

# SENZORI TEMPERATURE U INDUSTRIJI

Marko Jevtović

[jevtovic.marko@yahoo.com](mailto:jevtovic.marko@yahoo.com)

## REZIME:

*Termin temperatura navodno potiče od latinske reči „tempera“, što znači „umereno ili omekšati“. Tehnološki procesi zahtevaju precizno kontrolisane temperature. Fizički parametri i hemijske reakcije zavise od temperature, pa je kontrola temperature od velike važnosti. Merenje temperature u današnjem industrijskom okruženju obuhvata širok spektar potreba i primena. Temperatura je veoma kritična i široko merljiva varijabla za nekoliko tehnoloških procesa. Mnogi procesi moraju da imaju ili nadgledanu ili kontrolisanu temperaturu, a za tačnu kontrolu temperature potrebno je njeno precizno merenje. Temperatura je mera prosečne molekularne kinetičke energije unutar supstance. Definiše se kao stepen toplote ili hladnoće koji element pokazuje.*

**ključne reči:** *Temperaturni senzori, NTC otpornik, termoparovi, tipovi termoparova, RTD, poluprovodnički termometri.*

## TEMPERATURE SENSORS IN INDUSTRY

### ABSTRACT:

*The term temperature is said to be derived from the Latin word "tempera", which means "to moderate or soften". Technological processes require precisely controlled temperatures. Physical parameters and chemical reactions depend on temperature, so temperature control is of great importance. Temperature measurement in today's industrial environment covers a wide range of needs and applications. Temperature is a very critical and widely measurable variable for several technological processes. Many processes must have either monitored or controlled temperature, and accurate temperature control requires accurate temperature measurement. Temperature is a measure of the average molecular kinetic energy within a substance. It is defined as the degree of heat or cold that an element exhibits.*

**Key words:** *Temperature sensors, NTC resistor, thermocouples, types of thermocouples, RTD, semiconductor thermometers.*

### 1. UVOD

Merenje temperature predstavlja jedno od najkritičnijih i najčešćih merenja današnjice. Koristi se u industriji za monitoring proizvodnog procesa, automobilizmu, za praćenje temperature motora i rashladne tečnosti, u nuklearnim elektranama za praćenje temperature rashladne tečnosti kao i merenja ambijentalne temperature.

Kontaktne termalne senzori se oslanjaju na fizički kontakt sa objektom i koriste kondukciju za praćenje promene temperature. Postoji nekoliko tipova kontaktnih temperaturnih senzora, uključujući, termistore (tačnije NTC termistore), termoparove, RTD (*Resistance Temperature Detector*) senzore. kao i poluprovodničke termometre.

## 1.1 Daljinsko merenje i monitoring temperature

Kontinuirano, precizno merenje temperature je izazov kada se izvodi u svakodnevnim okruženjima. Bežični temperaturni senzor za sveprisutne računarske aplikacije ima niz zahteva koji moraju biti ispunjeni:<sup>1</sup>

- ✓ autonomija,
- ✓ skalabilnost mreže,
- ✓ jednostavna dijagnostika,
- ✓ male dimenzije,
- ✓ mala potrošnja energije,
- ✓ visoka rezolucija
- ✓ mogućnost za nošenje;
- ✓ otpornost na teška okruženja.

Kao i kod standardnih metoda merenja temperature u industriji, ovde se koriste isti tipovi senzora koji su opisani u prethodnim delovima rada. Bilo oni termistori, termoparovi, RTD ili poluprovodnički termometri, princip je isti, pomoću senzora potrebno je izmeriti fizičku veličinu, dok je pomoću pratećeg elektronskog kola ta fizička vrednost sa senzora izmerena i pretvorena u električnu veličinu.

Kada je dobijena električna veličina, odgovarajuća elektronska kola, čiji se tip vezuje za tip temperaturnog senzora, električnu veličinu obrađuju i predstavljaju njenu vrednost u kelvinima, celzijusima ili farenhajtima. Kada se radi o bežičnom merenju temperature, senzor je postavljen u neposrednoj blizini predmeta čija temperature treba da se izmeri. Senzor se može napajati pomoću baterija ili pomoću stalnog izvora napajanja.

Centrala predstavlja mesto kome udaljeni senzor šalje podatke o izmerenoj temperature. Ti podaci se šalju pomoću različitih bežičnih komunikacionih protokola.

## 2. VRSTE TERMOMETARA

Ovde ćemo navesti i opisati četiri vrste industrijskih termometara koji se najčešće koriste.

### 2.1 Termistori

Termistori predstavljaju tip otpornika koji svoju otpornost menjaju prilikom promene temperature. Postoje dve glavne vrste termistora a to su:

- ✓ NTC (*Negative Temperature Coefficient*)
- ✓ PTC (*Positive Temperature Coefficient*)

Termistori, izvedeni iz termina termički osetljivi otpornici, predstavljaju precizan i isplativ senzor za merenje temperature. Dostupan u 2 tipa, NTC (*Negative Temperature Coefficient*) i PTC (*Positive Temperature Coefficient*), to je NTC termistor koji se obično koristi za merenje temperature..

---

<sup>1</sup> <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/10/3445>

Termistori su sastavljeni od materijala sa poznatim otporom. Kako temperatura raste, otpor NTC termistora će se povećati na nelinearan način, prateći određenu „krivu“. Oblik ove krive otpora u odnosu na temperaturu je određen svojstvima materijala koji čine termistor. Termistori su dostupni sa različitim osnovnim otporima i krivama otpora u odnosu na temperaturu. Primene na niskim temperaturama (-55 do približno 70°C) uglavnom koriste termistore nižeg otpora od 2000 do 10,000Ω). Primene na višim temperaturama uglavnom koriste termistore većeg otpora (iznad 10.000Ω). Otpori su obično specificirani na 25°C. Termistori su tačni do približno  $\pm 0,2^\circ\text{C}$  unutar svog specificiranog temperaturnog opsega. Oni su uglavnom izdržljivi, dugotrajni i jeftini. Termistori se često biraju za aplikacije gde su važni robusnost, pouzdanost i stabilnost. Pogodni su za upotrebu u okruženjima sa ekstremnim uslovima ili gde je prisutna elektronska buka. Dostupni su u različitim oblicima: idealan oblik za određenu primenu zavisi od toga da li će termistor biti postavljen na površinu ili ugrađen u sistem, kao i od vrste materijala koji se meri.

Termistori su dobro poznati po svojoj maloj veličini i niskoj ceni. U poređenju sa termoparovima, termistori imaju nekoliko prednosti;<sup>2</sup>

- ✓ Oni su osetljiviji od drugih temperaturnih senzora
- ✓ Visoka osetljivost im omogućava da dobro rade u malom temperaturnom opsegu
- ✓ Imaju nisku cenu i stoga su jeftine za zamenu.
- ✓ Oni pružaju brz odziv na promenu temperature
- ✓ Jednostavan za korišćenje
- ✓ Male veličine tako da se mogu uklopiti u najmanji prostor.
- ✓ Opcije za prilagođavanje zbog različitih vrednosti otpornosti
- ✓ Standardni sistem dvožične veze znači da su kompatibilni sa mnogim uređajima

NTC termistori takođe imaju i neke nedostatke prilikom merenja temperature:<sup>3</sup>

- ✓ Izuzetno nelinearan odziv,
- ✓ Pasivni uređaj,
- ✓ Nisu pogodni za veliki temperaturni opseg,
- ✓ Lomljiviji su jer su poluprovodnički uređaji,
- ✓ Podložni greškama usled samozagrevanja.

## 2.2. Termoparovi

Termoparovi su temperaturni senzori koji se široko koriste za merenje temperaturnih varijacija. Oni osećaju temperaturu i temperaturu dalje mere drugi instrumenti (elektronska kola) nakon što je osete. Termoparovi pretvaraju neelektričnu veličinu (temperaturu) u napon (električnu veličinu), pa se nazivaju i pretvarači. Pošto im nije potreban nikakav spoljni izvor napajanja za rad, oni su aktivni pretvarači.<sup>4</sup> Princip rada termoparova je zasnovan na Seebeck efektu. Kada se dve žice sastavljene od različitih metala spoje na oba kraja i jedan od krajeva se zagreje, postoji stalna

<sup>2</sup> <https://www.variohm.com/news-media/technical-blog-archive/the-advantages-of-thermistors>

<sup>3</sup> <https://www.ecstuff4u.com/2019/04/thermistor-advantages-and-disadvantages.html>

<sup>4</sup> <http://www.dspmuranchi.ac.in/pdf/Blog/qqqqgmailcomthemocouple1.pdf>

struja koja teče u termoelektričnom kolu. Tomas Seeback je došao do ovog otkrića 1821.<sup>5</sup>

Kada se dve žice sastavljene od različitih metala spoje na oba kraja i jedan od krajeva se zagreje, postoji stalna struja koja teče u termoelektričnom kolu. Ako je ovo kolo prekinuto u centru, neto napon otvorenog kola (Seeback napon) je funkcija temperature spoja i sastava dva metala. Što znači da kada se spoj dva metala zagreje ili ohladi, nastaje napon koji se može povezati sa temperaturom.

Prednosti primene termoparova za merenje temperature:

- ✓ Termoparovi se mogu koristiti na veoma visokim temperaturama,
- ✓ Termoparovi se mogu koristiti u zahtevnim okruženjima,
- ✓ Termoparovi imaju visoku ponovljivost merenja,
- ✓ Termoparovi imaju brzo vreme odziva,
- ✓ Termoparovi su veoma precizni u širokom radnom opsegu,
- ✓ Termoparovi imaju izuzetnu izdržljivost,
- ✓ Termoparovi se sami napajaju, tako da im nije potreban izvor struje ili napona,
- ✓ Termoparovi mogu da izdrže visoke vibracije.

Ograničenja primene termoparova:

- ✓ Termoparovi nisu tako precizni kao RTD u određenom temperaturnom opsegu
- ✓ Termoparovi su podložni *pomeraju merenja* tokom vremena
- ✓ Termoparovi, kada su loše izolovani, podložni su koroziji
- ✓ Signali termoparova nisu savršeno linearni

### 2.3. RTD termometri

Iste godine kada je Seebeck otkrio termoelektričnost, otkriveno je da otpornost metala pokazuje izrazitu temperaturnu zavisnost. Pedeset godina kasnije, ponuđena je upotreba platine kao elementa u otpornom termometru. Njegov izbor se pokazao najpovoljnijim, jer se platina do danas koristi kao primarni element u svim otpornim termometrima visoke preciznosti. Platina je posebno pogodna za ovu svrhu, jer može da izdrži visoke temperature uz odličnu stabilnost.

Kao plemeniti metal, pokazuje ograničenu osetljivost od kontaminacija. Konstrukciju klasičnog otpornog temperaturnog detektora (RTD – Resistance Temperature Detector) koristeći platinu predložio je C.H. Meiers 1932. Namotao je spiralni kalem od platine na ukrštenu mrežu liskuna i montirao sklop unutar staklene cevi.

Ova konstrukcija je minimizirala opterećenje žice dok je maksimizirala otpor. Iako ova konstrukcija proizvodi veoma stabilan element, toplotni kontakt između platine i merene tačke je prilično loš., što dovodi do sporog termičkog odziva.<sup>6</sup>

Otporni temperaturni detektor (RTD) se takođe može nazvati otpornim termometrom jer će merenje temperature biti mera izlaznog otpora. Glavni princip rada RTD-a je da kada se temperatura objekta povećava ili smanjuje, otpor se takođe povećava ili smanjuje proporcionalno.

Glavna razlika između RTD-a i termistora je u tome što je senzorski element koji se koristi u RTD-u metal, a termistor koristi keramički ili polimerni materijal. Pošto je

---

<sup>5</sup> <https://www.bristolwatch.com/pdf/thermocouple.pdf>

<sup>6</sup> Anand, A., Aggarwal, A., Kumar, J., *Resistance Temperature Detecotr (RTD)*, Mechanical Engineering, Dronacharya College of Engineering, 2015.

platina metal koji se najčešće koristi za pravljenje RTD-a, uređaj se takođe može nazvati platinastim otpornim termometrima (Platinum Resistance Thermometer - PRT).

RTD senzori imaju visoku ponovljivost. Obično su Pt senzori poželjniji u odnosu na termoparove kada je potrebno merenje visoke preciznosti u temperaturnom opsegu do 600°C.<sup>7</sup>

Ostale prednosti primene RTD u merenju temperature su:<sup>8</sup>

- ✓ Velika preciznost,
- ✓ Visoka ponovljivost
- ✓ Mogućnost preciznog merenja čak i u ekstremnim okruženjima
- ✓ Dugoročna stabilnost merenja
- ✓ Platinum RTD su pogodni za veće temperaturne opsege
- ✓ Najtačniji i stabilniji tokom vremena (u poređenju sa termoparovima i termistorima)

## 2.4. Poluprovodnički termometri

Poluprovodnički temperaturni senzor je elektronski uređaj proizveden na sličan način kao i druge moderne elektronske poluprovodničke komponente kao što su mikroprocesori. Poluprovodnički temperaturni senzori dostupni su od strane brojnih proizvođača elektronskih proizvoda. Ne postoje generički tipovi kao kod termoelementa i RTD-a, iako veliki broj uređaja proizvodi više od jednog proizvođača. AD590 i LM35 su jedni od najpopularnijih uređaja, ali su u poslednjih nekoliko godina postale dostupne bolje alternative.

Ovi senzori dele niz karakteristika – linearni izlazi, male dimenzije, ograničen temperaturni opseg (uobičajeno od -40 do +120°C), niska cena, dobra tačnost (ako se kalibrišu). Često poluprovodnički temperaturni senzori nisu dobro dizajnirani termički, pri čemu poluprovodnički čip nije uvek u dobrom termičkom kontaktu sa spoljašnjom površinom.

Pod uslovom da se razumeju ograničenja poluprovodničkih temperaturnih senzora, oni se mogu efikasno koristiti u mnogim aplikacijama.

Uopšteno govoreći, poluprovodnički temperaturni senzor je najpogodniji za *embedded* aplikacije – to jest, za upotrebu unutar opreme. To je zato što su električni i mehanički osetljiviji od većine drugih tipova temperaturnih senzora. Međutim, oni imaju legitimnu primenu u mnogim drugim oblastima.

## 3. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljene načini za merenje temperature nekog elementa u industriji, tj. načini za kontaktno merenje temperature. Kontaktni termalni senzori oslanjaju se na kontaktnu površinu između mernog tela-sonde i opreme čija se temperatura meri.

Svaki od senzora, kao i njihovi podvrsta imaju svoje prednosti i mane, a samim tim i oblasti primene. U ovom radu opisani su kontaktni senzori za merenje temperature kao i njihove prednosti i mane, pored toga, navedene su najpoznatije vrste komponenata za

<sup>7</sup> <https://kamet-trading.com/faq/what-are-the-advantages-of-an-rtd/>

<sup>8</sup> <https://www.variohm.com/news-media/technical-blog-archive/advantages-of-rt-d-sensors>

kontaktno merenje temperature a to su termistori, termoparovi RTD senzori i poluprovodnički senzori.

#### 4. LITERATURA

1. <https://www.variohm.com/news-media/technical-blog-archive/the-advantages-of-thermistors>
2. <https://www.ecstuff4u.com/2019/04/thermistor-advantages-and-disadvantages.html>
3. <http://www.dspmuranchi.ac.in/pdf/Blog/qqqqgmailcomthemocouple1.pdf>
4. <https://www.bristolwatch.com/pdf/thermocouple.pdf>
5. Anand, A., Aggarwal, A., Kumar, J., *Resistance Temperature Detecotr (RTD)*, Mechanical Engineering, Dronacharya College of Engineering, 2015.
6. <https://kamet-trading.com/faq/what-are-the-advantages-of-an-rtd/>
7. <https://www.variohm.com/news-media/technical-blog-archive/advantages-of-rtd-sensors>
8. <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/10/3445>