

Merni lanac pretvarači



measurement with confidence



DR.HOTMIR LICEN
trcpro@neobee.net

Merna veličina

SILA

Merna veličina - sila

Principi merenja:

➤ Merna traka

promena otpora usled opterećenja

➤ Piezokristal

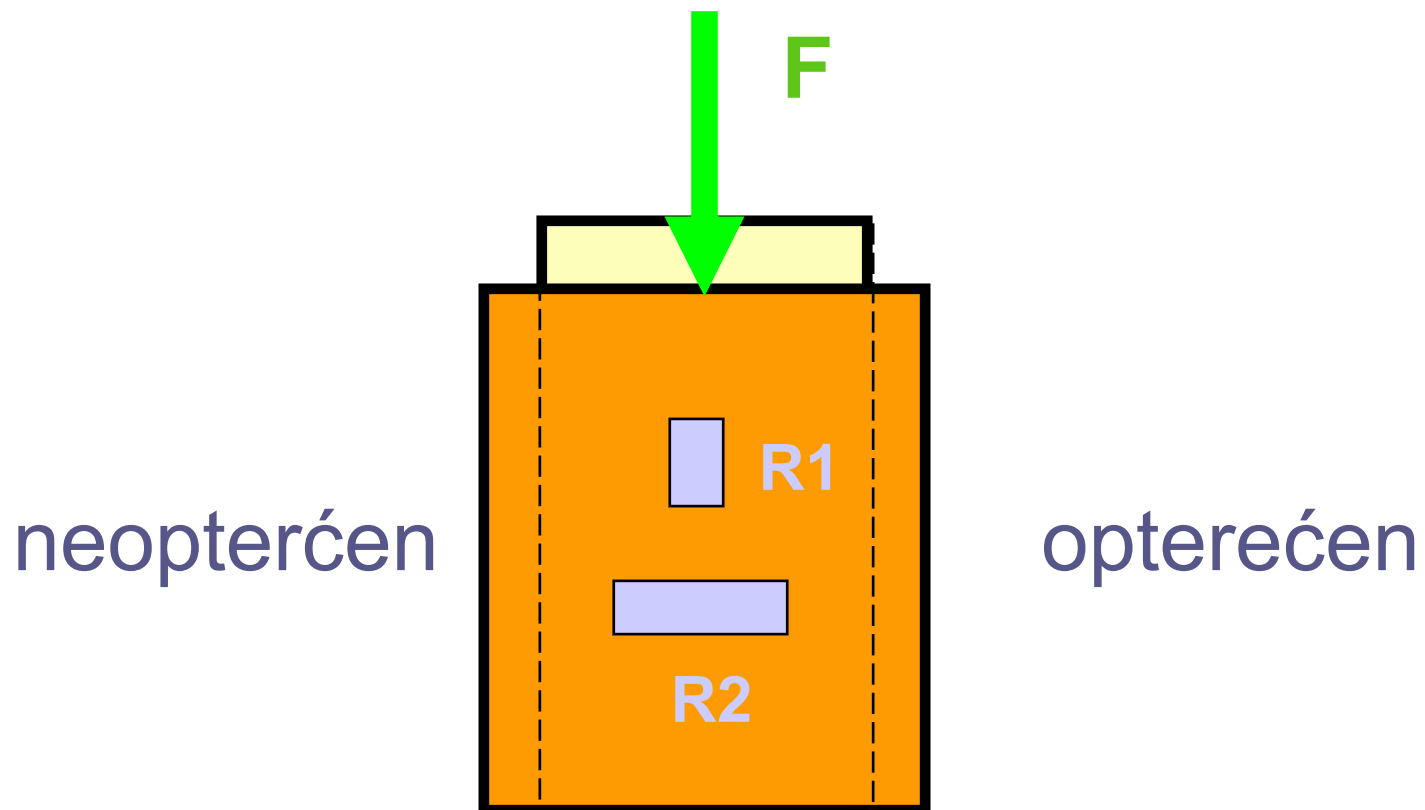
generiše el. naboj pod opterećenjem

Poređenje osobina piezoelektri;nog pretvarača i pretvarača sa mernim trakama:

- + manji
- + lakši
- + ekstremno krut
- + sopstvena frekvencija > 20 kHz

- veća merna nesigurnost
- neprikladan za statičke aplikacije
- potreban je pojačivač naboja i visokoomski koaksijalni kabel
- visoka interaktivna osetljivost (cross-sensitivity)

Prikaz deformacije elastičnog elementa u pretvaraču sa mernim trakama



Osobine pretvarača sa mernim trakama

- +Visoka tačnost
- +Dobre mogućnosti kompenzacije parazitarnih uticaja
- +Može se koristiti za mernje pozitivnih, kao i negativnih sila (pritisak i istezanje)
- +Satika i dinamika
- +Velika izdržljivost na promenljivo opterećenje
- +Vrlo široko merno područje (10 N do 40 MN; teoretki i ∞)
- +Vrlo visoka dugotrajna stabilnost
- +Širok dijapazon temperatura

Kriterijumi za selekciju

- Maksimalana sila koja se meri
- Vrsta opterećenja (istezanje, pritisak, istezanje/pritisak)
- Raspoloživi protor u procesu
- Karakteristika vremenske promene sile
- Zatevana merna nesigurnost

Odabir odgovarajćeg mernog sistema

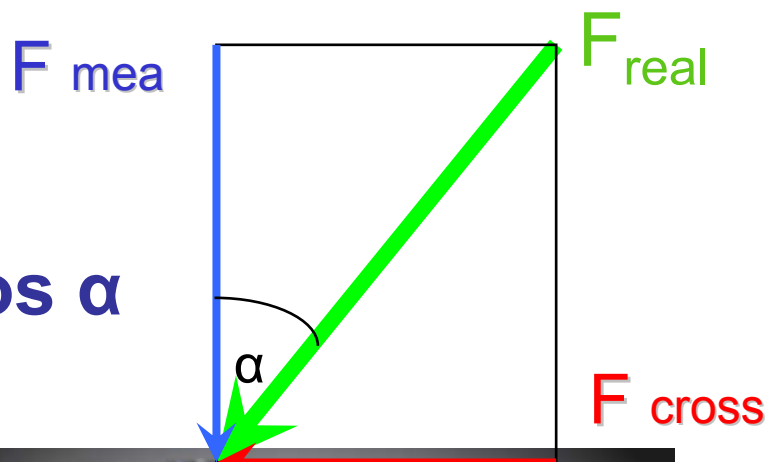


Merno područje mernog pretvarača

- Merno područje se bira na bazi maksimalne sile koja deluje u procesu
- Voditi računa o impulsnim silama ($F = m \cdot a$)
- Ne planirati da se prekorači vrednost nominalne sile
- U eksploataciji se može dogoditi da se dogode odstupanja od planiranih performansi
- Rizik od preopterećenja
- Kod dinamičkih merenja imati na umu redukciju mernog opsega (uticaj vibracija u kontinuiranom radu)
- Rizik od dinamičkog preopterećenja

Dejstvo sile

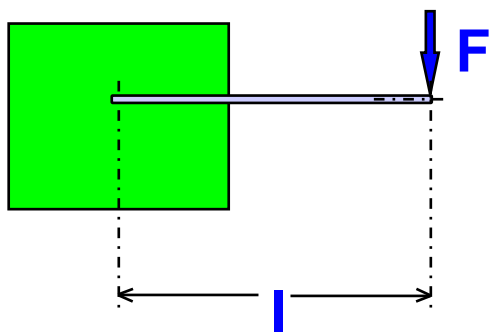
$$F_{\text{meas}} = F_{\text{real}} \cdot \cos \alpha$$



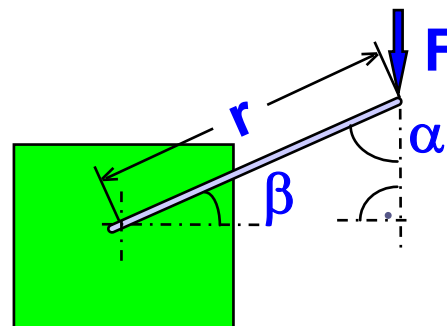
Merna veličina: obrtni moment

Šta je obrtni moment?

Definicija momenta: Proizvod sile i normalnog rastojanja njene napadne linije od centra rotacije.



$$M = F * l$$



$$M = F * r * \sin \alpha$$

$$M = F * r * \cos \beta$$

Metode merenja momenta

- ➡ **Merenje reaktivne sile na kraku momenta**
- ➡ **Određivanje iz električnih parametara**
- ➡ **Deformacije elementa u transmisiji**

Određivanje iz električnih parametra (V,I)

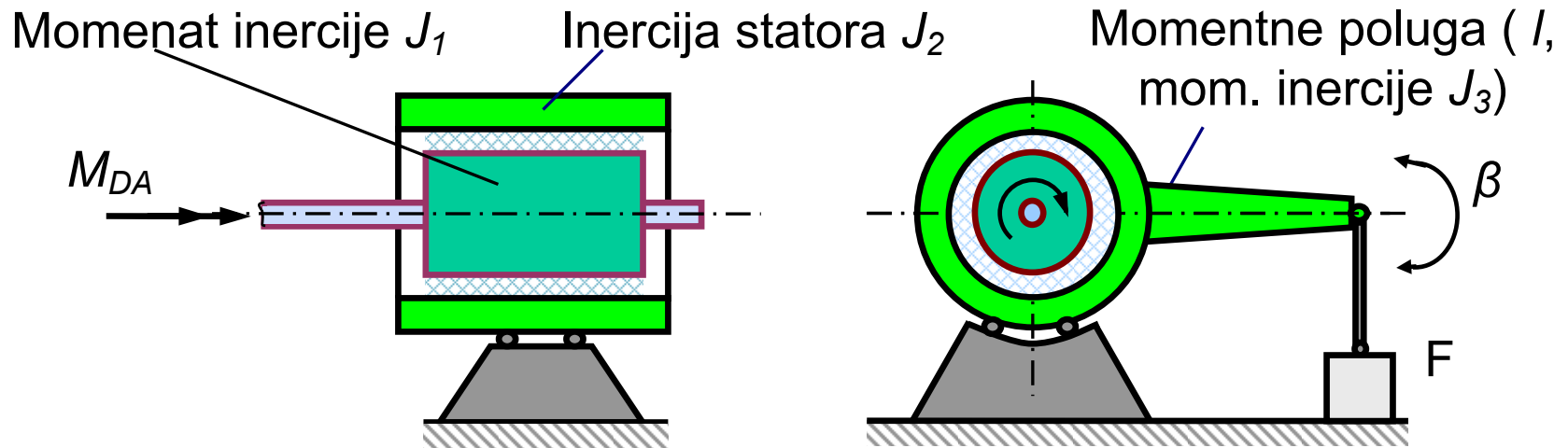


Aplikacije su fokusirane na industrijski monitoring
+ Mikseri, motori, radne mašine.....
+ Nema mehaničkih zahvata



- Merna nesigurnost
-Loš (ne postoji) dinamički odziv
-Neadekvatno mesto za merenje momenta

Merenje reaktivnog momentat / dinamometer

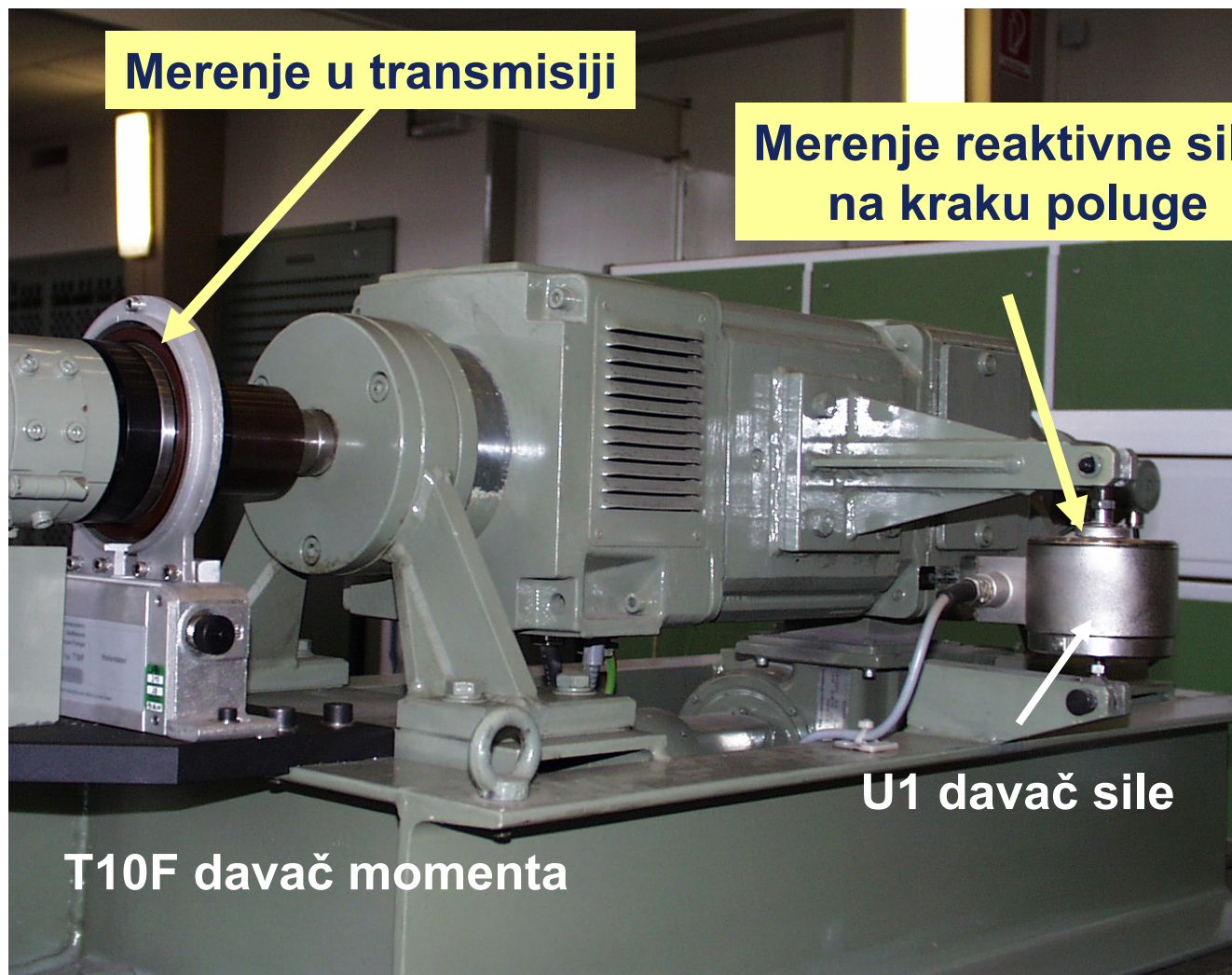


- **statički:** $M_{DA} = F \cdot l$
- **dinamički:** $M_{DA} = F \cdot l - [J_1 \cdot \dot{\Omega} + (J_2 + J_3) \cdot \ddot{\beta}]$

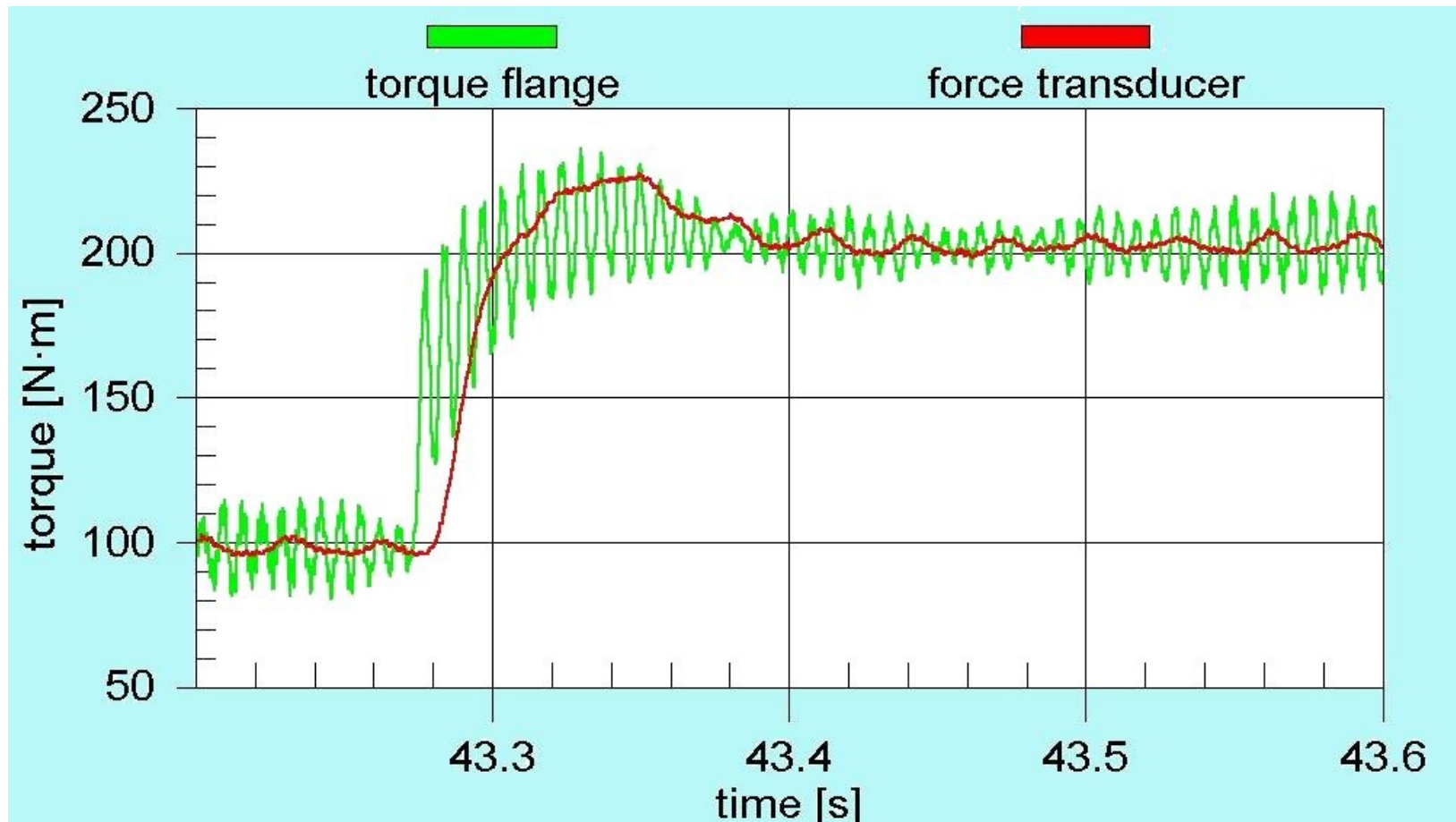
Momentni “pikovi” su “potrošeni” da ubrzaju mašinu i nisi prisutni u signalu sile !

→ “mehanički filter”

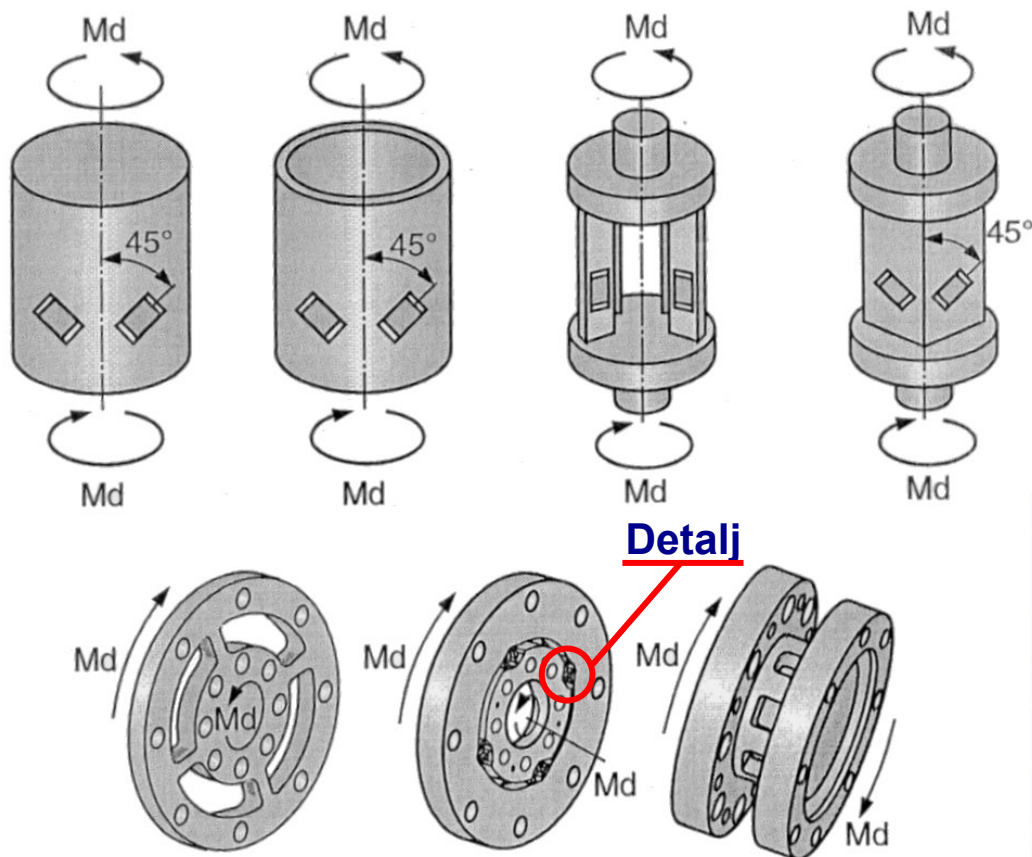
Merenje akcije i reakcije



Poređenje mernih principa

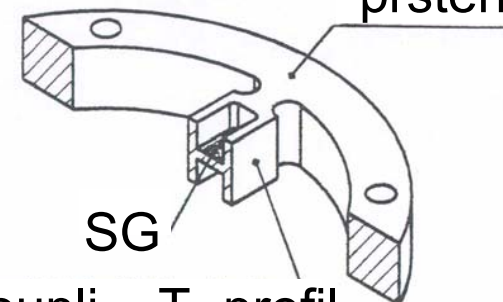


Telo pretvarača



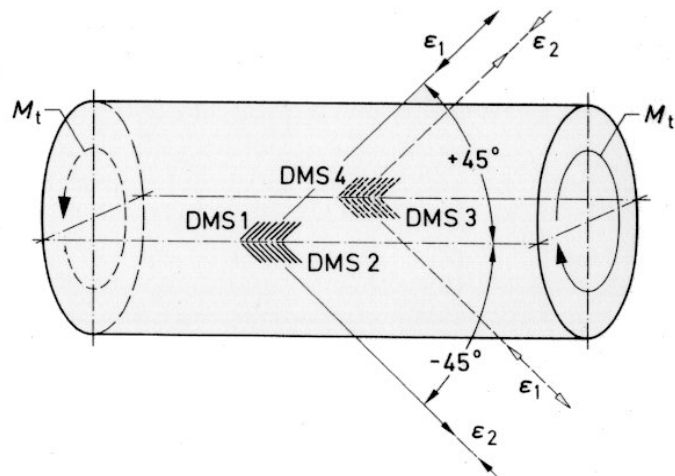
Detalj

spoljni
prsten

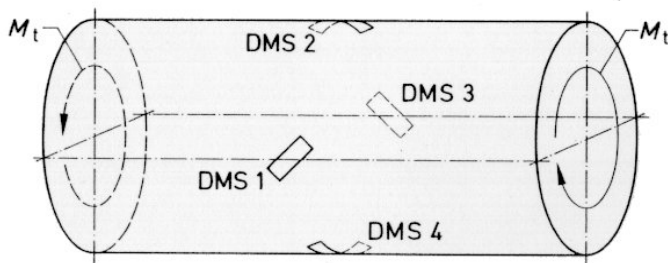


Doupli – T -profil

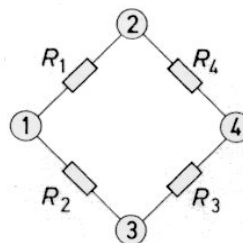
Merne osovina sa glavnim naponima



Primena posebnih rozeta

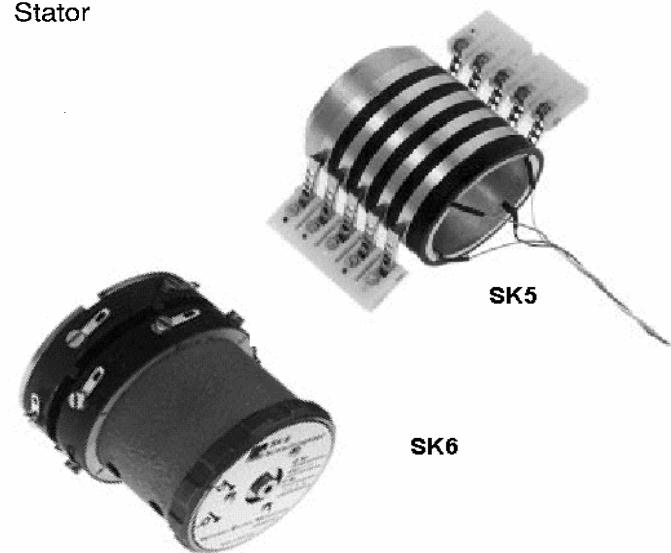
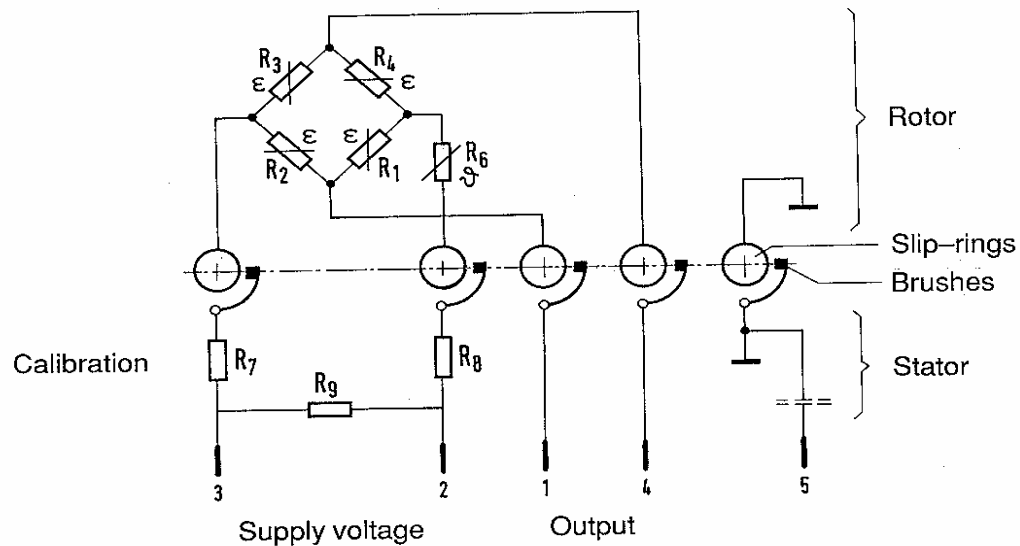


Primena običnih m.t.

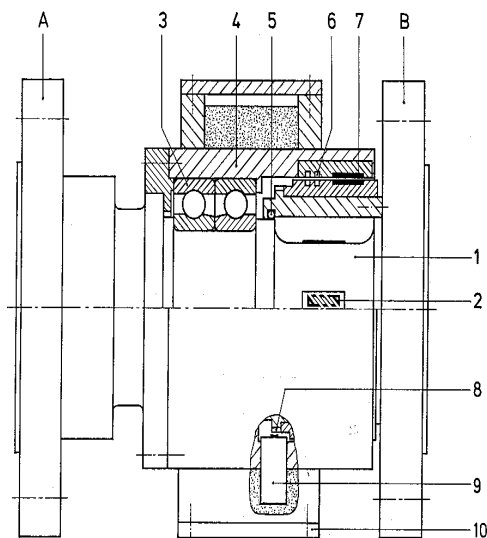
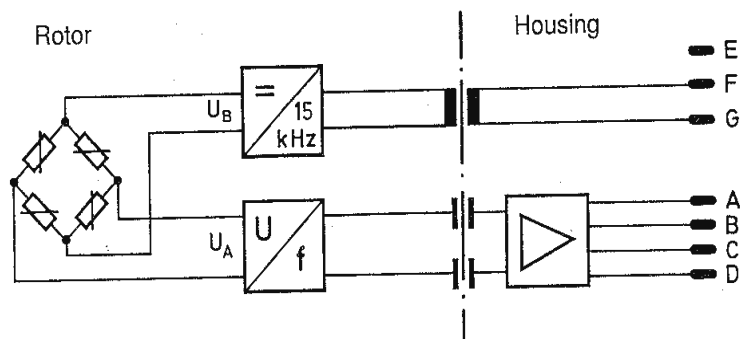


Veza u pun most

Prenos signala



Prenos signala



- A = Mounting flange
- B = Flange for torque introduction
- 1 = Torsion element (rotor)
- 2 = Applied SG's
- 3 = Spindle bearing
- 4 = Housing (stator)
- 5 = Elastic seal
- 6 = Capacitive transmission
- 7 = Inductive transmission
- 8 = Toothed ring for speed measurement
- 9 = Speed pick-up
- 10 = Cable connection box



Pretvarač sa mernim trakama

Karakteristike i granice:

- minimalno merno područje $-0.1 \dots 0.1 \text{ N}\cdot\text{m}$
- maksimalno merno područje $-80 \dots 80 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ($1 \text{ MN}\cdot\text{m}$, bez rotacije)
- područje temperatura, tipično $-10 \dots 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- klasa tačnosti do 0.03%
- podesno za statička i dinamička merenja
- stabilnost kod cikličnog opterećenja
- univerzalna montaža sa prihvatnim elementima (e.g. spojnice)
- tipičan izlaz: 2 mV/V , 10 V , 10 kHz

Davači momenta

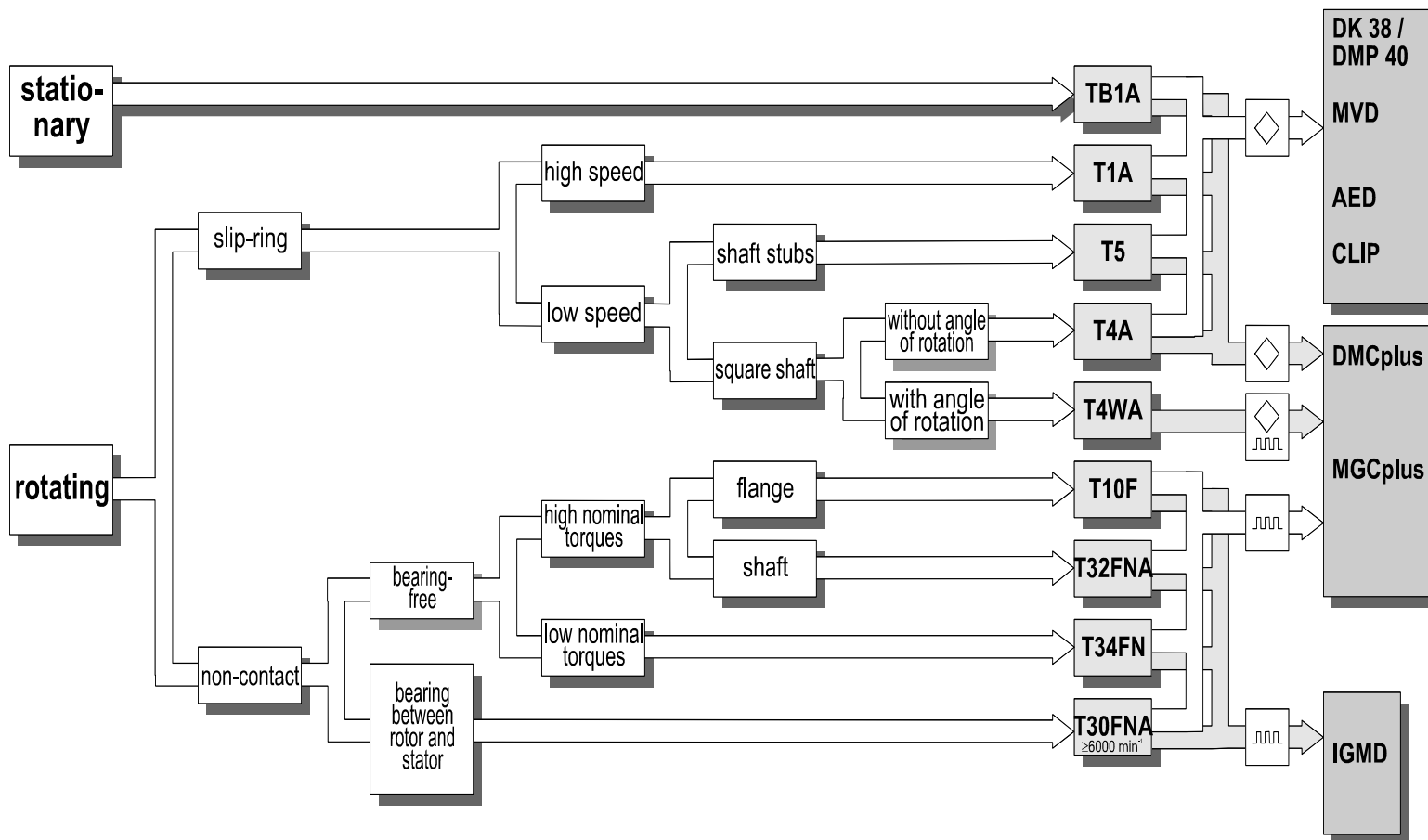


selekcija

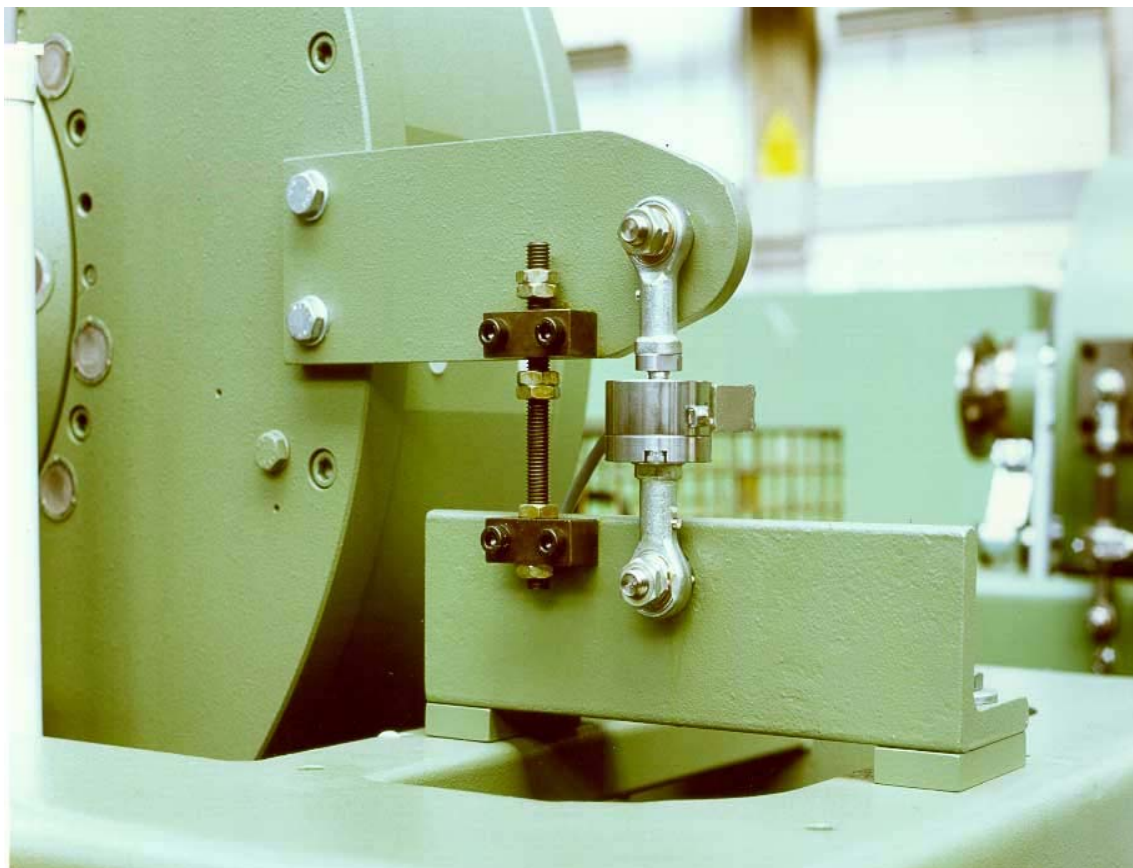
Selekcija davača momenta

Najvažniji kriteriji:

- Maksimalan moment
- Maksimalan broj obrtanja
- Očekivane performance
- statički / dinamički odziv
- Visoka torziona krutost
- ugradnja
- Zahtevana tačnost

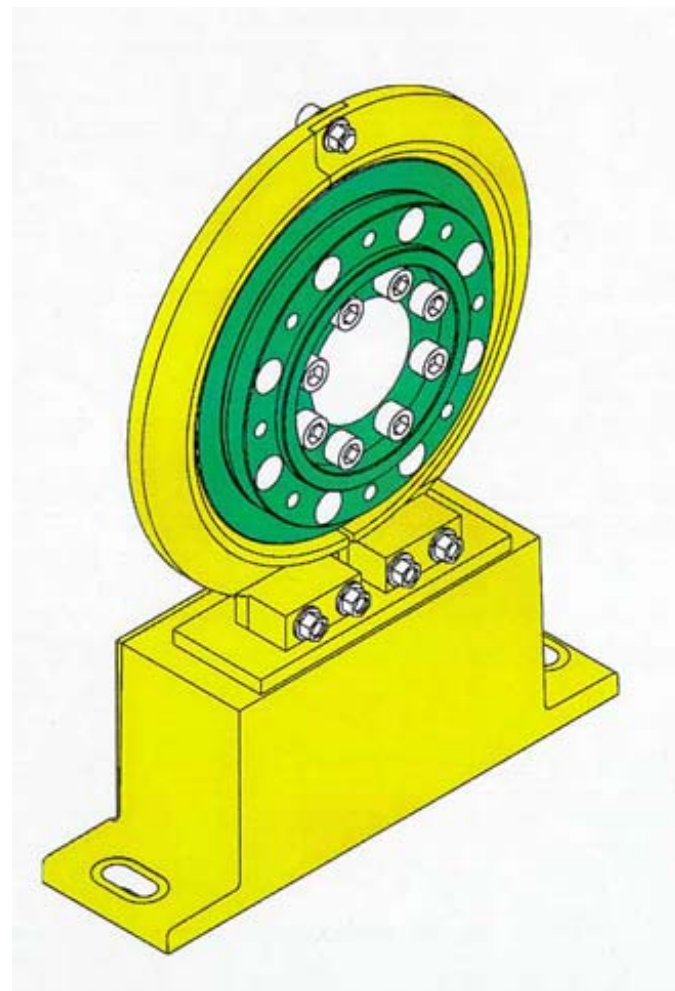


Motorska kočnica



T10F Momentni disk

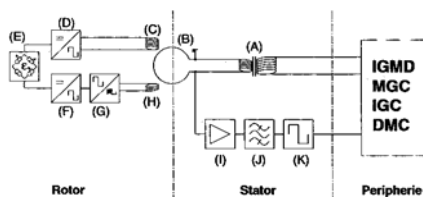
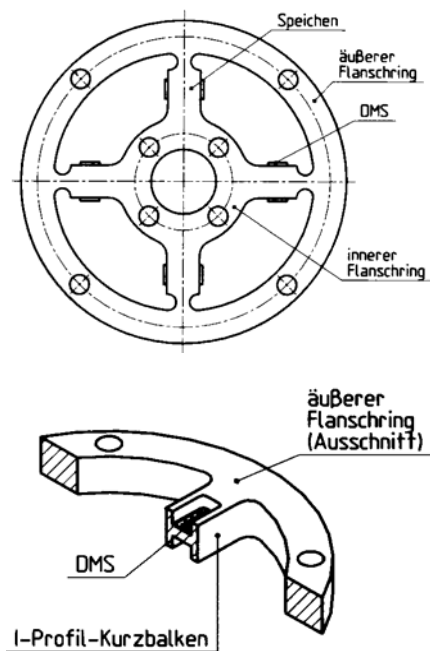
*NOVA dimenzija
pri merenju momenta*



□ Beskontaktni prenos signala

Davači momenta bez lažaja

○ Merna priрубnica

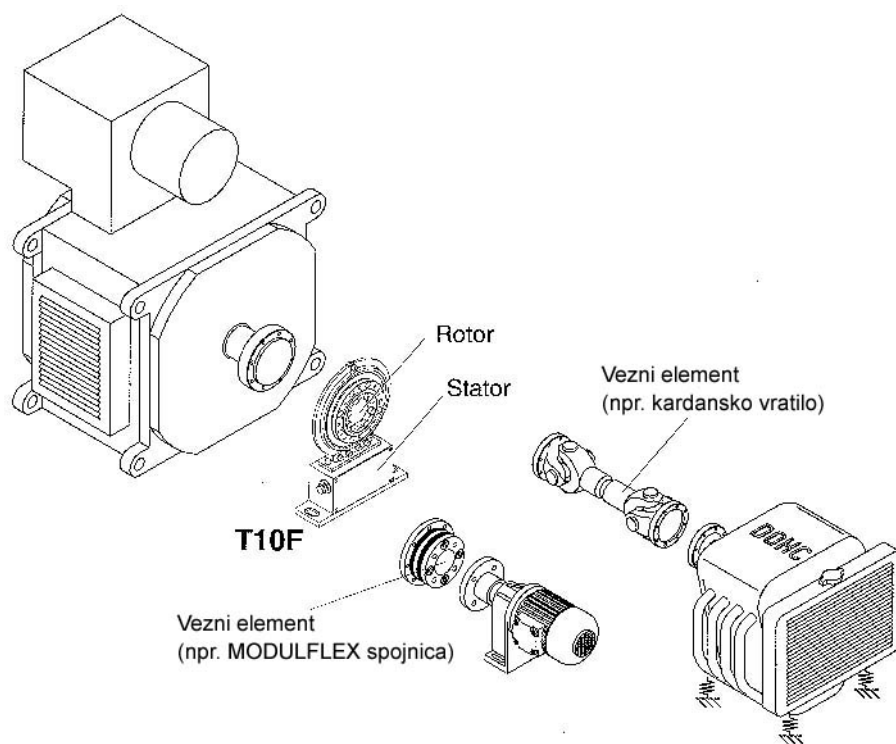


Prednost:

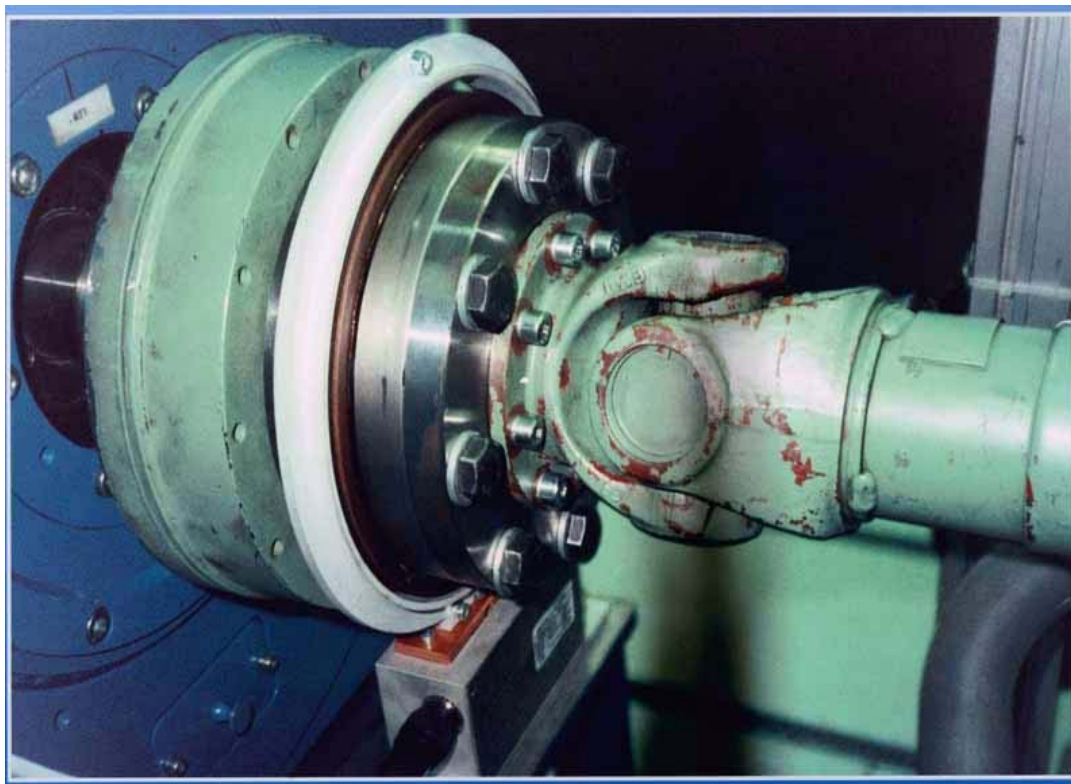
- Izuzetno kompaktna izvedba
- Velika krutost, i sopstvena frekvencija



T10F - Montažna shema







Metode merenja - primeri

HBM disk za merenje reaktivnog momenta TB 1A

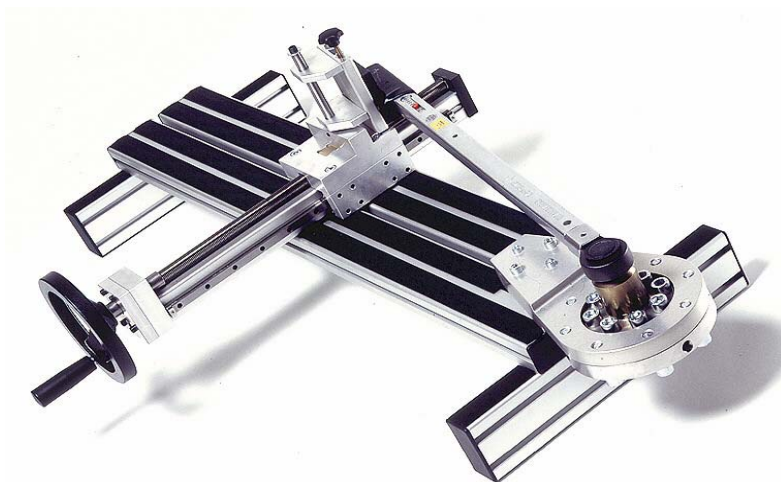
- Tačnost 0.05
- Opseg 100..5000 Nm
- Niskoprofilni oblik
- Univerzalna primena



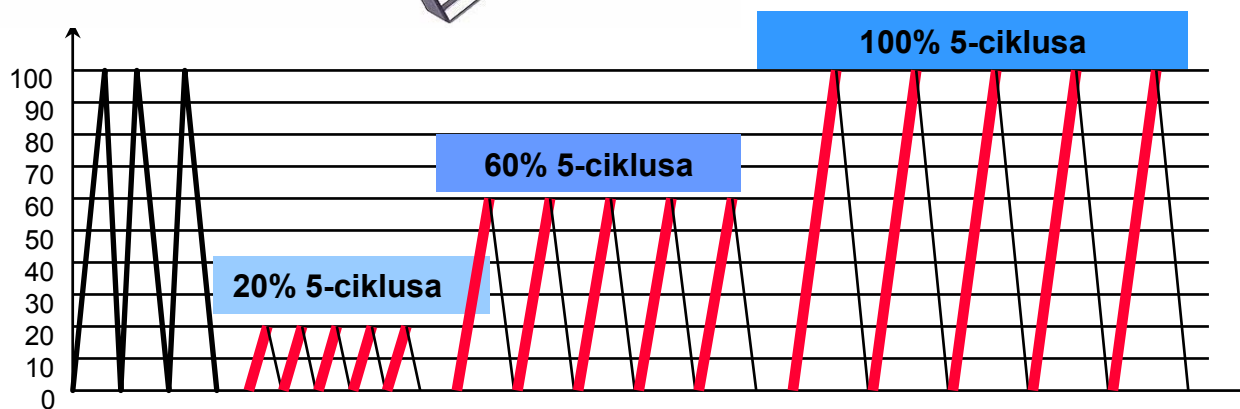
Referentni momentni ključkevi



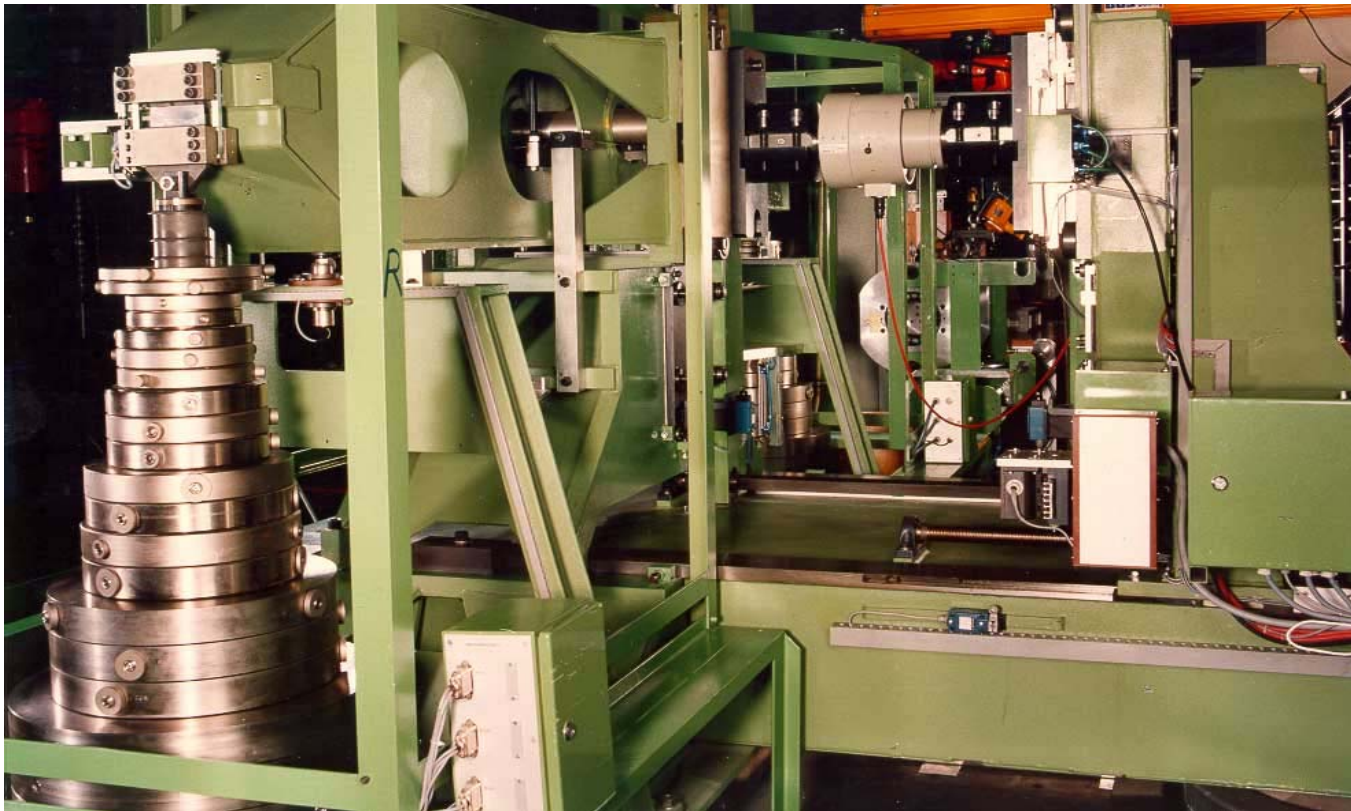
KALIBRACIJA MOMENTNIH KLJUČEVA



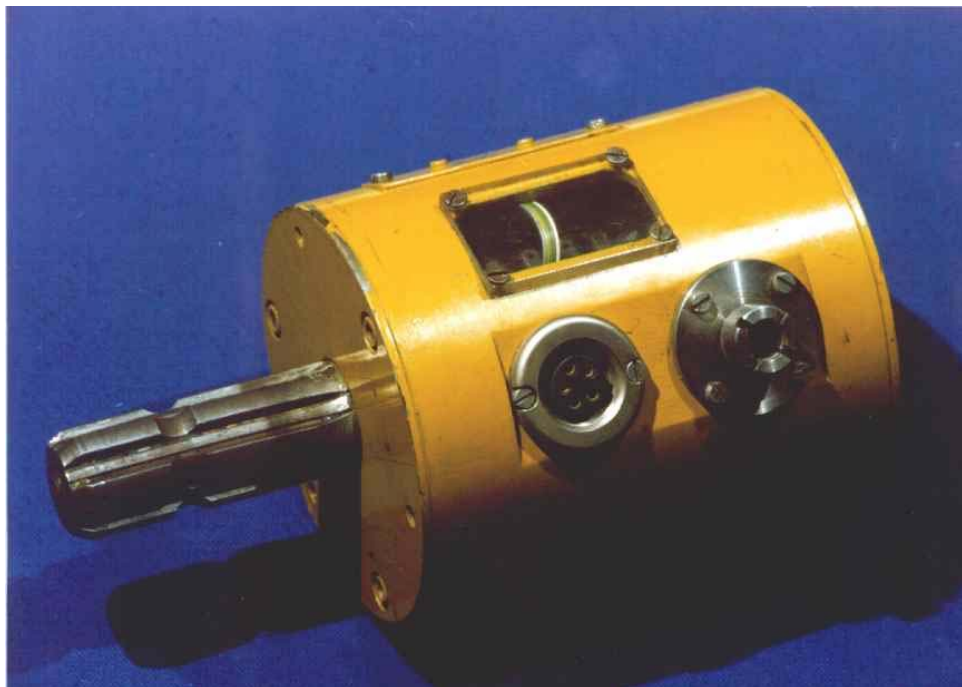
U SKLADU
SA
ISO 6789
CATMAN
Modul



Kalibraciona naprava kod HBM



TRCpro rešenja iz oblasti merenja
momenta



Traktorski davač sa kliznim prstenima
Merenje momenta i broja obrtaja



Traktorski davač bez kliznih prstena
Merenje momenta i broja obrtaja

Merna veličina

Pomeranje

Osnovni principi merenja pomeranja

- **induktivan**

induktivnost zavisi od položaja feritnog jezgra

- **optički**

princip triangulacije sa laserima

- **potenciometri**

promena otpornosti usled promene položaja

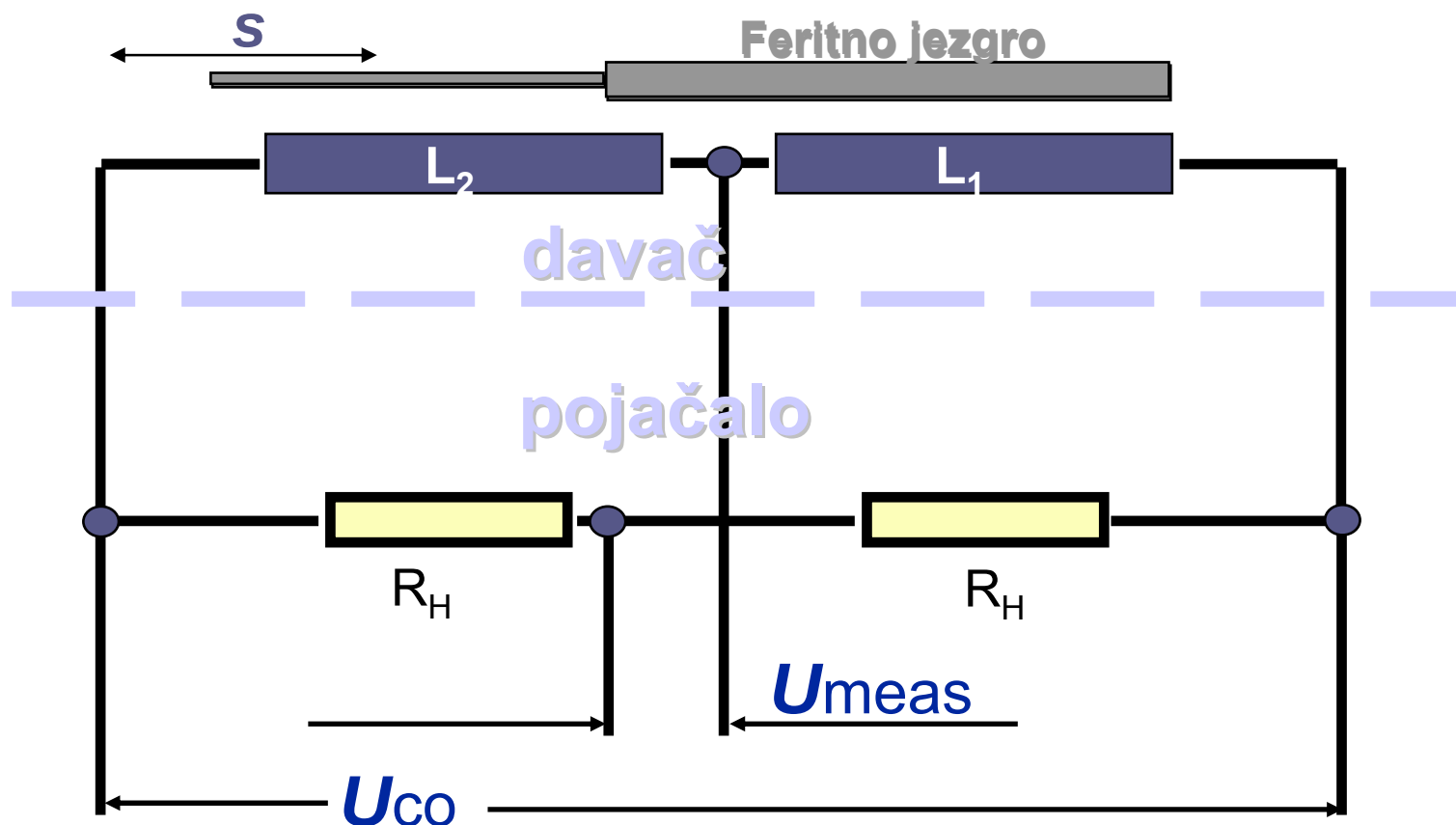
Poređenje optičkog i induktivnog principa merenja pomeranja:

- + lako rukovanje
- + bez kontaktno
- Osetljivost na prašinu i prljavštinu

Poređenje potenciometerskog i induktivnog principa merenja pomeranja:

- + niska cena
- + velik opseg merenja (senzori sa sajlom)
- Veća merna nesigurnost
- habanje

Princip rada induktivnog davača pomeranja – klasični diferencijalni reaktor



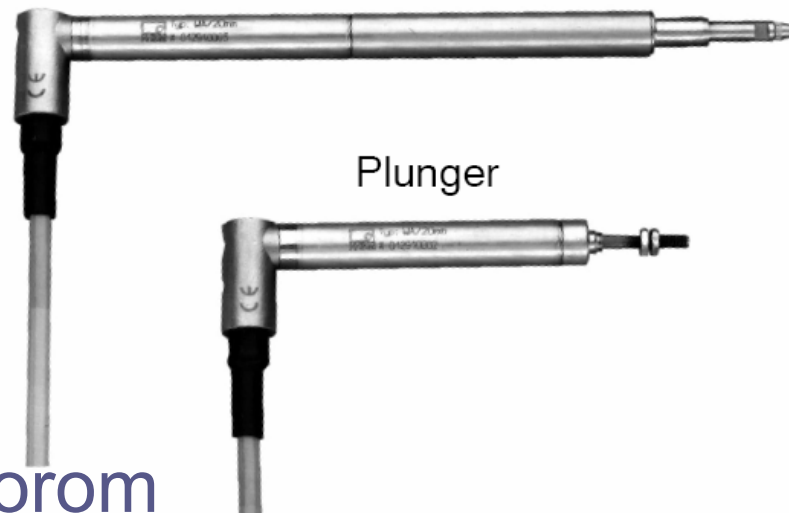
Karakteristike i ograničenja induktivnih davača pomeranja sa četvrtinom mosta:

- Merni opseg 0...2 do 0...500 mm
- Temperaturni opseg rada -40...80°C (150°C)
- Klasa tačnosti 0.1%
- Dobre karakteristike kod statičkih i dinamičkih merenja
- Step en zaštite IP67, otpornost na pritiske do 350 bar
- Dozvoljeno ubrzanje do 2500 m/s² (jezgro); 650 m/s² (cilindar)
- Apsolutno merenje

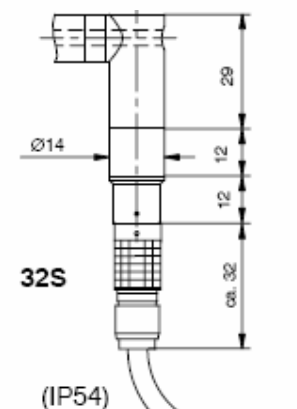
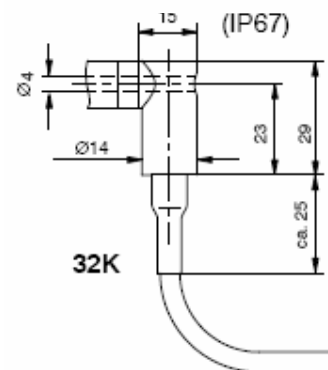
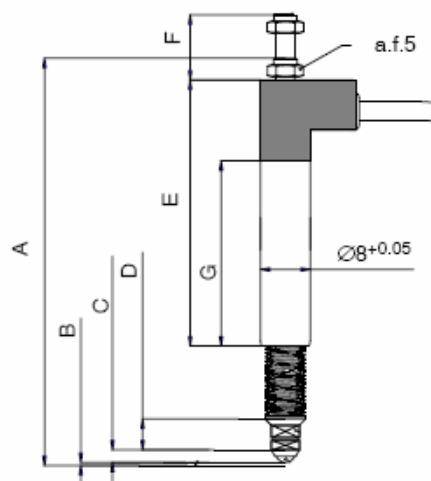
Napomene prilikom izbora:

- Merni opseg
- Gabariti i smer merenja
- Vrh sa ili bez obruge
- Zaliven kabel ili sa konektorom

Displacement probe



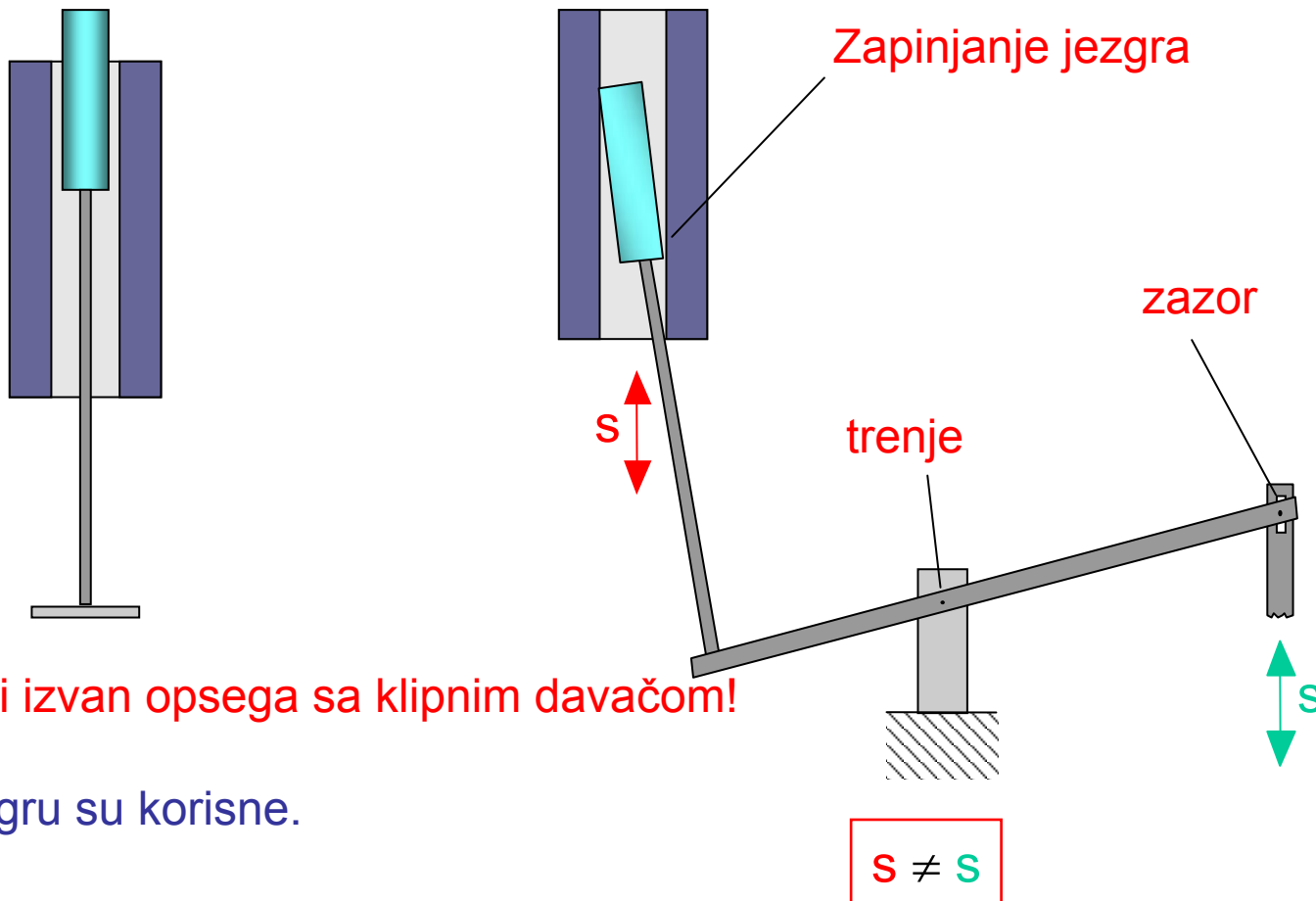
Plunger



Saveti za ugradnju

- Cilindar mora kao referenca biti fiksiran
- Voditi računa u poravnanju i centričnosti
- Test sertifikat je jedinstven za svaki par klip (jezgro)/cilindar – ukoliko se promeni jezgro = velika merna nesigurnost
- Mora se pažljivo rukovati sa jezgrom
- Obratiti pažnju na ubrzanja koje može da podnese vrh
- Toleranca osetljivosti je 1% - podesiti naknadno kalibracijom sa etalomom ukoliko je potrebno

Mogući uzroci greške

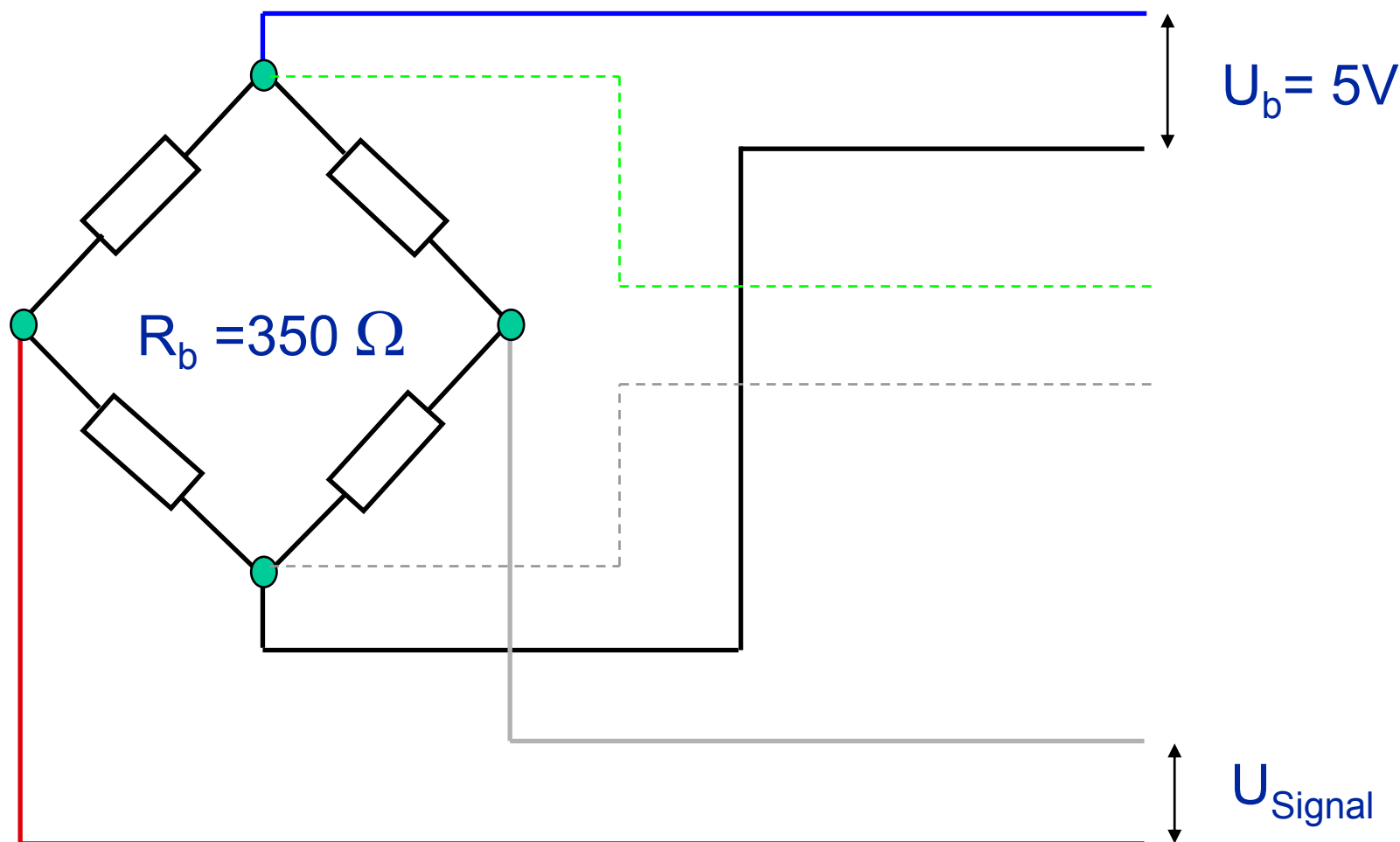


Kablovi kao sastavni delovi mernog pretvarača

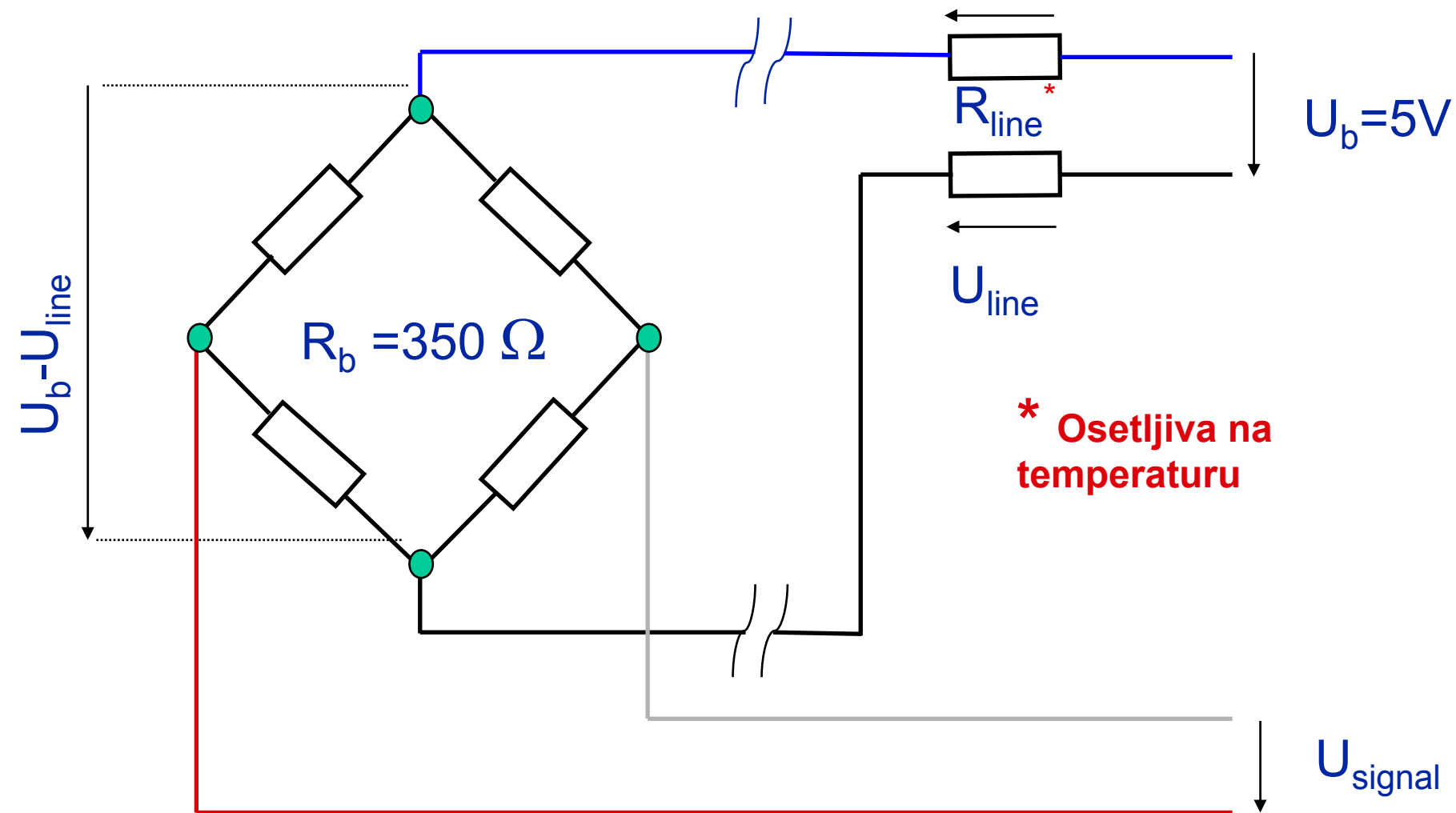
Zašto nam je potreban kabel?

- Veza između senzora i pojačala
- Napajanje pasivnog mernog mosta
- Prenos izmerenog signala
- Zaštita od smetnji

Vitstonov most



Karakteristike 4-žilne veze



Uticaj kablova sa 4-žilnom vezom

Primer:

Bakarni kabel, 50 m dužine, 0.14 mm^2 popr. preseka

Otpor linije se u startu kalibriše

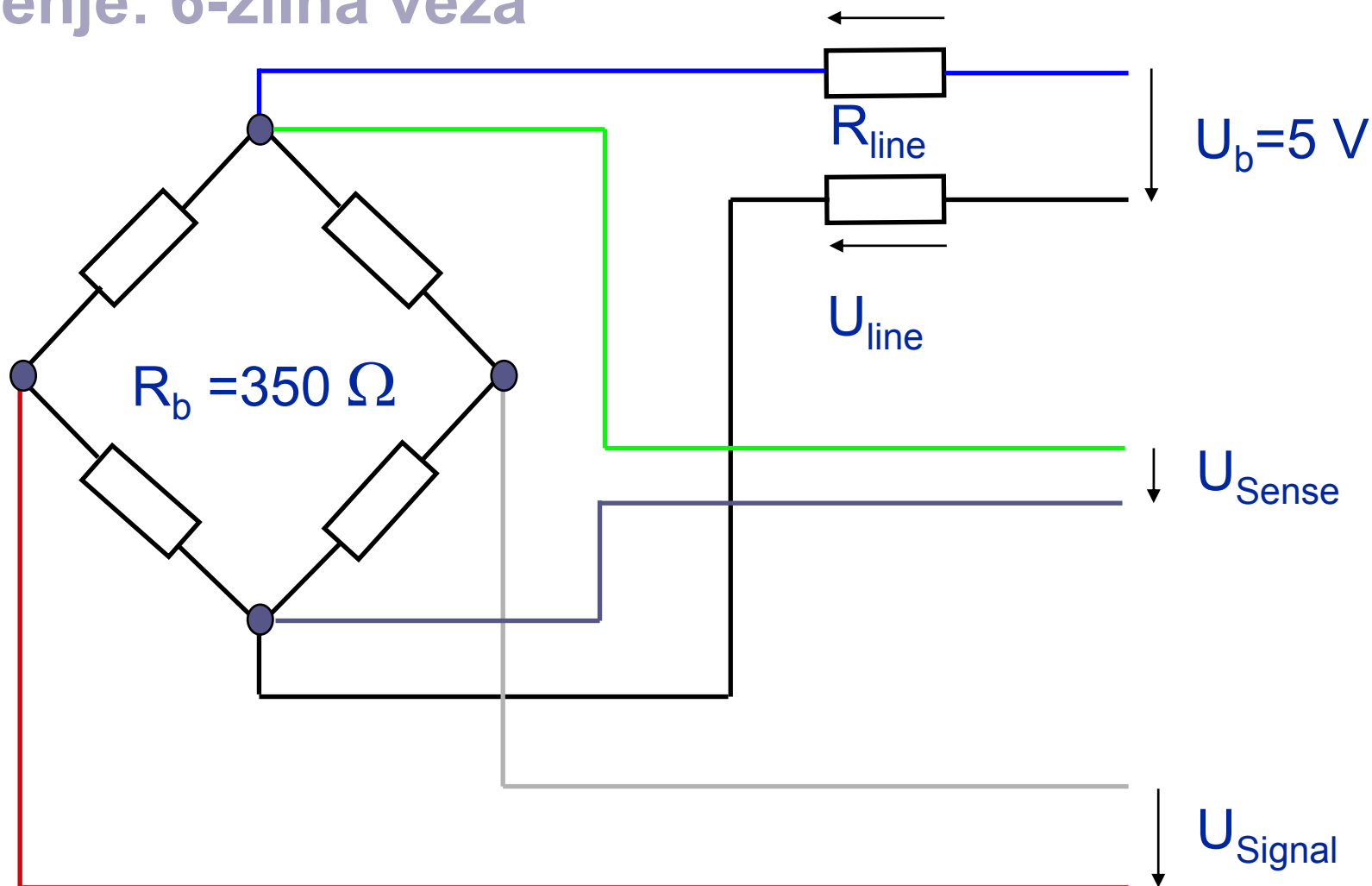
Promena u otporu $47 \text{ m}\Omega / \text{K}$ za bakar

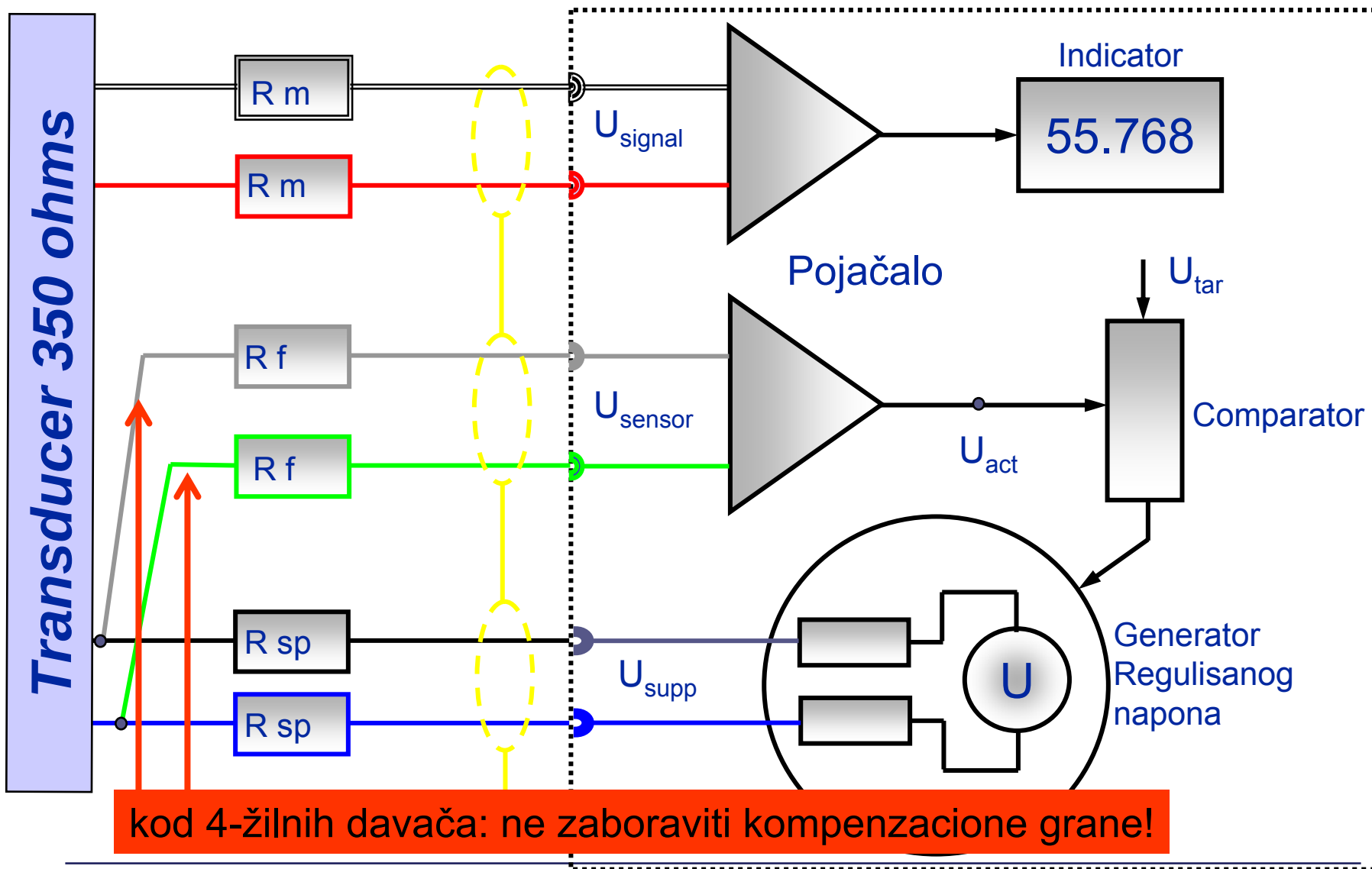
pri 20 K promene daje oko 0.94Ω

Napajanje senzora je smanjeno sa 5 na 4.986 V

Ovo utiče na 'promenu osetljivosti' od oko 0.28%

Rešenje: 6-žilna veza

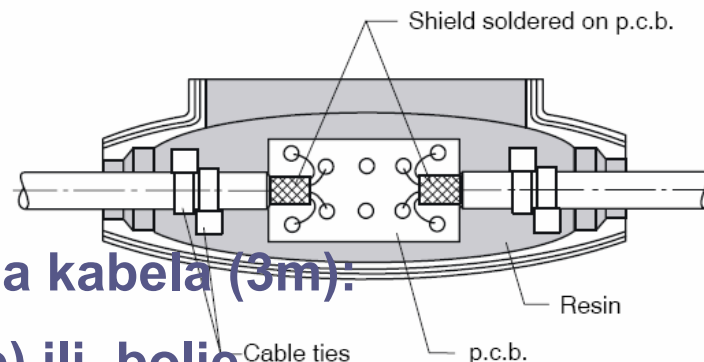




Test

4 / 6 - žilna veza

Produženje mernog kabela

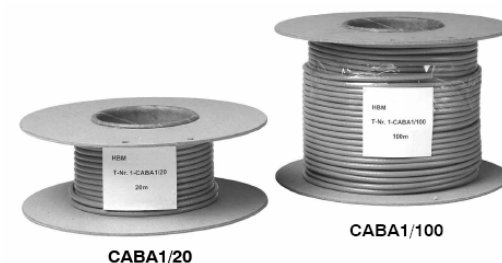


Ukoliko je nedovoljna standardna dužina kabela (3m):

- Dužina po zahtevu (cena, rok isporuke) ili, bolje
- dodatni 6-žilni produžetak (sabirna kutija, ili muško-ženski konektori)

Moguće je ostvariti dužine do 500 m uz pomoć:

- 6-žilne veze
- kabel Kab8/00-2/2/2 (višestruki štit, simetričan, niska kapacitivnost)
- Mernog pojačala sa nosećom frekvencijom



Širm / EMC zaštita

Uzemljenje davača

Kod HBM-a su postojala dva slučaja:

Stara verzija (u upotrebi do kraja 1995)

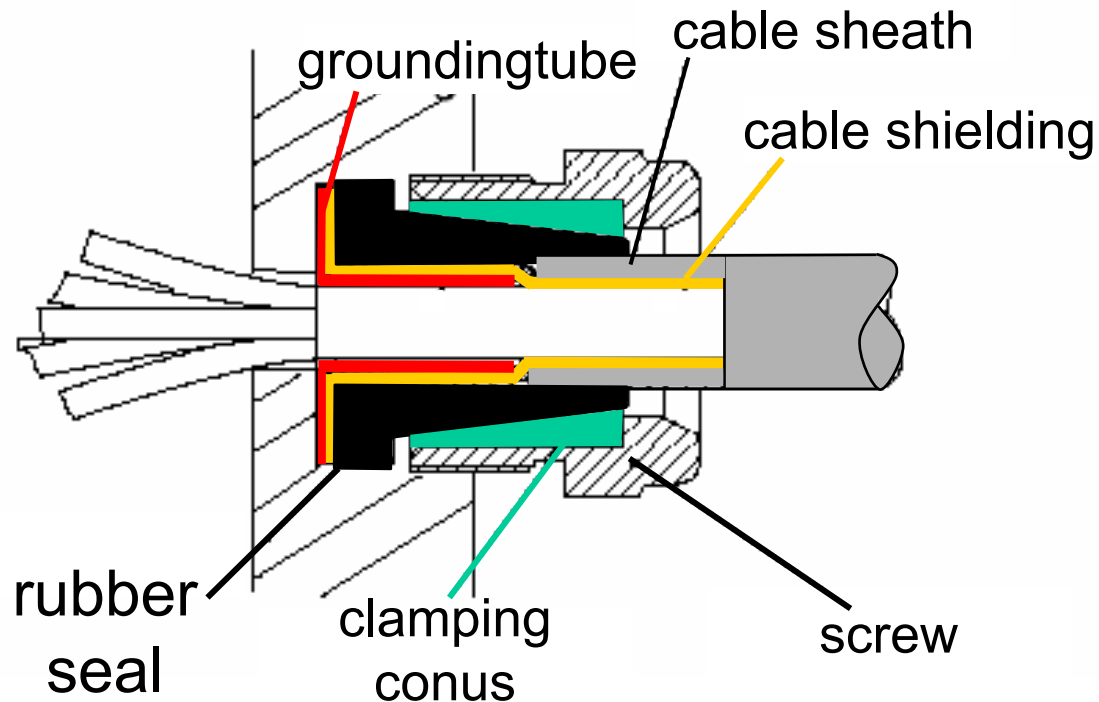
Do kraja `95, širm nije bio u kontaktu sa kućištem senzora ili nije bio u kontaktu sa kućištem pojačala

Nova verzija (od 1996)

Električna veza između kućišta pojačala i širma

Reason: EMC law

The cable shield makes extensive contact with the transducer housing

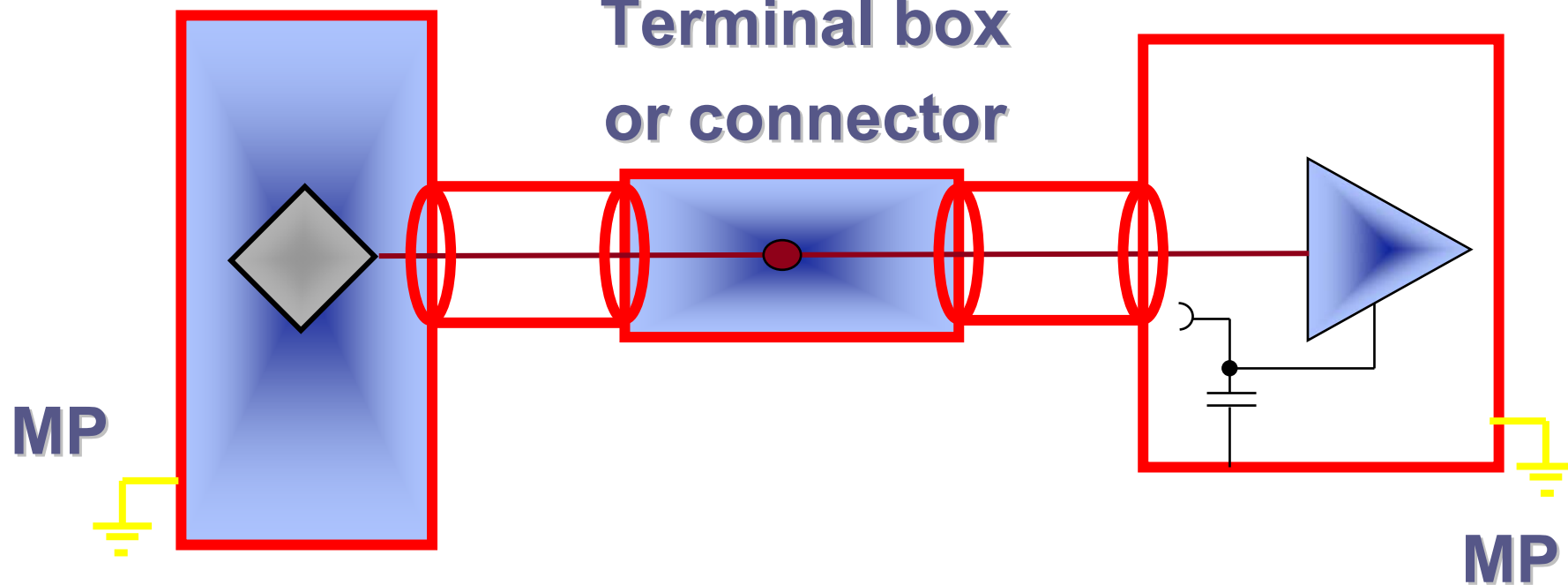


⇒ Faraday cage ⇒ good EMC protection ⇒ CE classification

Transducer

Amplifier

**Terminal box
or connector**



Problem:

- If there are potential differences, equalization currents flow over the cable shield
- often causing 50 Hz interference

Solutions:

- Connect the transducer and the amplifier with a potential equalization line

Recommended value: highly flexible stranded wire
min. 16 mm² Cu

- *alternatively: cut the shield on one side and link with a disk capacitor*

Transducer

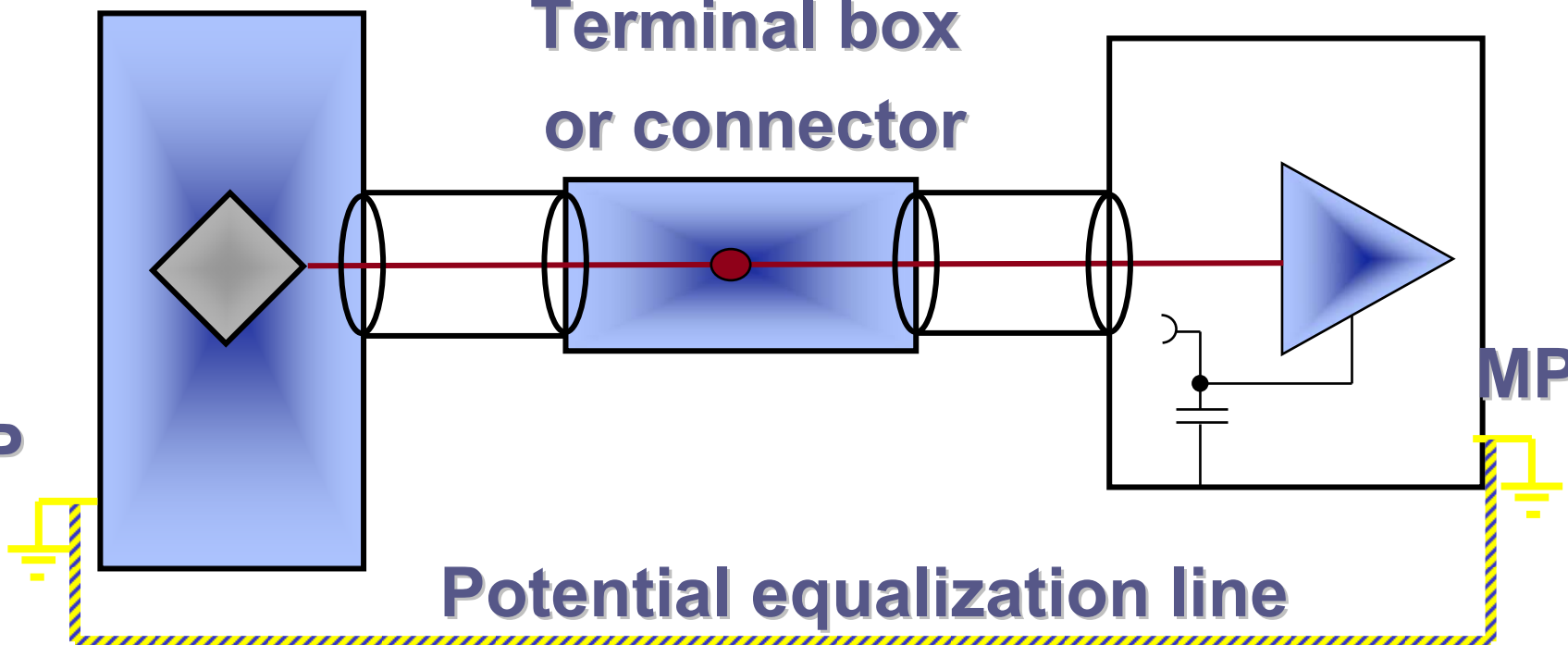
Amplifier

**Terminal box
or connector**

MP

MP

Potential equalization line



More notes on EMC

- The signal ground and the shielding must be dealt with totally separately
- Avoid ground loops
- Use symmetrical cables and differential amplifiers
- Reduce serious interference from the power supply by suitable filters
- Fit a ferrite core to power supply cables
- Do not install measuring cables next to and parallel with power supply cables (at least 50 cm away)
- Even at this distance, inductive interference can occur in the measuring cable

Test: effects of interference

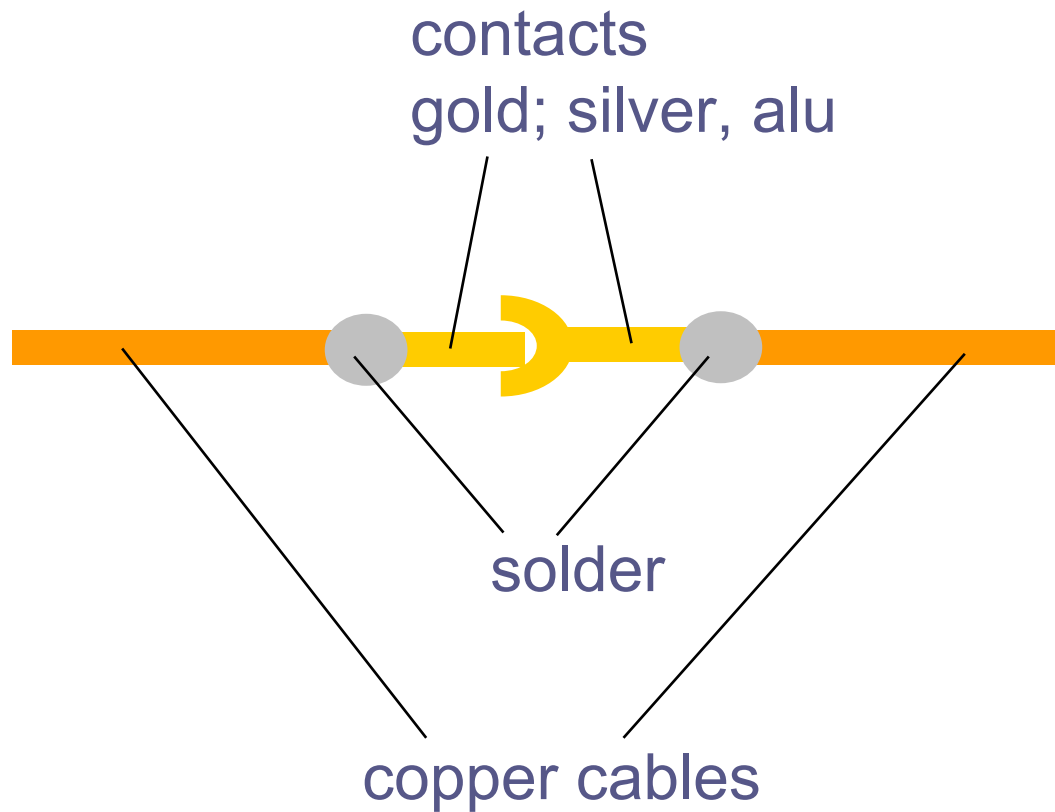
What sort of interference occurs?

electrical fields e.g. 50 Hz or converter

magnetic fields

thermoelectric voltages

Thermoelectric voltages



Thanks...
... for listening

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH
Im Tiefen See 45
D-64293 Darmstadt

www.hbm.com

Thomas Hesse
Sales marketing and seminars
Tel. +49 61 51 / 8 03 - 179
Thomas.hesse@hbm.com



measurement with confidence