

T6 - OTPORNI TERMOMETRI ZA UVRTANJE

Otporni termometri za uvrtnanje namenjeni su za merenje temperature tečnih i gasovitih medija, na niskim i srednjim pritiscima, prvenstveno u posudama i cevovodima. Otporni termometar se direktno montira u medij u kome se meri temperatura.

Električna veza ostvaruje se preko priključne pločice ili transmitera, u priključnoj glavi.

Osnovni delovi otpornog termometra su:

- priključna glava,
- spoljašnja zaštitna cev,
- merni uložak sa otpornim senzorom,
- procesna konekcija.

Priključna glava otpornog termometra može biti raznih dimenzija i oblika, a definiše se preko konfiguratora.

Spoljašnja zaštitna cev otpornog termometra je od materijala izabranog tako da odgovaraju uslovima procesa i direktno je uronjena u medij u kome se meri temperatura.

Merni uložak može da bude u klasičnoj i mantel izvedbi sa različitim tipovima otpornog senzora, koji se definišu preko konfiguratora.

Preporučujemo mantel izvedbu, koja ima niz prednosti:

- spoj senzora i vodova nalazi se u visoko komprimovanom magnezijum oksidu, bez prisustva kiseonika,
- brži odziv,
- velika otpornost na vibracije,
- veća pouzdanost u radu,
- duži eksploatacioni vek.

Jedina prednost klasičnog mernog uložka je niža cena.

Procesna konekcija ostvaruje se pomoću priključaka različitih oblika i dimenzija.

Tehničke karakteristike

Osnovne tehničke karakteristike specificirane su konfiguratoru. Popunjavanjem konfiguratora generiše se kod za naručivanje, koji definiše proizvod.

Ugradna dužina otpornog termometra može biti:

konstantna (ostvaruje se pomoću procesnog priključka koji je zavaren za zaštitnu cev),
podešavajuća (ostvaruje se pomoću kompresionog priključka, koji je pomičan).

Primena

- hemijska industrija,
- industrija nafte,
- termoelektrane i hidroelektrane,
- prehrambena industrija,
- farmaceutska industrija,
- građevinske mašine, postrojenja, posude...



Funkcionalnost i konstrukcija

Princip merenja

Otporni senzor ima električnu otpornost od 100Ω na 0°C . Opšte je poznat kao Pt 100 senzor u skladu sa standardom IEC 751. Ova vrednost otpora raste sa porastom temperature što je u vezi sa karakteristikama materijala otpornika (platine). Ove vrste senzora se nazivaju elementi pozitivnog temperaturnog koeficijenta (PTC). Koeficijent je fiksiran na $\alpha = 0,00385\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, izračunat između 0°C i 100°C , prema ITS90 (Međunarodna temperaturna skala 1990).

Generalno koriste se dve vrste platinskih otpornih termometara:

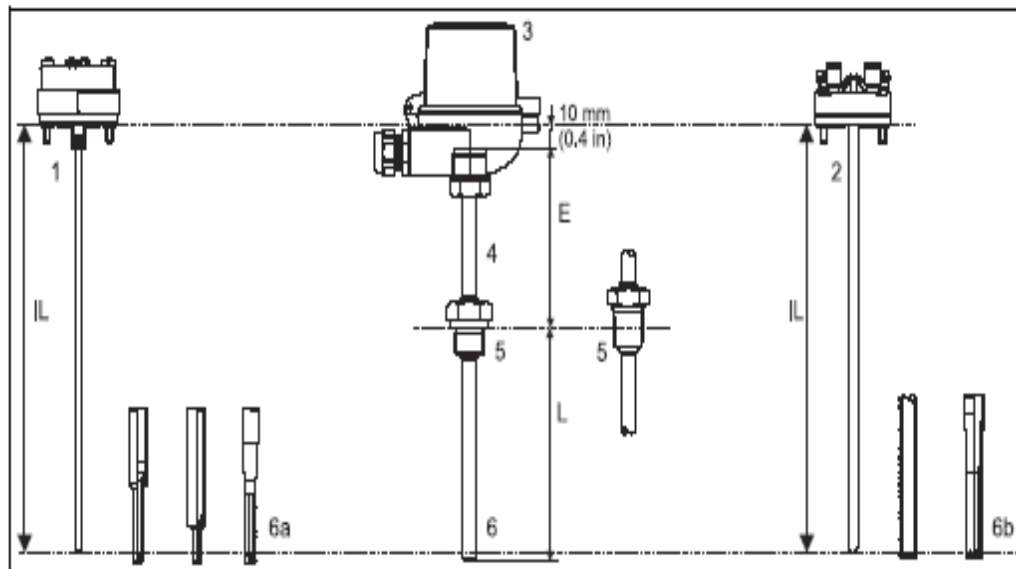
- **sa žičanim namotajem (wire wound - WW)** koji se sastoji od tanke žice od platine visoke čistoće, duplo namotane unutar keramičkog kućišta. Krajevi kućišta su zatvoreni keramičkom masom. Merenja postignuta ovim otpornim termometrima nisu samo ponovljiva, već pokazuju i dugotrajnu termičku otpornost / stabilnost temperaturne karakteristike u temperaturnom mernom opsegu sve do 600°C . Ova vrsta senzora je relativno velikih dimenzija i nije otporna na vibracije.

- **tanko filmovani platinski otporni termometri (TF)** koji se sastoje od precizne količine platine koja je naneta, u debljini od $1\text{ }\mu\text{m}$, postupkom isparenja pod vakumom, na keramičku podlogu. Platinski film se tada strukturiira tako da formira otpornički trag, upotrebom ili litografskog procesa ili laserskog zraka, a potom se kalibrira laserom. Zatim se postavlja sloj stakla debljine 10 do $15\text{ }\mu\text{m}$, kako bi se zaštitila platina. Konekcione žice su zavarene, kako bi se uspostavila električna veza sa otporničkim tragom i da bi se osigurao stakleni plašt

Zajedničke karakteristike za sve tanko filmovane senzore su brz odziv, mala termalna masa, tj. manje dimenzije i značajno povećana otpornost na vibracije. Temperaturne promene u otpornosti ovakvog senzora prouzrokuju željenu temperaturu koja je relevantna promeni otpora. Karakteristika otpornosti na višim temperaturama se razlikuje od karakteristika standardnih, (WW) otpornih senzora, pa se ovi otpornici koriste za merenje temperature do 500°C .

Sastavni delovi

Delovi otpornog termometra **Grupe T6**, prikazani su na slici 1



Slika 1. Sastavni delovi otpornog termometra Grupe T6 sa izgledom zaštitnih cevi

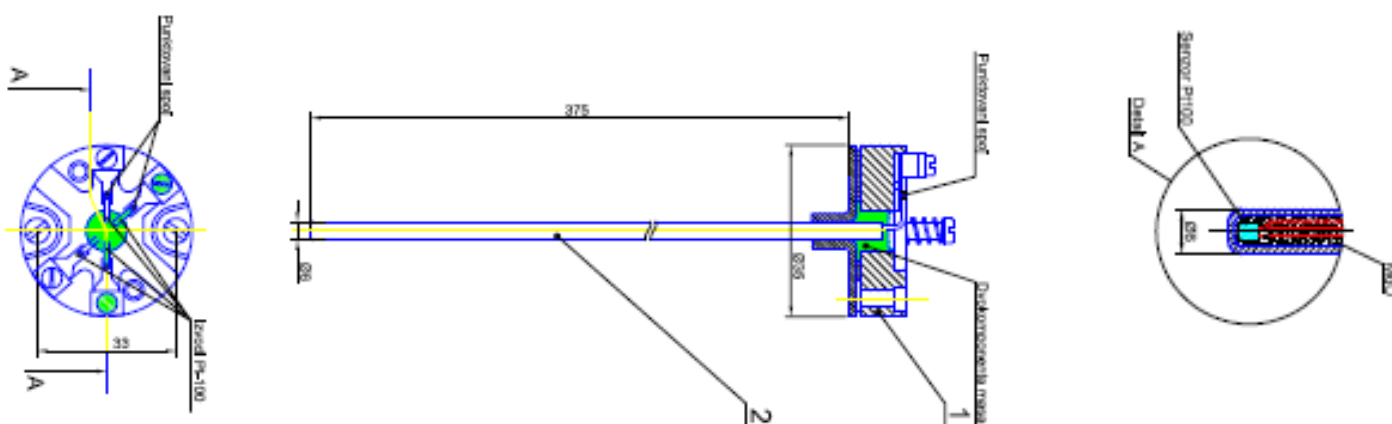
- | | |
|--|--|
| 1- Uložak ($\varnothing 3$ [mm]) sa ugrađenim transmiterom | 6a- Cev smanjenog prečnika ili konusna za uložak $\varnothing 3$ |
| 2- Uložak ($\varnothing 6$ [mm]) sa ugrađenom keramičkom pločicom | 6b- Prava (ravna) ili konusna cev za uložak $\varnothing 6$ |
| 3- Priključna glava; | Lv- Vratni deo cevi |
| 4- Zaštitna cev | L- Nazivna dužina |
| 5- Navojni priključak – procesna konekcija | Lu- Dužina mernog uložka = $L+L_v+10$ |

Konstrukcija otpornog termometra **Grupe T6** je modularna (rastavljiva). Osnovni delovi otpornog termoemtra su meni uložak, zaštitna cev, priključna glava u koju može biti smešten transponder ili keramička pločica, za električno povezivanje.

Konstrukcija i proizvodnja otpornih termometara **Grupa T6**, bazirana je na sledećim standardima: DIN 43729 (priključne glave); DIN 43772 (zaštitne cevi); DIN 43762 (merni ulošci). Primenom ovih standarda garantovan je kvalitet proizvedenih otpornih termometara i veoma dug eksploatacioni vek kako u jednostavnim tako i složenim industrijskim procesima.

Merni uložak-mantel konstrukcija (izmenljiv) je smešten unutar zaštitne cevi i pomoću opruga na keramičkoj pločici može se fiksirati njegov položaj tako da vrh mernog uloška dodiruje dno zaštitne cevi, ko da se obezbeđuje dobar prenos toplote. Senzor Pt 100, smešten je u mernom ulošku neposredno do vrha mernog uloška.

Izgled mernog uloška prikazan je na slici 2.



Slika 2 – Merni uložak sa keramičkm pločicom

- 1 – Keramička pločica sa kontaktima za punktovanje izvoda mantela
- 2 – Merni uložak – mantel konstrukcija

Zaštitne cevi izrađuju se od cevi prečnika 9 i 11mm (standardno), a mogu biti izrađene i sa drugim prečnicima, po zahtevu kupca. Zaštitne cevi mogu biti ravne (istog prečnika celom dužinom), konusne ili reducirane (prelazak sa većeg na manji prečnik, pri dnu cevi) zbog bržeg odziva-

Otporni termometri Grupe T6, ugrađuju se u proces, cev ili rezervoar, pomoću procesnih priključaka koji mogu biti pričvršćeni za cev ili pomični za podešavanje ugradne dužine.

Merni opseg

- Od -200°do 600° C, za Pt 100 senzore sa žičanim namotejem (WW)
- Od -50°do 500° C, za tanko filmovane (TF) Pt 100 senzore

Radne karakteristike

Radni uslovi

Temperature ambijenta

Priključna glava

Bez trasmitera

Sa transponderom

Temperatura u °C

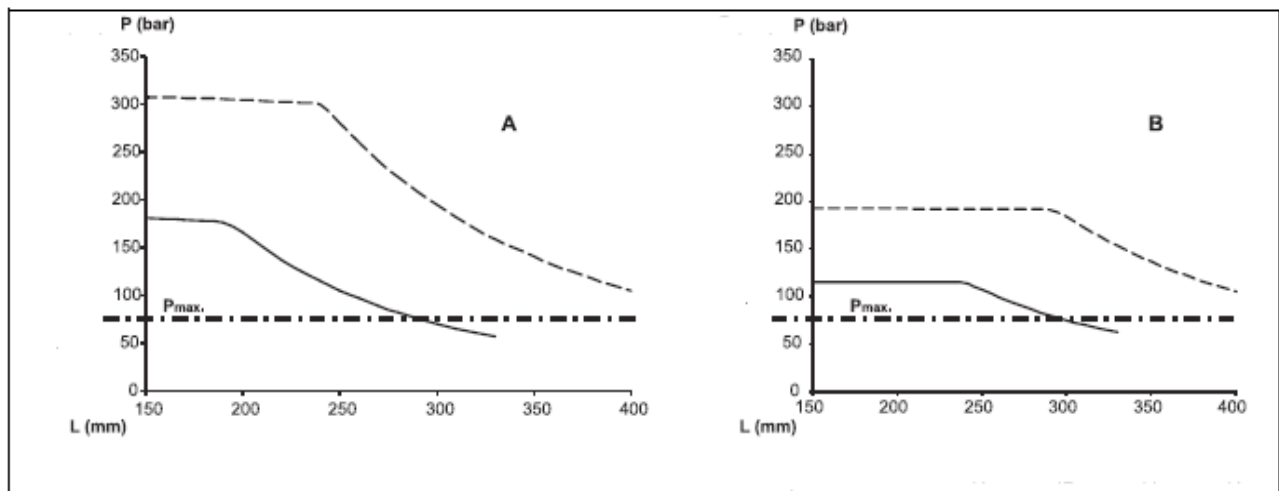
Glava od aluminijuma: od -40 do 100 °C

Glava od poliamida: od -40 do 85 °C

od -40 do 85 °C

Procesni pritisak

Vrednosti pritiska kojima zaštitna cevi može biti izložena na različitim temperaturama prikazana je na slici 3:



Slika 3. Maksimalno dozvoljeni procesni pritisci za cevi prečnika

Prečnik cevi 9 x 1

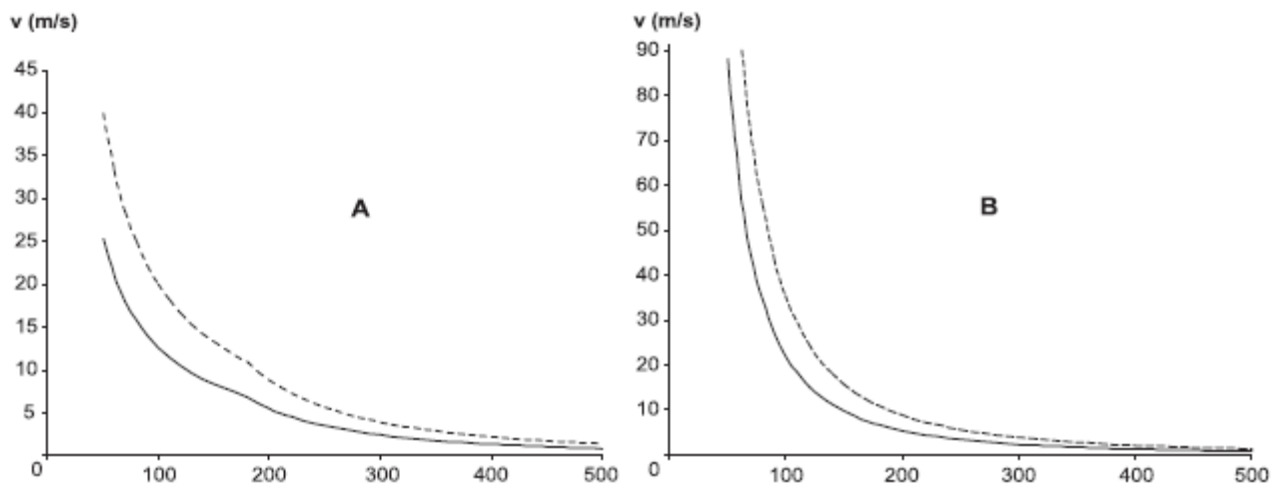
Prečnik cevi 11 x 2

A – Medijum: voda na temperaturi od 50° C

B – Medijum: pregrejana para na temperaturi od 400° C

Maksimalna brzina strujanja

Najviša brzina strujanja, određena dimenzijama zaštitne cevi, smanjuje se sa povećanjem uranjajuće dužine izložene parii fluida. Detaljne informacije mogu se videti na slici 4.



Slika 4. Zavisnost brzine strujanja od uranjajuće dužine

Prečnik cevi 9 x 1

Prečnik cevi 11 x 2

A – Medijum: voda na temperaturi od 50° C

B – Medijum: pregrejana para na temp. od 400° C

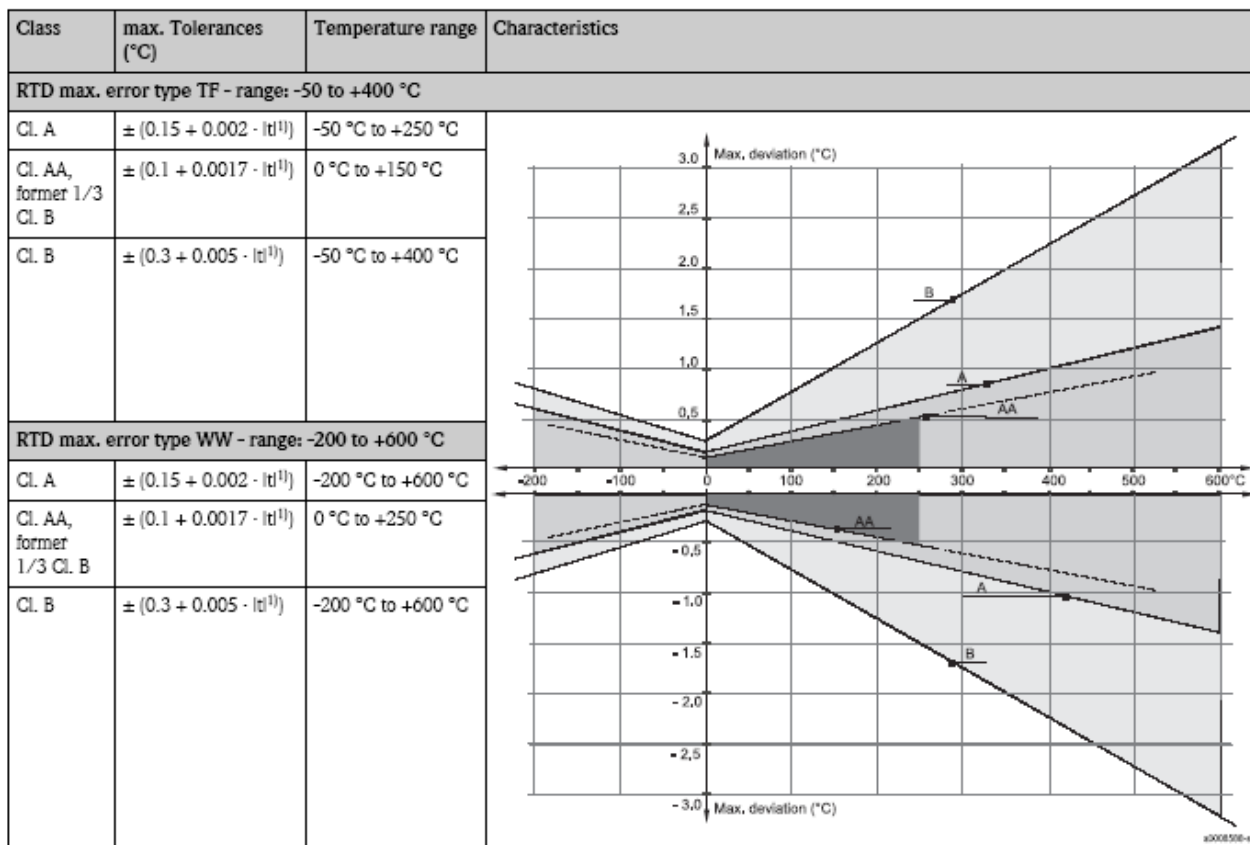
L – uranjajuća dužina

v – brzina strujanja

Tačnost (sigurnost)

Prikazano na slici 5.

Senzor Pt 100 prema IEC 751



$|t|$ - apsolutna vrednost temperature u [°C]

Slika 5. Klase tačnosti Pt 100 senzora

Vreme odziva

U Tabeli 1 prikazane vrednosti za ispitivanja u vodi pri brzini strujanja 0,4 m/s, u skladu sa IEC 751, korak promene: 10 K.

Tabela 1. Vreme odziva

| Zaštitna cev | | | | |
|--------------|--|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Prečnik | Vreme odziva | Reducirani tip Ø 5,3 mm | Konusni tip Ø 6,6 mm Ø 9 mm | Isti prečnik celom dužinom |
| 9 x 1 mm | <input type="checkbox"/> ₅₀ | 7,5 s | 11 s | 18 s |
| | <input type="checkbox"/> ₉₀ | 21 s | 37 s | 55 s |
| 11 x 2 mm | <input type="checkbox"/> ₅₀ | 7,5 s | Nije primenljivo | 18 s |
| | <input type="checkbox"/> ₉₀ | 21 s | Nije primenljivo | 55 s |

Otpornost izolacije

Otpornost izolacije je $\geq 100 \text{ M}\Omega$ na sobnoj temperaturi.

Otpornost izolacije između svakog terminala i omotača se proverava pri naponu od 100V DC.

Samozagrevanje

Da bi se izmerio izlazni signal otpornog termometra, struja mora proći kroz senzor. Ova merna struja generiše gubitak snage i time proizvodi toplotu na senzoru. Kao rezultat, izmerena temperatura je viša nego što bi trebalo da bude. Ovo samozagrevanje zavisi od više činilaca a jedan od njih je taj dokle se generisani pad snage može odvesti preko uređaja kojim se vrši merenje. Samozagrevanje

stvara dodatnu grešku pri merenju. Ova greška je zanemarljiva ako je u otproni termometar ugrađen transmitter.

Etaloniranje

Termotehna, kao proizvođač otpornih termometara, obezbeđuje poređenje temperature etaloniranja od -20 do +600° C na osnovu Međunarodne temperature skale (ITS90). Etaloniranja se mogu pratiti prema nacionalnim i međunarodnim standardima. Uverenje o etaloniranju odgovara serijskom broju otpornog termometra. .

Materijali

Vratni deo cevi, zaštitna cev i merni uložak

Temperature za kontinuirani rad navedene u Tabeli 2, su date samo kao referentne vrednosti za korišćenje različitih materijala u vazduhu i bez značajnijeg opterećenja pritiskom. Maksimalne radne temperature su znatno smanjene u nekim slučajevima pri abnormalnim/nenormalnim uslovima kao kada pojavi visoko mehaničko opterećenje ili se meri temperatura u agresivnim medijumima.

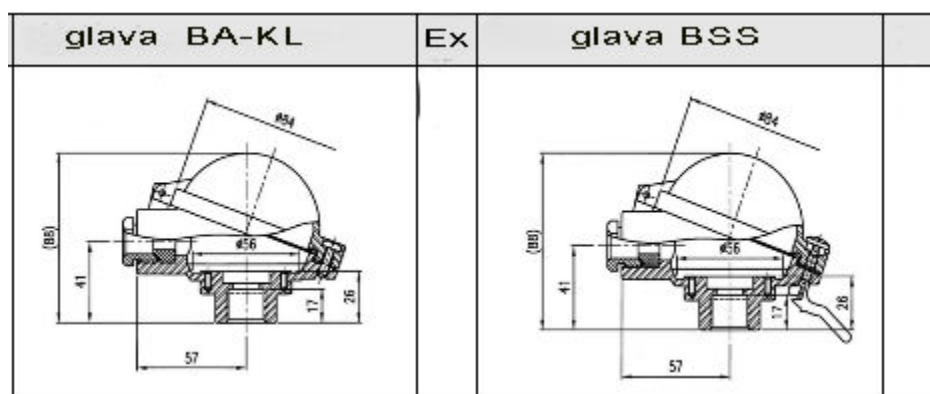
Tabela 2. Materijali za komponente

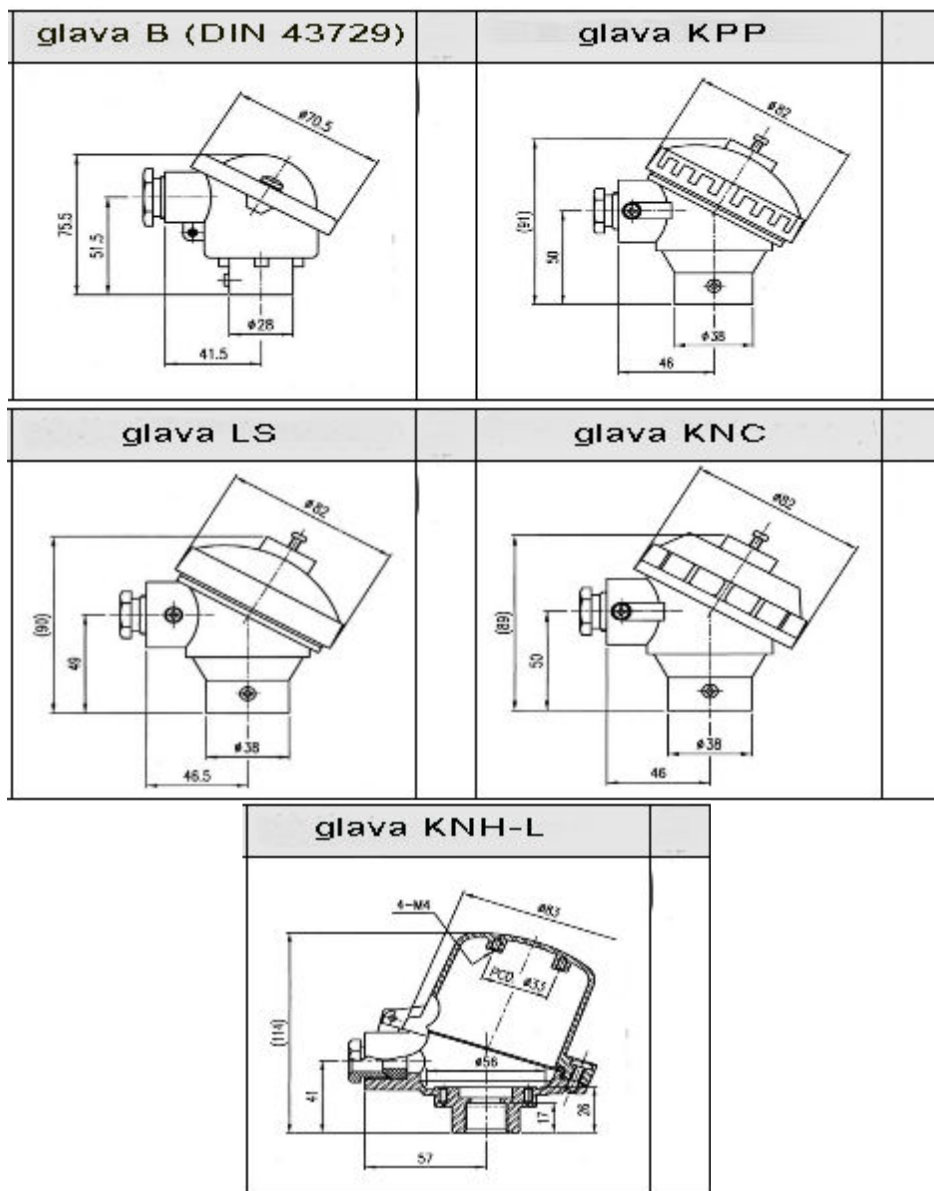
| Materijal | Preporučena max. temperatura | Svojstva/ Karakteristike |
|-------------------------|---|---|
| AISI 304 W.Nr 1.4301 | 700°C (u vazduhu) 450°C (u vodi ili vlažnom okruženju) | Otporan na koroziju; Primena u prehrambenoj industriji gde se zahteva dobra otpornost na koroziju; Otpornost na koroziju se ne menja ni posle zavarivanja cevi. |
| AISI 316Ti 1.4571 | 700°C (u vazduhu) | Dodatak titanijuma povećava otpornost na tačkastu koroziju čak i nakon zavarivanja; Široki spektar primene u hemijskoj, petrohemijskoj i naftnoj industriji, kao i preradi uglja; Mogu biti polirane samo u ograničenim merama, zbog titana mogu se pojaviti tragovi. |

Sastavni delovi

Priključne glave

Sve priključne glave imaju unutrašnji oblik i veličinu u skladu sa DIN 43729. Konekcija sa termometrom može biti priključak M24x1.5, 1/2", 1/2" NPT. Na slikama, koje slede prikazani su oblici priključnih glava. Sve mere su u [mm]. Kablovske uvodnice su M20 x1,5, 1/2"; 1/2" NPT. Različiti oblici priključnih glava, prikazani su na slici 6.



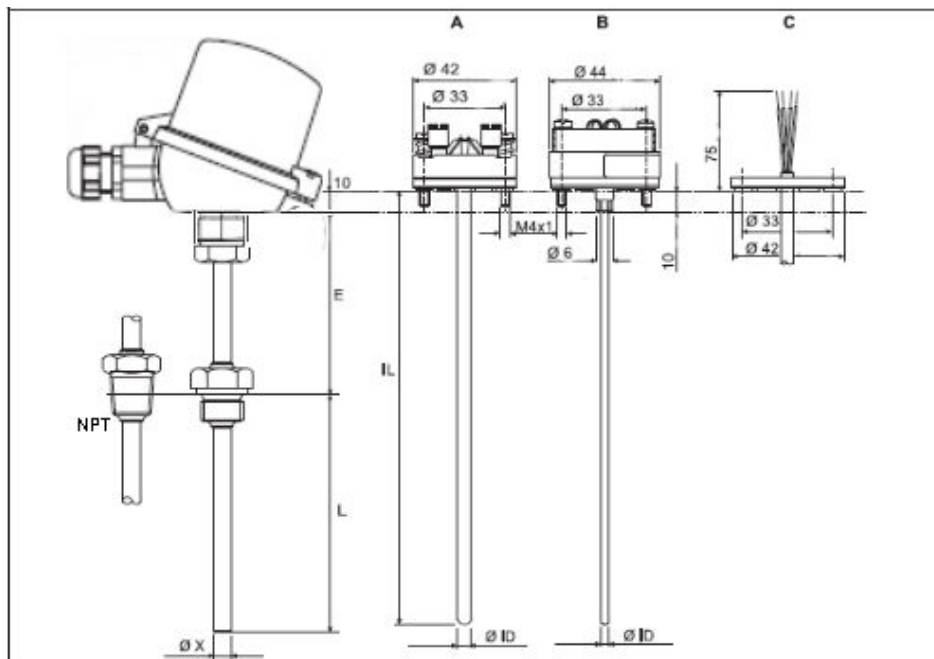


Slika 6: riključne glave

Priključne glave mogu biti od poliamida, legure aluminijuma, nerđajućeg čelika,.....

Procesni priključci

Izgled otpornog termometra, sa ugrađenim procesnim priključkom i osnovnim delovima, prikazani su na slikama 6 i 7.

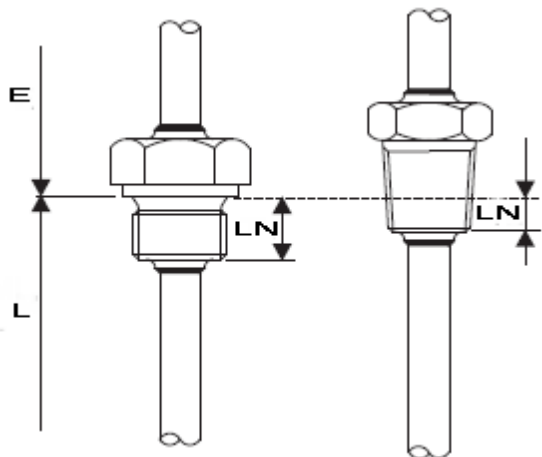


Slika 7. Konstrukcija otpornog termometra Grupe T6

A – Model sa ugrađenom keram. pločicom
 B – Model sa transmiterom za priklj. glavu
 C – Model sa slobodnim krajevima
 L – Vratni deo cevi

du – Prečnik mernog uloška
 Lu – Ugradna dužina uloška
 L – Nazivna dužina
 D – Prečnik zaštitne cevi

| Procesni priključak | | Izvođenje | | Dužina navoja LN u mm |
|---------------------|---------|-----------|-----------|-----------------------|
| Cilindrični | Konusni | M | M20 x 1,5 | 14 |
| | | G | G1/2" | 15 |
| G1" | 18 | | | |
| G3/4" | 15 | | | |
| Cilindrični | Konusni | NPT | NPT 1/2" | 8 |
| | | | NPT 3/4" | 8,5 |

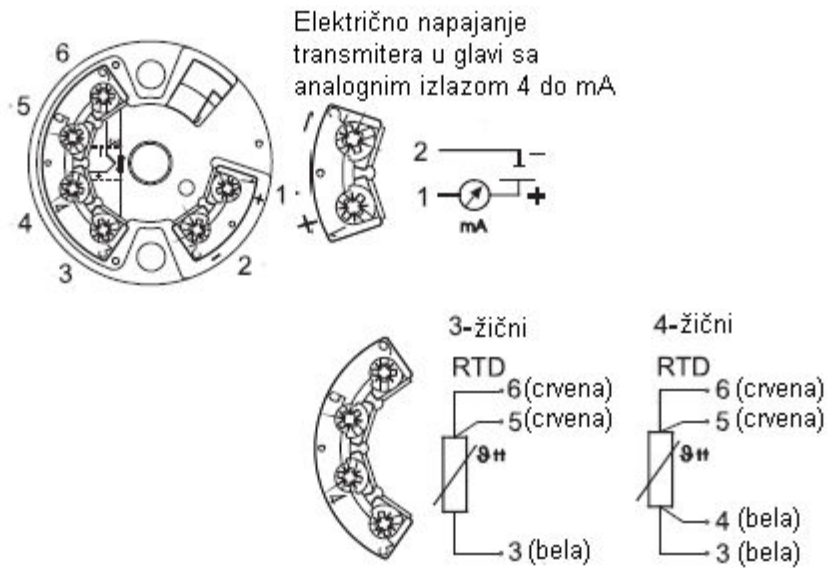


Slika 8. Procesnpriključci (oblici i mere)

Ožičenje

Način povezivanja senzora na transponder – slika 9; na keramičku pločicu – slika 10

Transponderi – šema povezivanja



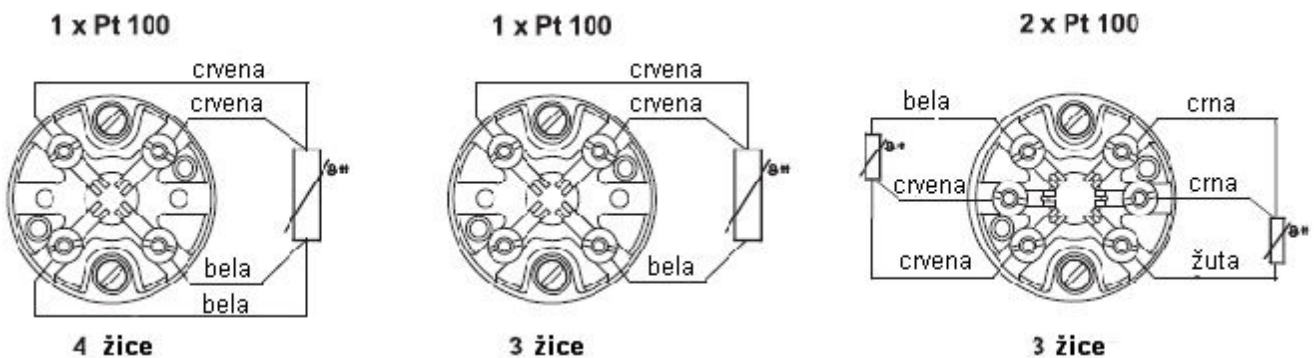
Slika 9. Transponder ugrađen u priključnu glavu (jedan ulaz)

Primenjuju se sledeći transponderi:

- ▲ PC programabilni transponderi 4...20 mA (galvanski izolovani);
- ▲ Transponderi sa HART protokolom (galvanski izolovani), izlaz sadrži 4...20 mA i HART superponirane signale;
- ▲ Transponderi (galvanski izolovani) PROFIBUS PA izlaznim signalom, komunikaciona adresa može biti setovana preko odgovarajućeg softvera ili pomoću mehaničkih prekidača. Kupac može zahtevati željenu konfiguraciju tokom procesa poručivanja.

Ako se transponderi ugrađuju na DIN šinu, u priključnu glavu se ugrađuju keramičke pločice.

Keramička pločica – šema povezivanja

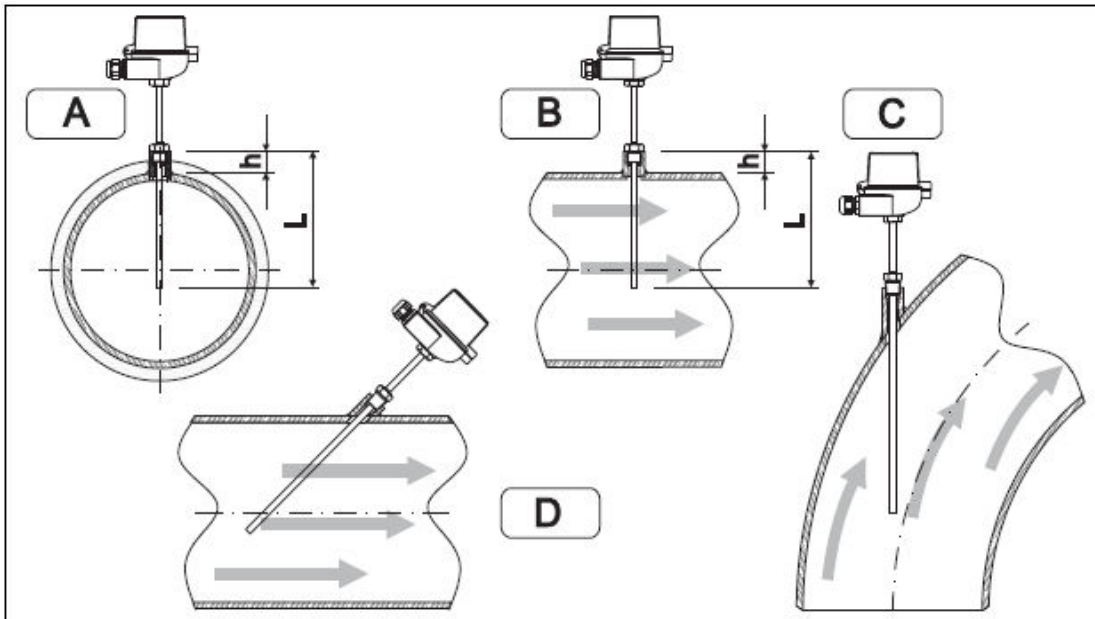


Slika 10. Keramička pločica ugrađena u priključnu glavu

Ugradnja

Orijentacija - Ne zahteva se

Primeri za ugradnju – prikazani na slici 11



Slika 11. Primeri ugradnje

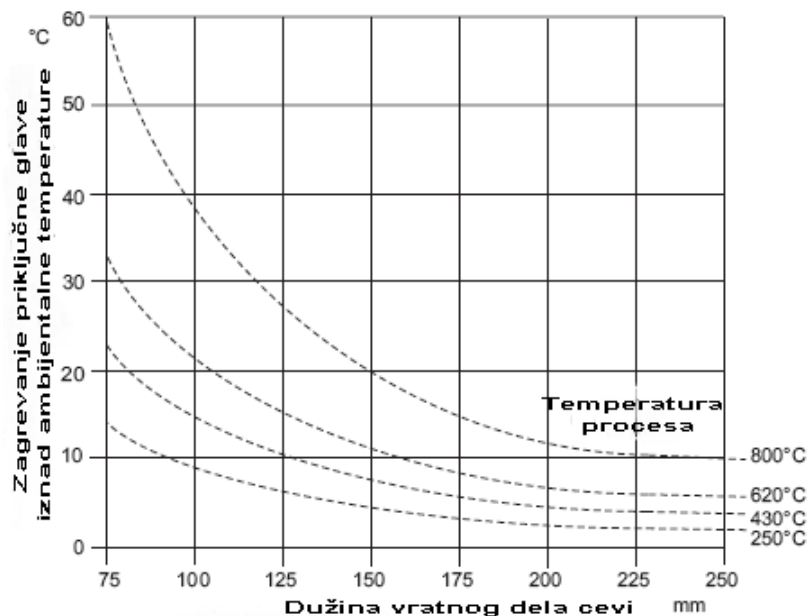
A – B: U cevovodima sa malim poprečnim presekom, vrh zaštitne cevi senzora mora preći centralnu liniju cevovoda (L)

C – D: Kosa ugradnja

Ugradna dužina termometra utiče na tačnost. Ako je ugradna dužina mala, grešku merenja izaziva toplota koja se prenosi preko procesnog priključka i zidova cevovoda. Pri ugradnji u cevovode idealno je da ugradna dužina mora biti veća od polovine prečnika cevovoda. Minimalna ugradna dužina od 80 do 100mm, odnosno 8 x prečnik zaštitne cevi senzora. Kada pri ugradnji nije moguće ostvariti da ugradna dužina bude veća od polovine prečnika cevovoda, onda ići na ugradnju pod uglom (C-D).

Dužina vratne cevi

Vratni deo cevi je deo između procesnog priključka i priključne glave. Kao što je prikazano na sledećoj slici, dužina vratnog dela cevi ima uticaja na temperaturu u priključnoj glavi. Neophodno je da ta temperatura bude u granicama navedenim u poglavlju „radni uslovi“.



Slika 12. Dužina vratne cevi

Uverenja, sertifikati

Uverenja

- Uverenje o etaloniranju merila
- Uverenja o etaloniranju laboratorijske opreme
- Sertifikat o akreditaciji laboratorije za temperature – akreditacioni br.: 02-058

Sertifikati

- Sertifikat za otporne termoemtre i termoelemente za eksplozivne atmosfera
 - Ex oznaka: Ex e II T4...T6 (Zona 1 i 2)
 - Ex oznaka: Ex e ia II CT4...T6 (Zona 0, 1 i 2)

Ostali detalji

Održavanje

Termoelementni iz **Grupe T5**, ne zahtevaju neko posebno održavanje.

Preporučuju se periodični pregledi, jer mehanička opterećenja i termički šokovi, agresivne sredine, pojava abrazije mogu izazvati oštećenja čaurei.

Takođe, preporučuje se etaloniranje termoparova, jedanput godišnje, od strane ovlašćene laboratorije, a u skladu sa Zakonom.

Tabela 3: Vrednosti otpora u [Ω] u zavisnosti od vrednosti temperature

| °C | Otpor u [Ω] | | | | | | | | | |
|-------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| - 200 | 18,49 | 14,45 | 10,49 | 6,99 | 4,26 | 2,51 | - | - | - | - |
| - 100 | 60,25 | 56,19 | 52,11 | 48,00 | 43,87 | 39,71 | 35,53 | 31,32 | 27,08 | 22,80 |
| - 0 | 100,00 | 96,09 | 92,16 | 88,22 | 84,27 | 80,31 | 76,33 | 72,33 | 68,33 | 64,30 |
| 0 | 100,00 | 103,90 | 107,79 | 111,67 | 115,54 | 119,40 | 123,24 | 127,07 | 130,89 | 134,70 |
| 100 | 138,50 | 142,29 | 146,06 | 149,82 | 153,58 | 157,31 | 161,04 | 164,76 | 168,46 | 172,16 |
| 200 | 175,84 | 179,51 | 183,17 | 186,82 | 190,45 | 194,07 | 197,69 | 201,29 | 204,88 | 208,45 |
| 300 | 212,02 | 215,57 | 219,12 | 222,65 | 226,17 | 229,67 | 233,17 | 236,65 | 240,13 | 243,59 |
| 400 | 247,04 | 250,48 | 253,90 | 257,32 | 260,72 | 264,11 | 267,49 | 270,86 | 274,22 | 277,56 |

| | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 500 | 280,90 | 284,22 | 287,53 | 290,83 | 294,11 | 297,39 | 300,65 | 303,91 | 307,15 | 310,38 |
| 600 | 313,59 | 316,80 | 319,99 | 323,18 | 326,35 | 329,51 | 332,66 | 335,79 | 338,92 | 342,03 |
| 700 | 345,13 | 348,22 | 351,30 | 354,37 | 357,42 | 360,47 | 363,50 | 366,52 | 369,53 | 372,52 |
| 800 | 375,51 | 378,48 | 381,45 | 384,40 | 387,34 | 390,26 | | | | |

Tabela 4: Kataloške šifre za standardne odporne termometre

| Temperatura | Merni odpor | Materijal Zaštitne cevi | Nazivna dužina L [mm] | Merni uložak Ø6 dužina Lu [mm] | Kataloški broj | |
|-------------|--|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------|----------|
| | | | | | 1xPt 100 | 2xPt 100 |
| do 400°C | Pt 100 JUS L.F2.051 U mernom ulošku | Fi 9x1 W.Nr.1.4571 | 160 | 315 | T6-1411 | T6-2411 |
| | | | 250 | 405 | T6-1412 | T6-2412 |
| do 500°C | Pt 100 JUS L.F2.051 U mernom ulošku | Fi 11x2 W.Nr.1.4571 | 160 | 315 | T6-1421 | T6-2421 |
| | | | 250 | 405 | T6-1422 | T6-2422 |