

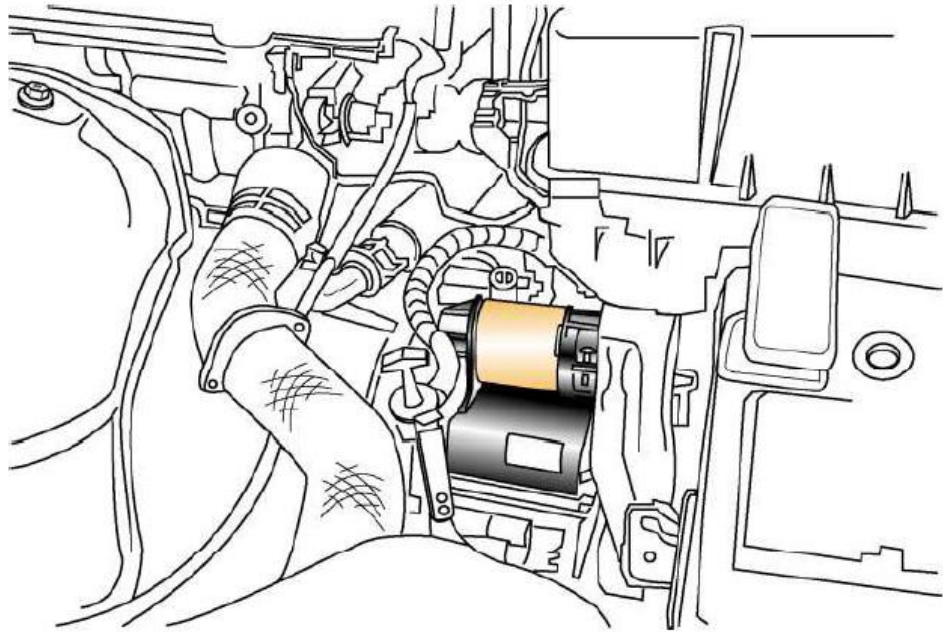
# Sadržaj Predavanja

---

1. Starter Elektro Motori
2. Instalacije Starter Motora
3. Testiranje Starter Motora
4. Sustavi Paljenja (Ignition Systems) Motora sa Unutarnjim Sagorijevanjem

# Starter Motor

---

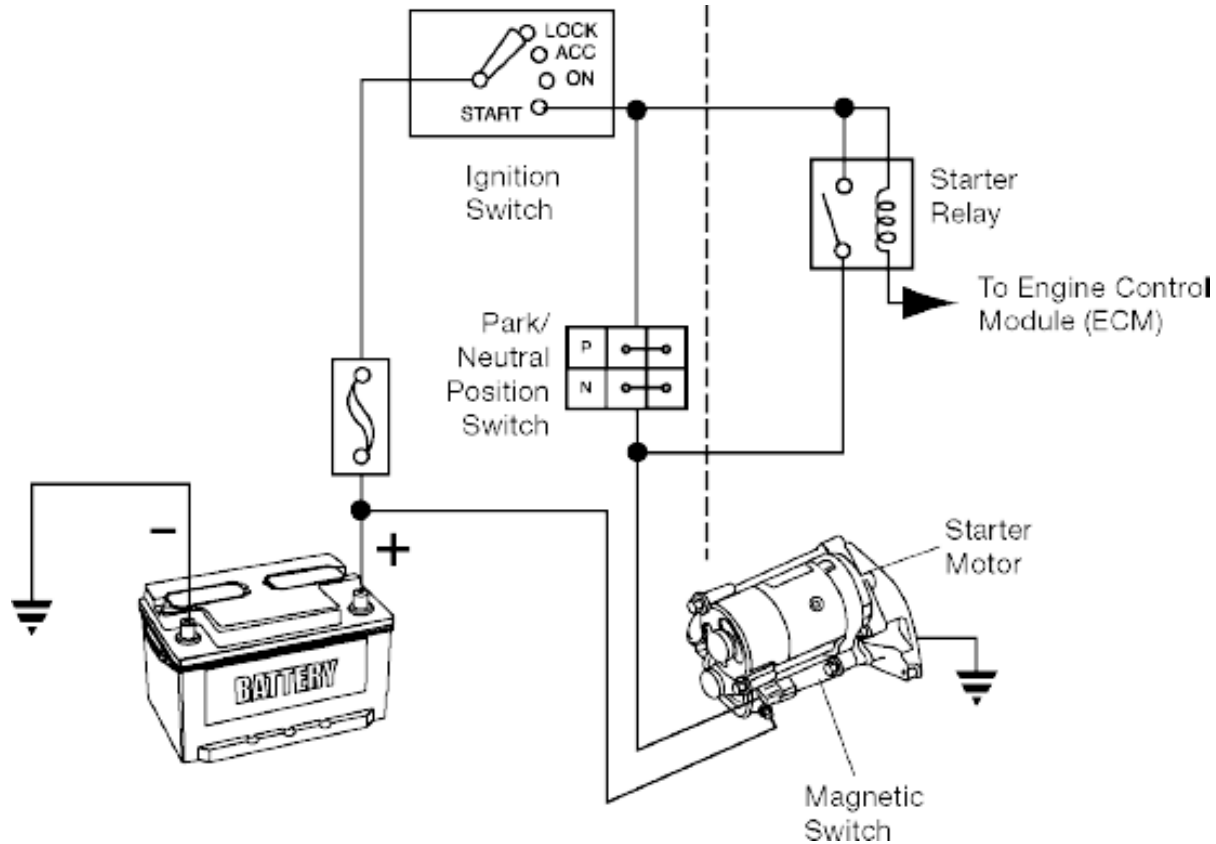


Starter motori su DC motori jake struje koji se koriste da se motor sa unutarnjim sagorijevanjem pokrene i dovede do 200 oko 200 RPM

Starter motori prenosi mehaničku energiju preko sustava zupčanika na osovinu motora sa unutarnjim sagorijevanjem.

Čim se motor sa unutarnjim sagorijevanjem dovede do oko 200 RPM zupčanik starter motora se mehanički odvoji od motora sa unutarnjim sagorijevanjem te se starter motor isključi.

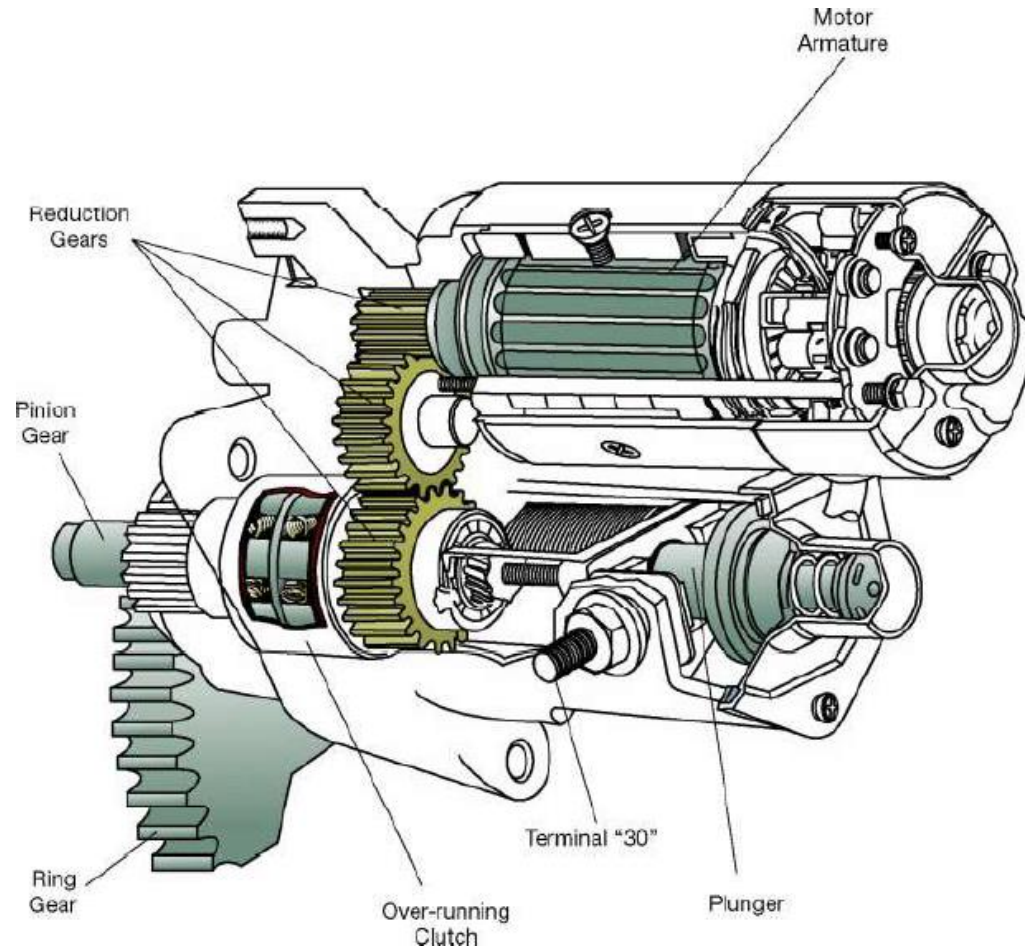
# Komponente Sustava Starter Motora



Komponente sustava starter motora:

- Starter motor
- Magnetni prekidač
- Kontakti prekidača za sustav paljenja smjese motora
- Relej za pokretanje starter motora
- Kvačilo za odvajanje starter motora (kada postigne dovoljnu brzinu)
- Baterija za pokretanje starter motora

# Prijenos Starter Motora



Prijenos starter motora se sastoji od sustava zupčanika koji prenose mehaničku snagu na glavni zamašnjak motora.

Starter motor se vrti velikom brzinom te prenosi zakretni moment u prijenosnom omjeru  $\frac{1}{3}$  ili  $\frac{1}{4}$  na zamašnjak motora.

Za manje motore sa unutarnjim sagorijevanjem snage starter motora su od oko 0.8KW za benzinske motore i 2.5KW za dizel motore.

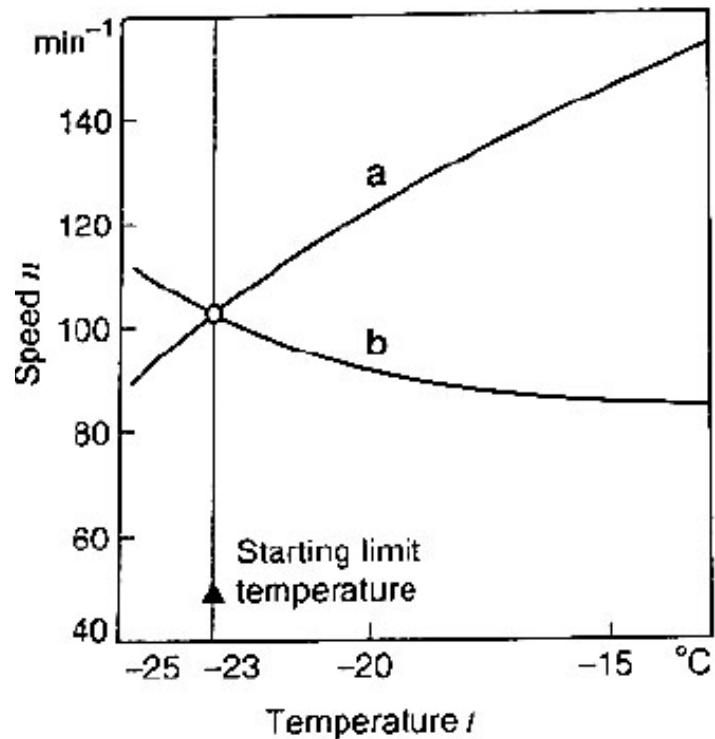
# Zahtjevi na Starter Motor

---

Starter motor mora imati slijedeće karakteristike:

- Mora uvijek biti spreman za pokretanje motora sa unutarnjim sagorijevanjem (baterija mora biti u zadovoljavajućem stanju)
- Mora moći dati dovoljnu snagu za pokretanje motora sa unutarnjim sagorijevanjem bez obzira na temperaturu (cold cranking amps)
- Životni vijek starter motora mora biti takav da omogući veliki broj pokretanja starter motora
- Starter motor mora biti malih dimenzija i male težine
- Starter motor mora biti takav da ima najveći mogući životni vijek bez održavanja motora

# Karakteristike Starter Motora



Brzina starter motora (a) se smanjuje sa temperaturom zbog povećanja unutarnjeg otpora baterije na nižim temperaturama.

Minimalna brzina za pokretanje motora (b) se smanjuje sa povećanjem temperature.

Sjecište krivulja (a) i (b) daje nam minimalnu temperaturu na kojoj se motor može pokrenuti.

Ako je temperatura manja od temperature koju nam daju sjecišta (a) i (b) motor sa unutarnjim sagorijevanjem se ne može pokrenuti.

# Starter Motori za Manje Brodove

---

- Nominalni output je oko 2kW
- Nominalni napon 12V
- Može pokrenuti benzinske motore do 7L i dizel motore do 3L
- Imaju jednostavne električne krugove za pokretanje motora
- Najčešće dolaze bez električne zaštite električnog kruga za start motora te bez elektroničkih sklopova za nadzor starta motora.

# Starter Motori i Baterijske Instalacije

---

- Baterija bi u pravilu trebala biti što bliže starter motoru iz razloga da se smanji pad napona na kabelima. Što je dulji kabel to veći pad napona na kabelima te je manji napon na motoru
- Kabeli za starter motor trebaju biti dovoljnog presjeka da se kabeli ne pregrijavaju i ne oštete izolaciju. Npr. 2kW starter motor vuče oko 160A struje pri 12V.

Specifična vodljivost bakra  $\sigma$  je  $\sigma = 5.85 \times 10^7 \text{ S/m}$  dok je specifični otpor bakra  $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega m$ . Gustoća bakra je  $\rho_m = 8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  a termalna vodljivost je  $\kappa = 401 \text{ W/m K}$ . Specifični otpor bakra se može izraziti jednadžbom:

$$(1) \rho = R \frac{A}{l}$$

Gdje je  $A$  površina presjeka vodiča a  $l$  je duljina vodiča. Iz (1) je očito da  $R$  raste sa duljinom vodiča  $l$  ako je presjek  $A$  i specifična vodljivost  $\rho$  konstantna.



# Starter Motori i Baterijske Instalacije

---

Snaga  $P$  disipirana na vodiču se može naći iz jednakosti:

$$(2) P = I^2 R$$

Uvrštavajući izraz (1) u izraz (2) dobije se snaga disipirana na vodiču o ovisnosti o omjeru presjeka vodiča  $A$  i duljine vodiča  $l$ :

$$(3) P = I^2 \rho \frac{l}{A}$$

Iz (3) vidimo da što je veći presjek vodiča to je manje zagrijavanje vodiča. Ako su kabeli koji vode od baterije do starter motora presjeka  $A = 25\text{mm}^2$  i duljine  $l = 1.5\text{m}$  te vodičem teče struja od  $160\text{A}$  onda je pad napona  $\Delta V$  na kabelima:

$$(4) \Delta V = I R = I \rho \frac{l}{A} = 160\text{A} \cdot 1.7 \times 10^{-8} \Omega\text{m} \frac{1.5\text{m}}{25\text{mm}^2} = 0.1632\text{V}$$

# Starter Motori i Baterijske Instalacije

---

Snaga disipirana na dijelu kabela duljine  $l = 1.5m$  i presjeka  $A = 25mm^2$  kroz koji teče struja od 160A može se naći iz izraza (3):

$$(5) P = I^2 \rho \frac{l}{A} = (160A)^2 \cdot 1.7 \times 10^{-8} \Omega m \frac{1.5m}{25mm^2} = 26.112 \text{ W/s}$$

Kod izbora kabela za spajanje starter motora na bateriju treba voditi računa o presjeku kabela i o duljini kabela.

Kabel ne smije biti previše dug a niti smije biti premalog presjeka. Ako je previše dug može doći do prevelikog pada napona na kabelima. Ako je premalog presjeka kabel se može pregrijavati što može dovesti do otapanja izolacije.

- Također treba voditi računa i o prijelaznim pojavama. Kod uključjenja starter motora, motor može povući i do 5 puta veću struju od nominalne struje starter motora. Baterija treba biti takva da može kratkotrajno dati odgovarajuću struju.

# Testiranje Starter Motora

---

Niski napon na starter motoru je najčešći uzrok skraćenja života starter motora.

Ako je napon niži od nominalnog, to uzrokuje da motor povuče veću struju te se time generira i više topline.

Niži napon na starter motoru može uzrokovati i probleme na releju starter motora (nemogućnost da ostvari kontakt).

Starter motor možemo testirati voltmetrom:

- 1) Odspojiti uzemljenje sa razvodne kape motora (sadrži svijećice za paljenje smjese) tako da se motor ne može pokrenuti
- 2) Spojiti plus (+) terminal voltmetra direktno na plus terminal starter motora
- 3) Spojiti minus (-) terminal voltmetra direktno na nebojenu površinu metala na kućištu starter motora

# Testiranje Starter Motora

---

- 4) Dati kontakt na motoru u trajanju od 10s-15s i pratiti voltmetar
- 5) Ako je napon na voltmetru 9.5V ili veći tada starter motor ima dovoljan napon za normalno funkcioniranje. U tom slučaju problem može biti ili u starter motoru ili na motoru sa unutarnjim sagorijevanjem. Da bi se provjerilo da li se motor može okretati treba izvaditi svijećice i pokušati ručno zakrenuti motor. Ako je i taj test ispravan onda je problem na samom starteru motora.
- 6) Ako je napon manji od 9.5V tada je problem ili u bateriji ili u kabelima i kontaktima koji vode do starter motora. Razlog mogu biti korodirani kabeli, loši ili nečisti kontakti, itd..

# Sustav Paljenja Motora sa Unutarnjim Sagorijevanjem

---

- Da se upali zapaljiva smjesa goriva i zraka u cilindru motora, kod benzinskih motora potreban je određeni oblik sustava za paljenje smjese
- Dugo godina postojala su samo dva oblika sustava za paljenje smjese:
  - Magneto sistemi
  - Sustavi sa zavojnicom za paljenje
- Iskra koja dolazi iz svijećice pali smjesu goriva i zraka te dovodi do rapidnog porasta temperature unutar cilindra.
- Međutim da bi se iskra proizvela potrebno je dovesti vrlo visoki napon na svijećice
- Taj napon je reda veličine nekoliko stotina volti kod normalnog atmosferskog tlaka te se povećava sa kompresijskim omjerom cilindra

# Sustav Paljenja Motora sa Unutarnjim Sagorijevanjem

---

- Faktori koji povećavaju napon na svijećicama su:
  - deteoracija površine elektroda
  - sagorijevanje mješavine goriva i zraka koja ne sadrži dovoljno goriva
  - niska temperatura kod startanja motora
- Ostali zahtjevi na sustav paljenja:
  - Broj iskri potrebnih u vremenskom intervalu - ako motor ima 4 cilindra i rotira brzinom od 4500 rpm (75 rps) to znači da imamo trebamo 150 iskri svake sekunde
  - Jedan od važnijih zahtjeva je iskre moraju biti u vremenskim intervalima takvim da do iskrenja dođe u optimalnom trenutku
- Sustav paljenja motora sa unutarnjim sagorijevanjem se tijekom godina promijenio jako malo ali su inovacije donijele preciznost u radu

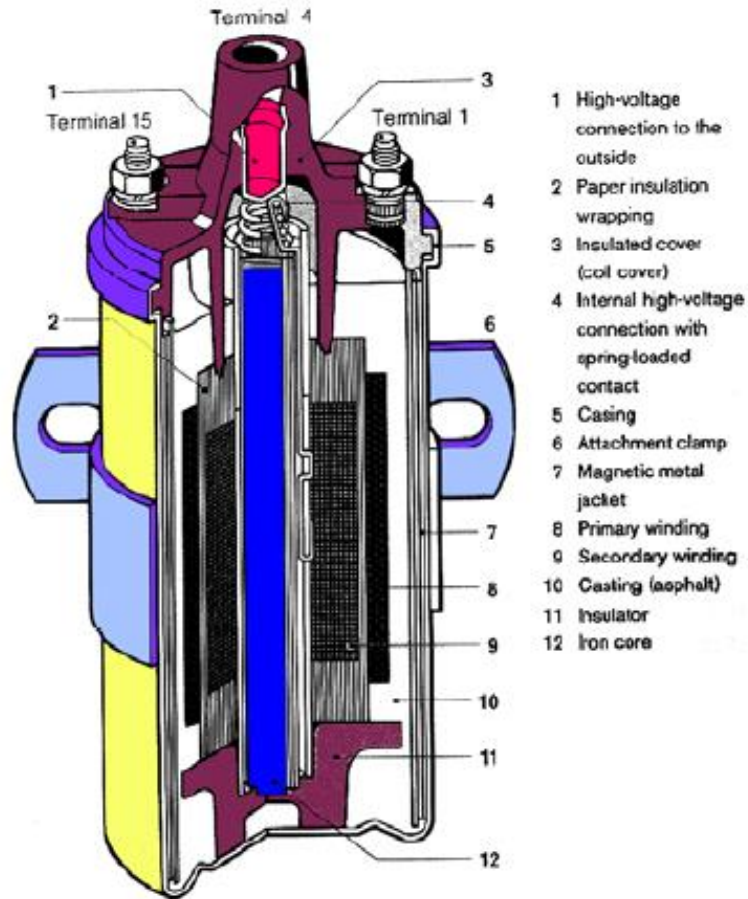
# Sustav Paljenja Motora sa Unutarnjim Sagorijevanjem

---

Sustav paljenja motora sa unutarnjim sagorijevanjem se najčešće sastoji od slijedećih komponenti:

- Baterije i sustava za punjenje baterija
- Zavojnice za paljenje (eng. ignition coil)
- Svijećica za paljenje
- Kape za distribuciju
- Visokonaponskih kabela za paljenje

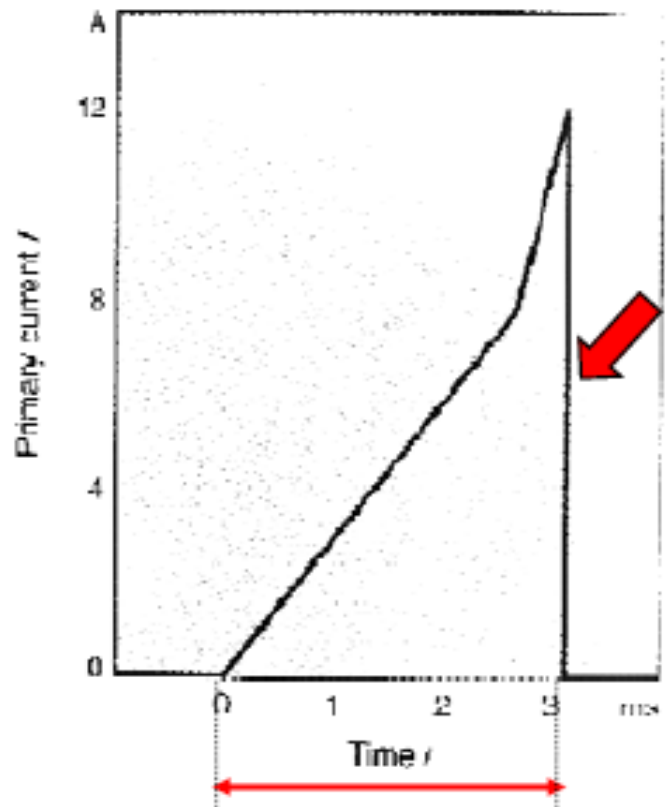
# Sustav Paljenja Motora sa Unutarnjim Sagorijevanjem



- Zavojnica za paljenje (ignition coil) je srce sustava za paljenje. U suštini je ona transformator, ali je uvriježeni naziv zavojnica za paljenje te se u daljnjem tekstu naziva zavojnica za paljenje.
- Zavojnica za paljenje (ignition coil) sadrži namote primara i sekundara.
- Namoti primara sadrže od 100-150 namota bakrene žice.
- Namoti sekundara imaju oko 15000-30000 namota bakrene žice
- Da se poveća magnetski tok namoti primara i sekundara su namotani oko meke željezne jezgre



# Sustav Paljenja Motora sa Unutarnjim Sagorijevanjem



- Prolaskom struje kroz zavojnicu, unutar zavojnice se stvara jako magnetsko polje.
- Kada se ta struja isključi, inducira se visoki napon na sekundaru zavojnice te se vodi visokonaponskim kabela do distribucijske kape i svijećica
- Da bi zavojnica za paljenje podnijela visoke temperature do kojih dolazi kod procesa paljenja, zavojnica je obično punjena uljem za hlađenje.

# Sustav Paljenja Motora sa Unutarnjim Sagorijevanjem

