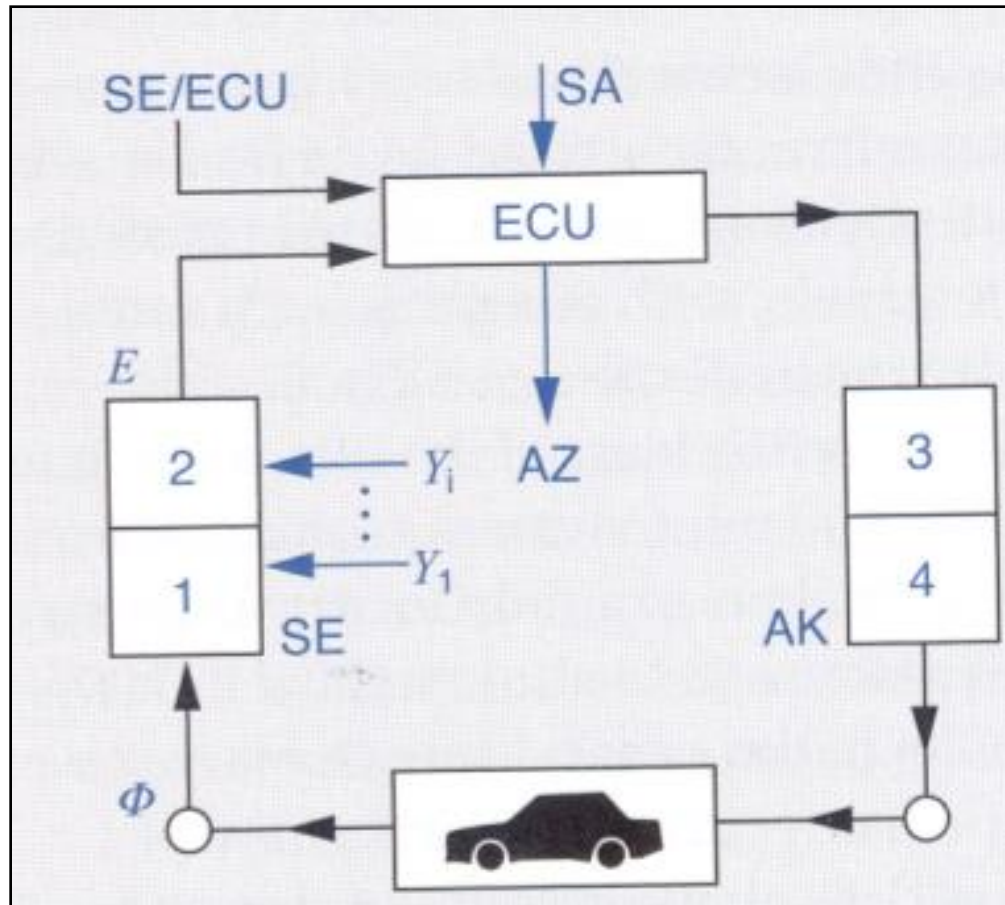


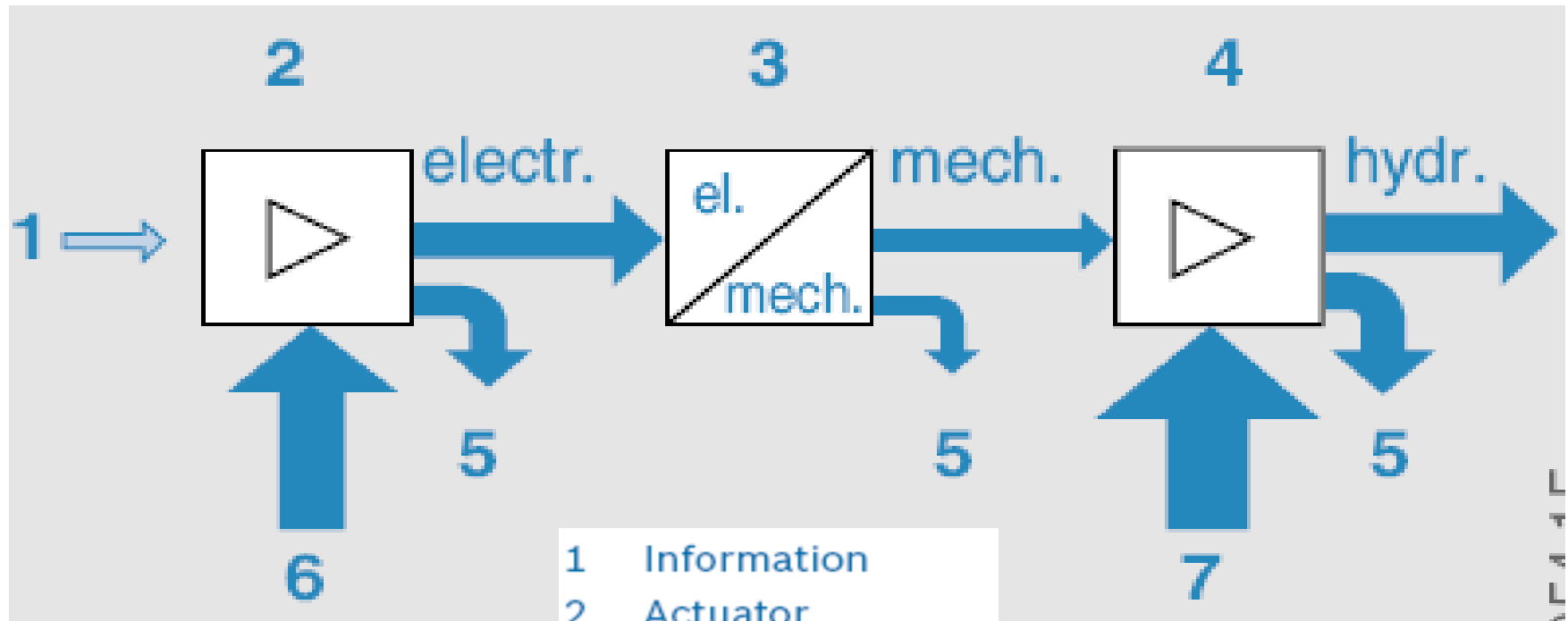
9. AKTUATORI NA VOZILIMA

- OSNOVNI POJMOVI
- KLASIFIKACIJA
- PRIMENA I
- PERSPEKTIVE RAZVOJA



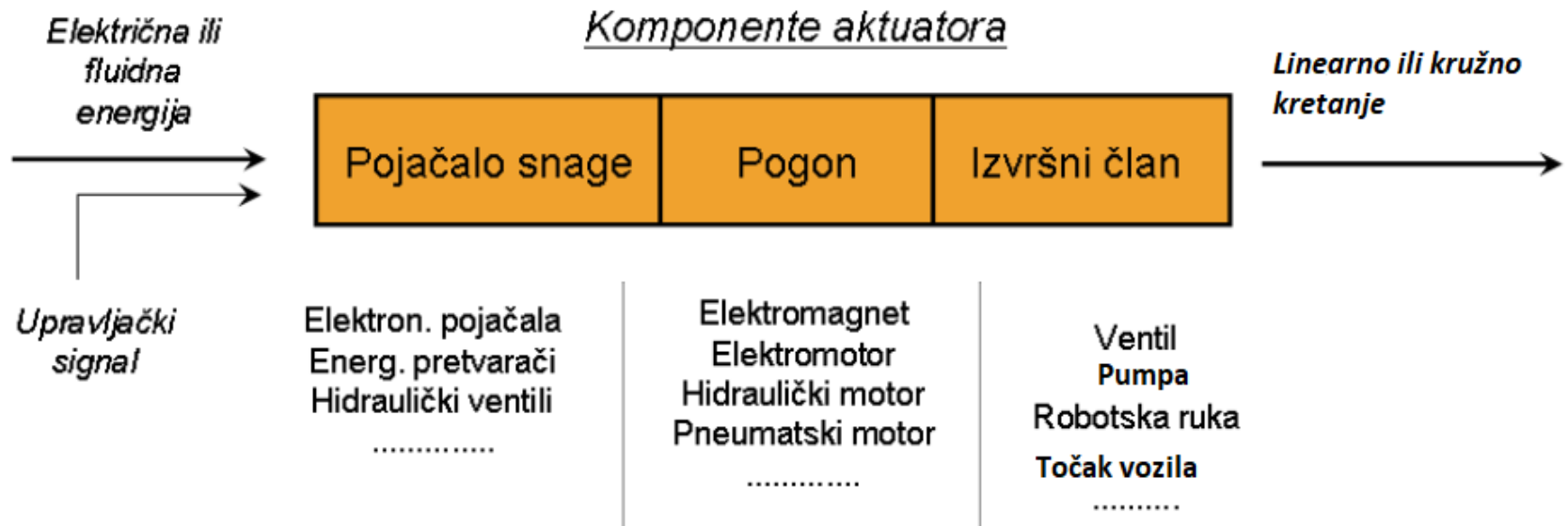
- 1 Measuring sensors
- 2 Adapter circuit
- 3 Driver circuit
- 4 Actuators
- AK Actuator
- AZ Display
- SA Operating switch
- SE Sensors
- ECU Control unit
- Φ Physical variable
- E Electrical variable
- Y_i Disturbances

- **Aktuator (izvršni element)** je finalni upravljački element direktne grane upravljačkog sistema, koji predstavlja vezu između elektronskog signala koji generiše (mikro)kontroler (ECU) u obliku elektronskih podataka i stvarnog (realnog) izvršenja komande, npr. mehaničkog kretanja.
- Aktuatori konvertuju upravljačke signale male snage prevodeći informacije o traženoj poziciji u izvršne signale na energetski nivo adekvatan za upravljački proces.
- Signal aktuatora se kombinuje sa različitim elementima za pojačanje kako bi se na adekvatan način iskoristio princip fizičke transformacije signala u odgovarajuću vrstu energije – električnu, mehaničku, hidrauličku, toplotnu energiju.

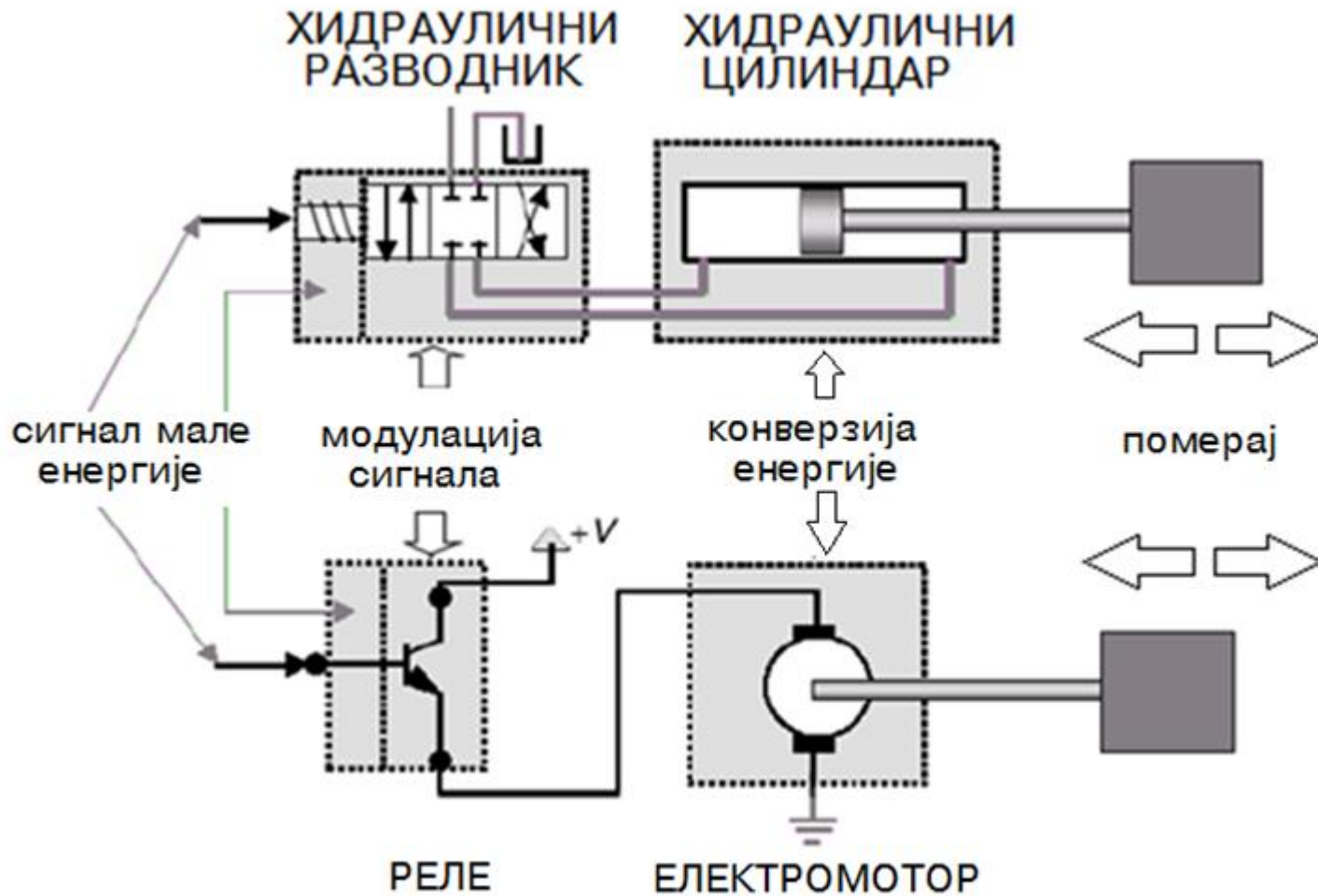


- 1 Information
- 2 Actuator
- 3 Converter
- 4 Actuator
- 5 Losses
- 6 External electrical energy
- 7 External hydraulic energy

Struktura aktuatora



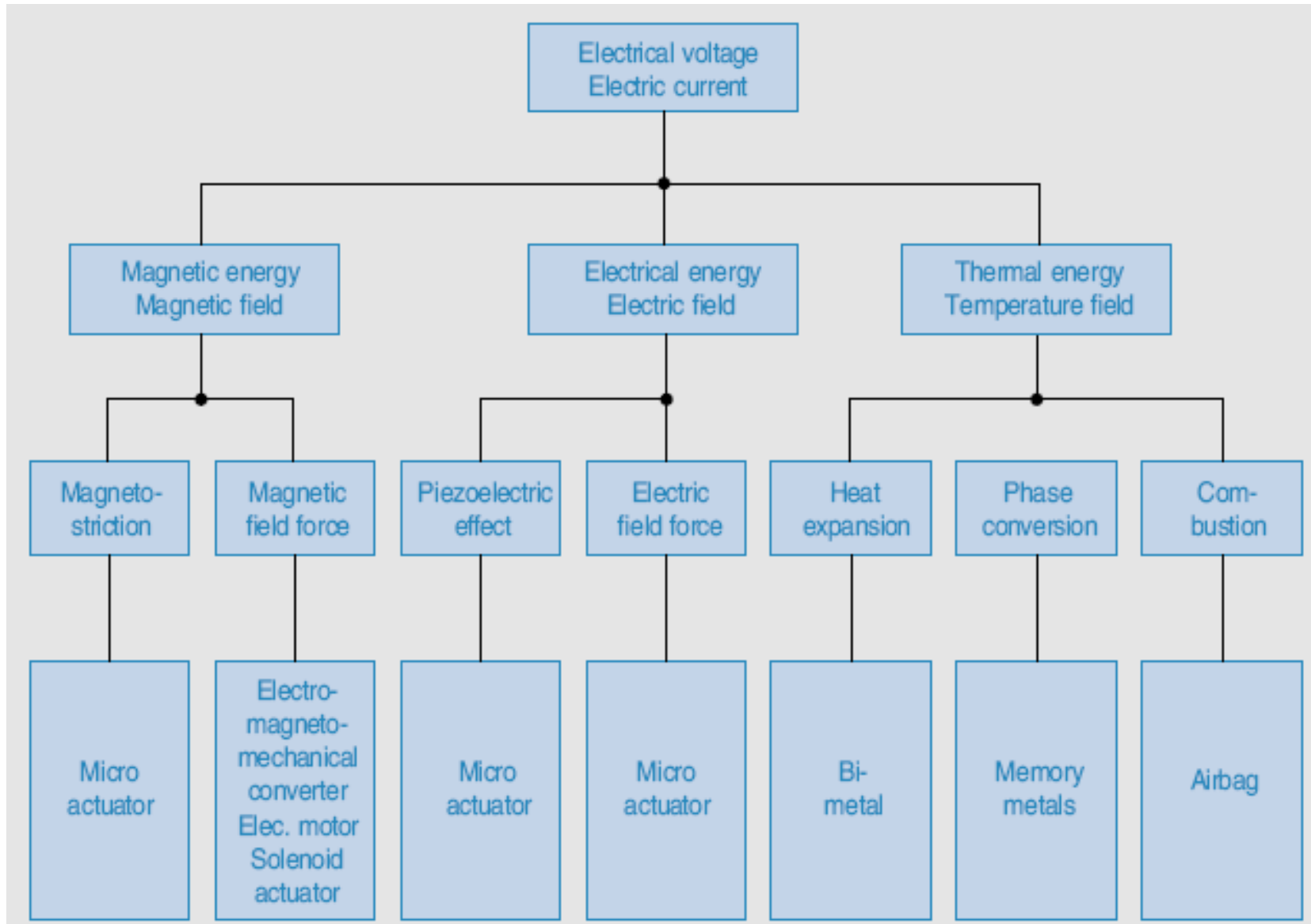
Struktura aktuatora



Klasifikacija

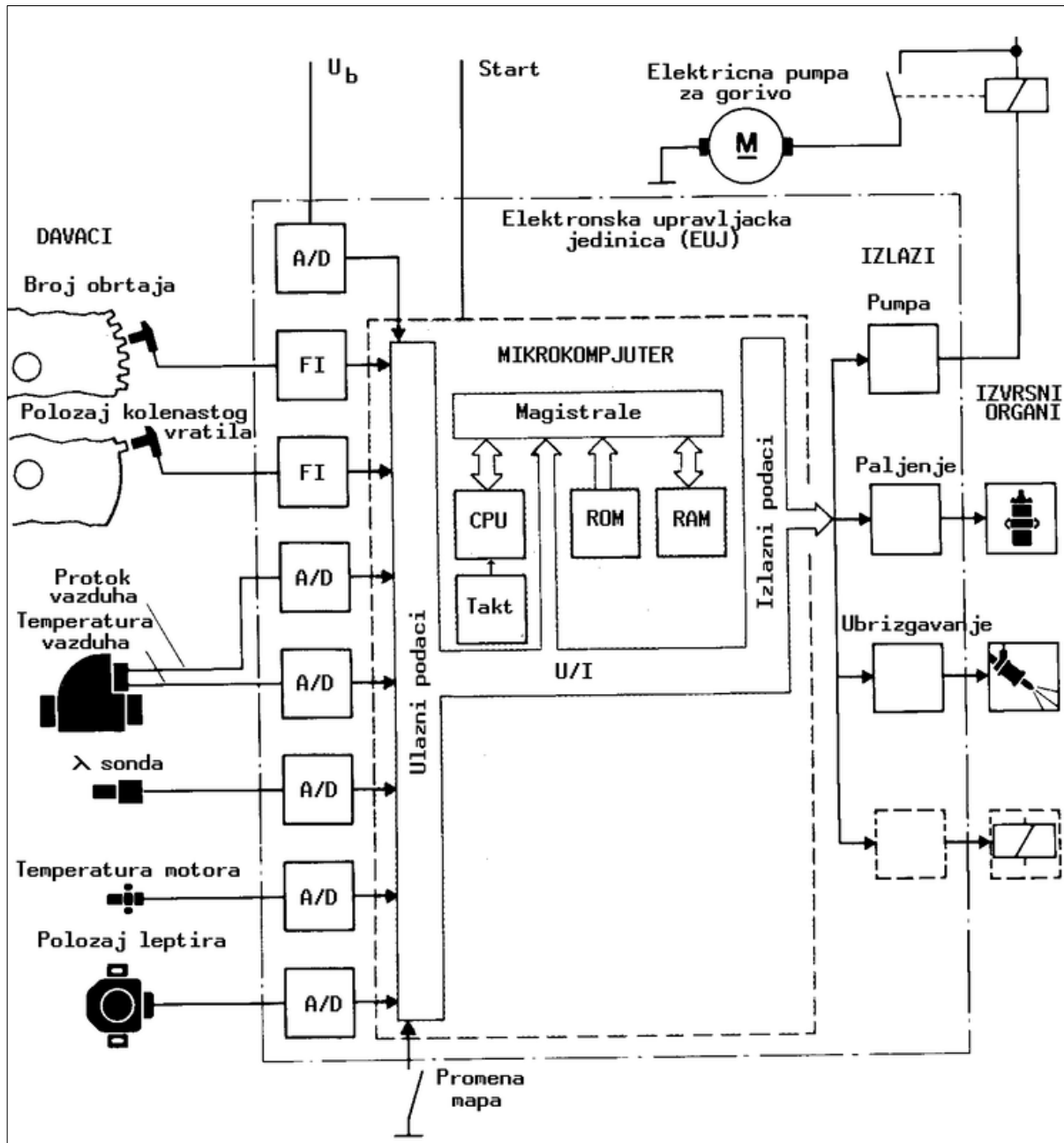
- Jedna od metoda klasifikacije aktuatora je tip (vrsta) transformacije energije.
- Energija iz izvora se transformiše u energiju magnetnog ili električnog polja ili se pretvara u termičku energiju.
- Princip generisanja sile je određen oblikom energije i bazira se ili na generisanju sila datog polja ili na karakteristikama upotrebljenih materijala.
- Pomoću magnetostriktivnih materijala moguće je konstruisati aktuatore čija je primena generisanje vrlo malih pomeranja (mikropozicioniranje).
- Termički aktuatori bazirani su isključivo na karakteristikama specifičnih materijala.

SENZORI I AKTUATORI

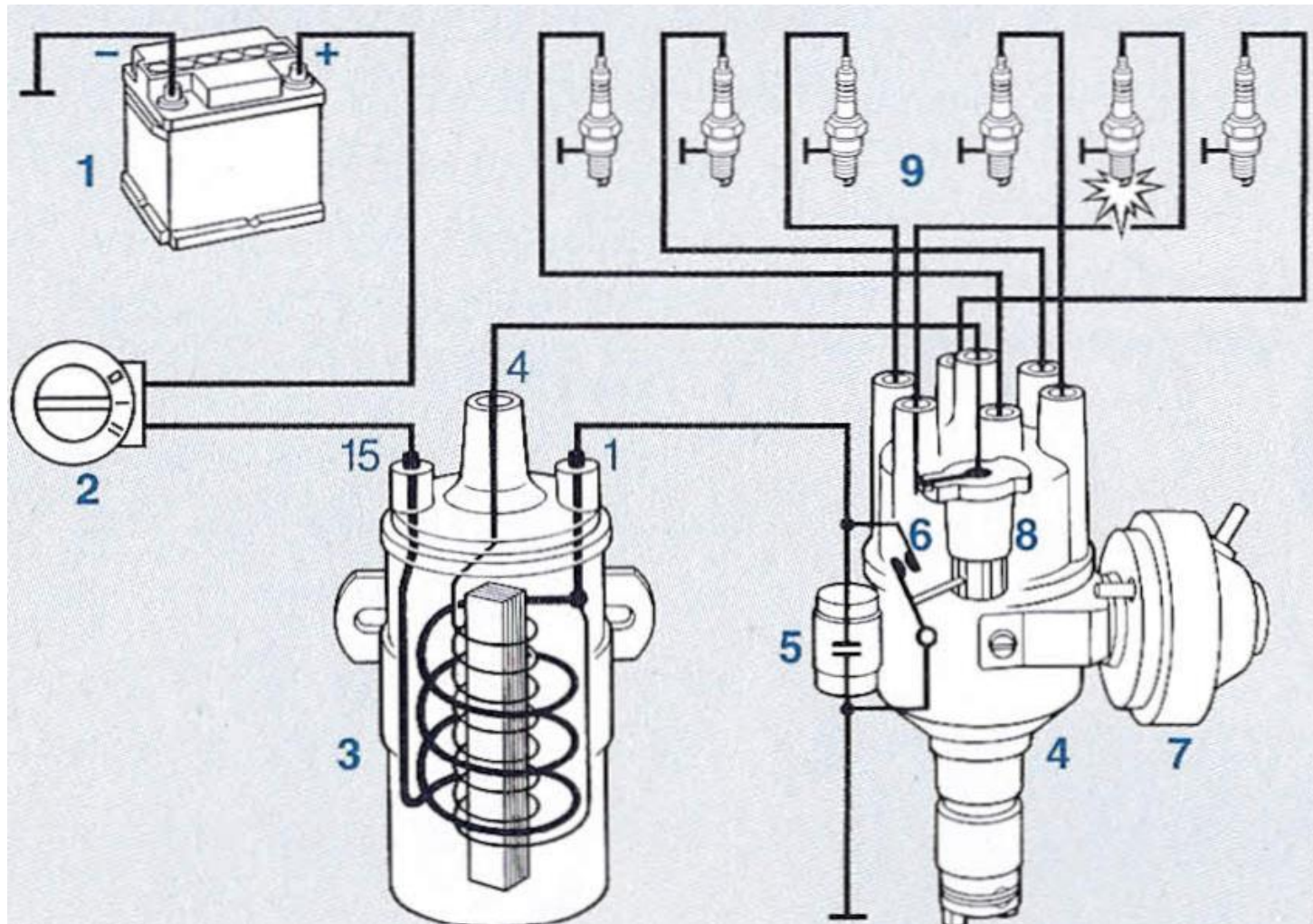


- Aktuatori na motornim vozilima su:
 - Elektomagnetni,
 - Elektromehanički pretvarači,
 - Električni servomotori,
 - Translatorsni i rotacioni el. magnetnetni aktuatori,
 - Pijezo aktuatori,
 - Elektromagnetno hidraulički aktuatori,
 - Elektromagnetno pneumatski aktuatori,
 - Pirotehnički aktuatori.

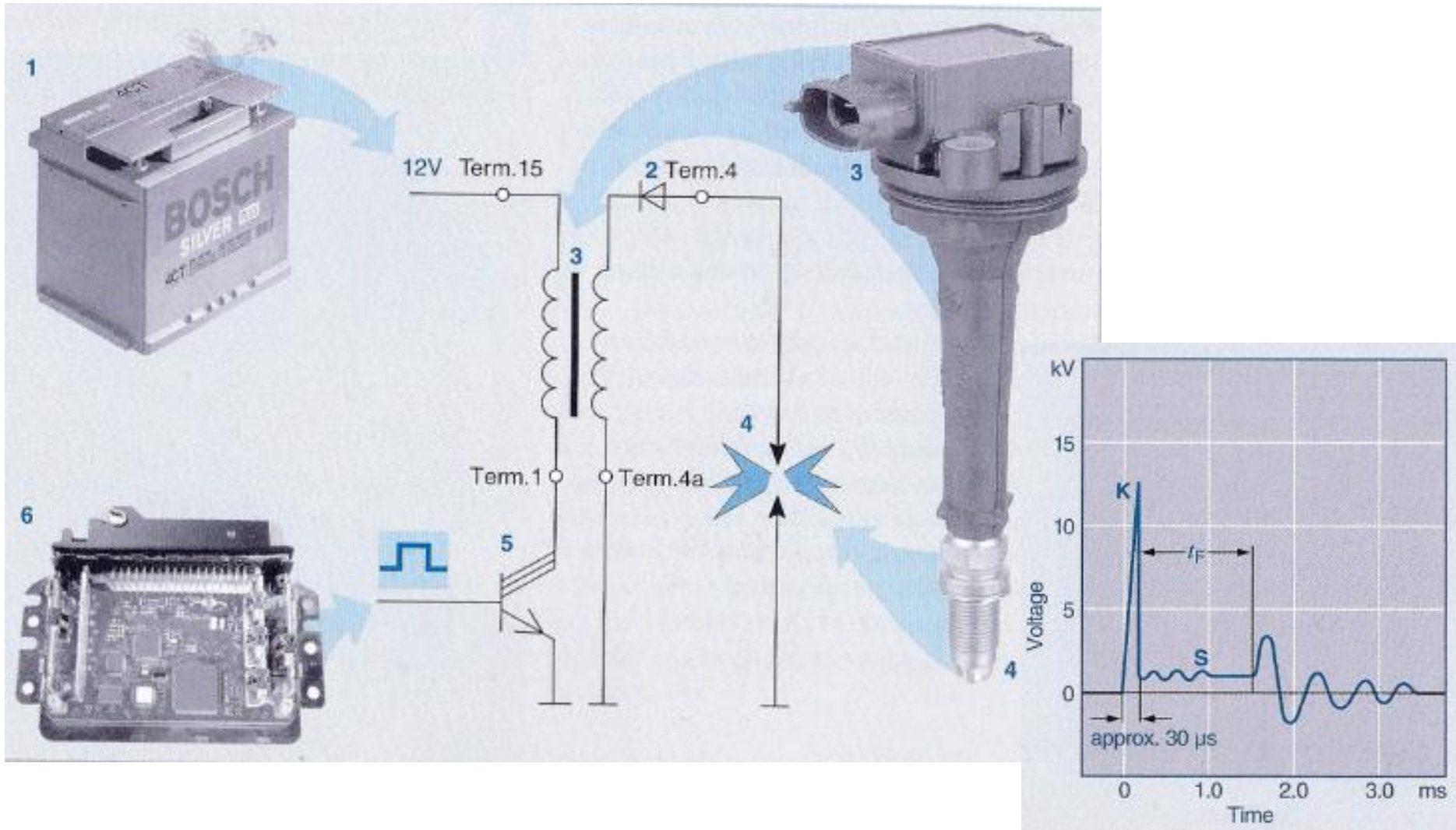
SENZORI I AKTUATORI



Elektromagnetni aktuatori



Elektromagnetni akuatori



Elektromehanički aktuatori

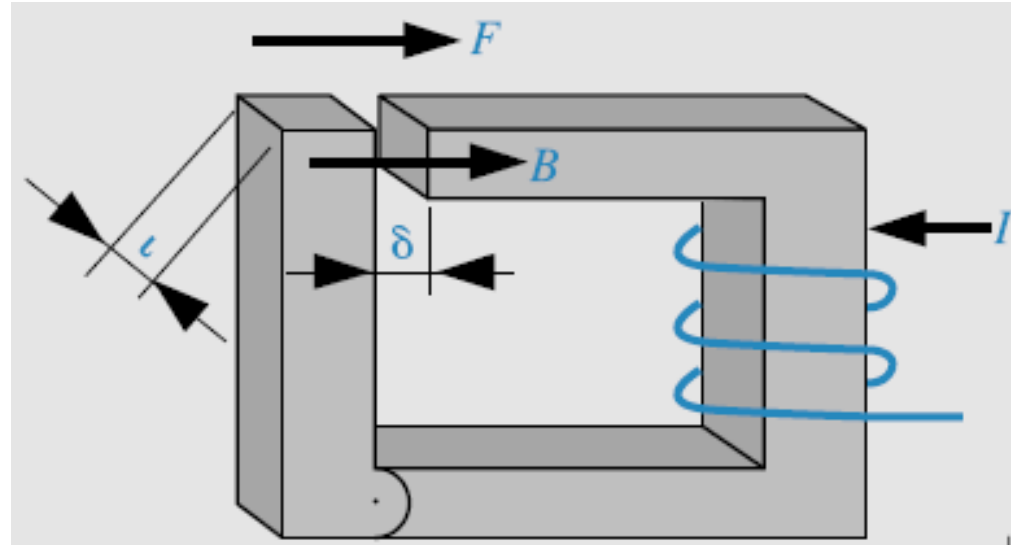
Generisanje sile u magnetnom polju

- Na osnovu principa kako se generiše sila u magnetnom polju razlikuju se elektromagnetni i elektrodinamički aktuatori.
- Zajedničko za oba principa je magnetno polje koje potiče ili od materijala sa magnetnim svojstvima ili od namotaja koji se napajaju električnom energijom.
- Razlika je u silama koje mogu biti generisane.
- Pod identičnim uslovima sila koja se generiše u elektromagnetnom polju je i do 40 puta veća nego u magnetnom polju.

Elektromehanički aktuatori

Elektromagnetni princip

- Opremljen je samo jednim namotajem.
- Potrebna je visoka induktivnost što se obezbeđuje gvozdenim jezgrom.
- Moguće je generisanje sile samo u jednom smeru.
- Iz ovog razloga ovaj aktuator zahteva postavljanje povratnog mehanizma (opruge).



$$F = B^2 \cdot A / 2 \mu_0$$

Elektromagnetni aktuatori

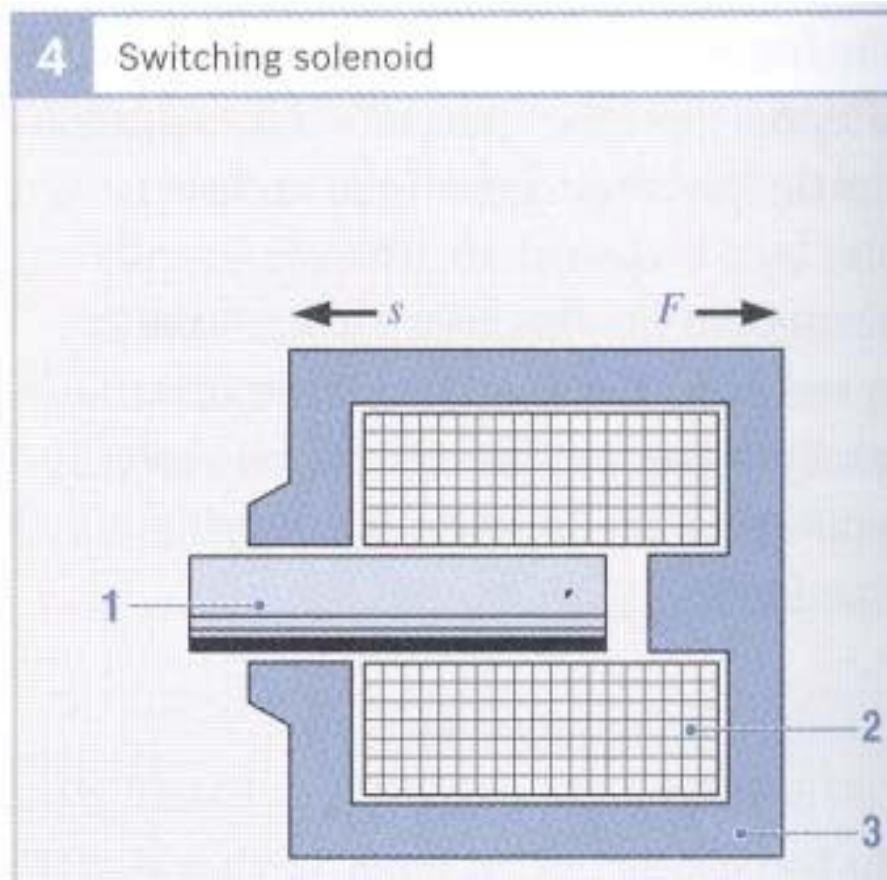


Fig. 4

- 1 Armature
- 2 Coil
- 3 Magnetic yoke

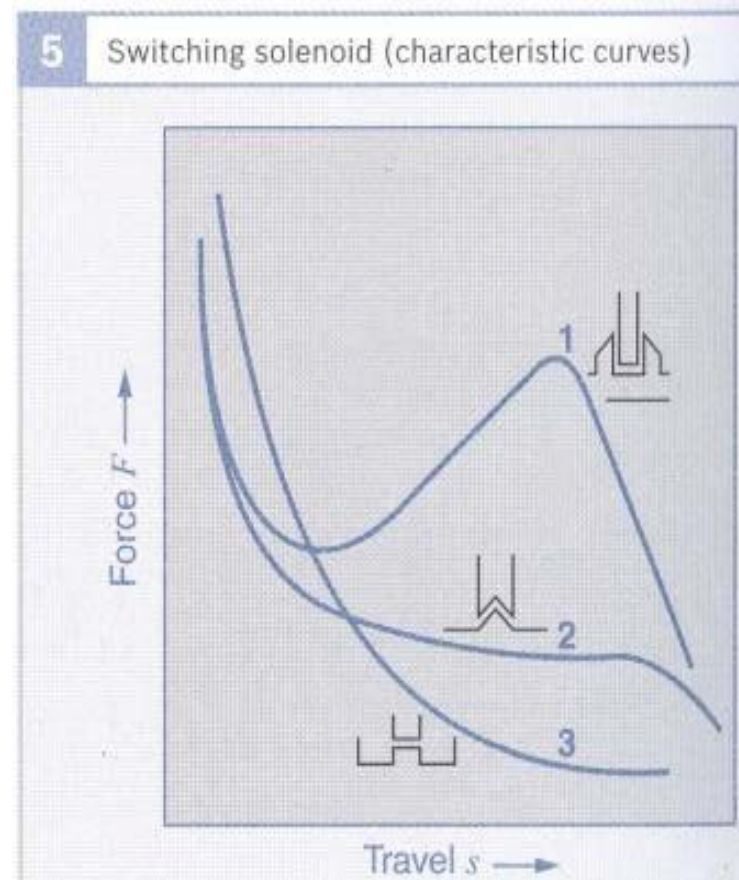


Fig. 5

- 1 Solenoid plunger
- 2 Conical armature
- 3 Cylindrical armature

Elektromagnetni aktuatori

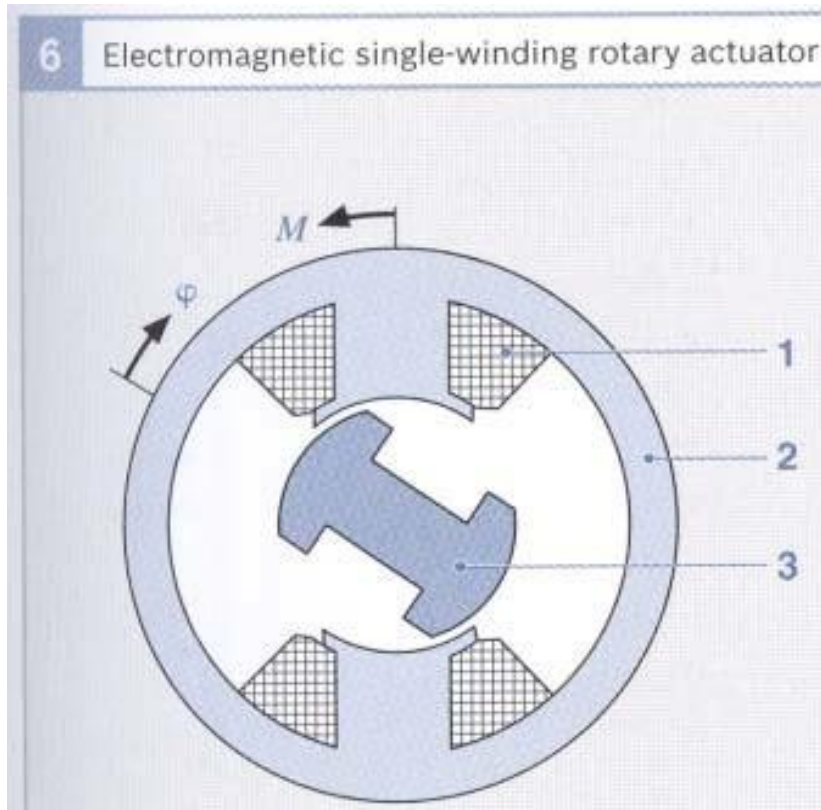


Fig. 6

- 1 Coil
- 2 Stator
- 3 Armature

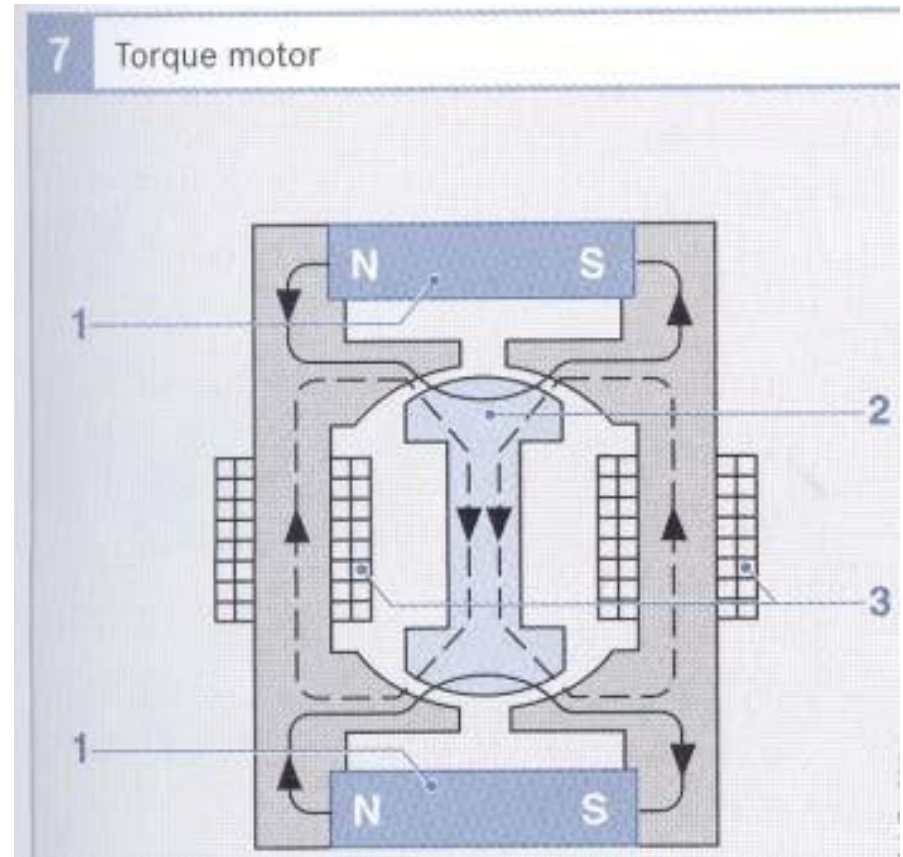


Fig. 7

- 1 Magnets
- 2 Armature
- 3 Control coils

Elektromagnetni aktuatori

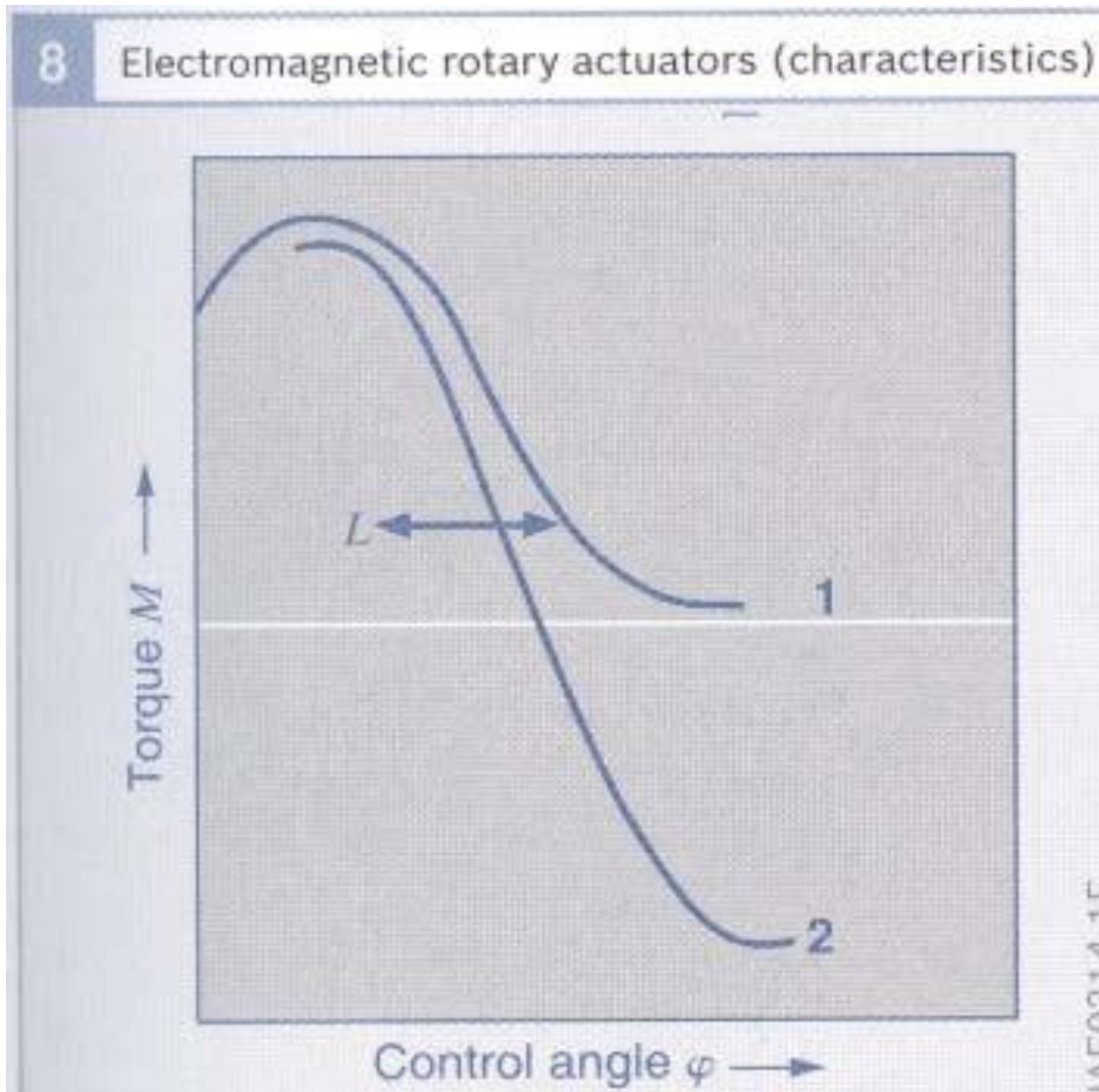
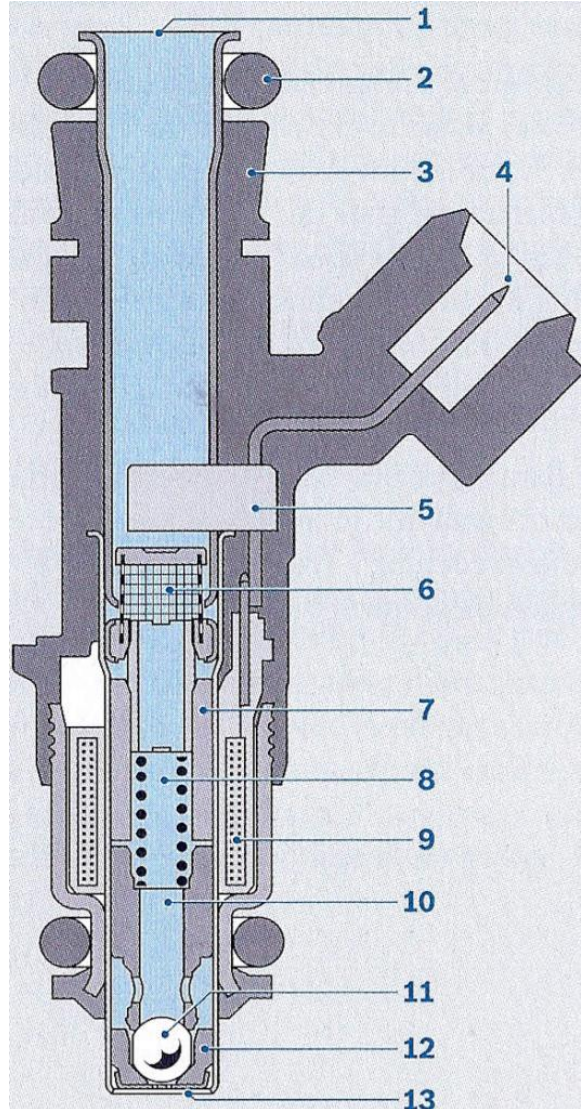


Fig. 8

- 1 Single-winding rotary actuator
- 2 Torque motor

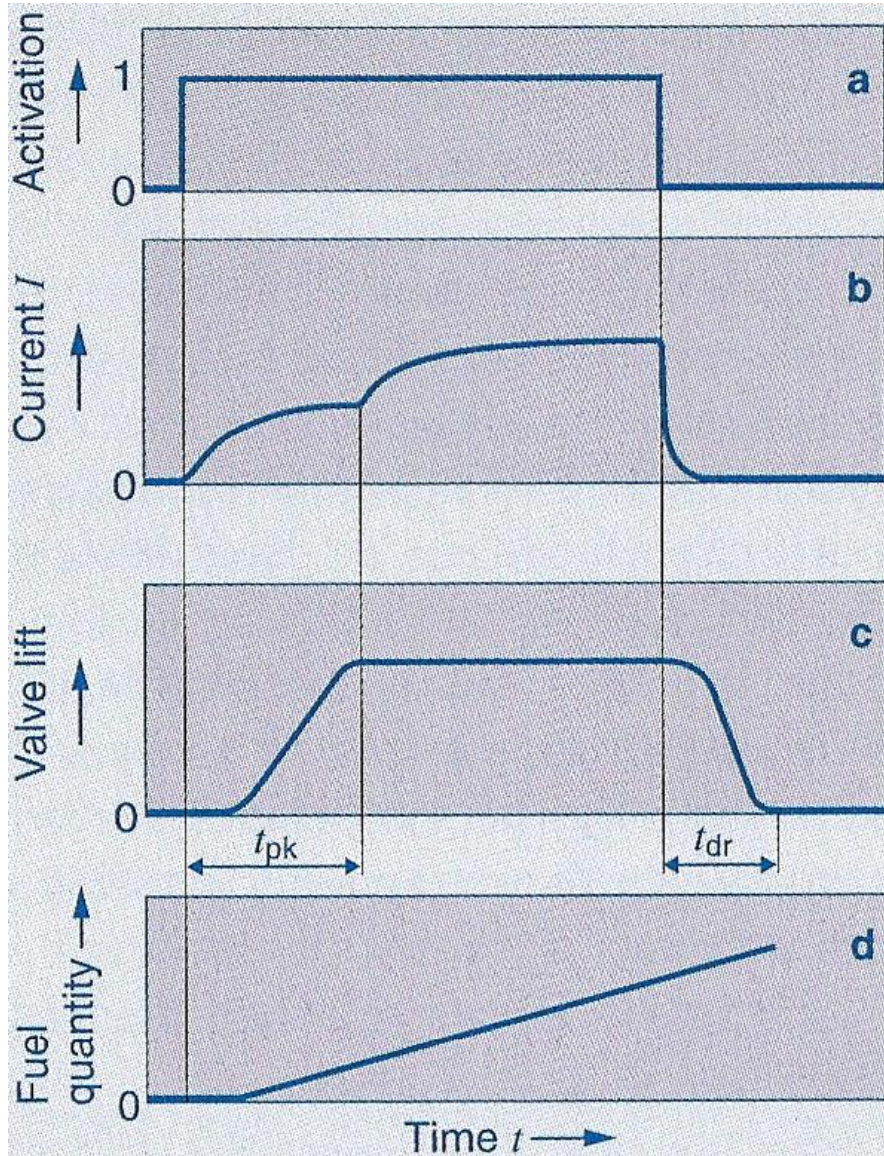
Elektromagnetni princip – primer: Elektromagnetni brizgač benzina

- 1 Hydraulic port
- 2 O-ring
- 3 Valve housing
- 4 Electrical connection
- 5 Plastic clip with injected pins
- 6 Filter strainer
- 7 Internal pole
- 8 Valve spring
- 9 Solenoid coil
- 10 Valve needle with armature
- 11 Valve ball
- 12 Valve seat
- 13 Injection-orifice plate



- Delovi koji dolaze u kontakt sa gorivom izrađuju se od nerđajućeg čelika.
- Zaštićeni su od kontaminacije filterom (6).
- Količina ubrizganog goriva zavisi od:
 - Pritiska goriva
 - Pritiska u usisnom kolektoru
 - Geometrije mlaznice brizgača

Elektromagnetni brizgač benzina-aktivacija

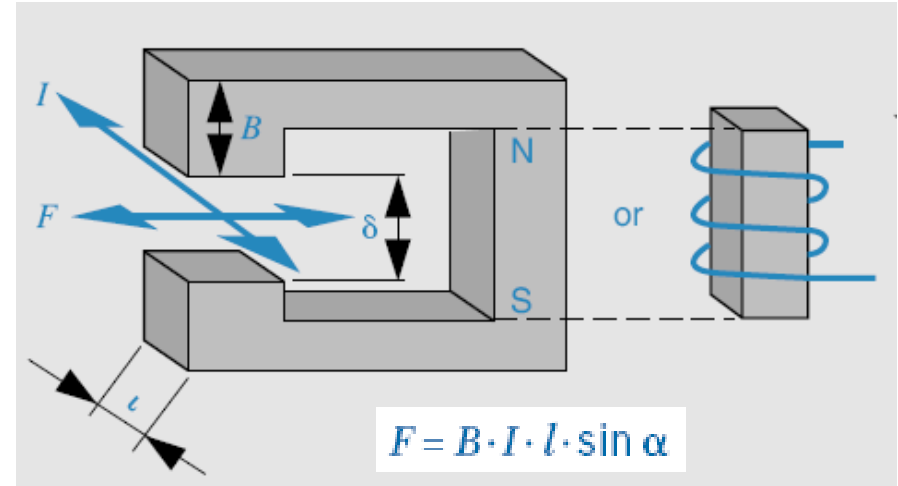


- a Activation signal
- b Current curve
- c Valve lift
- d Injected fuel quantity

Elektromehanički aktuatori

Elektrodinamički princip

- Namotaji ili stalni magnet generišu magnetno polje gustine magnetnog fluksa B .
- Drugi namotaj kroz koji je propuštena struja (I) nalazi se u polju nepokretnog elementa.
- Visok stepen preciznosti se postiže dizajniranjem namotaja male mase i niske induktivnosti.
- Dva energetska akumulatora (jedan pokretni i drugi nepokretni) stvaraju dve aktivne sile čime se omogućava kretanje u oba pravca.
- Sila generisana u ovom aktuatoru je u određenom području proporcionalna struji i nezavisna je od pomeraja.



Elektrodinamički aktuatori

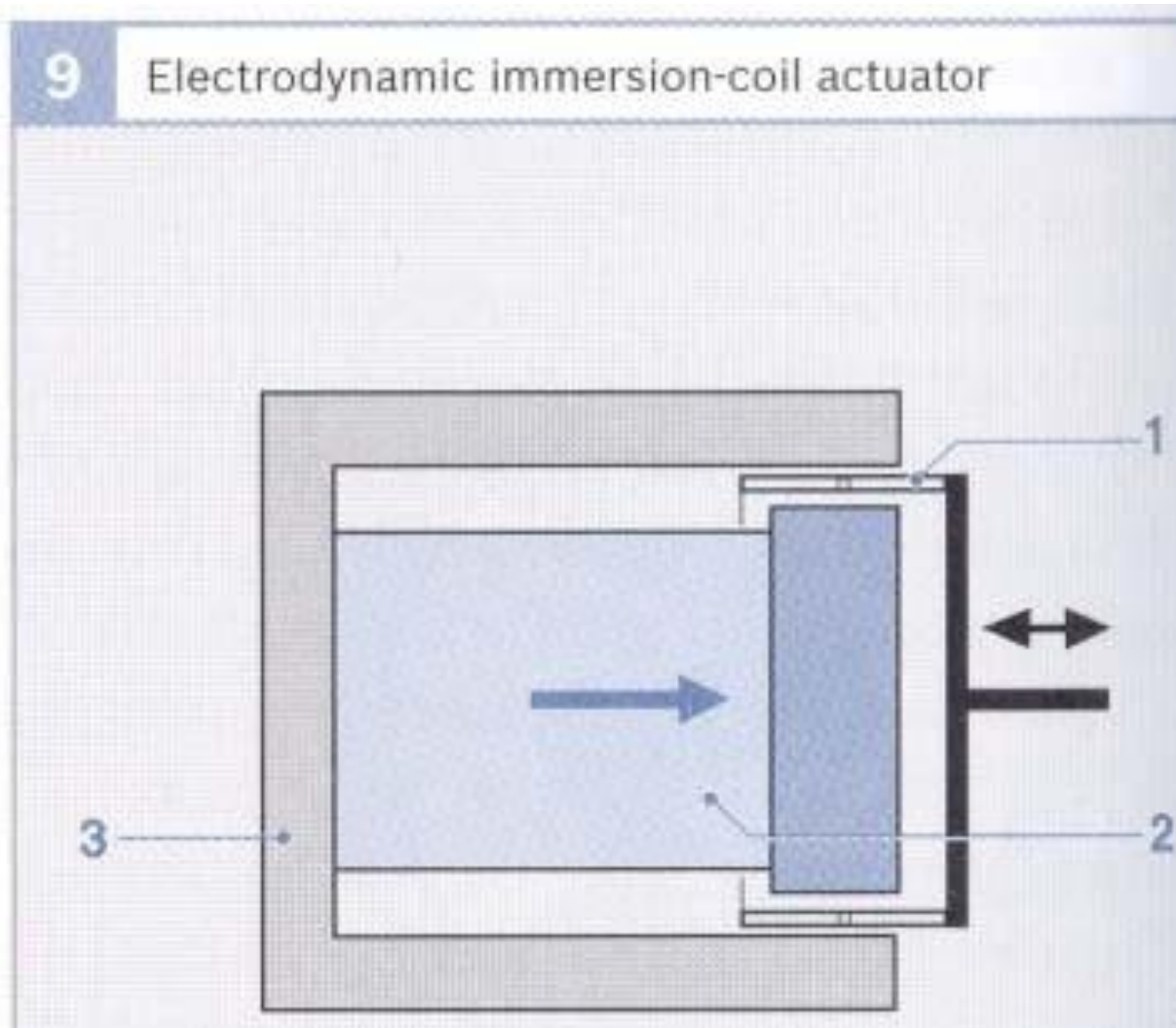


Fig. 9

- 1 Immersion coil
- 2 Permanent magnet
- 3 Magnetic yoke

Elektrodinamički aktuatori

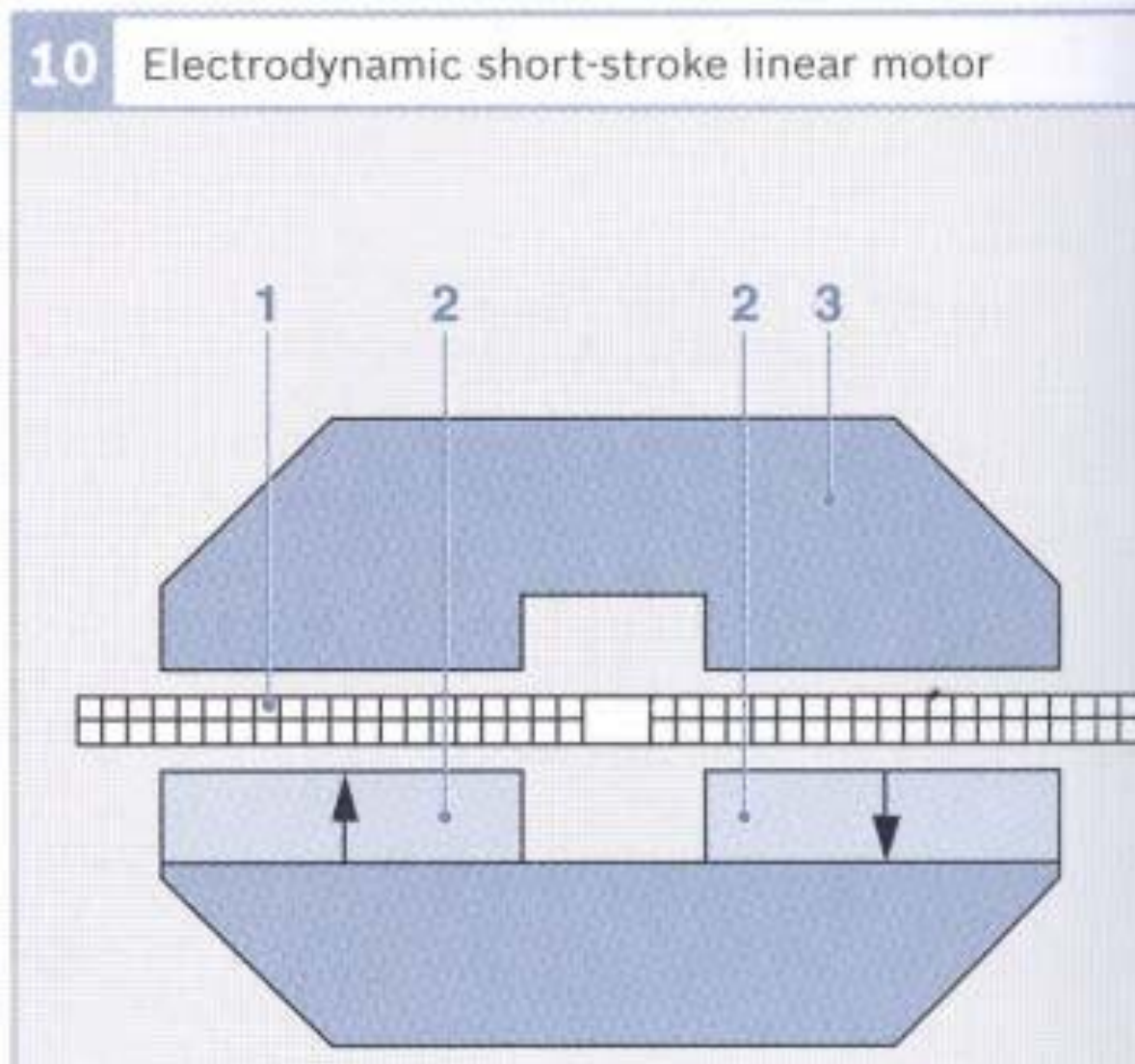


Figure 10

- 1 Coil
- 2 Permanent magnet
- 3 Magnetic yoke

Elektrodinamički aktuatori

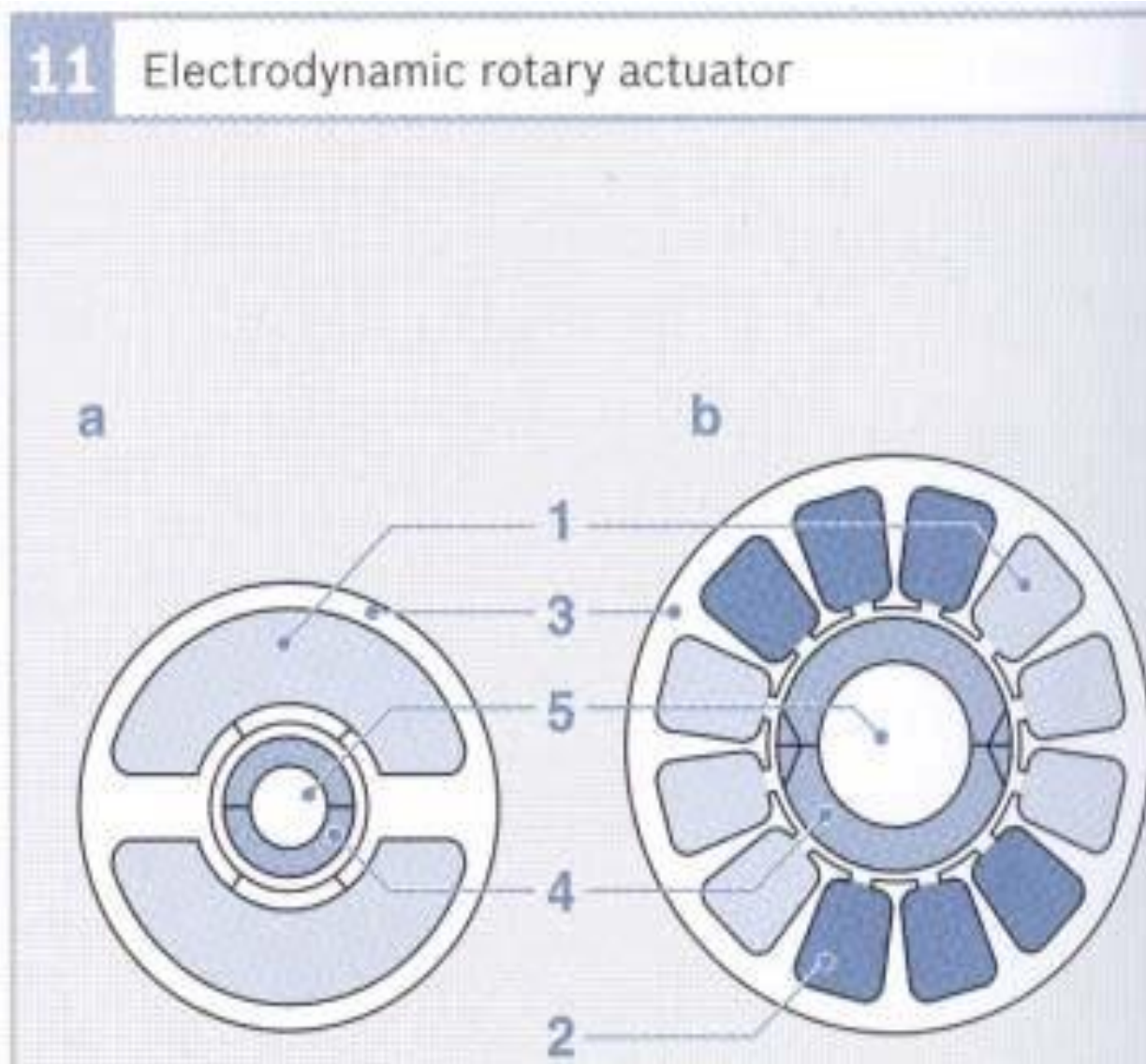
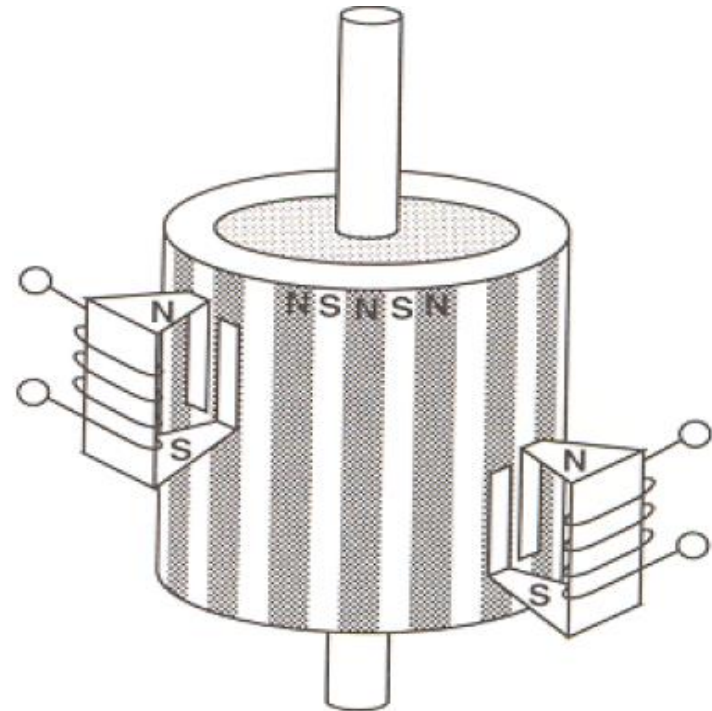
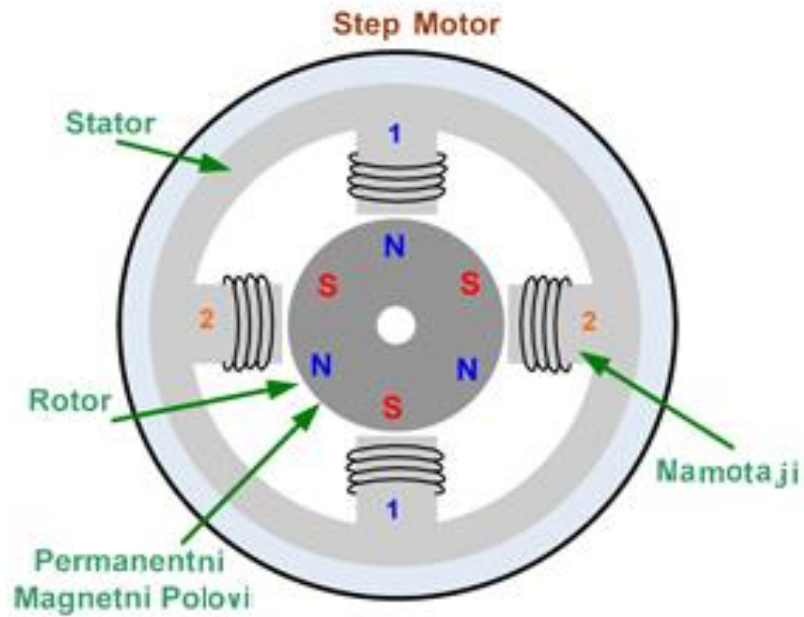


Fig. 11

- a Single-winding rotary actuator
- b Dual-winding rotary actuator

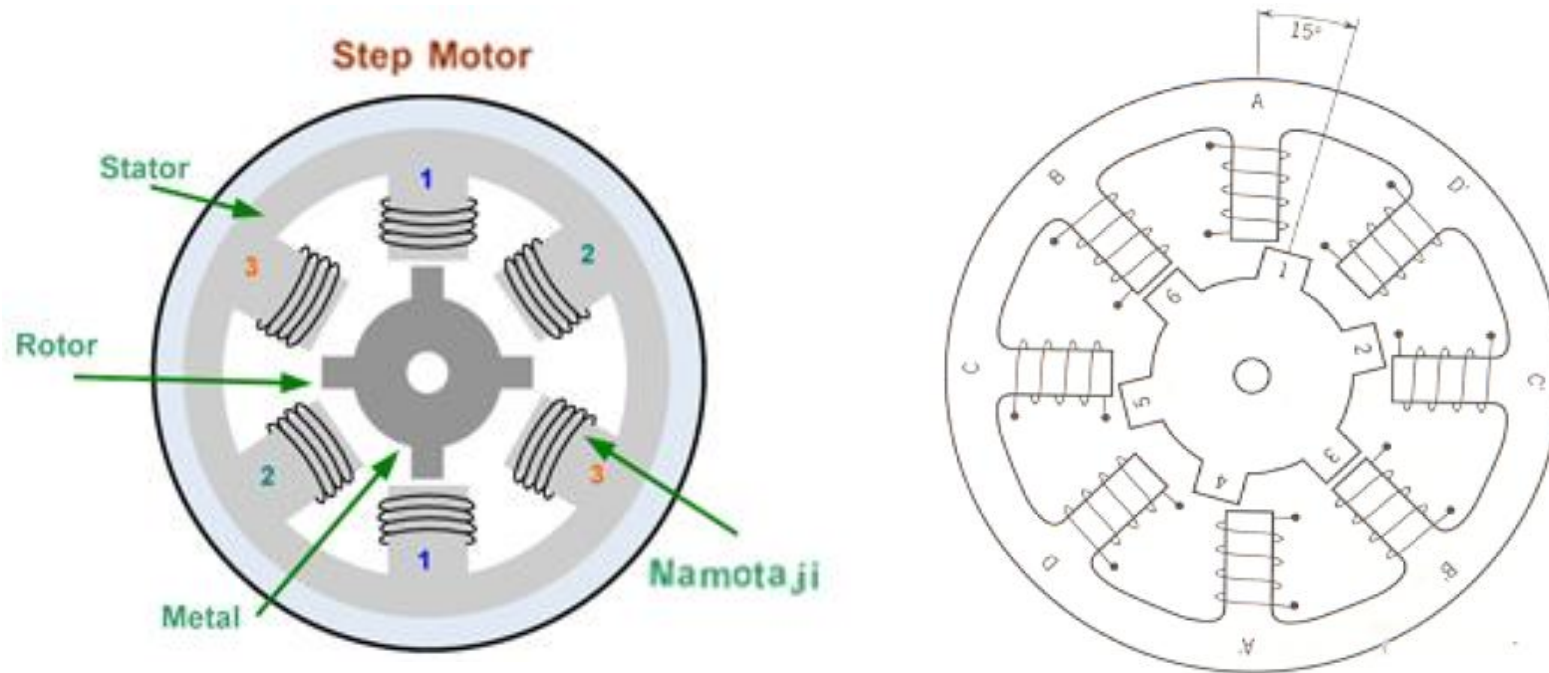
- 1 Coil 1
- 2 Coil 2
- 3 Stator
- 4 Permanent magnet
- 5 Shaft

Koračni (step) motor



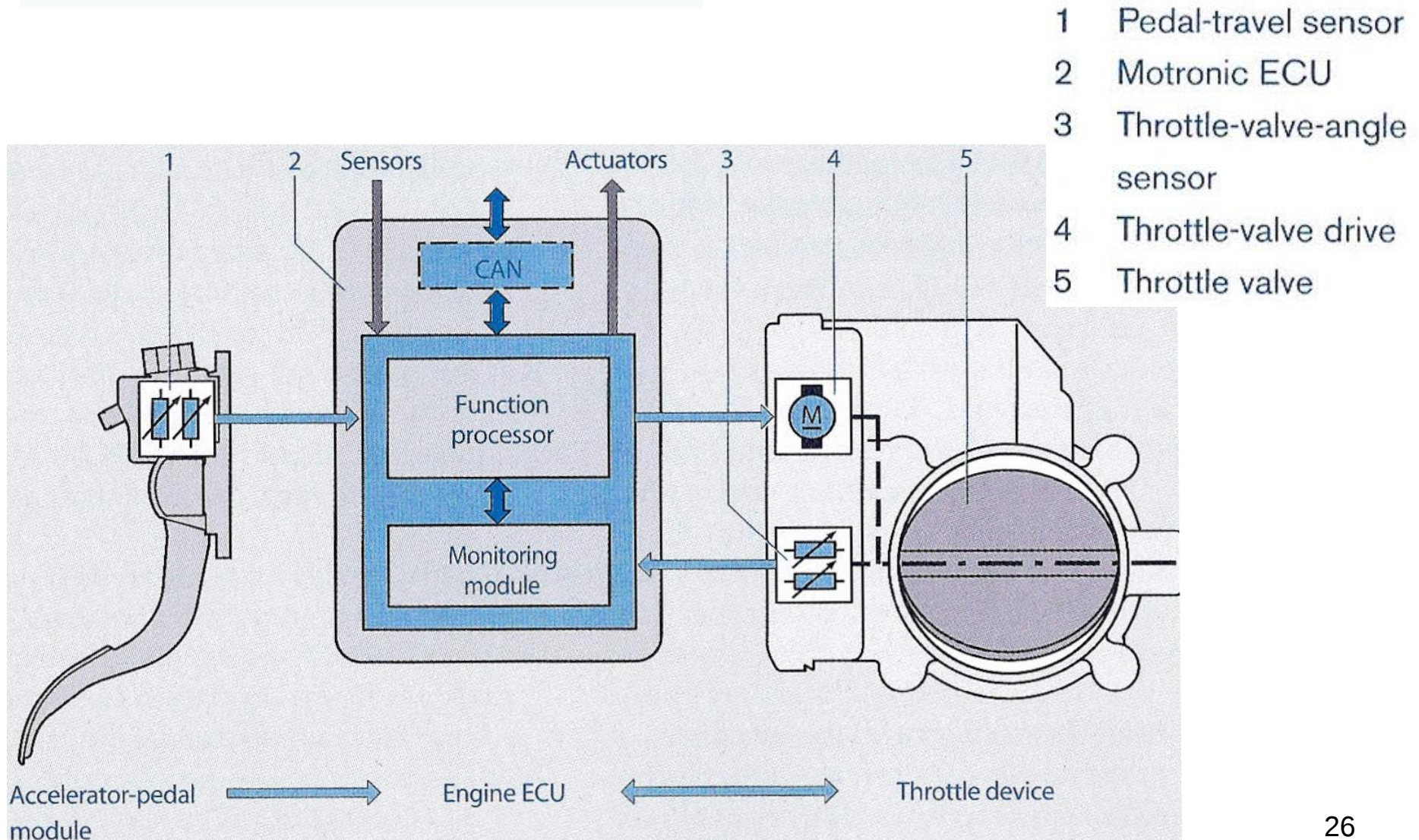
Princp rada step motora sa permanentnim magnetima

Koračni (step) motor



Princip rada step motora promjenljivom reluktansom

Elektrodinamički princip - primer

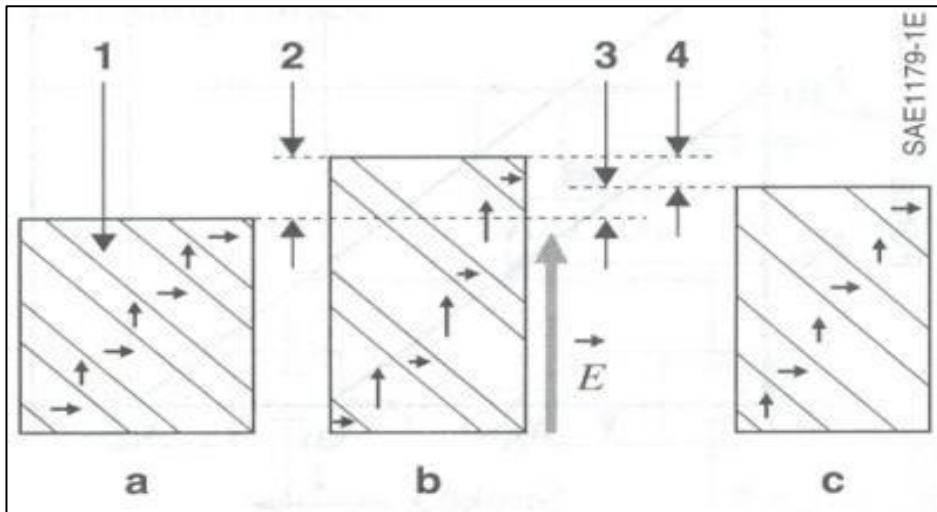


Pijezo aktuatori

Princip rada

- Osnovni funkcionalni princip rada pijezo aktuatora je **inverzni (indirektni) pijezeoelektrični efekat**.
- Pijezeoelektrični efekat otkriven je 1880. godine (braća Kir) i karakteriše ga transformacija mehaničke deformacije kristala u napon na površini kristala, proporcionalan veličini deformacije (**direktni pijezeoelektrični efekat**).
- Dovođenje napona na pijezeoelektrični materijal izaziva naglu, usmerenu deformaciju materijala amplitude od nekoliko μm , što se može iskoristiti za pobudni pomeraj aktuatora.
- Pijezeoelektrični efekat stvara električne dipole u elementarnoj ćeliji materijala, koji kao rezultat reverzibilnog procesa formiraju veliku kontaktnu površinu iste orijentacije.

Procesa polarizacije



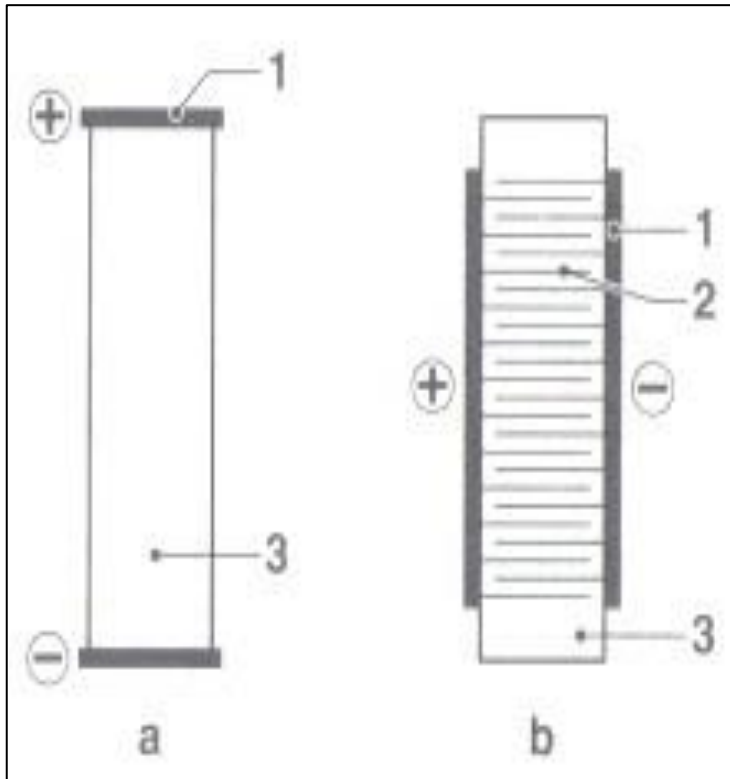
- a) Početno stanje
- b) U toku polarizacije
- c) Nakon polarizacije

- 1- Domen
- 2- Produženje tokom polarizacije
- 3- Remanentno produženje
- 4- Efektivni takt

Materijali

- Pijezoelektrični materijali su potkategorija dielektrika, električno neprovodivi, nemetalni materijali sa slobodno pokretnim nosiocima naelektrisanja.
- Poput prvih pijezoelektričnih monokristala (turmalin i kvarc), velik broj polikristalnih pijezoelektričnih materijala imaju slične karakteristike, uključujući keramičke materijale.
- **PZT keramika** (*Plumbum Zirconate Titanate*) zasniva se na sistemu oksidaciono kristala od olovo-cirkonijum-titanijuma, koje karakteriše visoki **faktor k** , (odnos akumulirane mehaničke energije prema ukupnoj energiji napajanja).
- PZT keramika je naročito značajna za pijezo aktuatore.

Konstrukcija



a) „Bulk“ pijezo aktuator

b) Višeslojni pijezo aktuator

1- Spoljne elektrode

2- Unutrašnje elektrode

3- Pijezoelektrični materijal

- U cilju dobijanja tehnički prihvatljivog izduženja sa ovim „bulk“ pijezo aktuatorom (Slika a), po pravilu materijali sa velikom debljinom zahtevaju i veoma visoke napone aktiviranja reda **nekoliko desetina kV**.
- U višeslojnom pijezo aktuatoru (Slika b), pijezoelektrični element je podeljen u mnogo paralelno spojenih aktivnih slojeva sa unutrašnjim elektrodama.
- Time se značajno smanjuje potrebni napon aktiviranja sa virtuelno istim izduženjem cele kombinacije.
- Višeslojni pijezo aktuatori mogu da rade sa bezbednom jačinom električnog polja srednjih napona ($U < 200 \text{ V}$), pogodni za primenu u sistemima za ubrizgavanje motora SUS.

Primena aktuatora u savremenim motorima SUS

Karakteristične primene izvršnih elemenata u savremenim motorima sa unutrašnjim sagorevanjem su:

- brizgači,
- indukcion kalem – bobina,
- regulator praznog hoda (jednosmerni, step motori),
- upravljačka jedinica prigušnog leptira,
- EVAP ventil (ventil za regeneraciju benzinskih isparenja),
- aktuatori za zakretanje bregastog vratila/osovine,
- električna pumpa za rashladnu tečnost,
- aktuatori za varijabilno izdizanje ventila,
- EGR ventil (ventil za recirkulaciju izduvnih gasova),
- upravljanje zakretnim klapnama u usisnoj grani,
- regulacija pritiska punjenja,
- upravljanje jedinicom za određivanje ubrizgane količine goriva..