

MEHATRONIČKI SISTEMI KOD MOTORA I VOZILA

**OSNOVE ELEKTRONSKOG
UPRAVLJANJA MOTOROM KOD VOZILA**

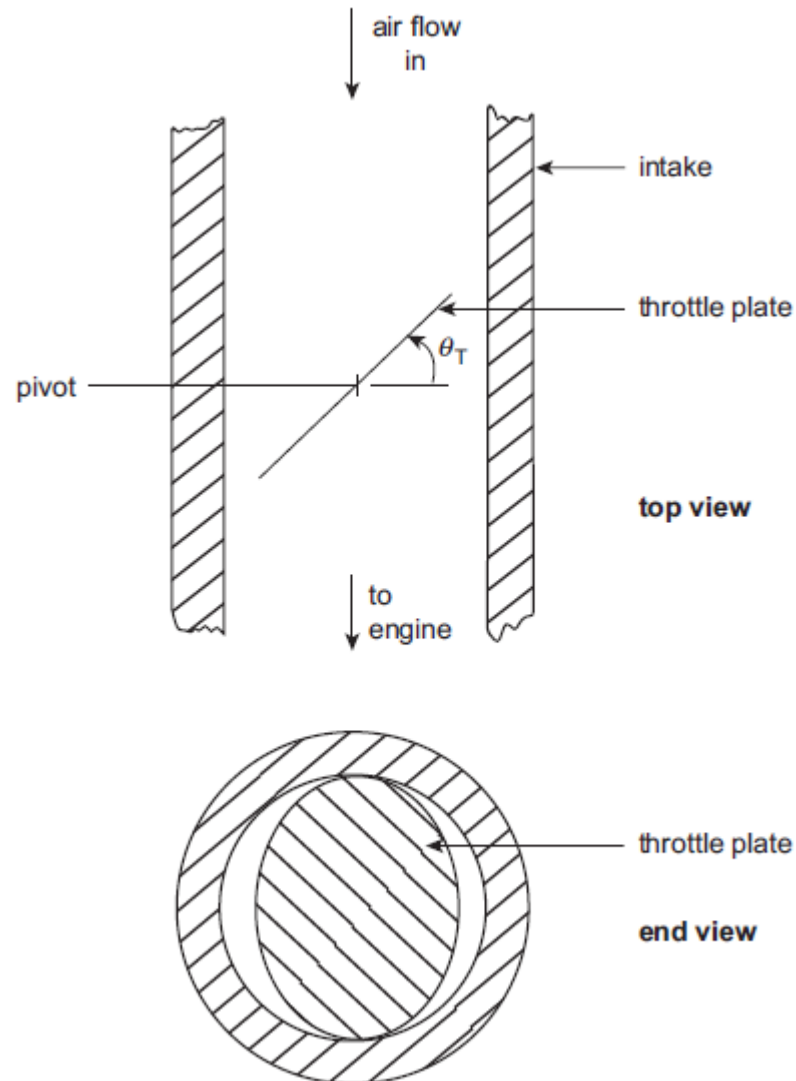
**Spring 2018
by
Slobodan Lubura**

ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- Peadalom gasa direktno se reguliše snaga koja proizvede motor u bilo kojoj svojoj radnoj tački. To se svodi na kontrolu protoka vazduha u motoru
- U suštini, motor je vazдушna pumpa tako da pri svakom broju obrtaja masa protoka vazduha u motoru varira direktno sa ugaonim položajem papučice gasa
- Uloga kontrolera protoka goriva je da reguliše količinu goriva koja se miješa sa vazduhom, tako da se taj protok povećava srazmjerno protoku vazduha
- Za bilo koju smješu goriva i vazduha snaga motora je direktno proporcionalna masenom protoku vazduha
- Ako je snaga motora data u kilovatima (kW) onda se maseni protok vazduha daje u kilogramima (kg)

ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- Usisni sistem vazduha u motor sa pločicom “gasa” koja određuje protok vazduha



ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- Najjednostavniji je linearni model između snage motora P_b i masenog protoka vazduha:

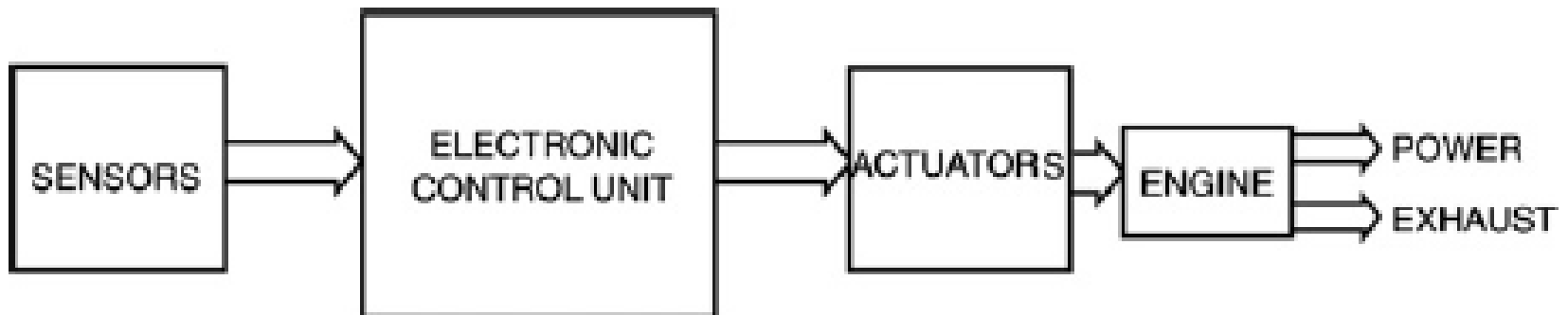
$$P_b = K\dot{M}_A$$

$\dot{M}_A$ - maseni protok (kg/sec), P_b – snaga motora (kW), K – konstanta

- Moderni elektronski upravljački sistem motora sastoji se od elektronskih i elektromehaničkih komponenti koji kontinualno mijenjaju smjesu goriva i trenutak njegovog paljenja kako bi zadovoljili stroge zakone o emisije izduvnih gasova i propise o ekonomičnosti potrošnje goriva.
- Elektronski sistem za upravljanje motorima prima ulazne električne signale od raznih senzora koji mjere parametre motora.
- Iz ovih signala, upravljačka jedinica generiše izlazne električne signale aktuatorima koji određuju ispravnu smjesu goriva i trenutak njegovog paljenja.

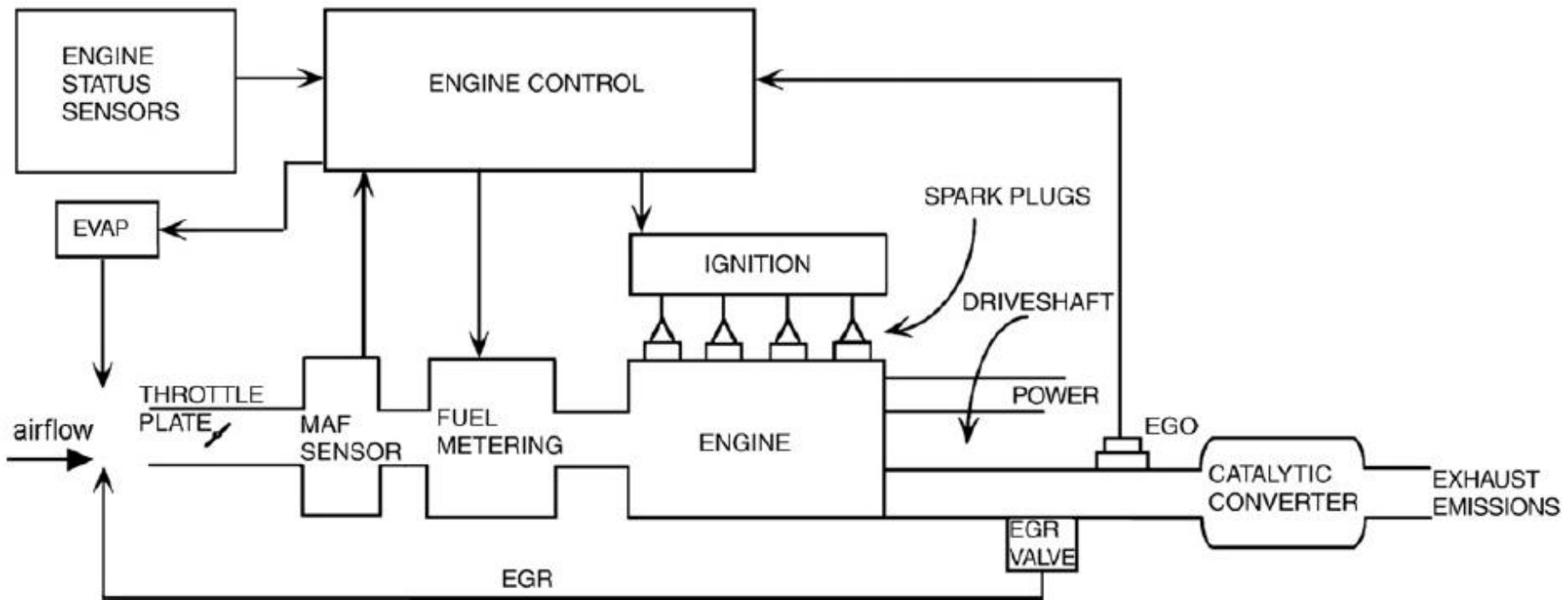
ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- Blok dijagram generalizovanog sistema elektronskog upravljanja motorima
- U jednoj svojoj fazi razvoja, elektronska upravljanje motorom sastojalo se od odvojenih podсистема za kontrolu goriva, kontrolu paljenja iskre i recirkulaciju izduvnih gasova.



ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- Funkcionalni blok dijagram elektronskog sistema upravljanja motorima

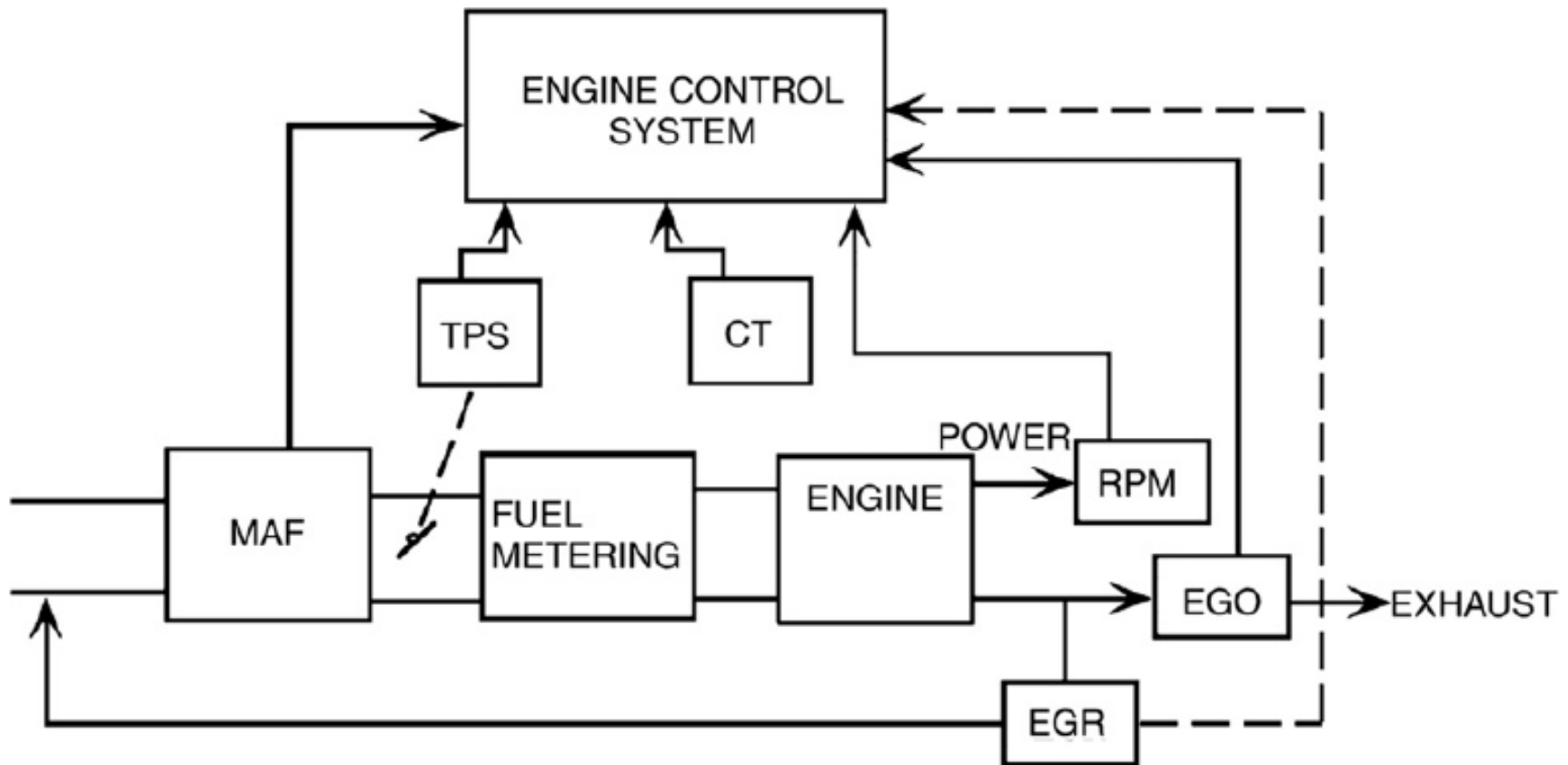


ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- **Ulazni senzori** u elektronsku upravljačku jedinicu (ECU)
 1. Senzor položaja papučice gasa (TPS)
 2. Senzor masenog protoka vazduha (MAF)
 3. Senzor temperatura motora (temperatura rashladne tečnosti) (CT)
 4. Senzor brzina motora (RPM) i ugaona pozicije
 5. Senzor položaja ventila za recirkulaciju izduvnih gasova (EGR)
 6. Senzor koncentracija kiseonika u izduvnim gasovima (EGO)

ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- Fizičke veličine koje se mjere i dovode na ulaz ECS (Engine Control System)

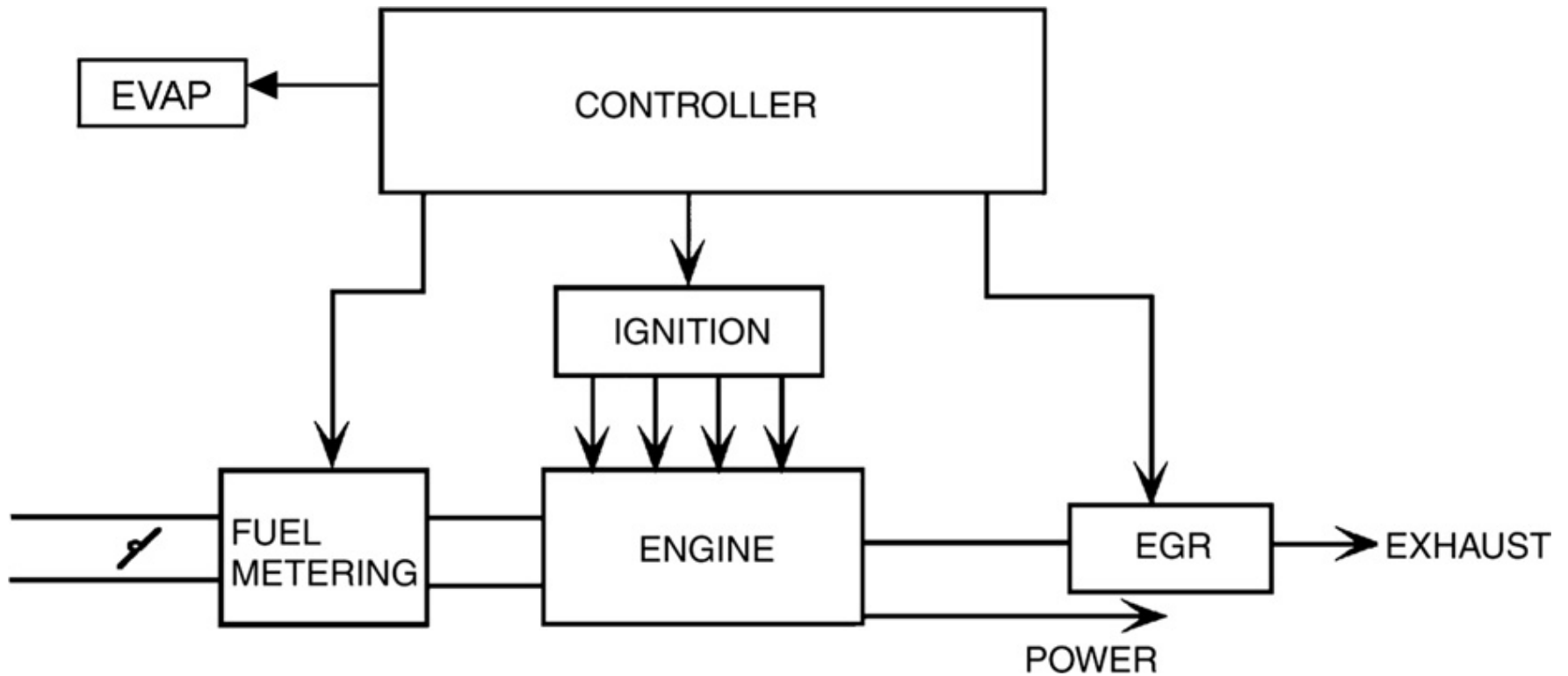


ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- ECU jedinica upravljanjem motora treba da izvrši:
 1. Upravljanje potrošnjom goriva
 2. Upravljanje paljenjem (trajanje i vremenski raspored)
 3. Upravljanje recirkulaciom izduvnih gasova
 4. Upravljanje emisijom isparivog goriva (EVAP)

ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

- Upravljačka dejstva ECU prema motoru



ELEKTRONSKOG UPRAVLJANJA MOTOROM

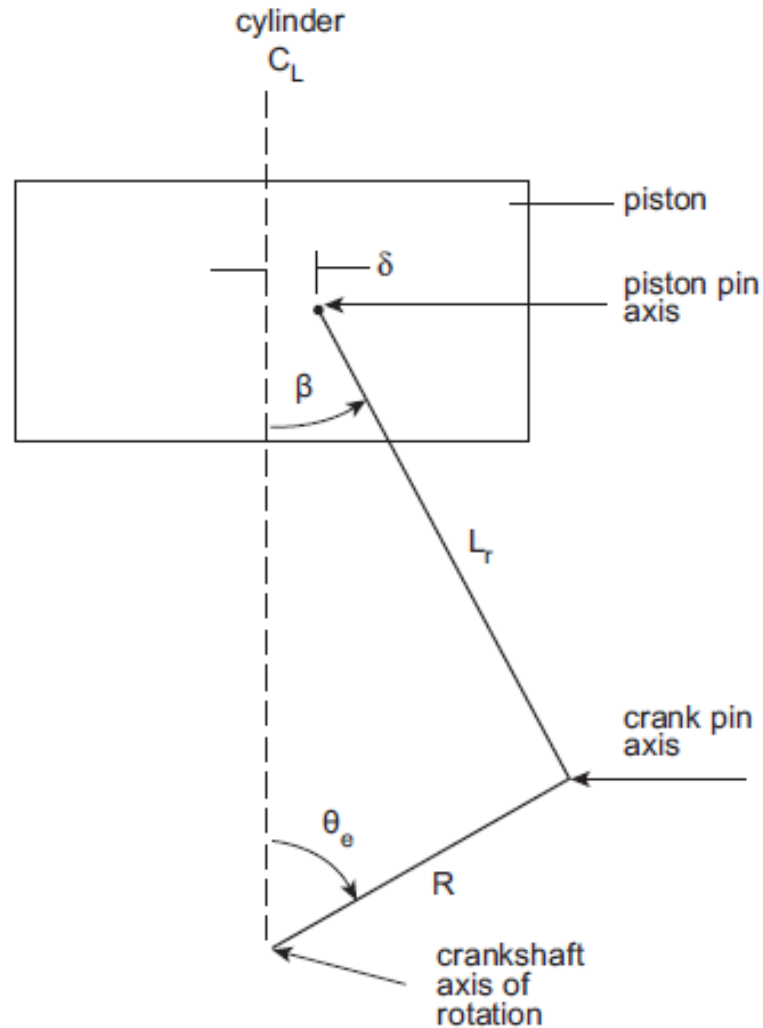
- **Ulazni senzori** u elektronsku upravljačku jedinicu (ECU)
 1. Senzor položaja papučice gasa (TPS)
 2. Senzor masenog protoka vazduha (MAF)
 3. Senzor temperatura motora (temperatura rashladne tečnosti) (CT)
 4. Senzor brzina motora (RPM) i ugaona pozicije
 5. Senzor položaja ventila za recirkulaciju izduvnih gasova (EGR)
 6. Senzor koncentracija kiseonika u izduvnim gasovima (EGO)

OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - MOMENT

- Obrtni moment motora T (Nm) se dobije na radilici motora promjenom pritiska u cilindra usljed paljenja smješe.
- Obrtni moment koji se dobije na radilici motora naziva se nazivni obrtni moment T_i
- Izlazni obrtni momenat motora na prenosnom dijelu radilice razlikuje se od T_i zbog gubitaka trenja i gubitaka usljed funkcija usisavanja i ispuštanja fluida (gasova) iz cilindara.
- Ovi gubici čine moment gubitaka

OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - MOMENT

- Ilustracija geometrije cilindra



OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - MOMENT



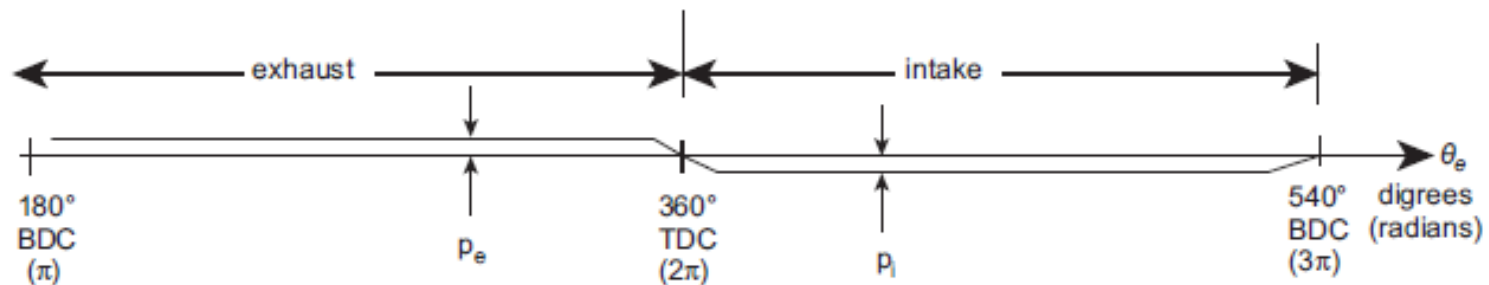
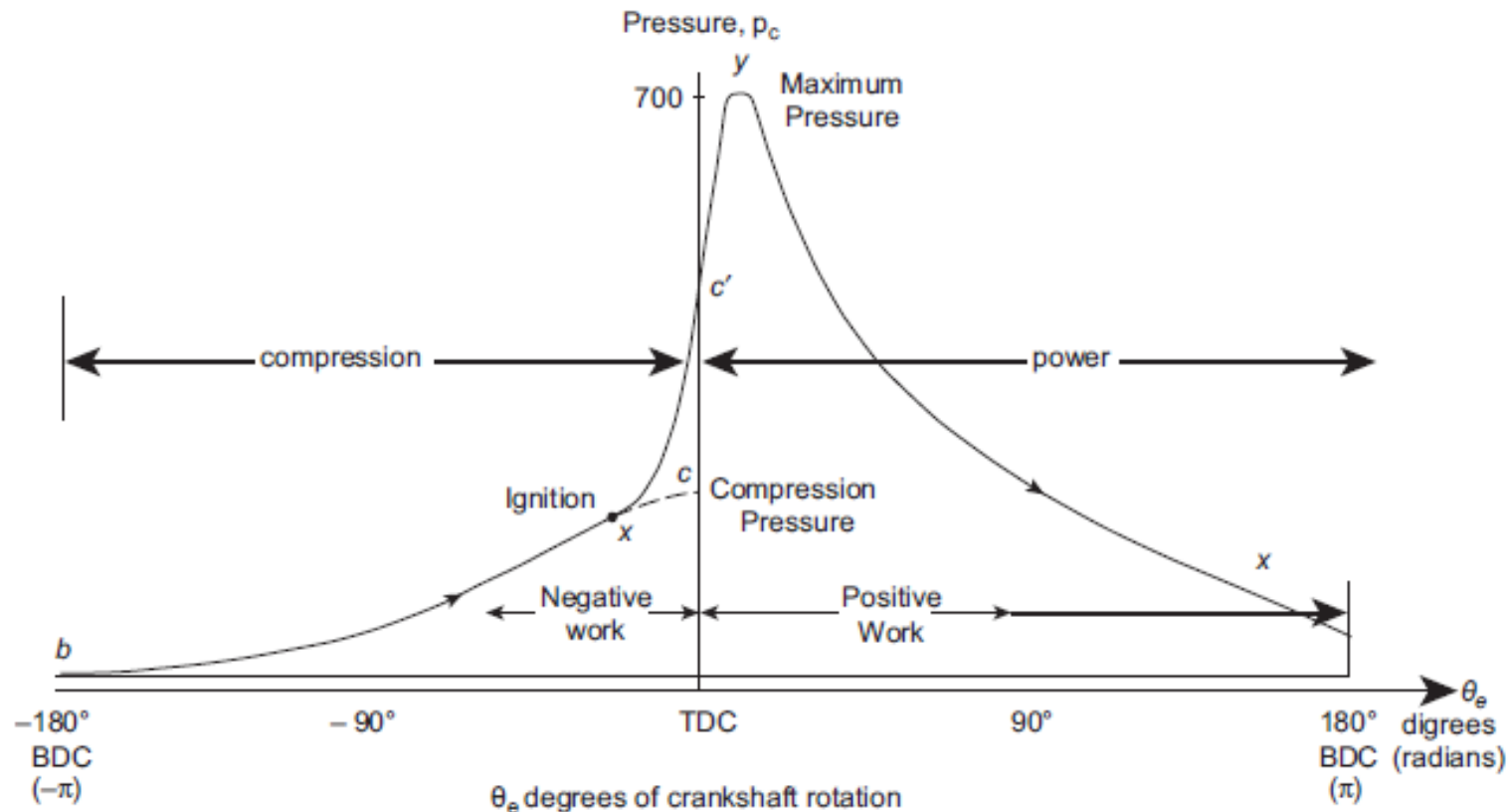
OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - MOMENAT

- Nazivni moment $T_i(\theta_e)$ je u funkciji ugla položaja radilice (θ_e) i dat je jednačinom:

$$T_i(\theta_e) = \frac{p_c(\theta_e)AR\sin(\theta_e + \beta)}{\cos\beta}$$

- $p_c(\theta_e)$ - pritisak u komori za sagorijevanje
- R – rastojanje između ose rotacije radilice i ose rotacije klipnjače
- β – ugao između vertikalne ose cilindra i položaja klipnjače
- A – Površina klipa na koju djeluje pritisak $p_c(\theta_e)$

Pritisak u komori za sagorijevanje kod četverotaktnog motora



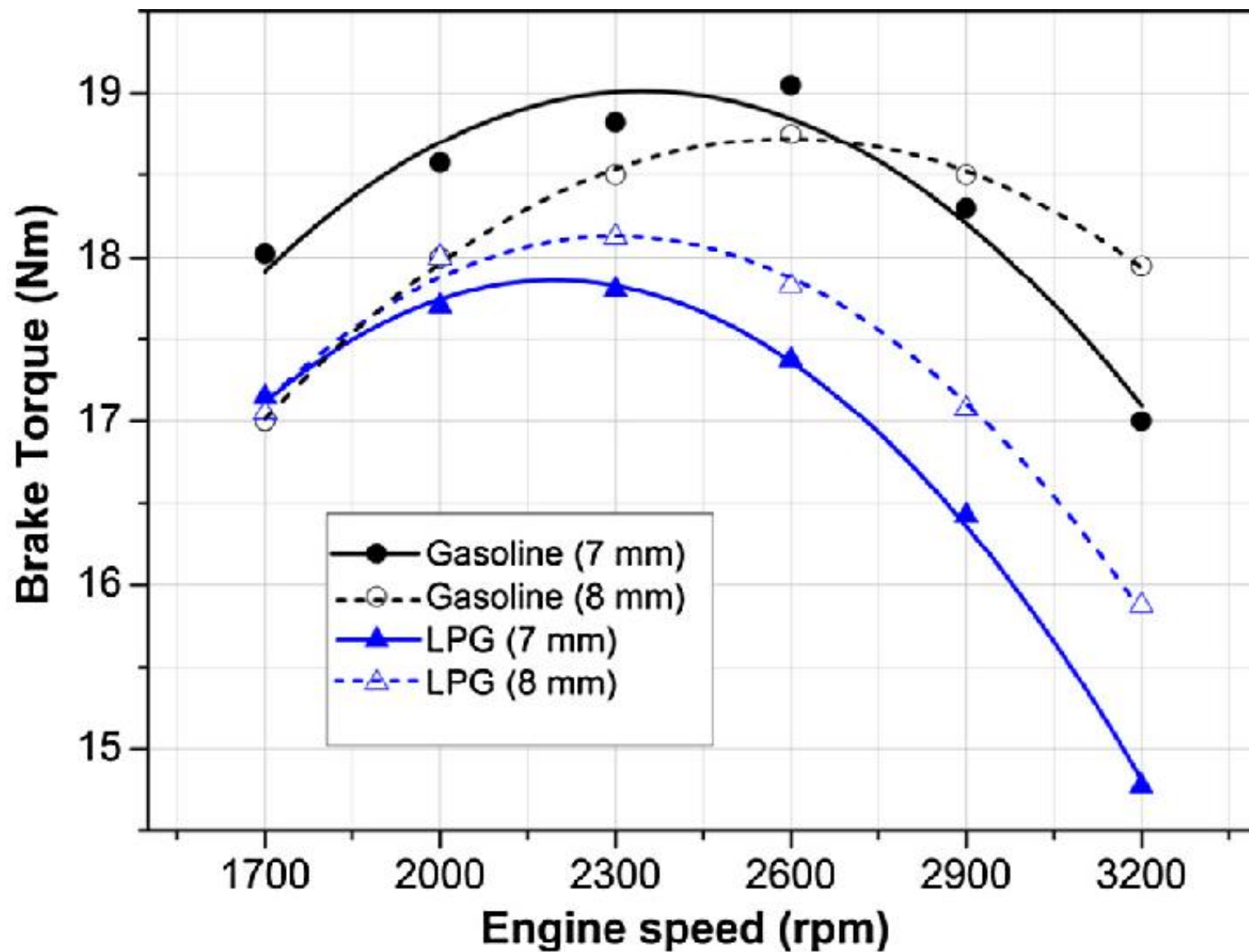
OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - MOMENAT

- Dio dobijenog korisnog momenta $T_i(\theta_e)$ troši se na svladavanje trenja u ležajevima radilice i negativnih momenata u cilindru u usisnoj i izduvnoj fazi rada motora.
- Ovi negativni momenti nastaju zbog postojanja pritiska p_e u izduvnoj i pritiska p_i u usisnoj fazi rada motora
- Obrtni moment dobijen na radilici motora naziva se polazni moment (opterećenja) T_b

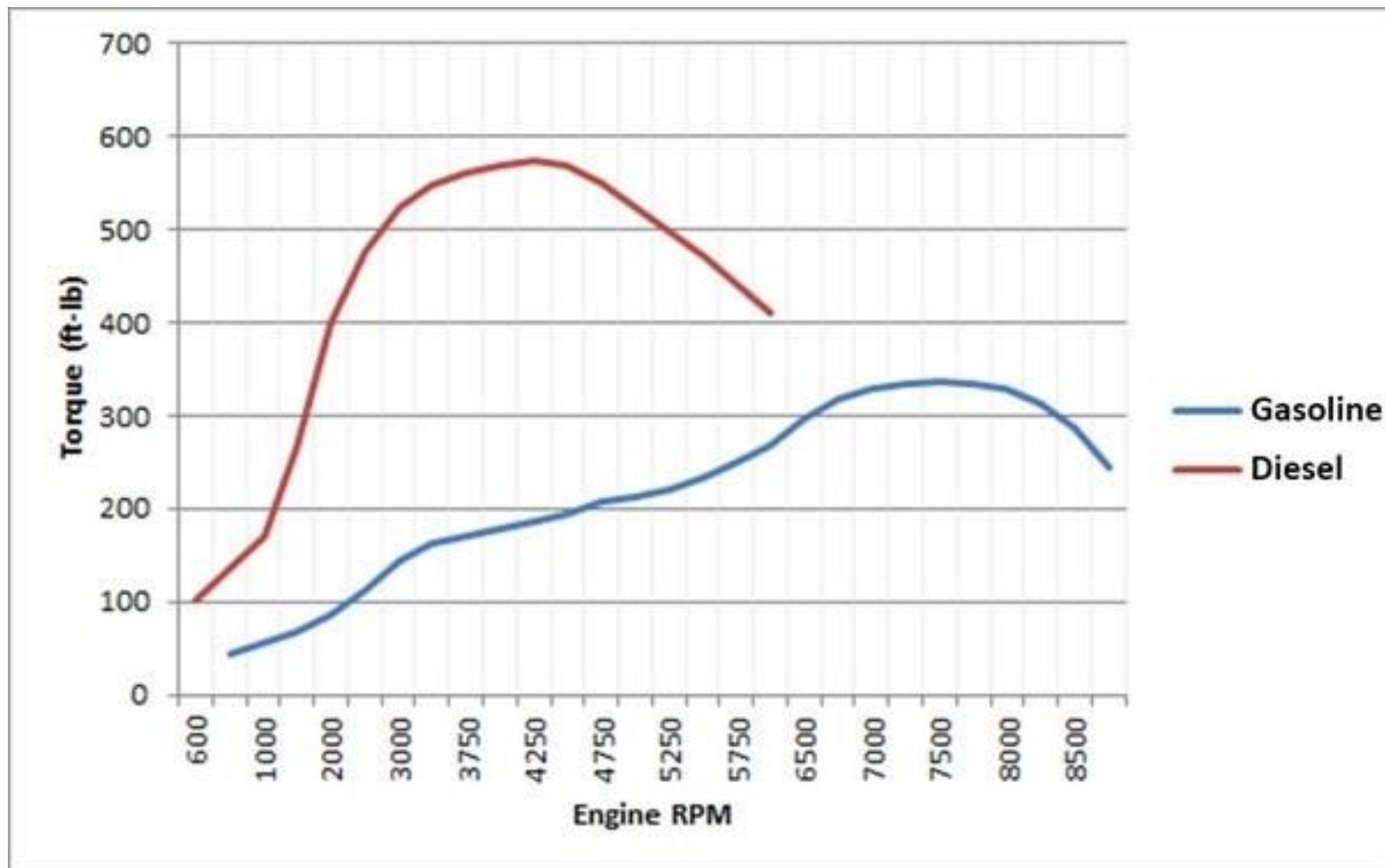
$$\overline{T}_b = \overline{T}_i - \overline{T}_{fp}$$

- Sa T_{fp} označen je momenat koji obuhvaća sve pomenute gubitke

OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - MOMENAT



OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - MOMENAT



OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - SNAGA

- Jedna od najvažnijih metrika za određivanje performansi motora je izlazna snaga.
- Ova snaga se odnosi na nazivni obrtni momenat radilice motora.
- Trenutna snaga ($P_i [\theta_e (t)]$) koja se dobije na radilici motora pri datom obrtnom momentu data je jednačinom:

$$P_i(t) = T_i(t)\omega_e(t)$$

- Gdje je $\omega_e(t)$ ugaona brzina data sa:

$$\omega_e(t) = \frac{d\theta_e}{dt} \quad \text{in rad/sec}$$

- Jedinice za $P_i(t)$ je Nm/sec

OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - SNAGA

- Proizvođači motora daju srednju snagu motora koja je data izrazom:

$$\bar{P}_i(N) = \frac{1}{4\pi N} \int_0^{4\pi N} P_i(\theta_e) d\theta_e$$

- Gdje je N – broj ciklusa motora, θ_e – ugao radilice u radijanima
- Ova snaga je data u kW ili Hp – konjskim snagama (1Hp = 0.75 kW)
- Izlazna snaga motora na radilici poznata je kao snaga opterećenja (P_b) i ona se razlikuje od snage P_i za gubitke trenja i gubitke u usisnoj i izduvnoj fazi rada motora P_{fp}

$$P_b = \bar{P}_i - \bar{P}_{fp}$$

- Merenja ove snage se vrše tako što se motor pokreće pomoću spoljnog izvora energije

OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - SNAGA



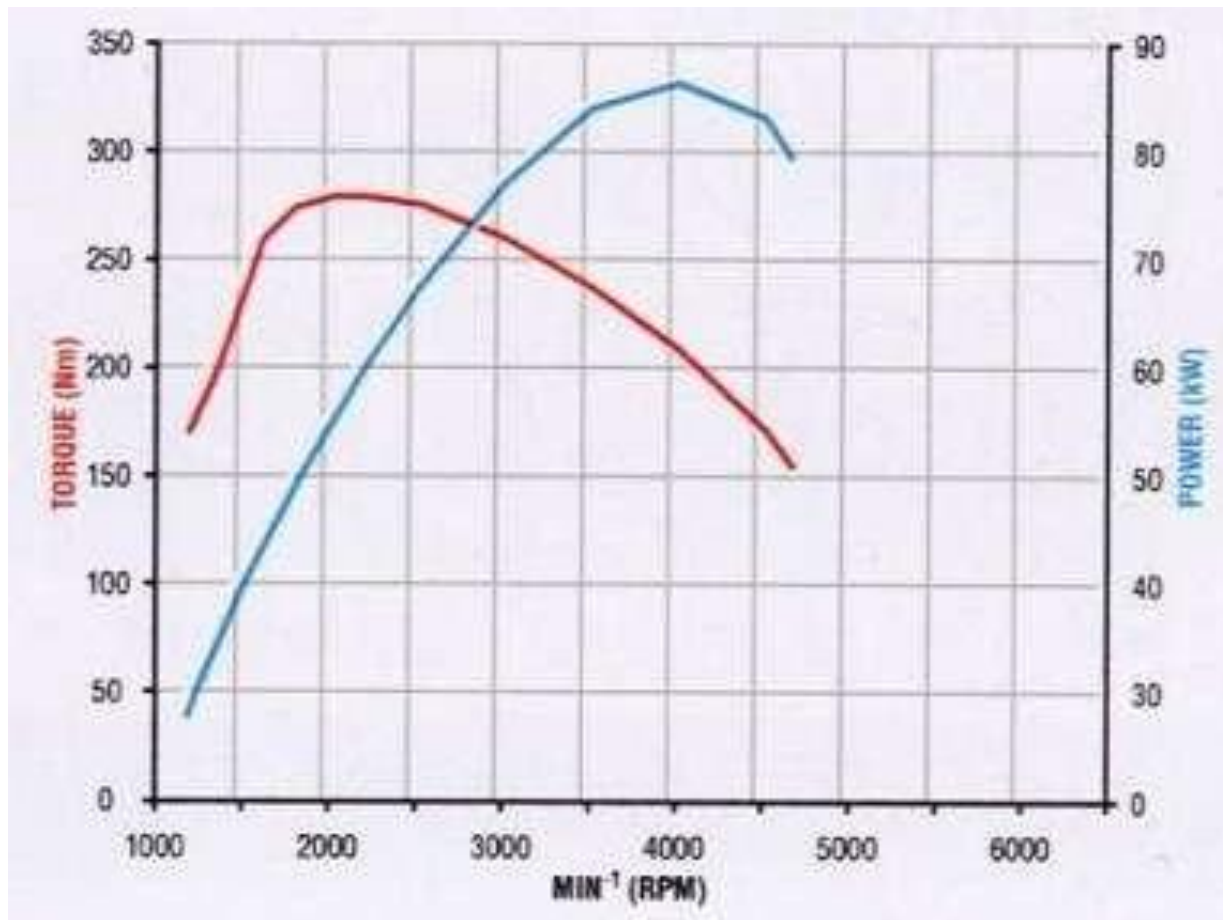
OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - SNAGA

- Proizvođači motora daju srednju snagu motora koja je data izrazom:
- Gdje je N – broj ciklusa motora, θ_e – ugao radilice u radijanima
- Ova snaga je data u kW ili Hp – konjskim snagama ($1\text{Hp} = 0.75 \text{ kW}$)
- Izlazna snaga motora na radilici poznata je kao snaga opterećenja (P_b) i ona se razlikuje od snage P_i za gubitke trenja i gubitke u usisnoj i izduvnoj fazi rada motora P_{fp}
- Merenja ove snage se vrše tako što se motor pokreće pomoću spoljnog izvora energije

OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA - SNAGA

- Uobičajena praksa procjeniti performanse motora (snagu P_b) preko polaznog momenta T_b i ugaone brzine obrtanja motora ω_e prema izrazu

$$T_b = P_b / \omega_e$$



OSNOVNE PERFORMANSE MOTORA – POPTROŠNJA GORIVA

- Potrošnja goriva se obično mjeri pri opterećenom motoru pri konstantnom broju obrtaja
- Potrošnja goriva izražava se kao odnos između protoka goriva $\dot{f}$ i izlazne snage motora (P_b) i označava se sa BSFC (Brake- Specific Fuel Consumption):

$$\text{BSFC} = \frac{\dot{f}}{P_b}$$

- Jedinica za BSFC je kg/(kW*hr)