

[Okretni moment]

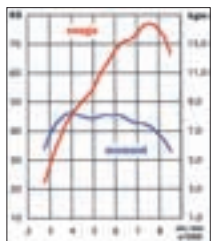
Teorija i praksa

Od ovog broja objašnjavat ćemo vam značenje važnih tehničkih pojmova - "okretni moment" prvi je u nizu

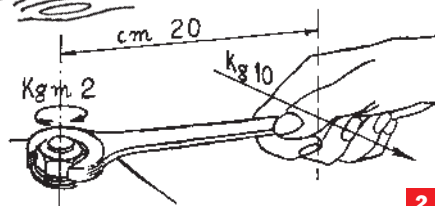
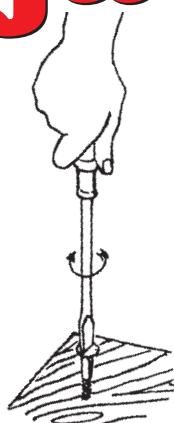
PIŠE: MIRO BARIĆ

Mnogi čitatelji našeg lista, kao i drugih listova koji se bave tehničkim temama, u podacima će naići na dosta pojmova koji im nisu jasni. Ti su pojmovi i prilično izmiješani, često i netočni, te će se prosječni čitatelj teško snaći ako već otrprie nije dobro upućen u problematiku. Kako našoj reviji nije cilj tek ispisivanje performansi nekog vozila u brojkama, već i svojevrsna tehnička edukacija, malo ćemo dublje "zaorati" ispod površine, kako biste idući puta točno znali o čemu se radi kada pročitate pojmove kao što su "okretni moment", "snaga motora", "srednji efektivni tlak", "klipna brzina", "distribucijski dijagram", "endotermika" i slično.

Tako ćemo u našem nastojanju da razjasnimo najčešće spominjane pojmove, posebice zbog mladih čitatelja koji nisu pohađali tehničke škole, u ovom izdanju slikom i riječju razjasniti što je to okretni moment.

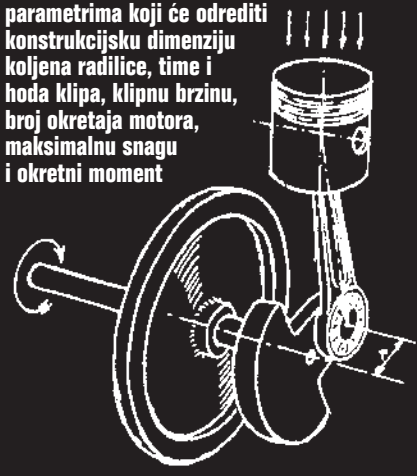


"Drehmoment", "torque", "coppia cotrice" - sve to na različitim jezicima označava okretni moment koji ćemo definirati na sljedeći način: to je stvarna snaga motora, odnosno rezultanta više sila koja proizlazi iz temeljne konstrukcije i popratnih parametara (plava crta na grafikonu). Vidljivo je da je najviša vrijednost kod ovog parametra na 4 000 okr/min, dok je ona u višem režimu vrtnje radilice u padu. Krivulja maksimalne snage (crvena linija) u usponu je s povećanjem broja okretaja radilice. Za okretni moment zadužen je i zamašnjak koji ga podržava i ublažava nepravilnu dinamiku u višem broju okretaja, te se nepravilnost gubi.



Elementarni primjer okretnog momenta je jednostavan odvijač. Uvijanjem ili izvijanjem moramo savladati silu otpora koju pruža vijak - na ovome primjeru uvijen u komad drveta. Da bismo uspjeli uviti vijak, moramo raspolagati silom većom od otpora vijka. Ustvari, okretni moment su dvije sile

Pritisak izgorjelih plinova pretvara se u termomehaničku silu preko klipa i klipnjače na koljeno radilice, ovdje označeno sa "r". Pritisak će ovisiti o mnogim parametrima koji će odrediti konstrukcijsku dimenziju koljena radilice, time i hoda klipa, klipnu brzinu, broj okretaja motora, maksimalnu snagu i okretni moment



Pogledamo li sliku 2, vidjet ćemo dvije stvari važne za okretni moment. Prva je duljina poluge ključa koja iznosi 20 cm i sila "snaga-težina" kojom stežemo. Sila u ovom slučaju iznosi 10 kg, a rezultat tog zakretnog momenta je 2 kgm. To ustvari znači da je poluga ključa duga jedan metar, što je za takav ključ nemoguće, a da bi sila ruke trebala biti samo 2 kg. U našem slučaju poluga ključa je 20 cm ili 0,2 m tako da je $0,2 \text{ m} \times 10 \text{ kg} = 2 \text{ kgm}$ ili $1 \text{ m} : 5 = 0,2 \text{ m} \times 10 \text{ kg} = 2 \text{ kgm}$. Ovdje bismo mogli reći da se radi o okretno-steznom momentu, no ovaj primjer je važan za shvaćanje sljedećih.

Pogledamo li drugi primjer, koji je još indikativniji, dobit ćemo bolje objašnjenje okretnog momenta. Imamo ključ i vijak kojeg stežemo. Odmah primjećujemo dva važna elementa: prvi je duljina poluge ključa, a drugi sila naše ruke koja ga na njegovom kraju steže.

Okretni moment računa se kilogram-metrima (u novije doba njuton-metrima), što znači da se u kilogramima ili njutnima mjeri sila (snaga pritezanja u ovom primjeru), dok se u metrima mjeri dužina kraka - poluge.

Navest ćemo još jedan vrlo jednostavan primjer iz prakse. Izvažite svoju tjelesnu težinu na kućnoj vagi. Recimo da ona iznosi otprilike 75

kg. Nakon toga stisnite vagu samo jednom rukom i zadržite tako sekundu, dvije i vidjet ćete izmjerenu vrijednost od 15, 20 ili 25 kg. Pritisćete li ruku kroz duži vremenski period, sve ju je teže zadržati. Tako ćete dobiti osjećaj "kilaže".

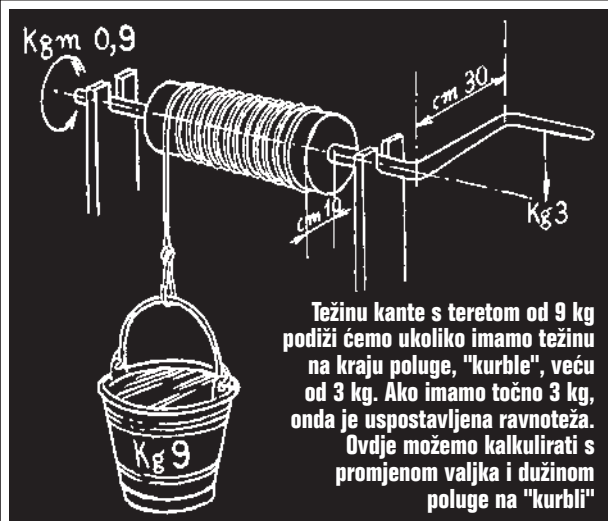
Proučite sada sliku 2. Uzmite ključ 22, 24 ili bilo koji drugi koji odgovara matici i vijku osovine od stražnjeg kotača na vašem motociklu i prekontrolirajte kojom snagom je on stegnut. Ako je promjer osovine 17 mm, a obično je tako, onda je promjer navoja $16 \text{ m} \times 1,5$ uspon navoja, pa se takva matica steže oko 10 kg. Najbolje da stavite usadni ključ, "gedoru" ili "inbus" i na njega čvrstu cijev od 1/2 m. Da biste korektno stegnuli maticu zadnjeg kotača, trebat će vam 20 kg snage na kraju poluge ključa od 1/2 m, što je 10 kg na 1 metar. Sada ste stekli malo mehaničkog iskustva, pa vam neće trebati moment ili "kilo" ključ za kontrolirano pritezanje vijaka ovako jednostavnog tipa.

No, idemo dalje. Ovi su nam primjeri bili važni za razumijevanje trećeg, najsloženijeg primjera koji će nam u konačnici na plastičan način objasniti što je zapravo okretni moment na "Otto" motorima.

Bunarsko vitlo mnogi naši čitatelji vjerojatno nisu nikada vidjeli uživo (možda samo u filmo-



Natjecateljski Kawasaki ZX-7R deklarirane snage od 155 KS pri 14.000 okr/min s relativno "niskim" okretnim momentom od 8,2 kgm i dvocilindrični Harley racing od 1000 cm³ koji na 10250 oslobađa 148 KS, ali i pruža puno veći okretni moment od 11,7 kgm. Drugačije vrijednosti zakretnog momenta očituju se i u posve različitim stilu vožnje



vima), ali svima je jasno da je to jednostavna prava za izvlačenje vode iz bunara. Pokretanjem "kurble", poluge pričvršćene na drveni valjak, namotavamo konopac s teretom, običnom kantom vode. Na primjeru slike 3 promjer valjka je 20 cm (0,2 m), polumjer je 10 cm (0,1 m), a poluga "kurble" je 30 cm. Dakle, mi trebamo u jednom okretaju od 360 stupnjeva podići kantu s teretom od 9 kg. Za to nam je potrebno 3 kg snage-težine. $9 \text{ kg} \times 0,1 \text{ m} = 0,9 \text{ kgm}$.

No, ovdje možemo kalkulariti s dužinom poluge kurble i promjerom valjka na kojeg namotamo konopac. Ako je promjer valjka manji, ili ako nam je poluga duža, lakše ćemo izvući kantu s teretom i obratno. Ako je promjer valjka veći ili je poluga kraća, tada ćemo tu radnju izvesti teže.

Sada konačno četvrti primjer gdje je prikazana skica motora, odnosno njegovih najosnovnijih elemenata kao što su klip, klipnjača i radilica. Poluga koljena radilice "r" umnožena dva puta daje hod klipa i jedan je od dva najvažnija podatka koji se daju za motor. To su "provrt x hod" cilindra ili drugim riječima "dimenzije motora". O tim faktorima zavisit će karakteristike ili, kako ih još zovu, performanse motora.

Tako možemo reći da je rezultanta umnožak sila koje se dobivaju pritiskom izgorjelih plinova u cilindru na klip, a što se umnožava preko koljena radilice i pretvara u okretni moment. Daka-ko da su za konačni rezultat zaduženi još mnogi parametri (ponajviše oni koji su vezani uz pritisak klipa na koljeno radilice) kao što su stupanj punjenja cilindra gorivom smjesom, kompresijs-ki odnos, distribucioni dijagram i drugi faktori.

No, poluga koljena radilice, "r", bitno će odrediti sudbinu nekog motora. Dva posve

krainja primjera objasniti će najbolje ono što želimo reći.

Uzmimo dakle dva posve različita motora iz Moto Pulsa broj 52: supercruiser Kawasaki VN 2000 i miniskuter Tin Mateo 50-4T. I jedan i drugi motocikl su opremljeni agregatima bitno različitih zapremina. Prvom je provrt 103 mm x hod 123,2 mm za jedan cilindar zapremine 1026 cm³, dok drugome vrijednost provrta iznosi 39 mm x hod 41,5 mm na zapreminu cilindra od 49,5 cm³. Dakle, vidimo da je provrt Kawasakijevog cilindra 1,64 puta veći od skuterovog, a hod gotovo 2 puta. Jasno, s poštovanjem sveukupne zapremine Kawasakijev motor daje točno 100 KS više maksimalne snage nego skuter koji oslobađa tek 3 KS.

No, sada pogledajmo okretni moment koji je kod Kawasakijevog agregata enorman i iznosi 177 Nm, oko 17 kgm, dok je to kod skutera skromnih 0,36 kgm ili 3,8 Nm. Iz ovih usporedbi se vidi da je agregat Kawasaki "traktor" za "vuču drva iz šume" u odnosu na skuterov motor koji je poput "kolibrića". Pogled na broj okretaja gdje su ti podaci izmjereni upotpunit će sliku. Kod Kawasaki okretni moment dolazi na niskih 3 200 okr/min, dok je kod skutera ta vrijednost dostupna na 5000 okretaja, odnosno radilica skutera se okreće za punih 1 800 okr/min više.

Konačno ćemo usporediti okretni moment ova dva agregata koja su sušta suprotnost. No, to će nam pomoći da lakše prikažemo razliku. Kawasaki - $103 \times 123,2 = 177 \text{ Nm}$ ili 17,0 kgm. Tin Mateo - $39 \times 41,5 = 3,8 \text{ Nm}$ ili 0,36 kgm. Mjerenje snage motora i okretnog momenta svojevrsna je vaga prikazana na slici 4. Ovdje smo grafički prikazali vrlo malenu deklariranu snagu Tin Mateovog motora od 0,36 kg na kraku od 1 metra. No, kako je hod ovog "pedesetaka" također kratkih 41,5 mm, H, podijeljen na dva daje, rH, 20,75 mm ili 0,02075 m. Jednostavnom podjelom $1000 \text{ mm} : 20,75 \text{ mm}$ dobivamo $48,19 \times 0,36 \text{ kg} = 17,35 \text{ kg}$. Sada se prisjetite pokusa sa kućnom vagom i vidjet ćete da to i nije tako malo, naročito što je to izmjereno na vrlo visokom, gotovo maksimalnom, broju okretaja od 8 000 okr/min, dok je najbolji rezultat dobiven na 5 000 okr/min. Iz svega navedenog nije teško zaključiti da ova

maleni motor kompenzira svoje skromne dimenzije visokim brojem okretaja.

No, bilo kako bilo, ovaj "malac" i svi njemu slični ipak daju dovoljno snage da povuku sami sebe, oko 80 kg i vozača iste mase do brzine od 70 km/h. Na usporednom primjeru Kawasakijevog agregata vidjet ćemo potpunu suprotnost. Maksimalni okretni moment od 177 Nm, oko 17 kg, podijelit ćemo s 2 cilindra, što iznosi 8,5 kg. Slijedi malo formula: $\text{Hr } 61,6 \text{ mm} = 16,23 \times 8,5 \text{ kg} = 137,9 \text{ kg}$. Dakle na koljenu radilice "Hr" dobili smo pritisak od 137,9 kg za jedan cilindar ili nevjerojatnih 276 kg za oba cilindra. U ovom slučaju, da biste dobili navedenu vrijednost, našu zamišljeni vagu biste morali udarati ne čekićem, nego maljem kako bi dobili identičnu silu onoj kojom Kawasakijev klip pritiskuje koljeno radilice na 3000 okr/min, dakle 800 puta u minuti!! Po ovome nismo bili daleko od istine kada smo u šali rekli da je to snaga za izvlačenje drva iz šume. Ali ta snaga je stvarna, jer logičnije je da ćete voziti motor na 3200 okr/min gdje je sve "normalno", dok je deklarirana maksimalna snaga od 103 KS na 4800 okr/min, što je za taj tip motora visoki broj okretaja upravo zbog hoda klipa, visoke klipne brzine i velikih vibracija koje su produkt toga. Konačno, teško je uvijek voziti na "full gasu" pa je tako i podatak od 103 KS rezerviran za idealne uvjete. Kako ne živimo u idealnom svijetu i idealni uvjeti su rijetki, moramo se pomiriti s činjenicom da je broj okretaja za ovaj tip motora od 3200 okr/min optimum i "špica" najvećeg zakretnog momenta. U ovom režimu motor najbolje "vuče", potrošnja je optimalna, a vibracije minimalne.

Kod skuterovog agregata stvari stoje drugačije. Iako ga vozimo po gradskim ulicama i cestama, njegova je snaga malena pa ga često moramo "vrtjeti u crveno" ili, bolje rečeno, voziti maksimalnim brojem okretaja. To često i ne bismo htjeli, ali njegova mala zapremina nam to nalaže. Nasuprot tome, ovdje nema straha od proklizavanja kotača u zavoju ili na prljavom, odnosno mokrom kolniku.

Motor s velikim okretnim momentom upravo se osjeti na deklariranom režimu, gdje je ta razlika najuočljivija. Za motore od 750-900 cm³ srednja vrijednost okretnog momenta je od 7-8 kgm. Kod onih od 1000 cm³ ona se kreće oko 9-10 kgm, i konačno kod onih od 1300 cm³ ili više kreće se od 13-13 kgm. Podaci o okretnom momentu i maksimalnoj snazi biti će nam posebno važni samo ukoliko se bavimo nekom vrstom moto sporta. Ali, o tome ćemo drugom prilikom, u sljedećem broju Moto Pulsa. ■

Dva marginalna primjera: skuter Tin Mateo 50 - 4T s vrlo skromnim okretnim momentom od samo 0,36 kgm i "orač" Kawasaki VN 2000 s 17 kgm. Srednja vrijednost za motore od 750 - 900 cm³ je 7-8 kgm, dok je za one od 1000 cm³ i više ona oko 10 - 11,5 kgm ili neznatno više

