

# [Balans] Ravnomjerno raspoređena težina

Balans (bilanca-vaga-ravnateža ili izravnanje). Općenito, balans ili ravnateža riječ je koja se često spominje, kako u običnom govoru, tako i u tehničkom jeziku.

Govorimo li o motociklu, najčešće nas podsjeća na balans ili ravnatežu kotača

PIŠE: MIRO BARIĆ

**B**alans općenito znači ravnomjerno raspoređena težina u svakom dijelu nekog rotacijskog elementa. Jasno da to gotovo nikada nije moguće postići, pa je stoga potrebna operacija koju u svakodnevnom govoru jednostavno nazivamo balansiranje. Dakle, balansiranje bi bilo jednoliko raspoređivanje težine na nekom rotacijskom elementu.

To raspoređivanje obično se svodi na dodavanje mase gdje je ima premalo ili na oduzimanje gdje je ima previše. Jednostavno je to objašnjenje, no daleko je veće pitanje gdje to treba učiniti? Tu se stvar komplicira, pa elemente koje želimo izbalansirati moramo razvrstati u dvije kategorije. Prva su elementi s istom strukturom mase u svim njezinim dijelovima ili simetrična

podjela masa. Druga kategorija su asimetrični elementi, odnosno oni s nejednakim rasporedom mase. U prvu kategoriju možemo svrstati kotače, diskove, lančanike, zupčanike, zamašnjake i sve gore opisane slične djelove.

U drugu kategoriju svstavamo bregaste osovine ili koljenasta vratila, opet popularno zvane radilicama. Ovi elementi asimetričnog su oblika, ali i rasporeda masa, odnosno težina. Svi oni u rotaciji stvaraju ekscentrični efekt. To bi značilo da se jedan dio mase tog elementa kreće oko centra. Ovisno o njegovoj težini, promjeru i brzini vrtnje, stvarat će efekt koji remeti rotaciju. Svako neuravnoteženje remeti rotaciju, makar to bilo ono najprostije i nama najbliže neuravnoteženje kotača. Pri malim brzinama neuravnoteženje kotača nećemo osjetiti. Također, što je on manji, manja je i osjetljivost na neuravnoteženje. Iz svega se može izvesti jednostavan zaključak da stupanj osjetljivosti na uravnoteženost rotacionog elementa ovisi o njegovom promjeru, masi i brzini vrtnje. Međutim, kod asimetričnih elemenata poput koljenastog vratila (radilice) cijelu situaciju moramo potanko razmotriti. Glavno vratilo motora na mjestu prihvata klipnjače ili njih više,

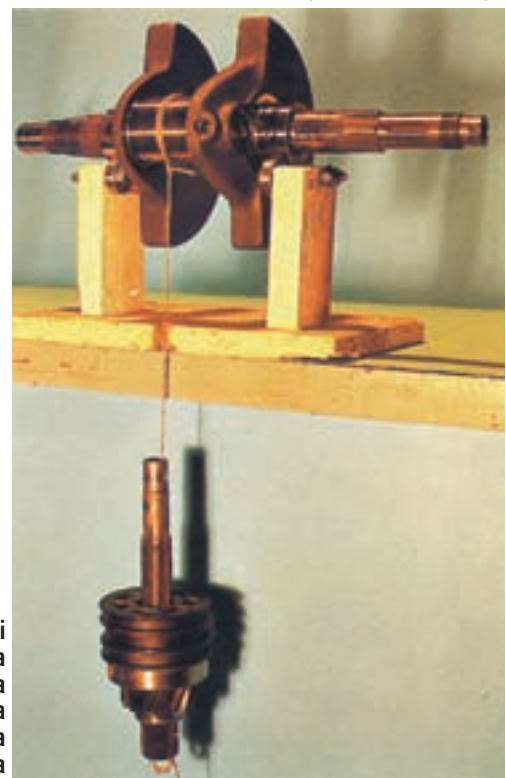
dakle na koljenu, asimetričnog je oblika. Ono rotira oko centralne osi vratila, a kako smo gore naveli, to stvara ekscentrični efekt. Kako bi se on izbjegao, nasuprot te teže postavljena je protuteža ili zamašna masa. To je vidljivo na svakom koljenastom vratilu, bez obzira na oblik te kontramase. No, stvar time nije riješena jer se klipnjača polovicom svoje dužine kreće pravocrtno, a polovicom kružno. Upravo ta pravocrtna energija, koja je to jača što je režim vrtnje veći, izaziva probleme koje je dosta teško riješiti. Naime, da nema prave rotacionog gibanja klipnjača, uravnoteženje koljenastog vratila ne bi bio problem. Ovako je zamašna masa nejednaka i to je osnovni problem koji treba riješiti kako bi motor bio uravnotežen.

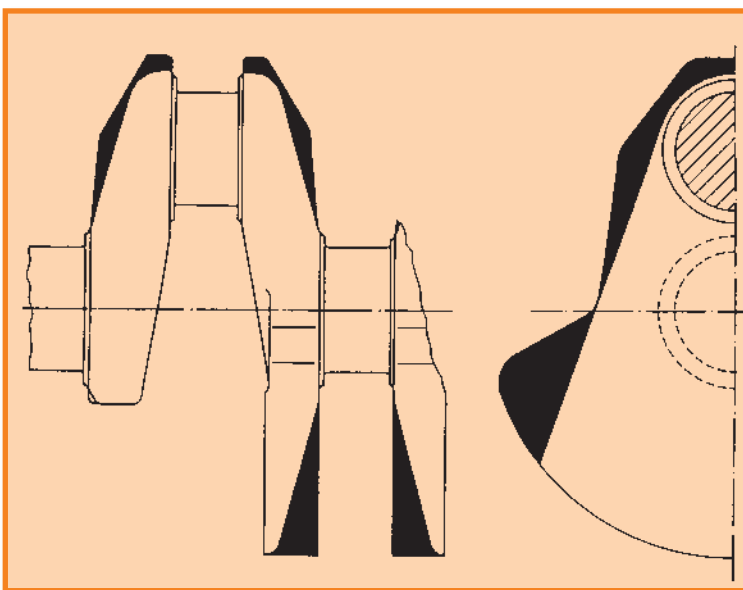
I manji elementi poput bregaste osovine ili zupčanika također moraju biti neovisno uravnoteženi, kao što je to slučaj kod ove Ducatijeve bregaste osovine

Tu leži jedan od temeljnih preduvjeta za konstrukciju dobrog

Vrlo jednostavno majstorski izmjerena kontramasa na ležajevima oslonjena radilica suportima i ovješena protumasa koja je jednaka polumasi dviju klipnjača

Protuteža rukavcu s klipnjačama su dva zamašnjaka, koja su samo ugrubo adekvatna protuteža. Na ovoj slici lijevo se vide umeci od Tungstama (vrlo teškog metala) koji je pridodan, kako bi se dobilo fino uravnoteženje





U slučaju da se modificiraju klipovi i klipnjače manje mase, što je uobičajeno, ova slika pokazuje gdje je moguće umanjiti mase utega na koljenastom vratilu kako bismo dobili pozitivan učinak prikazan na dijagramu

je teže uravnotežiti. Ali dugi hod klipa, odnosno ekscentar na koljenu koljenastog vratila, zahtijeva dugačku klipnjaču. I tu američka filozofija djelomice pada u vodu. Nemoguće je dobro uravnotežiti tako konstruiran motor jer su vibracije gotovo u svim režimima rada prevelike. To se vrlo lijepo može osjetiti na svim modelima Harley Davidsona koji su ovaj nedostatak pretvorili u vlastiti

image. Dugi hod klipa, pa makar bio manji provrt, primjerice onaj od 76 mm x 96,8 mm kod modela Harley Davidson 883, također uzrokuje vibracije koje su kod 6000 okr/min gotovo neizdržive. Dakako da je takav motor nepotrebno eksploatirati u tim režimskim uvjetima, no za usporedbu je važno da bi se shvatila tema o kojoj govorimo. Da ne spominjemo takozvani big-block kojem

su zapremne dimenzije 98 mm za provrt i 102 mm za hod. Ovaj će motor pri još nižim režimima rada stvarati vibracije zbog dugog hoda radilice, odnosno velike zamašne mase, koja je čak 51 milimetar udaljena od centra osi. Dakle, dugačke i teške klipnjače teško je uravnotežiti upravo zbog njihove mase. Masa klipnjače stvara veliko poprečno opterećenje u sredini cilindra i to je nepopravljiv nasljedno-konstruktivski defekt.

Potpuno suprotna tome je japanska filozofija konstrukcije motora, koja se bavi upravo time kao jednim od temeljnih problema. Tako ćete teško u japanskoj moto industriji naići na nešto slično maloprije opisanom Harley Davidsonu. Svi japanski modeli koji su nalik Harleyu (ali samo nalik) motore konstruktivski rješavaju posve drukčije - na japanski način. Dakle, ako govorimo o pandanima Harley Davidsona, dvo-cilindričnim V motorima, onda treba imati na umu tri bitne stvari. Prva je kut između cilindara, druga hod klipa u cilindru, a treća provrt cilindra. Kut između cilindara bitan je zato jer uvjetuje i kut paljenja smjese. Tako je, primjerice, kod kuta od 45 stupnjeva između cilindara razlika između paljenja =  $315+45=360$  stupnjeva i  $45+360=405$  stupnjeva, tek 90 stupnjeva. Kod motora s kutom

između cilindara od 90 stupnjeva to izgleda ovako:  $270+90=360$  stupnjeva,  $360+90=450$  stupnjeva, što znači da je razlika između paljenja smjese 180 stupnjeva. Kod motora s međusobnim kutom između cilindara od 60 stupnjeva stvar je ovakva:  $300+60=360$  stupnjeva,  $360+60=420$  stupnjeva, a kut između paljenja smjese je 120 stupnjeva. Ili, recimo, kod Morinija, gdje je međukut cilindara 72 stupnja, dakle  $288+72=360$  stupnjeva,  $360+72=431$  stupanj, a kut između paljenja dva cilindra je 144 stupnja.

Kod bokser motora koji ima kut između cilindara 180 stupnjeva, isto kao i kod ostalih motora od 180 stupnjeva, paljenje će upravo toliko i iznositi. Kod V motora, dakle, uvijek postoji veća kutna distanca nepaljenja, pa će oni shodno tome i neravnomjernije raditi. Odmah ćemo odati tajnu, definitivno najbolji V2 motor je onaj s međukutom cilindra od 90 stupnjeva. Motori s kutom između cilindara od 60 stupnjeva ili 72 stupnja vrlo su slični i razlike su malene, što se vidi na dijagramu. Ovakvi tipovi motora rade s velikom dozom nejednakog zakretnog momenta, pa tako na minimalnom broju okretaja ili pri niskoj rotaciji koljenastog vratila rade neravnomjerno (upravo zbog blizine paljenja, odnosno kuta



# KEEWAY

## MOTOR

Suvremen dizajn  
Pouzdana kvaliteta  
Osigurani rezervni dijelovi i servis  
Spremno za isporuku  
**Odmah!**



**HURRICANE 50**  
7.490<sup>00</sup> kn

dajniško paljenje motora, alarm protiv krađe, stražnji koler



**FLASH 50**  
8.590<sup>00</sup> kn

dajniško paljenje motora, alarm protiv krađe



**F-ACT 50**  
9.590<sup>00</sup> kn

dajniško paljenje motora, alarm protiv krađe, stražnji koler



**MATRIX 50**  
10.490<sup>00</sup> kn

dajniško paljenje motora, alarm protiv krađe, stražnji koler

Čakovec: IZAZOV, 040/396250, Ivanec: OKTAN 042/770659, Karlovac: MOTOTEKA 047/432058, Korenica (Plitvice): ELEKTRON-5, 053/776108, Nedelišće: Auto kuća SLUKIĆ 040/821953, Osijek: DUO, 031/298855, Pula: BIGMARK, 052/540998, Rijeka: NOVA-PRO, 051/645917 // SANDI 051/671305, Rovinj: ISTRA CAR, 052/816-933, Seget Donji (Trogir): AMN CENTAR TOMAŠ 021/797708, Sinj: BARAČ AUTO 021/700039, Split: MINIGO 021/382943, Šibenik: ANNI SEBENICUM, 022/219027, Varaždin: STIPAN TOURS, 042/230250, Virovitica: DŽAMBO TRADE, 033/730764, Zadar: TROFEJ AUTO, 023/343300, Zagreb: DUO MOTO, 01/2300807 // JANBO, 01/6531495 // PLAVI SVIJET, 01/6590031 // RPM, 01/3777540 // VIKTOR MOTO SPORT, 01/3079-274



Keeway Motor d.o.o.  
10000 Zagreb, Hrvatska, Škorpikova 11  
TC Solidum, Upravna zgrada III kat  
Tel: +385 1 3794340, Fax: +385 1 3794330  
E-mail: info@keeway.hr

Tražimo distributere na području Bjelovara, Siska, Daruvara, Labina, Krapine.

[www.keeway.hr](http://www.keeway.hr)

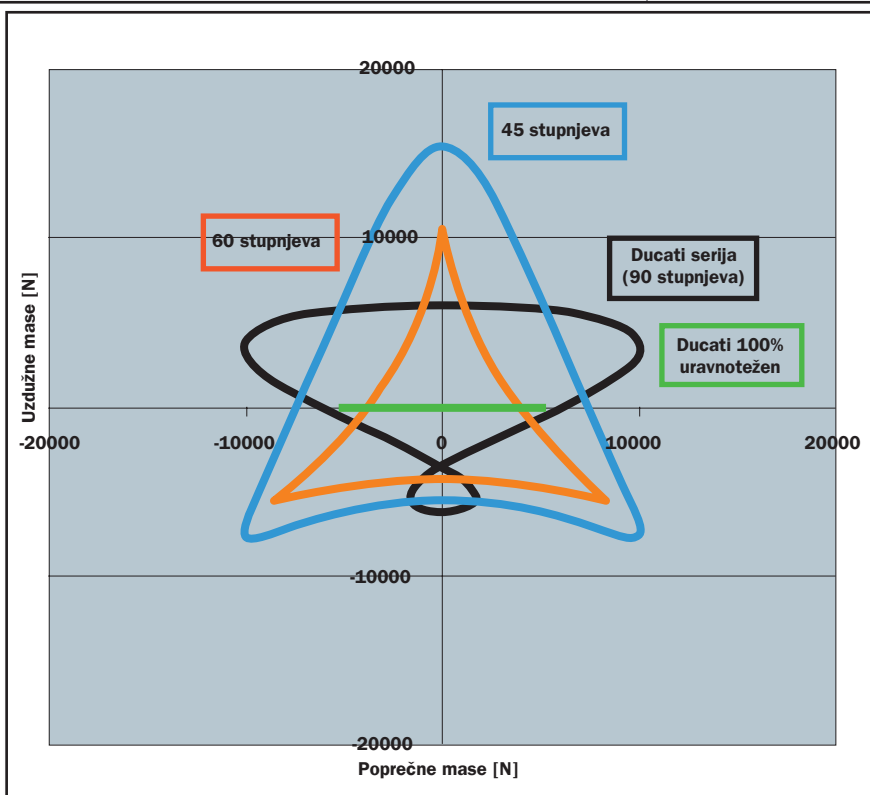
između cilindara). To se ne odnosi na uravnoteženje koljenastog vratila, kao što bismo u prvi mah mogli zaključiti. Obratno, ovakvi tipovi motora tek pri velikom broju okretaja radilice, odnosno koljenastog vratila, ostvaruju svoj "adut". Mi to nazivamo velikim zakretnim momentom, a to je ustvari ekscentrična masa inercije na koljenu vratila i protuteža. Protuteža ili "uteg na radilici" adekvatan masi rukavca i polovica klipnjača u nejednakom zamašnoj masi stvaraju efekt lju-ljačke. (Prisjetite se lju-ljačke u parku koju zaljuljate tako da se okrene oko svoje osi, sila teža će u tom slučaju odigrati ulogu nejednako zakretnog momenta.) Tako će se lju-ljačka prema gore kretati sporije, a prema dolje brže.

Dakle, ponovimo, takav će motor upravo zbog tog efekta imati dobar zakretni moment, snagu koja "vuče odozdo", kako to popularno govorimo. Dvocilindrični motori (oni veće zapremine od oko 1000 ccm) biti će tako u pogledu zakretnog momenta u prednosti pred četverocilindričnima, što ćemo sada objasniti. Četverocilindrični motori su oni koji nemaju nepravilan kut između cilindara. Odnosno, njihov kut je 180 stupnjeva od gornje do donje mrtve točke u svakom cilindru, puta četiri cilindara, što iznosi 720 stupnjeva

Na dijagramu se vide četiri različite krivulje. Zelena označava 100% izbalansiranu radilicu, te je evidentno da dilatacije nema. Crna krivulja pokazuje isti motor sa serijski izbalansiranom radilicom. Crvena krivulja prikazuje Aprilijin motor od 60 stupnjeva i Harley-Davidsonov od 45 stupnjeva između cilindara. Jasno je da su razlike velike, kako kod uzdužnih, tako i kod poprečnih masa. Samo zelena krivulja ima poprečnu neizbježnu putanju poništenu

ili dva puta okretaja koljenastog vratila. Svaki od cilindara mora "upaliti" smjesu  $180 \times 4 = 720$  stupnjeva. Dakle, ti motori, redni četverocilindrični (a mogu biti i dvo- ili trocilindrični) su oni koji pale pod kutom od 180 stupnjeva. Ovdje imamo mnogo uglađeniji zakretni moment, jer se u cilindrima vrši serijsko paljenje smjese (1,3,4,2) ili (1,2,4,3). To će rezultirati mirnijim radom motora i lakšim postizanjem veće rotacije koljenastog vratila.

Da se vratimo našoj temi ekvibraturi. Treba spomenuti da je



četverocilindrični motor podijeljen u četiri zasebne jedinice. Dakle, kompariramo s gornjim primjerom V motora s dva cilindra i 1000 ccm. Ovdje je 1000 ccm podijeljeno s 4, što znači da svaki cilindar ima zapreminu od 250 ccm. U praksi je otprilice

ke provrt cilindra 68 mm, a hod isto toliko, što daje vrijednost od 247 ccm. Odmah ste primijetili da je to minorna dimenzija i provrta, kao i hoda klipa u odnosu na onu navedenu kod Harley Davidsona. ■

NASTAVAK U SLJEDEĆEM BROJU



## MOTO OPREMA



TEHNIČKI NAPREDNA  
MOTOCIKLISTIČKA  
ODJEĆA  
[www.clover.it](http://www.clover.it)



ČELIČNA KOČIONA CRJEVA,  
HLADNJACI ZA VODENE I ULJNE  
RASHLADNE SISTEME  
[www.h-e-l.co.uk](http://www.h-e-l.co.uk)



CRASH PROTEKTORI, PROTEKTORI  
VOLANA, PROTEKTORI PREDNJE I  
ZADNJE VILICE, KRATKI NOSAČI  
TABLICA, CERADE ZA MOTOCIKLE  
[www.rg-racing.com](http://www.rg-racing.com)



MOTO OPREMA d.o.o. | Kustošijanska 19B | Tel./fax.: 01 / 3768-232 | e-mail: [info@moto-oprema.hr](mailto:info@moto-oprema.hr) | [www.moto-oprema.hr](http://www.moto-oprema.hr)  
**TRAŽIMO DISTRIBUTERE ZA HRVATSKU, BIH, SRBIJU I CRNU GORU!**