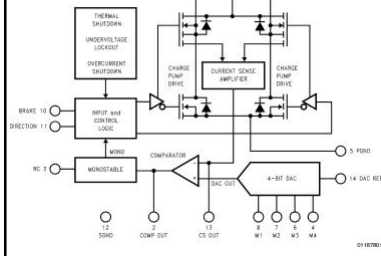


28

http://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor

Upravljanje koračnim motorima

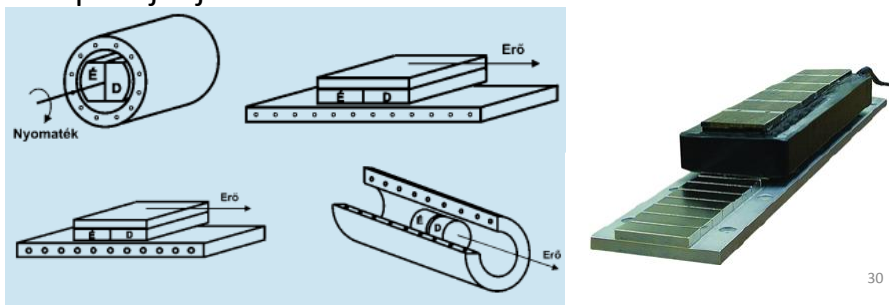
- Svaki namotaj se pobuđuje sa po jednim tranzistorskim mostom.
- Glavna kontrolna jedinica je na bazi mikrokontrolera.
- Tranzistorski mostovi i njihove pobude i zaštite se mogu nabaviti u integrisanoj formi.



<http://www.national.com/ds/LM/LMD18245.pdf>

Linearni motori

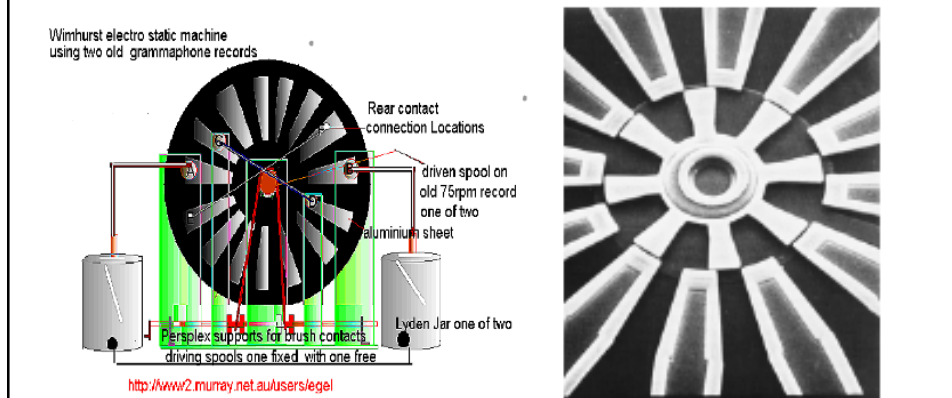
- Imaju strukturu kao AC servo motori ali je stator i rotor razvijen u ravan.
- Umesto obrtnog momenta dobijaju se sile koje deluju u ravni.
- Nisu potrebni mehanički elementi za pretvaranje obrtnog kretanja u linearno kretanje.
- Upravljanje slično kao kod AC servo motora.



30

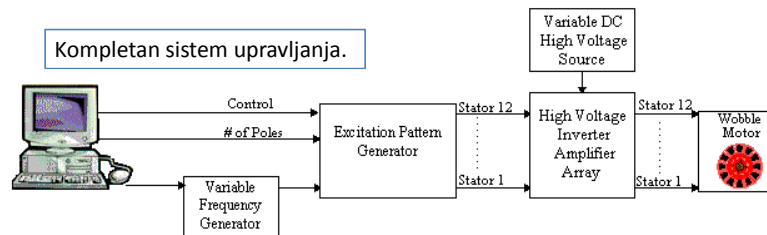
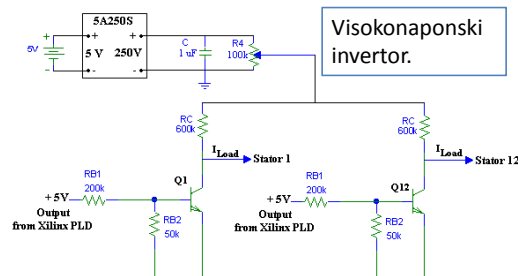
Elektrostatički motori

- Umesto magnetnih sila koriste se elektrostatičke sile. Kod velikih motora to je neracionalno jer se dobija znatno manja sila.



Upravljanje elektrostatičkim motorima

- Potrebni su naponski impulsi relativno velike amplitude.
- Struja je vrlo mala – samo za punjenje međusobnih kapacitivnosti delova



http://search.asee.org/search/fetch;jsessionid=9tmoy0cscn8a?url=file%3A%2F%2Flocalhost%2F%3A%2Fsearch%2Fconference%2F26%2FAC%25202002Paper851.pdf&index=conference_page_rs&space=129746797203605791716676178&type=application%2Fpdf&charset=

Piezelektrični aktuatori

- Direktno pretvaraju električnu energiju u mehaničko kretanje (translacija, rotacija, uvijanje itd).
- Pomeraji su mali ali raznim tehnikama se daju umnožiti.
- Dobijaju se velike sile.
- Postižu se velike brzine (vreme reagovanja reda μs).

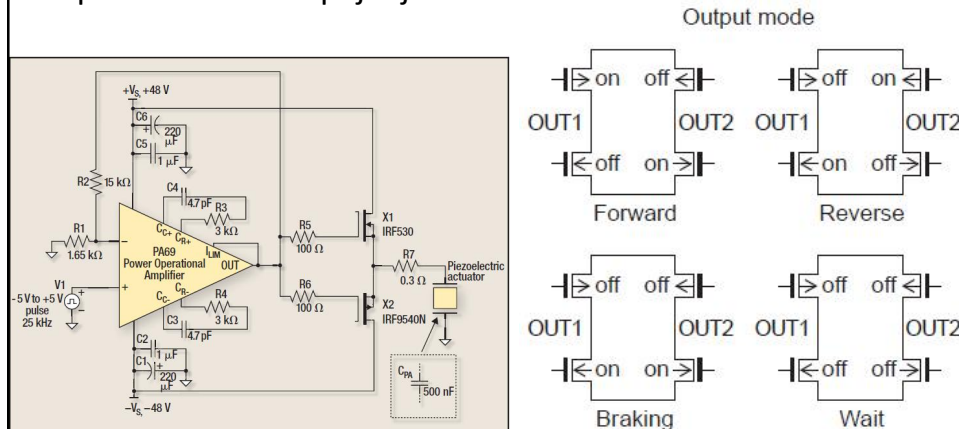
<http://www.physikinstrumente.com/en/products/piezo/index.php>

http://www.americanpiezo.com/images/stories/content_images/pdf/apc_multilayer_catalog.pdf



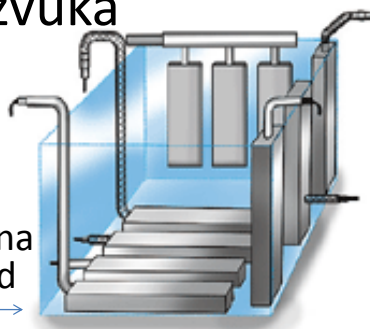
Pogon piezelektričnih aktuatora

- Može se koristiti linearni pojačavač snage (levo) ali se najčešće koristi tranzistorski most (desno).
- Za manje snage ima integrisanih rešenja.
- Za pogon se koristi impuls određenog smera, kočenje se postiže kratkim spajanje izvoda aktuatora.



Izvori ultrazvuka

- Važna primena: ultrazvučno čišćenje
- Za proizvodnju ultrazvuka uglavnom se koriste piezo-električni aktuatori zalepljeni na unutrašnji zid zvučnih kutija od nerđajućeg čelika.
- Kutije se uranjaju u kadu sa tečnošću, u kadu se urone i mašinski elementi koji treba da se čiste.
- Aktuatori se napajaju iz generatora koji rade na frekvenciji od 30 do 40 kHz.



<http://www.finnsonic.com/en/products/ultrasonic-transducers-and-generators>

Ultrazvučni generatori

- Pobuđuju piezo elemente sinusnim naponom.
- Kod nekih izvedbi radna frekvencija se namesti tačno na mehaničku rezonantnu frekvenciju, kod drugih tipova koristi se i neki vid frekvencijske modulacije.
- Pošto piezo elementi imaju značajnu kapacitivnost, potrebno je vršiti kompenzaciju reaktivne snage sa redno vezanim prigušnicama.
- Konstrukcija sadrži:
 - mrežni ispravljač
 - regulator DC napona (buck ili drugi)
 - inverter na ultrazvučnoj frekvenciji

http://www.ultrasonics.org/Proceedings_2006_UIA/Lipsky_2006_UIA.pdf

Kraj 5. glave

(AKTUATORSKA ELEKTRONIKA)