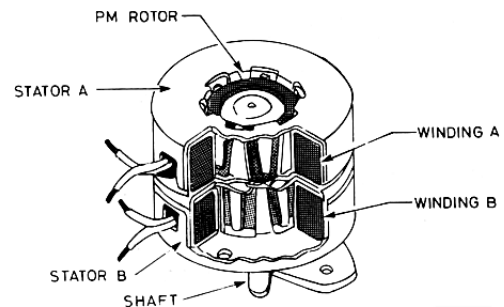


2 OSNOVE KORAČNIH MOTORJEV

Koračni motorji so elektro-mehanske naprave, ki omogočajo pretvarjanje digitalnega podatka v proporcionalni mehanski premik. Pri vzbujanju po programiranem zaporedju, se rotor v diskretnih korakih ustrezno premika oz. zavrti v željeno smer, za predviden kot. Koračni motorji se večinoma uporabljajo kot izvršilni členi pri krmiljenju z digitalnimi vezji. Njihova izrazita prednost v preciznem in hitrem pozicioniranju jim zagotavlja široko uporabnost in številne režime delovanja.

Nekatera značilnejša področja vgradnje so:

pogon papirnih, magnetnih trakov in drugih trakov
nastavitve ostrine in transport traku pri kamerah
koordinatni pogoni pri industrijskih strojih (X,Y,Z)
pri tiskalnikih in risalnikih
pri medicinskih in merilnih napravah
za impulzne izvršilne člene na tehnoloških linijah
na napravah za avtomatsko tehtanje in označevanje
za mehansko digitalno- analognu pretvorbo
pri daljinskem upravljanju naprav za pozicioniranje
za dovajanje goriva in krmiljenje ventilov in črpalk s spremenljivo hitrostjo



Za vse te naprave je skupno nadzorovano gibanje. Kjerkoli je potrebno zagotoviti nadzorovano gibanje in/ali pozicioniranje brez kumulativne napake, je uporaba koračnega motorja prava rešitev, ker zagotavlja, da je sistem hiter, prilagodljiv in točen .

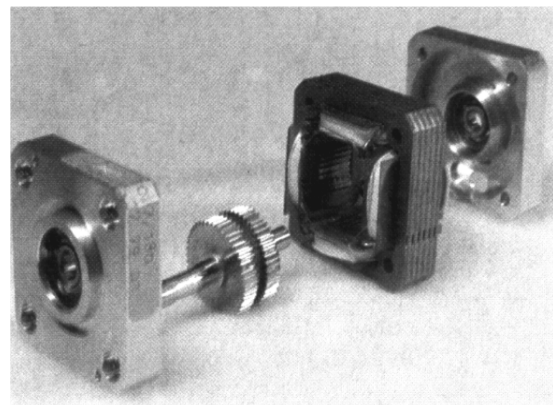
Iz mehanskega vidika je koračni motor enostavna, zanesljiva in precizna mehanska komponenta, ki ne potrebuje posebnega vzdrževanja . V preteklosti so enostavne rešitve z mehansko delujočimi končnimi stikali pogosto zagotavljale zadovoljivo rešitev za mnoge sisteme pozicioniranja, toda povečane zahteve vsiljujejo tudi izboljšane pogonske sisteme. Prednost sistemov s koračnimi motorji je tudi v enostavnosti uporabe krmilnih vezij, ki so večinoma v integrirani obliki. Kombinacija prednosti v hitrosti, visoki moči, nizki ceni, visokem izkoristku končnih stopenj in v enostavni uporabi koračnih motorjev odpira široke možnosti uporabe. Glede na konstrukcijo delimo koračne motorje na:

- koračni motor s permanentnim magnetom,
- koračni motor s spremenljivo »reluktanco«,
- hibridni koračni motor.

2.1 HIBRIDNI KORAČNI MOTOR

Najpogosteje se uporablja hibridni koračni motor, kjer moment ustvarjata sili po metodi permanentnega magneta in spremenljive reluktance. To zagotavlja boljše lastnosti pri manjšem volumnu in posledično manjšo vztrajnost, ter omogoča male korake.

Rotor hibridnega koračnega motorja je sestavljen iz aksialno orientiranega sredinskega magneta in dveh zobatih diskov na vsaki strani, ki sta zamaknjena za pol koraka. Pri vrtenju se zobovi diskov zaporedoma poravnava z zobovi tistega statorskega pola, ki je preko navitja magnetiziran z nasprotnim magnetnim polom kot je rotor.



Razstavljen hibridni koračni motor

Glede na to, da je število statorjevih in rotorjevih zob različno se rotor pri »poravnavanju« premika po korakih, glede na vzbujanje posameznih tuljav.

Permanentni magnet na rotorju ustvarja nasprotno magnetno polariteto posameznega diska. Sestavljen niz magnetov in ozobljenih diskov (multi-stack) omogoča manjši kot koraka.

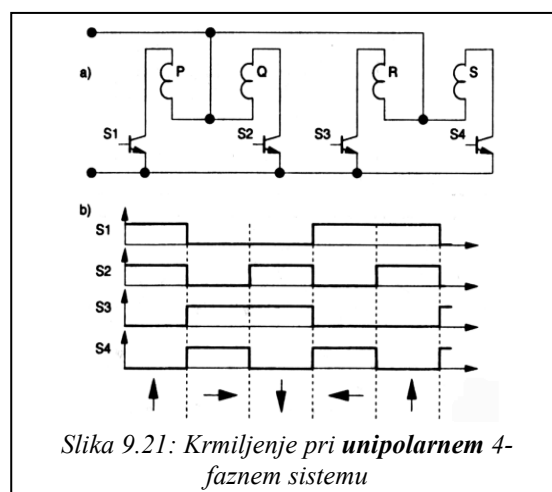
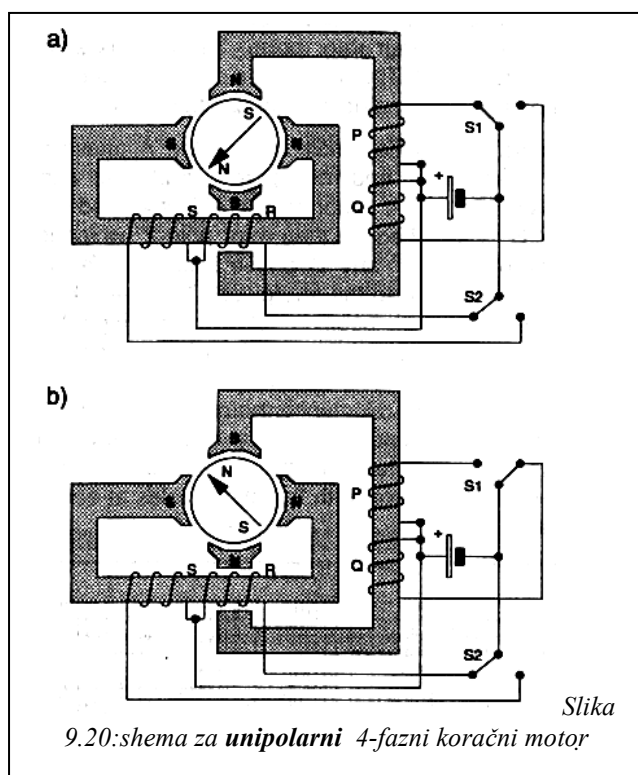
Glede na konstrukcijo navitja lahko vse tri tipe koračnih motorjev delimo še unipolarne in bipolarne izvedbe.

Animacija: http://de.nanotec.com/schrittmotor_animation.html

2.1.1 Unipolarni koračni motor

Vsako izmed dveh ali več statorskih navitij unipolarnega motorja ima izveden sredinski odcep, ki je spojen na enega od priključkov napajalnega izvora (npr.+). Smer toka skozi navitje je odvisna od tega, kateri od obeh koncev navitja je trenutno »spojen« preko pripadajočega stikalnega transistorja na drugi potencial napajalnega izvora (npr. -). Menjava smeri toka med obema koncema navitja, posledično povzroči menjavo magnetnih polov na pripadajočem statorskem jedru.

Slika 9.20a shematsko ponazarja 4-fazni koračni motor pri katerem sta fazi P in R vzbujeni. Severna pola P in R povzročita označeno usmerjenost rotorja. V primeru, da se stikalo S1 preklopi, se fazi Q in R vzbudita, statorsko polje spremeni smer in kakor prikazuje slika 9.22b se rotor zavrti za 90° tako, da se rotorjeva magnetna os poravna s statorskim magnetnim poljem. Od sekvence preklopov stikal S1 in S2 je odvisno kako se bo rotor premikal naprej v eno oziroma drugo smer.



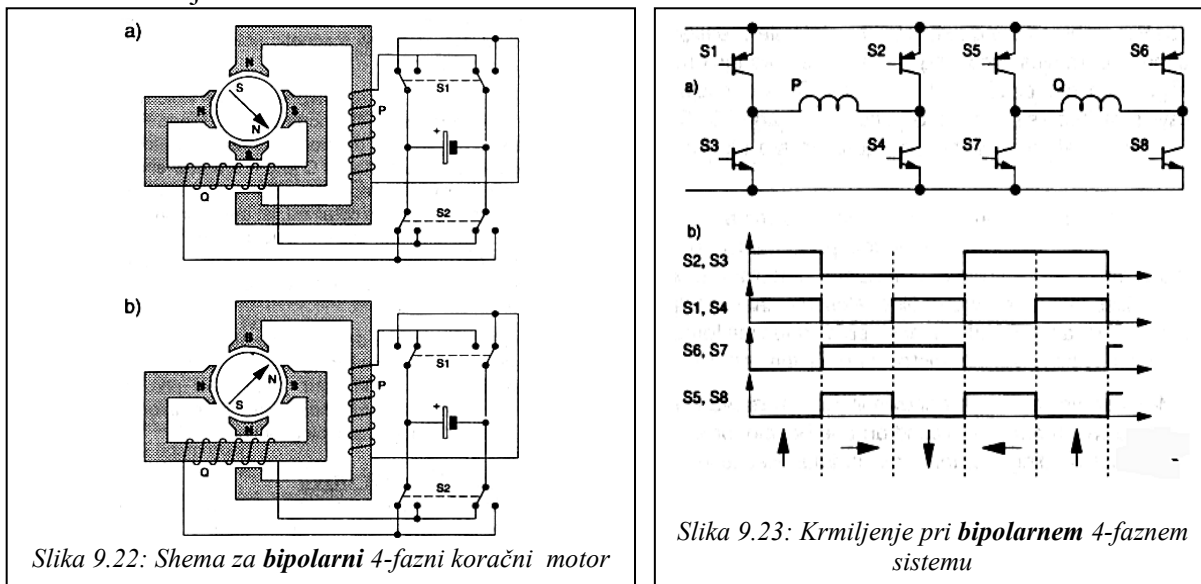
Slika 9.21a prikazuje poenostavljeno izvedbo krmilja za 4-polni unipolarni motor. Sekvenco preklopov posameznih stikal prikazuje slika 9.21b. V vsaki sekvenci sta v tem primeru istočasno vzbujeni dve fazi motorja, kar usmeri magnetno polje in rotor v vmesni položaj, ter poveča moment.

2.1.2 Bipolarni koračni motor

Za razliko od unipolarne izvedbe, statorska navitja bipolarnega koračnega motorja nimajo sredinskega odcepa na posameznem navitju. Namesto izmenljivega vzbujanja ene ali druge polovice navitja za doseganje reverzne smeri toka (posledično smeri magnetnega polja), je pri tej izvedbi to mogoče le s spremembo napetostnih potencialov na obeh straneh navitja. Delovanje motorja na bipolarno vzbujanje je povsem enako kot pri unipolarnem motorju, kar

je razvidno s slike 9.22. Ko se smer toka v fazi P obrne zaradi preklopa stikal S1 (slika 9.22a), magnetno polje spremeni smer in za ustrezen kot (v tem primeru za 90° levo) premakne rotor.

Slika 9.23a prikazuje poenostavljeno izvedbo krmiljenja za 4-fazni bipolarni motor. Stikala morajo biti krmiljena vedno v parih kot npr.: S1, S4 skupaj in S2, S3 skupaj. Časovni diagram sekvence preklopov predstavlja slika 9.23b. Bipolarni motorji razvijejo pri nižjih hitrostih večji moment (debelejša žica) v primerjavi z unipolarnimi, pri višjih hitrostih pa se moment skoraj izenači.



2.2 KRMILJENJE KORAČNEGA MOTORJA

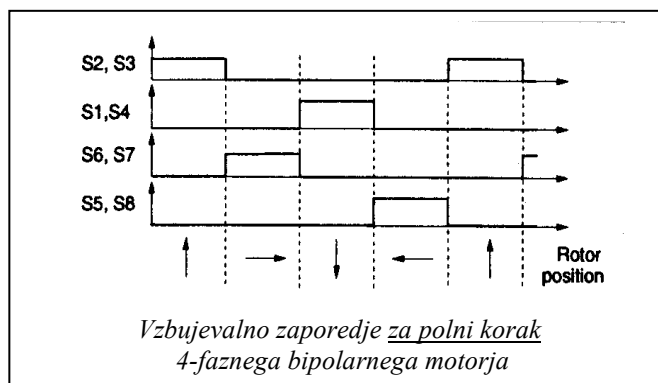
Običajna metoda vzbujanja je 4-koračna sekvenca. Druge metode uporabljamo odvisno od izvedbe navitja in zahtevanega vzorca logičnega zaporedja impulzov, ki krmilijo »stikala«.

2.2.1 Valovno vzbujanje (*wave drive*)

Istočasno napajanje enega samega navitja, imenovano tudi valovno vzbujanje povzroči enak inkrement pozicije v 4-koračnem zaporedju - sekvenci. Slika prikazuje sekvenco korakov za bipolarni 4-fazni motor, ki je bil obrazložen v predhodnem delu in prikazan na sliki.

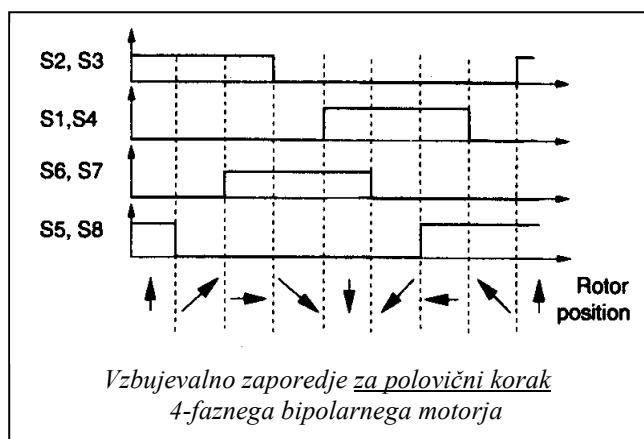
Zaradi istočasnega vzbujanja samo enega navitja se držalni in delovni moment zmanjšata za 30%. To lahko v okviru omejitev nadomestimo s povišanjem napajalne napetosti.

Prednost te oblike vzbujanja je v večjem izkoristku, toda za ceno zmanjšane natančnosti koraka.



2.2.2 Vzbujanje s polovičnim korakom (*half-step mode*)

Na ta način je mogoče vzbuhati motor v zaporedju polovičnih korakov. To pomeni, da lahko na primer motor s korakom $7,5^\circ$, opravlja premike po $3,75^\circ$. Slaba stran tega načina je, da se držalni moment izmenoma spreminja med močnejšim in slabšim, kar lahko v nekaterih primerih povzroča težave. To je posledica tega, da je pri »full step« vzbuhan samo eno navitje, pri »half step« pa dve navitji istočasno. Zaradi različnih poti magnetnega fluksa se spreminja tudi natančnost koraka, ki je seveda slabša pri »full step« premiku.

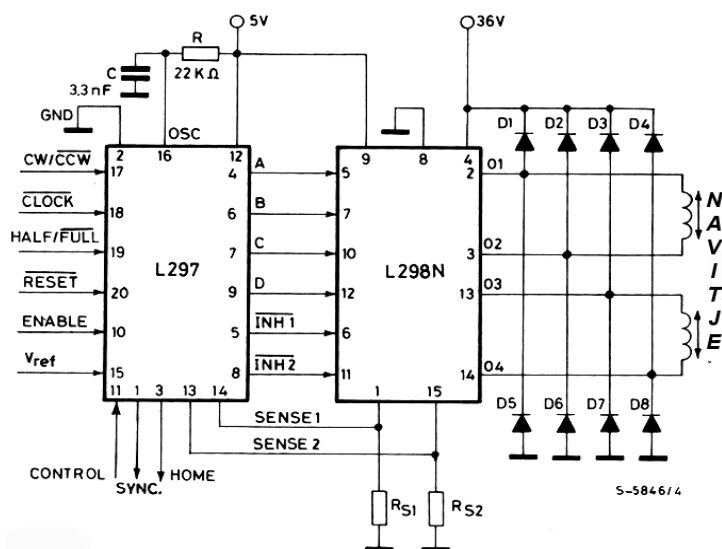


Časovni diagram na sliki, ponazarja stikalno zaporedje (sekvenco) za 4-fazni bipolarni motor. Poleg teh načinov lahko krmilimo koračne motorje še tako, da posamezne pulze moduliramo pulzno-širinsko (PWM). Na ta način dosežemo še dosti preciznejše koračenje (npr. četrtninski, osminski ali šestnajstinski del mazivnega koraka kot ga ima motor).

2.2.3 Chopersko vzbujanje koračnega motorja

Poseben problem vzbujanja koračnega motorja pa se pojavi pri višjih hitrostih zaporedja korakov. Zaradi induktivnosti tuljav tok skozi navitje ne naraste trenutno temveč narašča po eksponencialni krivulji, kot jo določa časovna konstanta L/R . Kadar je trajanja impulza krajše kot je čas časovne konstante tok ne more doseči končne vrednosti in zato je tudi magnetna sila oslABLJENA. Posledično koračnemu motorju s prekoračitvijo kritične hitrosti pada moment. To pojav odpravlja choperski način vzbujanja, pri katerem je motor priključen na višjo napajalno napetost kot je nazivna. Zaradi tega je potrebno tok skozi navitja nadzirati in omejevati s chopiranjem. Na spodnji shemi sta v ta namen vključena upora R_{S1} in R_{S2} , skozi katera teče isti tok kot skozi navitji. Tok je nadzorovan preko teh padcev napetosti.

V mirujočem stanju ali pri nizkih hitrostih korakov, povzroči povečana napajalna napetost sorazmerno višji moment, dokler motor ne pride v magnetno zasičenje. Blizu točke zasičenja postane motor slabše zmogljiv tako, da povečevanje moči ni smiselno. Največja hitrost korakov koračnega motorja je omejena z induktivnostjo in vrtilnimi tokovnimi izgubami. Pri dovolj visoki hitrosti korakov postane efekt segrevanja zaradi teh izgub na meji dovoljenega, zato je vsak nadaljnji poizkus, da bi dobili višjo hitrost ali večji moment iz koračnega motorja težji.



Praktični primer krmilnika za bipolarni koračni motor v integrirani izvedbi