

6. SENZORI PRITISKA

6.1. Merne promenljive i merni principi

- Najčešće primene senzora pritiska sa karakterističnim vrednostima, na savremenim motornim vozilima su:
 - Pritisak vazduha u usisnoj grani i pritisak punjenja (od 1 do 5 bara),
 - Pritisak kočne tečnosti u elektropneumatskim kočnim sistemima (10 bara),
 - Pritisak u pneumatsko aktivnim sistemima oslanjanja (16 bara),
 - Sistemi sa nadzorom pritiska u pneumaticima (5 bara),
 - Pritisak u hidrauličkom modulatoru ABS sistema (200 bara),
 - Pritisak u amortizerima, u sistemima oslanjanja (200 bara),
 - Pritisak freona u klima sistemima (35 bara),
 - Pritisak upravljanja u automatskim menjačkim prenosnicima (35 bara),
 - Pritisak kočne tečnosti u glavnom kočnom cilindru i kočnim cilindrima točka u sistemima ESP-a (200 bara),

6. SENZORI PRITISKA

6.1. Merne promenljive i merni principi

- Nadpritisak i potpritisak u rezervoaru za gorivo (0,5 bara)
 - Pritisak u komori za sagorevanje, za nadzor izostanka paljenja i kontrolu detontivnog sagorevanja (100 bara-dinamički pritisak),
 - Pritisak na izlazu pumpe visokog pritiska dizel motora (1.000 bara-dinamički pritisak),
 - Pritisak u zajedničkoj akumulatorskoj cevi (Common Rail) dizel motora (2.200 bara),
 - Pritisak u zajedničkoj akumulatorskoj cevi benzinskih motora sa direktnim ubrizgavanjem (200 bara);
- Merenje pritiska moguće je ostvariti:
- **direktno** (deformacija membrane)
 - **indirektno** (preko senzora sile)

Merni principi

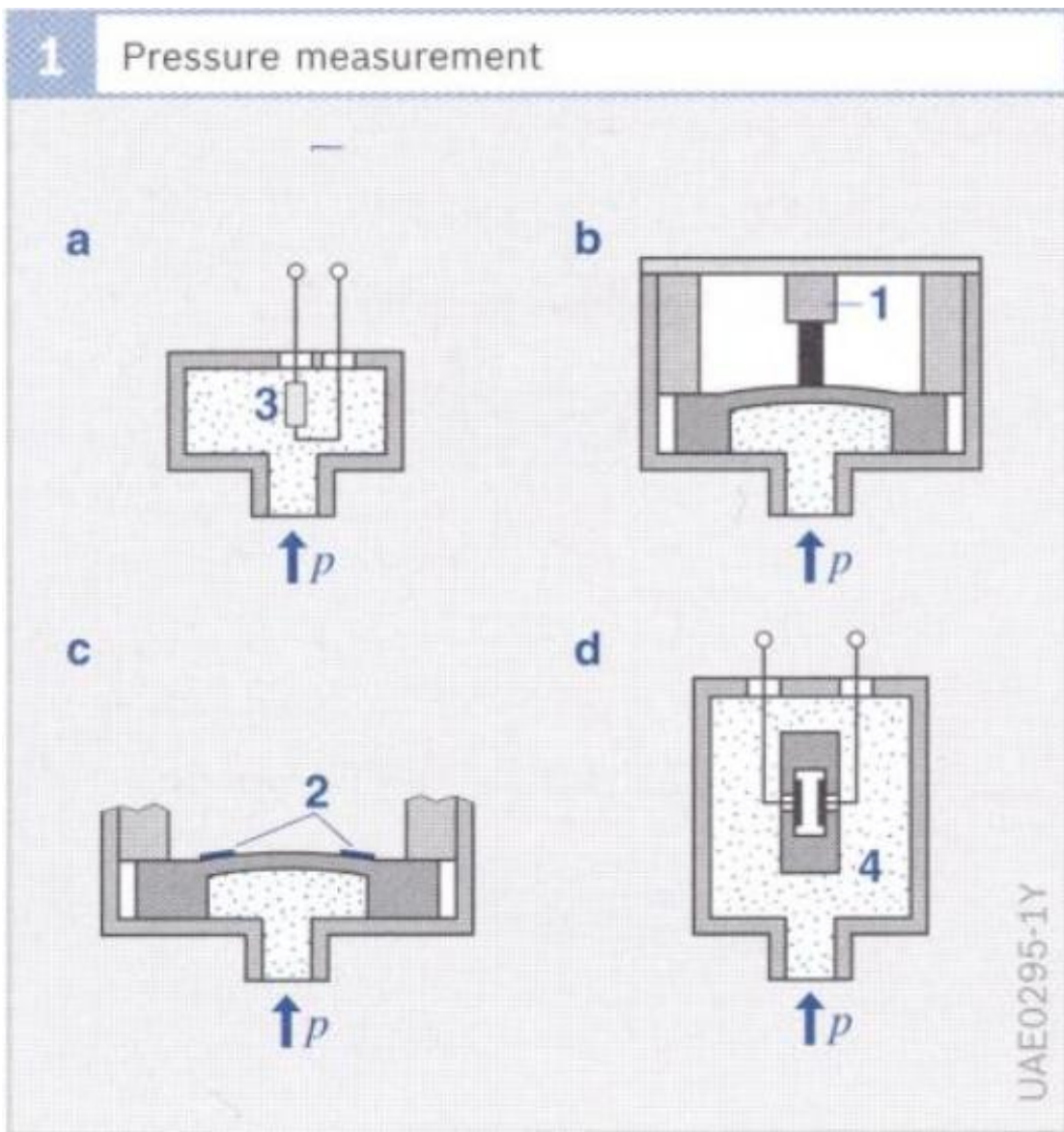


Fig. 1

- a Direct measurement, pressure-dependent resistor (3)
- b Measurement using a force sensor (1)
- c Measurement through diaphragm deformation via strain gage (2)
- d Capacitive measurement using the deformation of a diaphragm cell (4)

Merni principi

a) Direktno merenje pritiska

- Izvodi se pomoću otpornika, čija se otpornost menja sa promenom pritiska (zapreminski efekat otpornika).
- Primenjuje se za visoke pritiske (iznad 10^4 bar).
- Nedostatak je temperaturna zavisnost izlazne karakteristike senzora u određenoj meri, usled čega je neophodno implementirati naročitu temperaturnu kompenzaciju.
- Drugi problem predstavlja fizička izvedba, izvođenje i zaptivanje izvoda senzora iz medijuma čiji se pritisak meri.

b) Indirektno merenje pritiska

- Izvodi se pomoću senzora sile, kod kojih membrana svojim pomeranjem pritisak pretvara u silu koju prenosi na senzor sile.
- Merni opseg može ostati konstantan zbog činjenice da je mehanička membrana već izvršila adaptaciju na opseg merenja pritiska.
- Mora se osigurati savršena veza od merne membrane do senzora sile.

Merni principi

c) Membranski senzori pritiska

- Najčešći princip za merenje pritiska ostvaruje se pomoću tanke membrane (dijafragme), koja fizički razdvaja medijum od dela za merenje pritiska.
- Direktna zavisnost vrednosti pritiska uspostavljena je sa deformacijom membrane.
- Zavisno od mesta merenja i opsega pritiska vrši se izbor prečnika, debljine i krutosti membrane.
- U području nižih opsega pritiska, obično se koristi veća dijafragma koja se deformiše od 0,1 do 1 mm.
- Viši pritisci zahtevaju tanje dijafragme i manji prečnik sa deformacijom od svega nekoliko μm .
- Deformacija membrane se registruje na više načina, a najčešći su:
 - Kapacitivno
 - Mehaničkim naprezanjem

Merni principi

d) Kapacitivni senzori pritiska

- Kapacitivni senzori pritiska, iako imaju određene prednosti, prvenstveno u pogledu tačnosti merenja, za razliku od senzora inercije (npr. senzori ubrzanja) veoma se retko koriste za merenje pritiska.
- To je prvenstveno zbog toga što dielektrična karakteristika ovih senzora gotovo uvek utiče na njihovu kalibraciju, a to znači da je pri procesu kalibracije neophodan i radni medijum.
- Iz navedenog razloga složenost tehničkog postupka izrade senzora znatno podiže njegovu cenu.

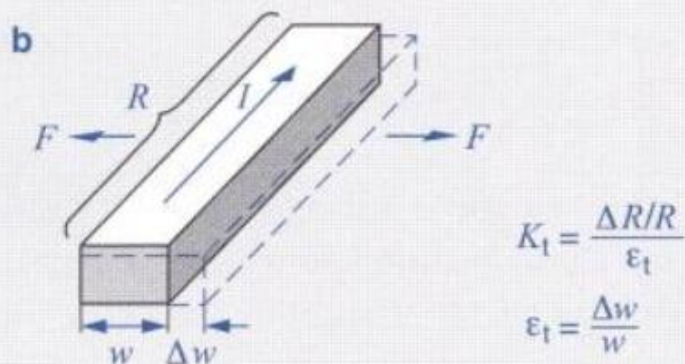
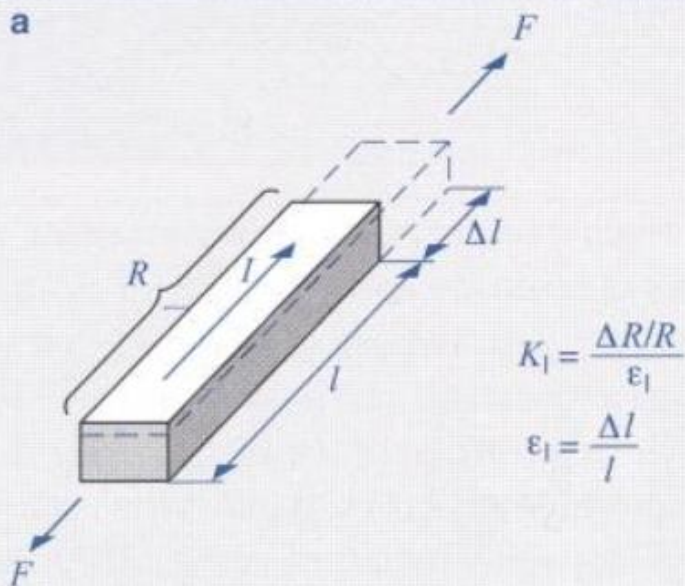
Materijali za membrane

1 Strain gage pick-off and diaphragm material			
Strain gage pick-off	Diaphragm material		
	Ceramics	Metal (steel)	Silicon
Foils ¹⁾ (glued)			
Thick-film			
Metal thin-film		x	
Silicon thin-film		x	
Diffusion resistors			x

$$(1) \quad K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = 1 + 2 \cdot \nu + \frac{dp/\rho}{\varepsilon}$$

Merni principi

2 Gage factor (K), physical quantities



UAE0819Y

Fig. 2

a Longitudinal

b Transverse

F Force

I Current

R Resistance

l Length

w Width

ϵ Elongation

K Gage factor

- Jedan se odnosi na uzdužni K-faktor kada se otpornik proširuje u pravcu struje, a drugi na poprečni K-faktor kada se proširuje poprečno u smeru struje (slika 2).
- Tabela 2 daje pregled tipičnih vrednosti za najvažnije faktore naprezanja.

2 Gage factors (K) for different materials

Material	Gage factors (K)	
	longitudinal	transverse
Foil strain gage	1.6 to 2.0	≈ 0
Thick-film	12 to 15	12 to 15
Metal thin film	1.4 to 2.0	-0.5 to 0
Si thin film	25 to 40	-25 to -40
Si-monocrystalline	100 to 150	-100 to -150

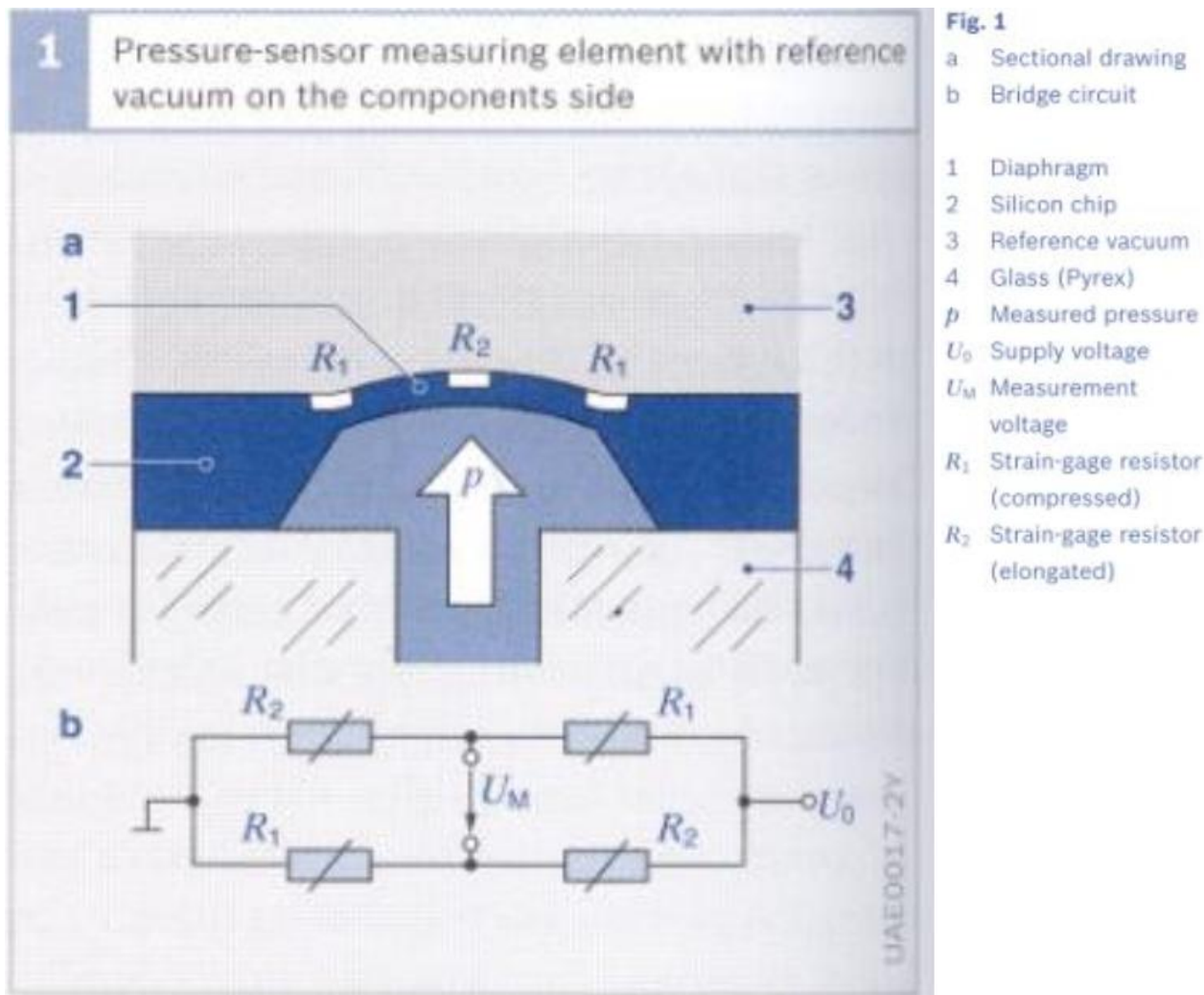
3 Basic sensor types for pressure measurement:

Pressure on diaphragm bottom side p_u	Pressure on upper side of diaphragm p_o		
	Measured pressure	Ambient pressure	Vacuum
Measured pressure	Differential pressure	Reference pressure	Absolute pressure
Ambient pressure	Reference pressure	–	Barometric pressure
Vacuum	Absolute pressure	Barometric pressure	–

- Deformacija membrane zavisi od razlike pritiska koji se primjenjuje na njenu gornju i donju stranu.
- To znači da postoje četiri različita osnovna tipa senzora pritiska (Tabela 3):
 - Apsolutni pritisak
 - Referentni pritisak
 - Barometrijski pritisak i
 - Diferencijalni pritisak

Primeri primene senzora pritiska na motornim vozilima

Micromehanički senzori pritiska na motornim vozilima



- Pritisak deluje na silicijumsku membranu na kojoj se nalaze otpornici u mosnom spoju, čija se otpornost menja sa promenom pritiska i koji su izrađeni u mikromehaničkoj tehnologiji.
- U zajedničkom kućištu nalazi se pored senzora i hibridno električno kolo za obradu signala.
- Integrirani senzorski čip je potpuno kalibrisan i prilagođen za primenu u elektronskim sistemima paljenja i ubrizgavanja.
- Usled izuzetno kompaktnih dimenzija pogodni su za ugradnju direktno na usisnu granu.

2 Measuring element of pressure sensor with cap and reference vacuum on the components side (design)

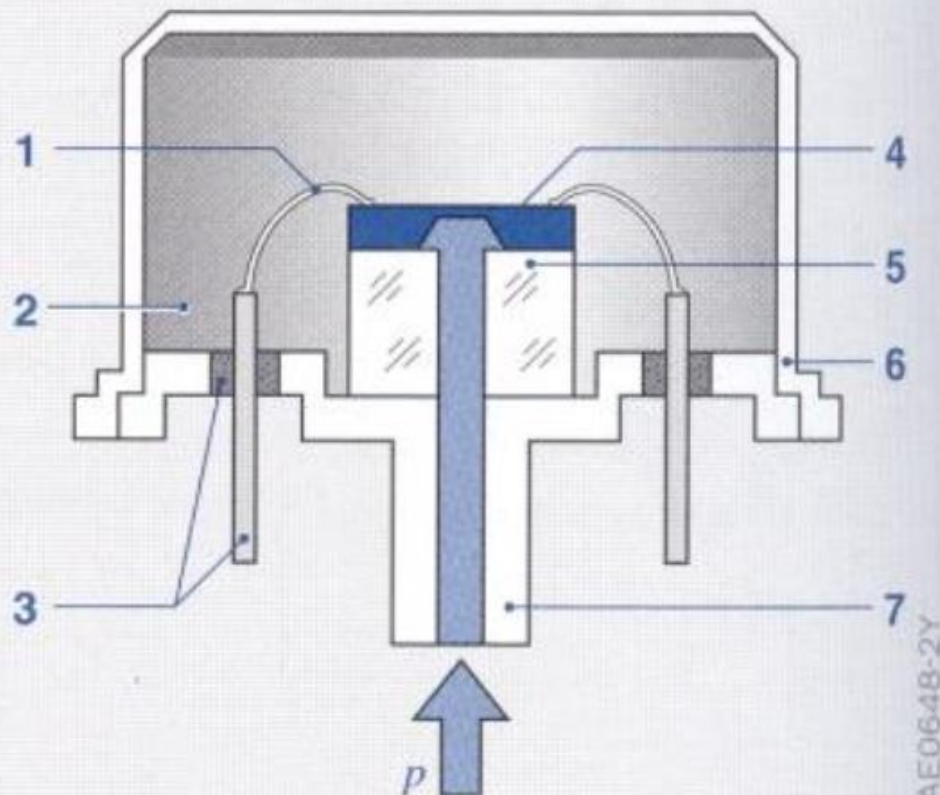


Fig. 2

- 1, 3 Electrical terminals with glass-enclosed lead-in
- 2 Reference vacuum
- 4 Measuring element (chip) with evaluation electronics
- 5 Glass base
- 6 Cap
- 7 Supply for measured pressure p

- Pritisak deluje na silicijumsku membranu na kojoj se nalaze otpornici u mosnom spoju, čija se otpornost menja sa promenom pritiska i koji su izrađeni u mikromehaničkoj.
- Vinstonovo mosno kolo omogućuje veću osetljivost senzora.

3 Micromechanical pressure sensor with reference vacuum on the components side (design)

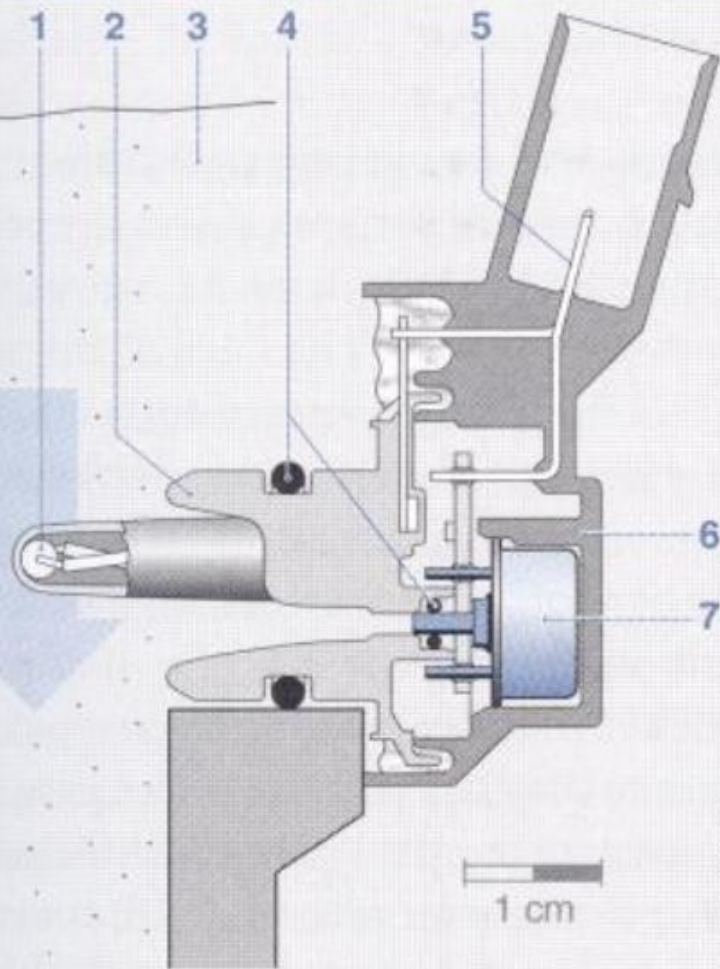


Fig. 3

- 1 Temperature sensor (NTC)
- 2 Housing base
- 3 Manifold wall
- 4 Sealing rings
- 5 Electrical connection (plug)
- 6 Housing cover
- 7 Measuring cell

- Elektronički sklop za kondicioniranje signala je integrisan na čip. Njegova funkcija je da poveća napon mosta, nadoknadi temperaturne promene i linearizirati krivu pritiska.
- Izlazni napon je u rasponu od 0 do 5 V i isporučuje se preko električnih priključaka na upravljačku jedinicu motora (Sl. 3, poz. 5).
- Upravljačka jedinica koristi ovaj izlazni napon za izračunavanje pritiska.

4 Micromechanical pressure sensor with reference vacuum in a special chamber (design)

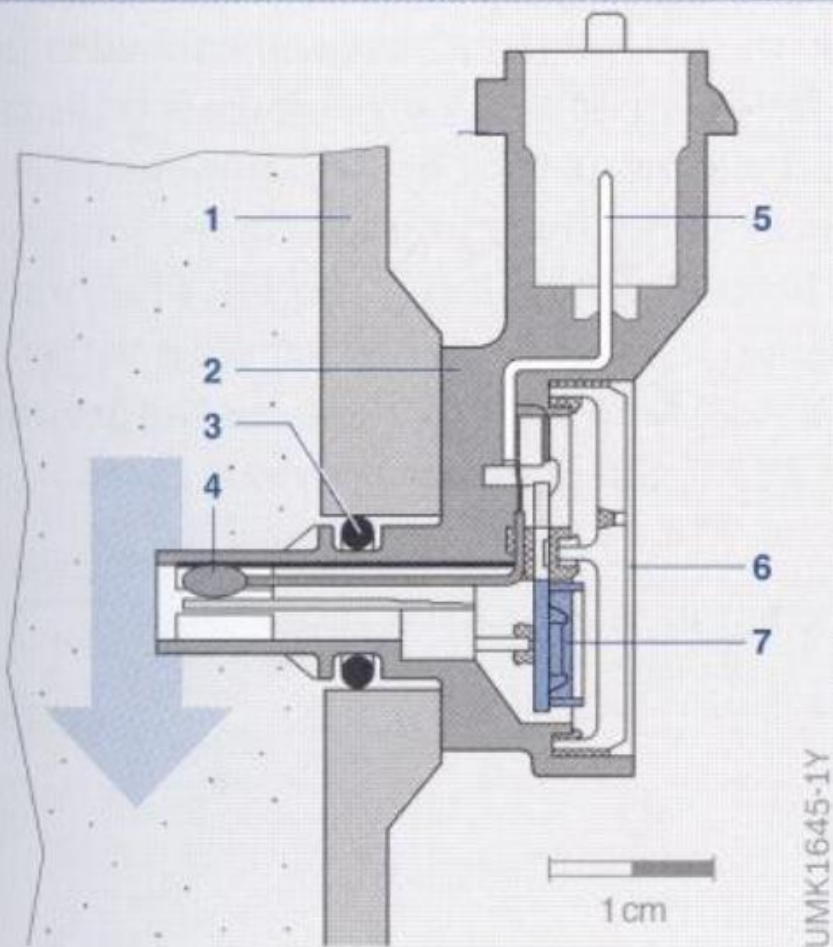
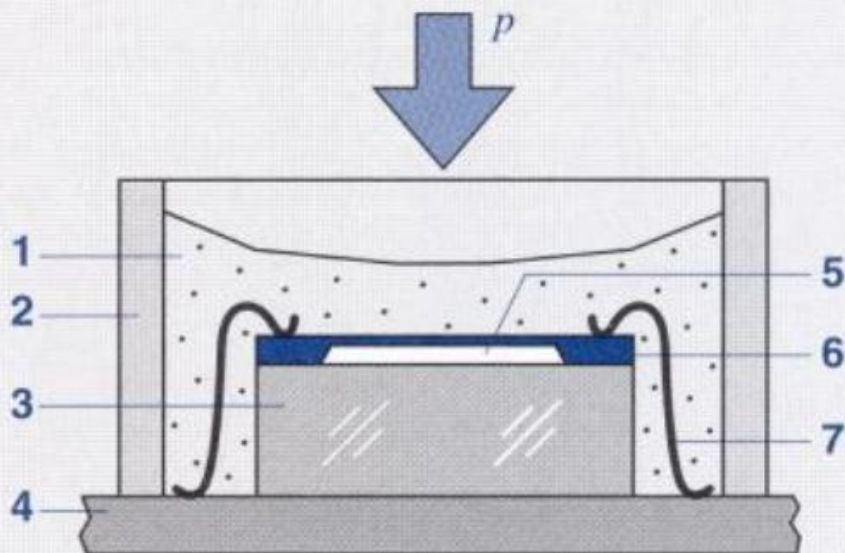


Fig. 4

- 1 Manifold wall
- 2 Housing
- 3 Sealing ring
- 4 Temperature sensor (NTC)
- 5 Electrical connection (plug)
- 6 Housing cover
- 7 Measuring cell

- Za maksimalnu zaštitu, sa znatno povećanom osetljivošću, strana čipa sa štampanim kolima i kontaktima je zatvorena u komoru sa referentnim vakuumom, koja se nalazi između osnove kućišta i zavarenog metalnog kućišta.
- Jedina razlika je u tome što se membrana mernog elementa deformirana u suprotnom pravcu i stoga su otpornici naprezanja "savijaju" u drugom pravcu.

5 Measuring element of pressure sensor with reference vacuum in a special chamber (design)



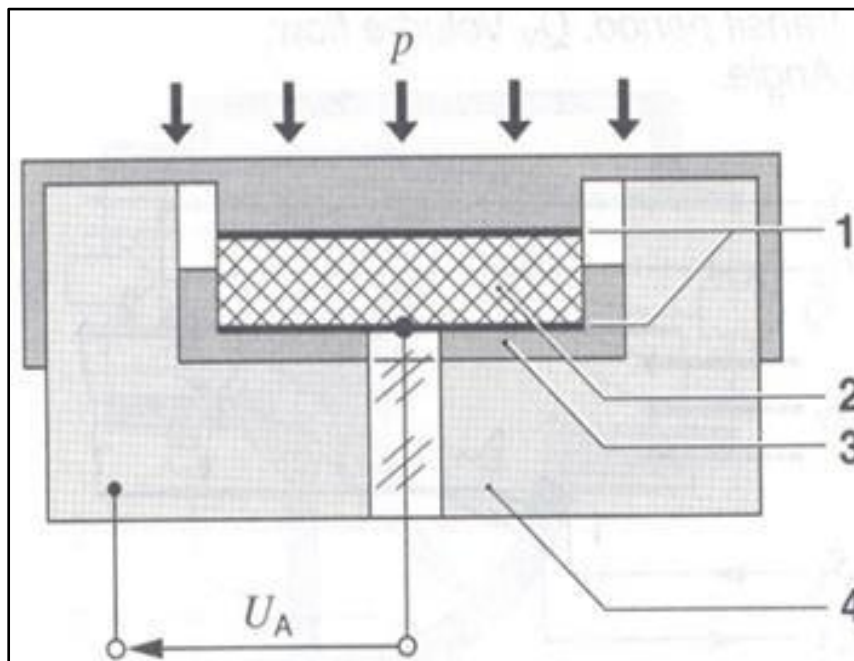
UMK1644-1Y

Fig. 5

- 1 Protective gel
- 2 Gel frame
- 3 Glass base
- 4 Ceramic hybrid
- 5 Chamber with reference vacuum
- 6 Measuring cell (chip) with evaluation electronics
- 7 Bonded connection
- p Measured pressure

- Kod jeftinijih izvedbi osetljiva strana čipa je zaštićena odgovarajućim gelom od mernog medijuma.
- Ovaj tip senzora koristi se u elektronskim sistemima za nadzor pritiska pneumatika.
- Merenje je kontinualno i beskontaktno.

Pijezoelektrični senzor pritiska



1- metalna zaštita,
2 - pijezoelektrični disk,
3 - izolacija,
4 - kućište,
 p – pritisak,
 U_A - merni napon.

- Pijezoelektrični senzori omogućavaju dinamičko merenje pritiska.
- Kod elektronski upravljanih pumpi visokog pritiska dizel motora, sa kontrolom početka i završetka potiskivanja goriva, takav senzor se koristi na strani pumpe visokog pritiska.
- Kako se za ovakvu primenu ne zahteva ekstremna preciznost, histerezisni i temperaturni uticaji nisu glavni zahtevi pri proizvodnji senzora.

Senzor visokog pritiska sa metalnom membranom

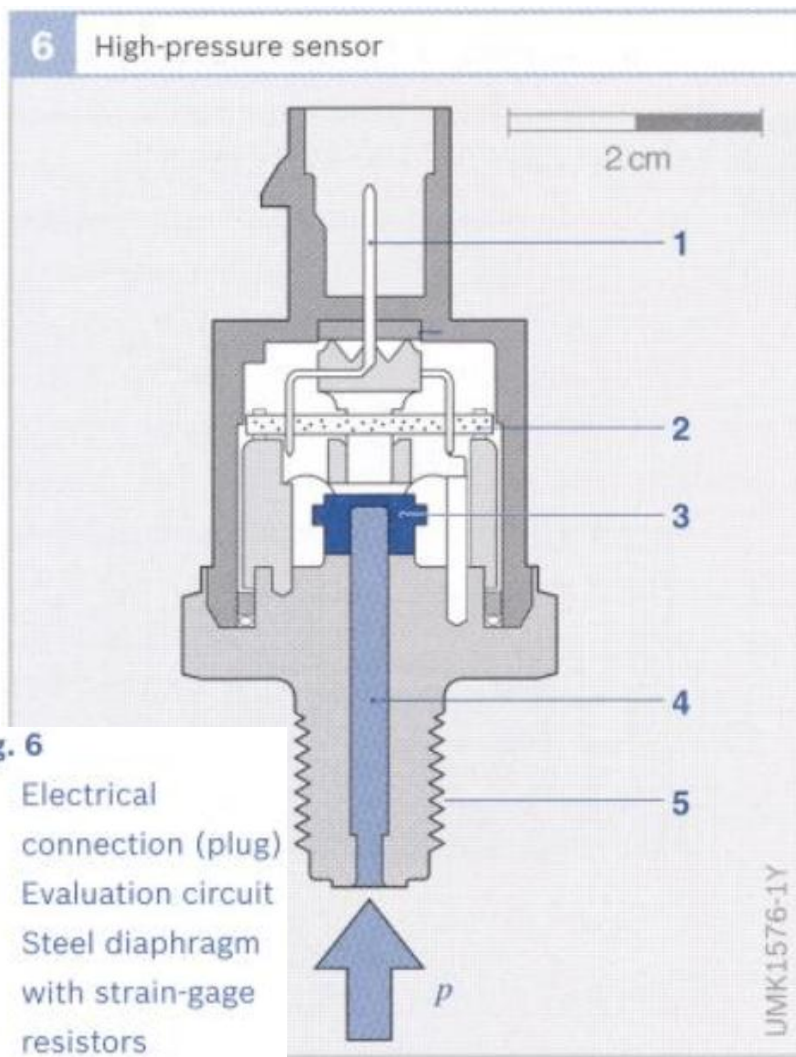
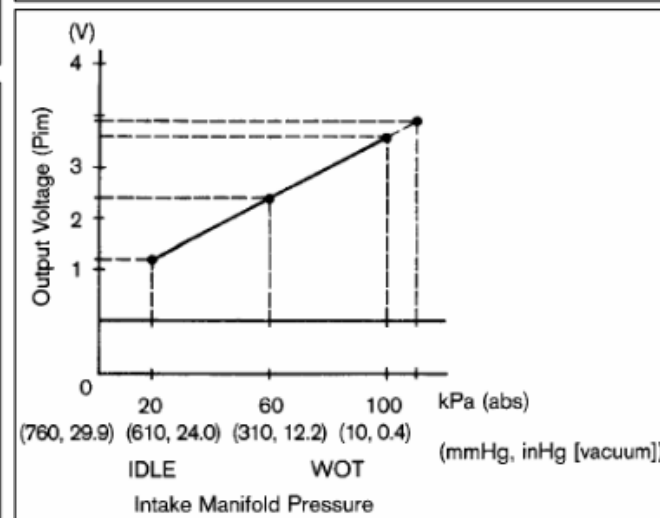
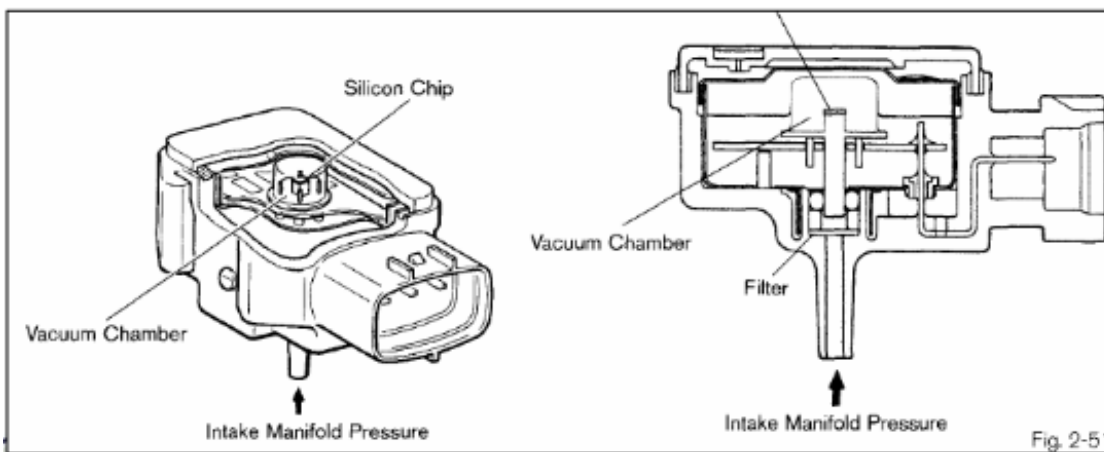
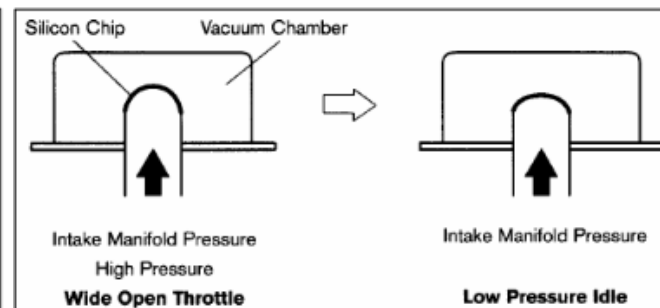
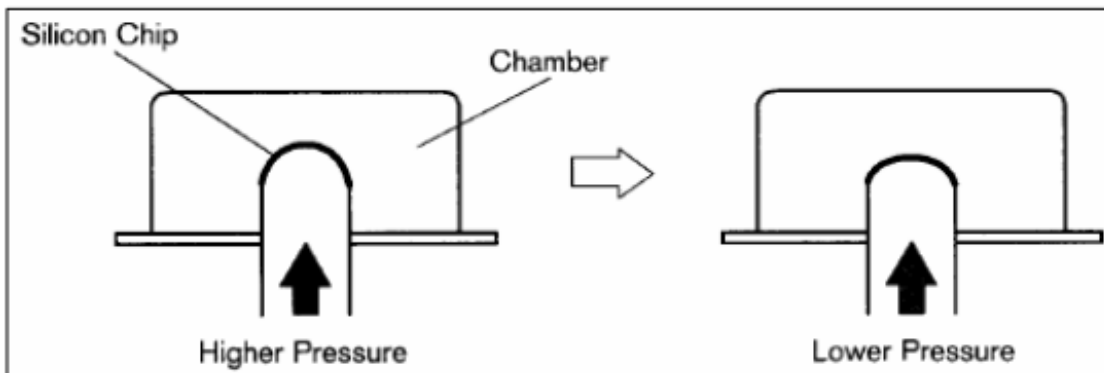


Fig. 6

- 1 Electrical connection (plug)
- 2 Evaluation circuit
- 3 Steel diaphragm with strain-gage resistors
- 4 Pressure connection
- 5 Mounting thread

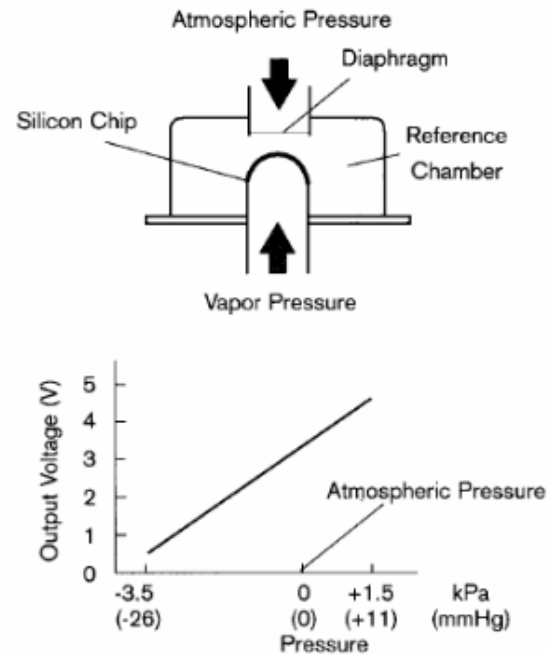
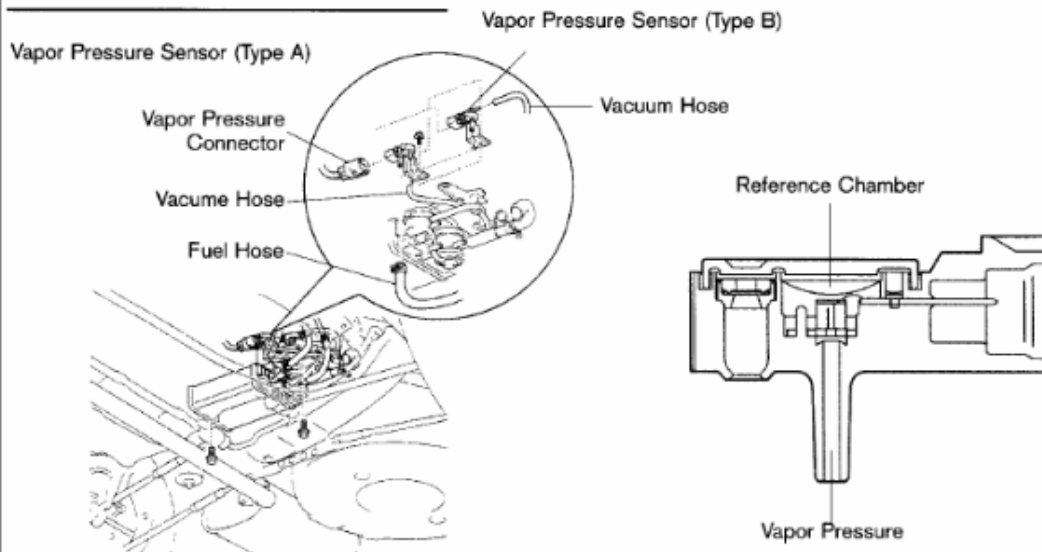
- Senzori za merenje ekstremno visokih pritisaka u *Common Rail* ima membranu proizvedenu od visokokvalitetnog čeličnog opružnog materijala sa slojem osetljivim na naprezanje.
- Ima znatno bolje karakteristike u odnosu na senzore koji se koriste u sistemima za merenje pritiska u usisnoj grani.
- Karakteriše ih:
 - jednostavna primena,
 - izolovanost od mernog medijuma
 - široki merni opseg i
 - jednostavni su za instalaciju u metalno kućište.

Primeri primene senzora pritiska na motornim vozilima

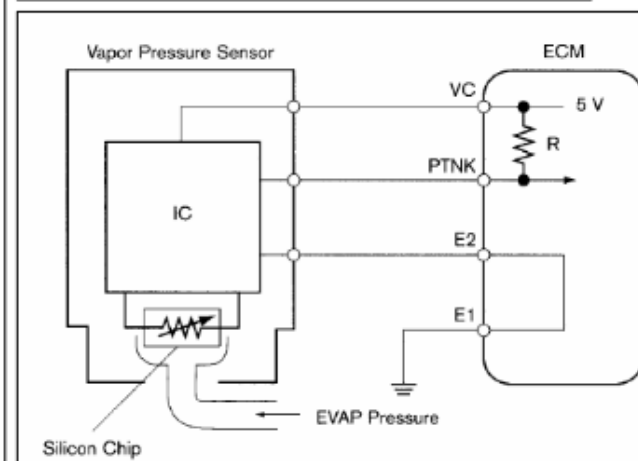
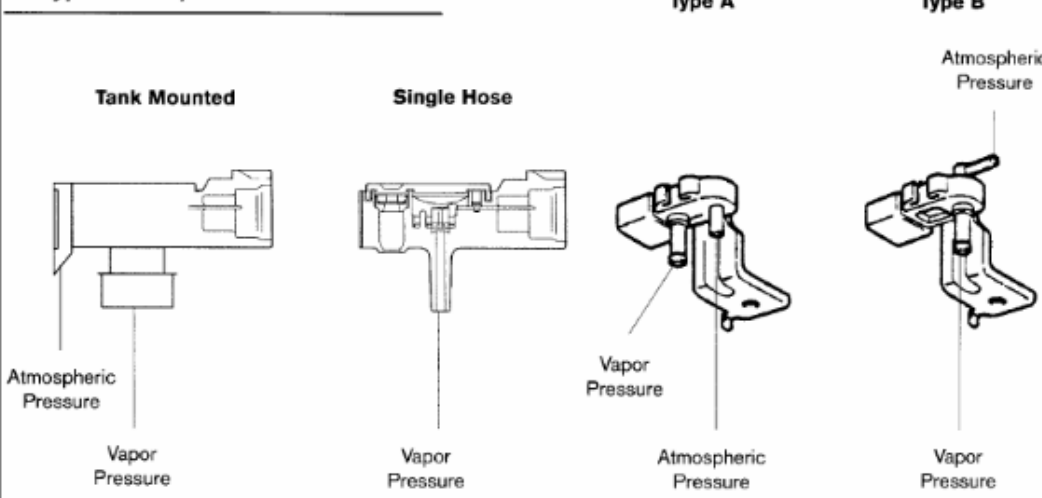


Primeri primene senzora pritiska na motornim vozilima

Vapor Pressure Sensor



Types of Vapor Pressure Sensors

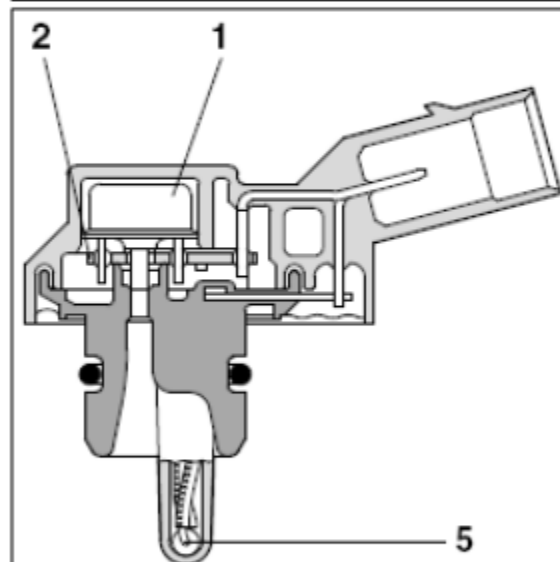


Primeri primene senzora pritiska na motornim vozilima

Absolute-pressure sensors

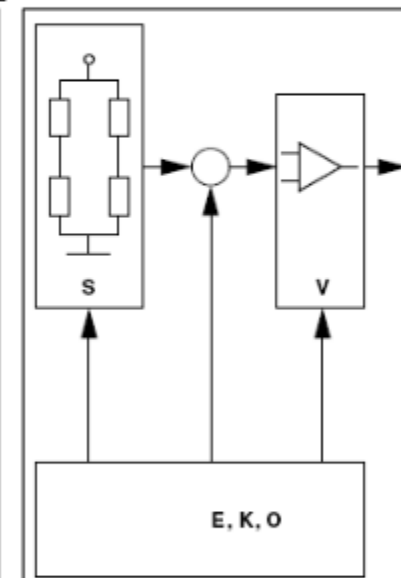
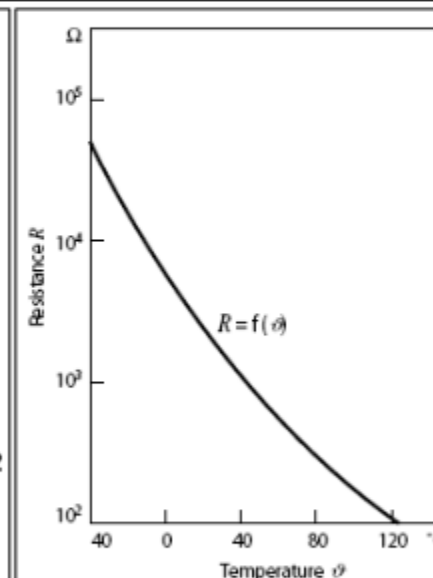
Media-resistant, micromechanical

Parameter		min	type	max
Current input I_V at $U_V = 5\text{ V}$	mA	6	9	12,5
Lower limit at $U_V = 5\text{ V}$	V	0,25	0,3	0,35
Upper limit at $U_V = 5\text{ V}$	V	4,75	4,8	4,85
Output resistance to ground, U_V open	k Ω	2,4	4,7	8,2
Output resistance to U_V , ground open	k Ω	3,4	5,3	8,2



Version with temperature sensor
 1 Pressure sensor
 2 PCB
 5 Temperature sensor
 Version with temperature sensor

3 Pressure connection
 6 Gland
 7 Glass coating
 8 Reference vacuum
 9 Aluminium bond (bonding wire)
 10 Sensor chip
 11 Glass base
 12 Welded joint
 13 Soldered joint



E Sensitivity
 O Offset
 K Compensation circuit
 S Sensor bridge
 V Amplifier

Primeri primene senzora pritiska na motornim vozilima

For pressures up 150 MPa

Technical data

Pressure range P_N	1500 (150)
Pressure-sensor type	RDS3
Thread	M 12 x 1,5
Connector	Make circuit
Pin	Silver-plated
Application/medium	Diesel fuel or biodiesel ²⁾
Accuracy of offset U_V	0,7 % FS
Accuracy of sensitivity at 5 V - in range 0...35 bar	FS ¹⁾ of measured value 0,7 %
Accuracy of sensitivity at 5 V - in range 35...1500 bar	FS ¹⁾ of measured value 1,5 %
Accuracy of sensitivity at 5 V - in range 35...1800 bar	FS ¹⁾ of measured value 2,3
Max. input voltage U_s	16
Supply current K	9...15
Supply voltage u	$5 \pm 0,25$
Load capacitance to ground	13
Temperature range	- 40 ... + 120
Max. overpressure p_{max}	2200
Rupture pressure I_A	4000
Tightening torque M_a	35 ± 5
Response time $\tau_{10/90}$	2

¹⁾ FS = Full Scale.

²⁾ RME rapeseed methyl ester.



0 281 002 498

