

MEHATRONIČKI SISTEMI KOD MOTORA I VOZILA

**SENZORI SILE I MOMENTA
U AUTOMOBILIMA**

Spring 2020

by

Slobodan Lubura

PRIMJENA

- Kod komercijalnih vozila, za mjerenje vučne sile između tegljača i prikolice ili poluprikolice, radi aktiviranja automatskog sistema kočenja
- Mjerenje sila prigušenja u sistemima za aktivnu kontrolu vješanja šasije
- Za mjerenje osovinskog opterećenja u sistemima za elektronski kontrolisanu raspodjelu sila kočenja na komercijalnim vozilima
- Mjerenje sile pritiska pedale kod elektronski kontrolisanih kočionih sistemima
- Mjerenje kočionih sila kod elektronski kontrolisanih kočionih sistemima
- Mjerenje pogonskih i kočjećih momenata

PRIMJENA

- Mjerenje obrtnog momenta servo upravljača
- Mjerenje sile zatvaranja električnih prozora i klizni krova na automobilu, s ciljem prevencije ozlijeđa putnika (prst, ruka)
- Mjerenje sila u točkovima automobila
- Mjerenje težine putnika u sistemima za bezbjednost putnika

PRINCIPI MJERENJA

- U opštem slučaju, kada se govori o sile i obrtnog momenta, mora se napraviti razlika između statičkih i dinamičkih principa mjerenja, kao i razlika između principa mjerenja na osnovu pomaka i mehaničkog naprezanja
- Dati zahtjevi odnosili su se pretežno za statičke senzore, a u slučaju senzora sile obično neelastične metode mjerenja naprezanja se koriste.
- „Mekani“, elastični senzorski sistemi (metode mjerenja) koriste se samo kod za senzora obrtnog momenta, kao što je to slučaj mjerenja obrtnog momenta volana (upravljača) pomoću mjerenja uglova
- U novije vreme, za gradnju ovih senzora koriste se i magnetni senzori pomaka (Holovi senzori). Time su mikrostrukturni elementi proizvedeni u serijskoj proizvodnji postali dio senzorskih sistema u automobilima (npr. sistem za merenje težine putnika)

PRINCIPI MJERENJA

- Uprkos poznatim problemima sa prljavštinom i složenosti njihove ugradnje, razmatra se primjena i optoelektronski uređaja (npr. za elektronske potpomognute sisteme sa servo volanom), u senzorskim sistemima koji istovremeno omogućavaju merenje obrtnog momenta i ugla zakretanja i rotacije.

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

Magnetoelastični princip.

- Pod uticajem magnetnog polja feromagnetni materijali mijenjaju svoju dužinu u smjeru magnetnog polja (efekat magnetostrikcije).
- Njihova dužina se može povećati (pozitivna magnetostrikcija) ili smanjiti (negativna magnetostrikcija) zavisno tipa od materijala, za isti smjer polja.
- Postoji i inverzija navedenog efekta. Pod uticajem mehaničkih naprezanja feromagnetni materijali mijenjaju svoje magnetne osobine (propustljivost - μ). Ova efekat se naziva magnetoelastični efekat.
- Ovaj efekat se izražava u anizotropnom (usmjerenom) ponašanju relativne magnetne propustljivosti μ_r (odnos između magnetne indukcije B i jačine magnetnog polja H).

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

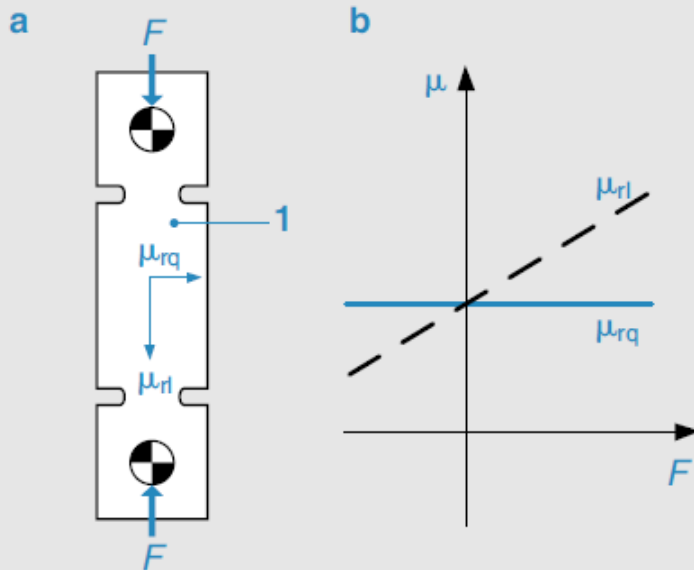
- Pod uticajem magnetnog polja feromagnetni materijali mijenjaju svoju dužinu u smjeru magnetnog polja (efekat magnetostrikcije).
- Njihova dužina se može povećati (pozitivna magnetostrikcija) ili smanjiti (negativna magnetostrikcija) zavisno tipa od materijala, za isti smjer polja.
- Postoji i inverzija navedenog efekta. Pod uticajem mehaničkih naprezanja feromagnetni materijali mijenjaju svoje magnetne osobine (propustljivost - μ). Ova efekat se naziva magnetoelastični efekat.
- Ovaj efekat se izražava u anizotropnoj (usmjerenom) promjeni relativne magnetne propustljivosti μ_r (odnos između magnetne indukcije B i jačine magnetnog polja H) u feromagnetnom materijalu

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

- Ukoliko relativna magnetna propustljivost μ_r ima istu vrijednost u svim pravcima (izotropno), tada feromagnetni materijal nije izložen nikakvoj vanjskoj sili (naprezanju)
- U slučaju djelovanja sile F na feromagnetni materijal, relativna magnetna propustljivost poprima vrijednost μ_{rl} u pravcu djelovanja sile, a vrijednost μ_{rq} u pravcu poprečnom u odnosu na pravac djelovanja sile.
- Iako svi feromagnetni materijali pokazuju ovaj efekat, on se može optimizovati upotrebom posebnih feromagnetnih legura.
- Nažalost, feromagnetni materijali koji imaju dobru linearnost, nisku histerezu i malu temperaturnu osjetljivost, nemaju dobar merni efekat, tj. ovaj efekat im je slabo ili nikako izražen

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

1 Magnetoelastic anisotropic effect



UAE0835-2Y

a - magnetoelastična mjerna struktura

b – mjerni efekat

F – vanjska sila

μ_{rl} – magnetna propustljivost u pravcu djelovanja sile

μ_{rq} - magnetna propustljivost u pravcu poprečnom u odnosu na pravac djelovanja sile.

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

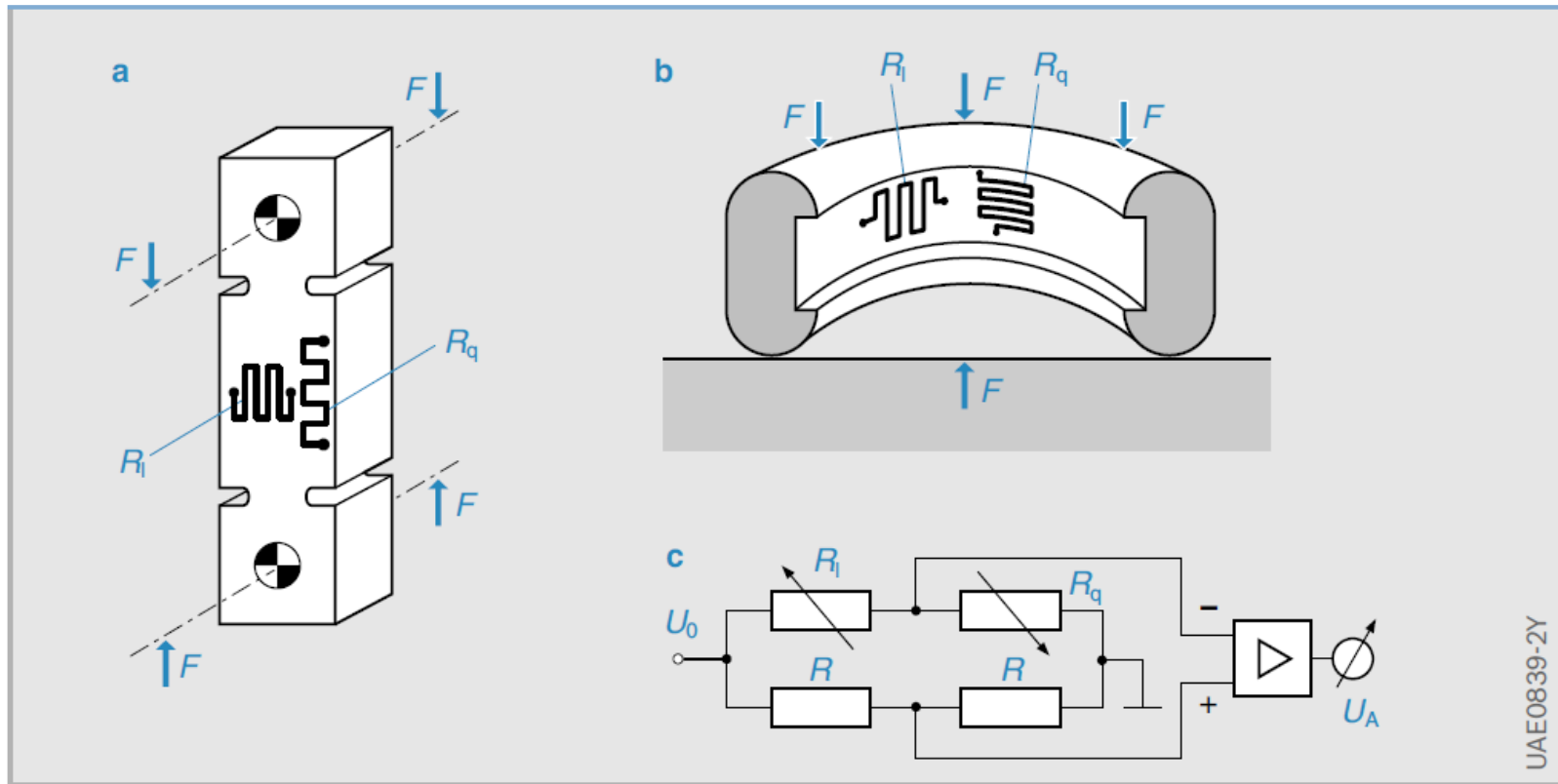
Piezootporni princip (mjerne trake).

- Mjerne trake (strain – gauge) predstavljaju najrasprostranjeniju i vjerovatno najpouzdaniju i najprecizniju metodu za mjerenje sile i obrtnog momenta
- Njihov princip rada se zasniva na činjenici da u elastičnom opsegu materijala u kome važi Hookeov zakon postoji linearna zavisnost između naprezanja materijala σ koje je uzrokovano nekom vanjskom silom i nastalog izduženja ε
- Prema Hukovom zakonu važi:

$$\varepsilon = \Delta l / l = \sigma / E$$

- gdje je E – modul elastičnosti materijala
- Pošto se kod ove metode mjerenja sile ne mjeri direktno naprezanje σ kao posljedica primjenjene sile već izduženje ε , ova metoda spada u grupu indirektnih metoda

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA



a – šipkasti oblik senzora

b – torusni oblik senzora

c – električna šema senzora

$R_{l,q}$ – metalni film otpornici

R – pomoćni otpornici

U_0 – napon napajanja

U_A – napon na izlazu senzora

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

- Mjerne otporne trake (strain – gauge) predstavljaju najrasprostranjeniju i vjerovatno najpouzdaniju i najprecizniju metodu za mjerenje sile i obrtnog momenta
- Njihov princip rada se zasniva na činjenici da u elastičnom opsegu materijala u kome važi Hukeov zakon postoji linearna zavisnost između naprezanja materijala σ koje je uzrokovano nekom vanjskom silom i nastalog izduženja ε
- Prema Hukovom zakonu važi:

$$\varepsilon = \Delta l / l = \sigma / E$$

- gdje je E – modul elastičnosti materijala
- Pošto se kod ove metode mjerenja sile ne mjeri direktno naprezanje σ kao posljedica primjenjene sile već izduženje ε , ova metoda spada u grupu indirektnih metoda

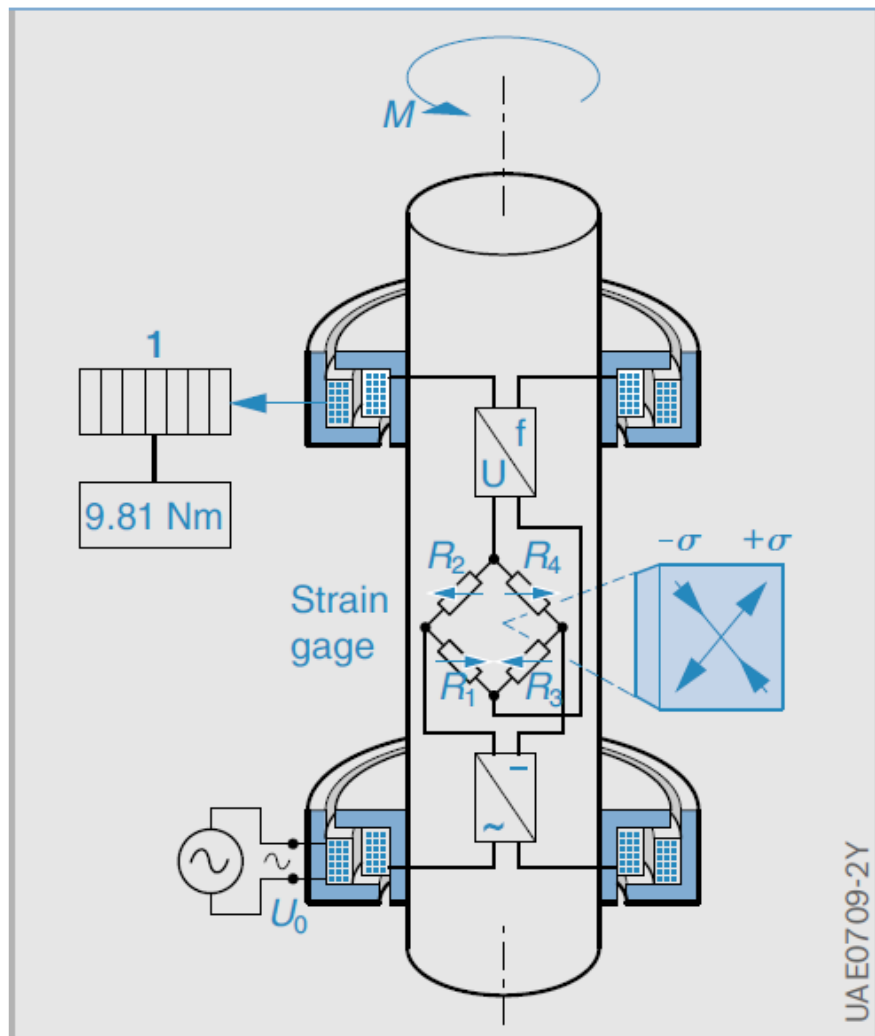
SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

- Mjerne otporne trake zrađuju se u obliku metal-film otpornika i specijalnim ljepilima spajaju se sa elastičnim elementom, tako da vjerno prate promjene njegove dužine
- Promjena otpornosti koja je posljedica „produženja“ otpornika zavisi od koeficijenta osjetljivosti K

$$\Delta R/R = K \cdot \varepsilon$$

- Vrijednost koeficijenta osjetljivosti K uglavnom ne prelazi 2 za metal-film otpornike

SENZORI ZA MJERENJE OBRTNOG MOMENTA



1 – indikator obrtnog momenta

σ – torziono naprezanje

F – vanjska sila

M – vanjski moment

U_0 – napon napajanja

R_1 do R_4 mjerni otpornici (mjerne trake)

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

- Most od četiri otporne mjerne trake zalijepljen je na osovinu na koju djeluje obrtni momenat M koji se treba izmjeriti
- Mjeni most se napaja iz odgovarajućeg jednosmjernog izvora
- Ostale elektronske komponente na osovini služe za pojačavanje mjernog signala i pretvaranje u digitalni oblik koji je pogodan za prenos do ECU jedinice motora

SENZORI ZA MJERENJE SILE NAPREZANJA

- Pogledati: <https://www.youtube.com/watch?v=jPsKwfQU4KQ>