

# Primjena industrijskih mjernih osjetila u industriji i sustavima zaštite

---

Ljevaković, Kristian

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:287516>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-19**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Kristian Ljevaković

**PRIMJENA INDUSTRIJSKIH MJERNIH  
OSJETILA U INDUSTRIJI I SUSTAVIMA  
ZAŠTITE**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, lipanj, 2018.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Kristian Ljevaković

**APPLICATION OF INDUSTRIAL  
MEASUREMENT SENSORS IN  
INDUSTRY AND SECURITY SYSTEMS**

Final paper

Karlovac, 2018.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Kristian Ljevaković

**PRIMJENA INDUSTRIJSKIH MJERNIH  
OSJETILA U INDUSTRIJI I SUSTAVIMA  
ZAŠTITE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr.sc. Vladimir Tudić, prof. v. š.

Karlovac, 2018



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 03.04.2018.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Kristian Ljevaković

Matični broj: 0415614047

Naslov: Primjena industrijskih mjernih osjetila u industriji i sustavima zaštite

Opis zadatka:

Za potrebe Završnog rada biti će opisane vrste i tipovi industrijskih mjernih osjetila (senzora) koji se najčešće koriste u industriji i sigurnosnim sustavima. Navesti najznačajnija osjetila za mjerenje temperature, pomaka i prolaza, PIR detektor i općenito beskontaktno mjerenje temperature.

U eksperimentalnom dijelu rada provesti mjerenje temperature IR termometrom na postrojenju, uz pomoć stručne literature, tehničkih propisa, i dokumentacije proizvođača opreme. Redovito održavati konzultacije s mentorom, te Završni rad izraditi u skladu s pravilnikom Veleučilišta u Karlovcu.

Zadatak zadan:  
obrane:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum:

03.04.2018.

02.07.2018.

10.07.2018.

Mentor:  
dr.sc. Vladimir Tudić, prof. v. š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:  
dr.sc. Nikola Trbojević, prof. v. š

## PREDGOVOR

Zahvaljujem se mentoru dr.sc. Vladimiru Tudiću, prof. v. š. na svim savjetima tijekom izrade Završnog rada, te posebno na pomoći pri izvedbi eksperimentalnog dijela ovog Završnog rada.

Također se želim zahvaliti svojim roditeljima koji su mi pružili mogućnost studiranja na Veleučilištu u Karlovcu.

## SAŽETAK

Industrijsko mjerno osjetilo je uređaj koji prima određeni signal te ga pretvara u električni impuls pogodan za daljnju obradu. Industrijska mjerna osjetila se primjenjuju u svima granama industrije, te kao sastavni dio svakog alarmnog sustava.

Svrha ovoga rada bila je opisati najupotrebljavanija industrijska mjerna osjetila, s naglaskom na temperaturne senzore koji se koriste u industrije, te uporabom PIR detektora u eksperimentalnom dijelu dokazati njihovu korisnost u postrojenjima gdje temperaturu nije moguće mjeriti kontaktno.

Ključne riječi: industrijsko mjerno osjetilo, PIR detektor, temperatura, alarmni sustavi

## SUMMARY

An industrial measurement sensor is a device that receives a certain signal and converts it into an electric impulse suitable for further processing. Industrial measuring sensors are applied in all branches of industry, and as an integral part of each alarm system.

The purpose of this paper was to describe the most widely used industrial measurement sensors, with an emphasis on temperature sensors that are used in the industry, and using the PIR sensors in the experimental part to prove their usefulness in plants where the temperature can not be measured by contact.

Keywords: industrial measurement sensor, PIR detector, temperature, alarm systems

# Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD.....  | 1  |
| 2. TEORETSKI DIO .....  | 2  |
| 2.1. Senzori .....  | 2  |
| 2.1.1. Podjele senzora.....                                     | 2  |
| 2.2. Senzori u industriji.....                                  | 4  |
| 2.2.1. Senzori blizine.....                                     | 4  |
| 2.2.2. Temperaturni senzori.....                                | 10 |
| 2.2.3. Senzori za mjerenje vibracija .....                      | 14 |
| 2.2.4. Senzori plinova.....                                     | 16 |
| 2.3. Alarmni sustavi .....                                      | 20 |
| 2.3.1. Protuprovalni sustavi.....                               | 20 |
| 2.3.2. Nadzorne kamere.....                                     | 26 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO .....                                    | 34 |
| 3.1. Mjerenje temperature u trafostanici Gajeva 1-122 .....     | 36 |
| 3.1.1. ABB srednjenaponski blok s daljinskim upravljanjem ..... | 44 |
| 4. ZAKLJUČAK.....   | 46 |
| 5. LITERATURA .....   | 47 |
| 6. PRILOZI.....   | 48 |
| 6.1. Popis slika .....  | 48 |
| 6.2. Popis tablica.....   | 49 |



## 1. UVOD

Senzori se koriste u svakodnevnim predmetima, kao što su pozivne tipke u liftu ili lampa koja se pali na dodir, automobili, letjelice, u medicini te u proizvodnji i robotici.

Senzor je uređaj koji prima signal i reagira na njega ili na neki poticaj, taj signal se najčešće pretvara u električni signal.

Električni signal može biti korišten dalje u elektroničkim uređajima. Senzori mogu biti veoma osjetljivi, zavisno od namjene. Dobar senzor je osjetljiv na mjerenu veličinu, a ujedno je neosjetljiv na bilo koju drugu nebitnu, a prisutnu fizikalnu veličinu. Senzor ne utječe na mjerenu veličinu.

Senzori su postali neizostavna tehnologija u bilo kojoj grani industrije i temeljni dio sustava zaštite i nadzora. Precizno mjerenje fizikalnih veličina kao što je protok, tlak, temperatura je vrlo bitan dio procesa regulacije ili sustava signalizacije i monitoringa.[1]

Zadatak je zadan od strane mentora te je sukladno tome pristupljeno provedbi zadatka.

## 2. TEORETSKI DIO

### 2.1. Senzori

Senzor ili pretvornik je uređaj koji mjeri fizikalnu veličinu (npr. temperature, vlažnosti zraka, tlaka, broj okretaja motora) i pretvara ju u signal pogodan za daljnju obradu (najčešće u električni signal). [1]

#### 2.1.1. Podjele senzora

##### **Podjela senzora prema načinu prikaza signala**

Binarni senzori - pretvaraju mjerenu fizikalnu veličinu u binarni signal

- senzor blizine
- senzor pritiska
- senzor temperature

Analogni senzori- pretvaraju fizikalnu veličinu u analogni signal(obično električnu veličinu)

- senzor udaljenosti
- senzor sile
- akustički senzor

##### **Podjela prema vrsti izlaznog signala**

Senzori prema vrsti izlaznog signala mogu biti:

Električni signal (struja ili napon): tip:

- Binarni signal- postoje samo dva stanja
- B)pulsni izlaz- nekontinuirani izlaz ,postoji gradaci u izlaznom signalu
- C)Analogni izlaz bez pojačala
- D)analogni izlaz sa pojačalom

Neelektrični signal - tlak zraka, svjetlina i sl.

## **Podjela prema načinu rada**

Senzori se prema načinu rada dijele na:

- kontaktne-moraju biti u kontaktu s objektom mjerenja ( npr. termometar, turbinski mjerač protoka)
- beskontaktne-nisu u kontaktu s objektom mjerenja ( radar, GPS)

## **Podjela prema složenosti**

Senzori prema složenosti mogu biti:

- samostalne jedinice - izlaz tj. očitavanje je moguće odmah koristiti ( npr. termometar)
- nesamostalne ( dio složenije cjeline) - izlaz senzora treba prilagoditi prije upotrebe (npr. optički senzor, mikrofon.)

## **Podjela senzora prema mjernoj veličina**

**Akustički** - Val (amplituda, faza), valna brzina, spektar.

**Električni** - Naboj, struja, napon, električno polje, provodljivost.

**Magnetski** - Magnetsko polje (amplituda, faza), vodljivost.

**Kemijski i biološki** - Koncentracija biomase i komponenata.

**Optički** - Reflektivnost, indeks loma. Optički senzor.

**Temperaturni** - Temperatura, specifična toplina.

**Mehanički** - Brzina, sila, ubrzanje, pritisak.

## 2.2. Senzori u industriji

Senzori se konstantno pojavljuju u klasičnoj primjeni u zadnjih pet godina. Automatizacijom proizvodnje čija se raširenost svakog dana sve više proširuje došli smo do spoznaje da je usporedni razvoj sensorike neophodan. Kao glavni primjer upotrebe sensorike možemo navesti upotrebu senzora na tvorničkim trakama u velikim, ali i malim postrojenjima. Senzori su najčešće postavljeni kako bi nadzirali, odnosno registrirali protok pogonske trake, kao i mnogobrojne čimbenike proizvodnje.

U ovakvom primjeru proizvodnje susrećemo se sa raznim vrstama senzora. [1]

### 2.2.1. Senzori blizine

Osnovna karakteristika ovih senzora je da imaju izlazni signal koji se mijenja kada je blizina objekta veća ili manja od određene vrijednosti.

Osnovna primjena ovih senzora je kod brojanja komada i pri detekciji prisustva objekata i prepreka.[2]

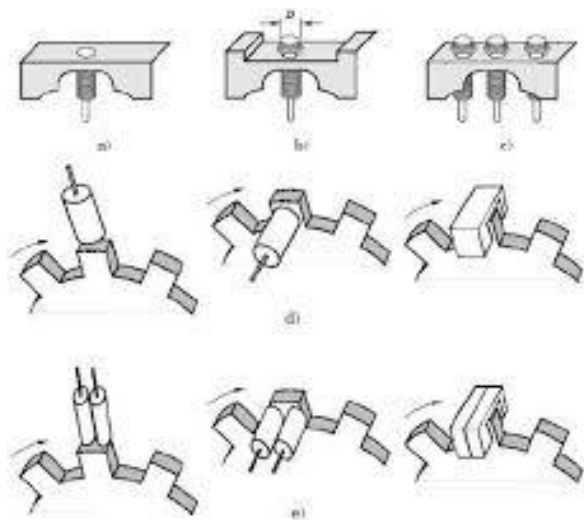
#### 2.2.1.1. Induktivni senzori

Induktivni senzori spadaju u kategoriju pasivnih senzora. Rad induktivnih senzora se zasniva na zavisnosti induktivnog kalemata od promjene otpora elektromagnetnog polja ili na elektromagnetnoj indukciji. Induktivni senzori reagiraju uglavnom na metale, a moguće je i na neke druge materijale kao što je grafit. Proizvode se kao beskontaktni dijelovi opreme što omogućuje niz pogodnosti. [2]

#### Princip rada

Priključenjem senzora na izvor napajanja električnom energijom dolazi do oscilacija na rezonantnoj frekvenciji. Ove oscilacije su uzrok stvaranja elektromagnetno polje čiji je pravac prostiranja u smjeru osi senzora. Izlazni signal se mijenja s promjenom udaljenosti predmeta. Induktivni senzori se prave u različitim oblicima: U-profil, cilindrični profil i prizmatični profil.

Kućište ovih senzora se uglavnom radi od nehrđajućeg čelika ili polimera. Na samom kućištu se često ugrađuju LED – diode za vizualnu indikaciju stanja i ispravnosti napajanja.



Slika 1. Predodžba načina ugradnje induktivnog senzora.[2]

U industrijskoj primjeni induktivni senzori su danas neophodni. U uspoređivanju sa mehaničkim prekidačima oni nude skoro idealne pretpostavke. Njihova prednost je:

1. beskontaktni princip (nema habanja, vijek trajanja praktično neograničen)
2. zaštićeni od suprotnog polariteta napajanja i kratkog spoja na izlazu
3. neosjetljivi na vibracije, prašinu i vlagu

Većina induktivnih senzora ima standardna odstupanja preciznog mjerenja od 0,5% pune skale. Najbolje rezultate induktivni senzori daju kada im je izlazni signal u opsegu od 4-20 mA.

#### Primjena induktivnih senzora

Induktivni senzori koriste se u različite svrhe, pri kontroli, reguliranju, automatiziranju, pozicioniranju i nadgledanju proizvodnog procesa. Najčešće se primjenjuju u industriji plastičnih masa, tekstilnoj, drvoprerađivačkoj i auto industriji i svuda gdje proizvodni proces treba da je automatiziran. Postoji i primjena u energetskej industriji gdje se mogu koristiti pri konstrukciji plosnatih transformatora, generiranih elektromagnetnih polja, kao i za praćenje induktivnosti električnih komponenti. Induktivni senzori se naširoko koriste za detektiranje prisutnosti električnog napona u uređajima, i lošeg uzemljenja. [2]



Slika 2. Predodžba induktivnog senzora.[2]

#### 2.2.1.2. Kapacitivni senzori

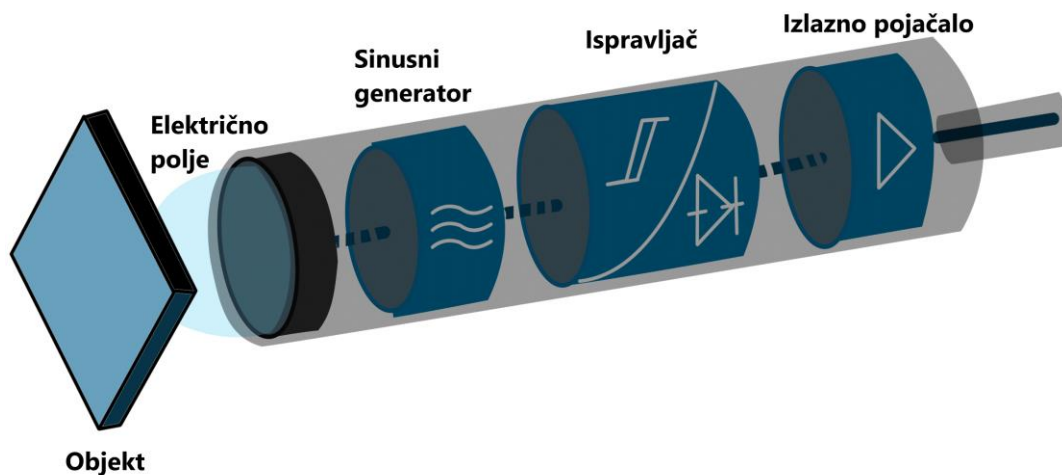
Kapacitivni senzori namijenjeni su detekciji metalnih i nemetalnih materijala. Zbog te osobine oni rješavaju aplikacije koje nije moguće riješiti s induktivnim sensorima. Ovi senzori daju najbolje osobine, kao što su: najveća rezolucija, linearna i logaritamska nepromijenjenost, točnost, propusni opseg. Ovo apsolutno mjerenje preko beskontaktnih uređaja detektira kretanje na udaljenosti reda 10-9m pa sve do 10-2m direktnim mjerenjem. Kapacitivni senzor je jedan od najviše korištenih u industriji. Najčešća primjena je u prehrambenoj, kemijskoj i procesnoj industriji.

#### Princip rada

Elektrostatičko polje se generira između anode i katode kondenzatora, a prostire se ispred senzora. Dolaskom predmeta u blizinu senzora mijenja se kapacitet kondenzatora, sinusni generator se prigušuje i na izlazu se pojavljuje električni signal.

Kapacitivni senzor reagira ne samo na provodne materijale već i na izolatore sa većom dielektričnom konstantom kao što su plastika, staklo, keramika i drvo.

Kapacitivni senzor reagira kada aktivnoj površini približimo materijal koji trebamo detektirati, dodir nije potreban. Predmet se treba više približiti ako ima slabiju dielektričnu konstantu. Reagira i na izolatorske materijale čija je dielektrična konstanta veća od 1. Udaljenost na koju kapacitivni senzor reagira je oko 30cm, što zavisi od samog tipa senzora. Osjetljivost možemo podešavati pomoću potenciometra. [2]



Slika 3. Predodžba načina rada kapacitivnog senzora.[2]

### Primjena kapacitivnih senzora

Ovi senzori imaju veoma širok spektar upotrebe. Oni se mogu upotrebljavati za sve vrste rasutih materijala čija vlažnost prelazi  $>2,5\%$ . Njihov opseg primjene u zavisnosti od temperature je u standardnoj verziji od  $-40$  do  $+90^{\circ}\text{C}$  a u specijalnim izvedbama do  $150^{\circ}\text{C}$ . Za povezivanje sa upravljačkim sistemima elektronski modul ACC može raditi na 24V sa integriranim automatskim daljinskim podešavanjem i sa integriranom sigurnosnom Ex-barijerom. Zbog ovih karakteristika ACC elektronski modul može se povezivati i sa drugim sensorima. [2]



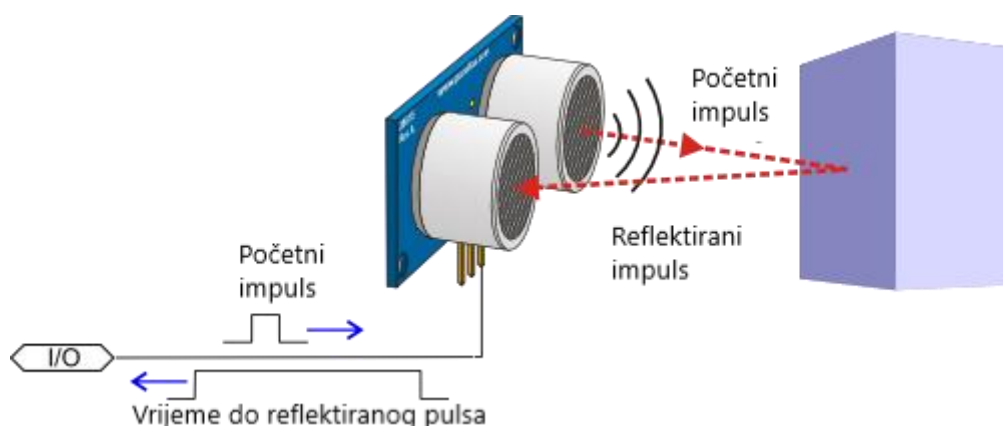
Slika 4. Predodžba kapacitivnog senzora.[2]

### 2.2.1.3. Ultrazvučni senzor

Ovi senzori se koriste kao senzori blizine, a mogu poslužiti i za određivanje kutne brzine. Osnovni element ultrazvučnog senzora je ultrazvučni primopredajnik, uređaj za formiranje izlaznog signal, te pojačivač.

Princip rada je zasnovan na mjerenju vremena od trenutka kada izvor emitira ultrazvučni impuls do trenutka kada se taj impuls, reflektiran od okoline, detektira u prijemu. [2]

Impulsi su obično modularni (fazno, vremenski), da bi se razlikovali na prijemu.



Slika 5. Predodžba načina rada ultrazvučnog senzora.[2]

Ultrazvučni senzori mogu dobiti 3-D informaciju o okolini i ne zahtijevaju osvjetljenje radnog prostora.



Slika 6. Predodžba ultrazvučnog senzora.[2]

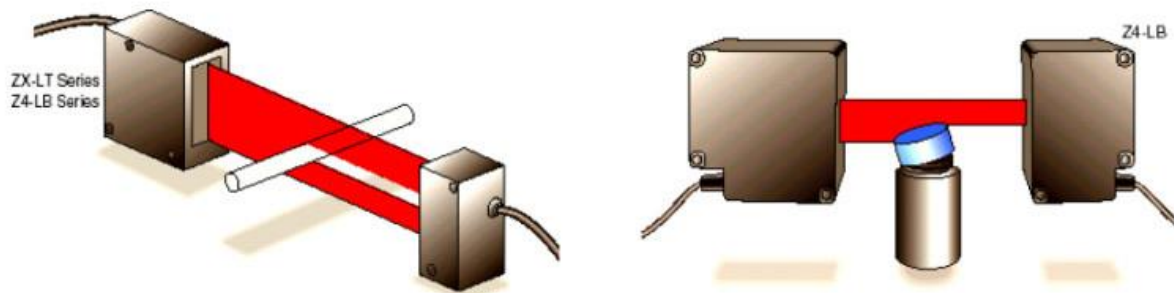


#### 2.2.1.4. Optički senzori

Optički senzori se sastoje od izvora svjetlosti i prijemnika. Kao izvori svjetlosti najčešće se koriste LED-diode i laserske diode. Prijemnik svjetlosti pretvara optičku energiju u električni signal. U ove svrhe se mogu upotrijebiti: fotodiode, fototranzistori i fotootpornici. Optički signal može biti u području vidljive svjetlosti ili infracrvene i ultraljubičaste svjetlosti u nevidljivom dijelu spektra.

Mjerena fizička veličina (npr. pomak) je u vezi sa određenim parametrom optičkog signala koji je zapravo elektromagnetski val frekvencije  $10^{13}$ – $10^{15}$  Hz . Promjena parametara optičkog signala razmjerno amplitudi mjerene fizičke veličine, predstavlja modulaciju tog signala. Osnovni parametri optičkog signala su: amplituda, frekvencija, faza, polarizacija i rasijavanje svjetlosnog toka.

Optički senzori se mogu upotrijebiti u svim uvjetima djelovanja jakog magnetnog polja, visoke temperature, električnih šumova i korozije, pa su mnogo fleksibilniji i pouzdaniji od klasičnih senzora. Loše osobine su: složenost izrade, obrade signala, zahtijevaju optičku vidljivost između prijemnika i predajnika i osjetljivost na mehaničke vibracije.



Slika 7. Predodžba optičkog laserskog senzora.[2]

Zbog sposobnosti detekcije i mjerenja malih raspona, laserski senzori pomaka se koriste u slučajevima kada je potrebna kontrola proizvoda. Za mjerenje debljine objekta, kao na slici 7., koriste se dva senzora. Senzori su tako postavljeni da mjere pojedinačni raspon. Oduzimanjem mjerenih raspona od senzora A i B do objekta od ukupnog rastojanja između senzora dobije se debljina objekta. [2]

## 2.2.2. Temperaturni senzori

Temperatura je najrasprostranjenija pojava u svim fizičkim mjerenjima. Mjerenje temperature i njene kontrole obavlja čovjek pomoću uređaja koji se naziva termostat. On se nalazi u sustavima za grijanje, klima uređajima, hladnjacima i pećima. [3]

### OSNOVE TEMPERATURNIH MJERENJA

Postoje 4 vrste temperaturnih senzora koji se temelje na fizikalnim svojstvima o kojima ovisi temperatura:

- ekspanzija određenog fluida ili tvari ovisno o temperaturi, koja uzrokuje promjenu u duljini, volumenu ili tlaku (živini ili alkoholni termometri)
- promjena u električnom otporu s promjenom temperature (otporni termometri i termistori)
- promjene u kontaktnom potencijalu između različitih metala (termoparovi)
- promjene u energiji zračenja (optički i radijacijski pirometri)

#### 2.2.2.1. Ekspanzijski termometri

Ako se zagriju s temperature  $T_0$  na višu temperaturu  $T_1$ , metal će se produžiti na duljinu  $L_1$ , a fluid će ekspanzirati do volumena  $V_1$ . Na ovome temelju radi svi živini termometri.

Bimetalni termometri: rade na osnovi dva spojena metala različitih koeficijenata toplinske ekspanzije. Bimetalni termometri su prilično jeftini ali i dosta neprecizni. Ne koriste se često u industriji jer ne mogu osigurati daljinsko davanje signala. [3]

#### 2.2.2.2. Otporni termometri

Električni otpor većine metala raste otprilike linearno s porastom temperature. Temperaturni senzori temeljeni na osnovama promjene električnog otpora zovu se otporni temperaturni senzori (resistance temperature detectors - RTD) [3]

Njihova specifikacije je data za otpor pri temperaturi od  $0^\circ\text{C}$  i za promjenu otpora u intervalima od  $100^\circ\text{C}$ . Interval od  $0^\circ\text{C}$  do  $100^\circ\text{C}$  naziva se temeljni(fundamentalni) interval.

Pt100 senzor temperature je najbolji otporni temperaturni senzor (RTD).

Radi se od platine i vrijednost otpora mu je 100 ohma pri temperaturi od 0 °C. Platina ima pozitivni koeficijent temperaturene promjene otpora, otpor se povećava s rastućom temperaturom. Varijacija otpora je funkcija temperature; 0,39 ohm / 1 °C. [4]

U mnogim postrojenjima RTD se smještene na udaljenosti od mjerne elektronike (pretvornika). Ta udaljenost, ako je dulja od nekoliko metara, izaziva nepoznati otpor R u strujnim vodovima, koji može dalje izazivati pogrešku u očitanim ulaznim signalima.



Slika 8. Predodžba otpornog termometra (RTD). [4]

#### 2.2.2.3. Termistori

Temperaturni senzori temeljeni na poluvodičima zovu se termistori.

Poluvodiči ostvaruju veliki, iako izrazito nelinearan, pad električnog otpora s porastom temperature otpor termistora varira, te opada s porastom temperature (od 10 kOhm pri 0°C do 200 Ohm kod 100°C). Osjetljivost termistora čini ih prikladnima za električne krugove toplinskih alarma. [3]

Osim termistora s negativnim temperaturnim koeficijentom moguće je proizvesti i termistore s pozitivnim temperaturnim koeficijentom (gdje otpor raste s porastom temperature). Takvi su termistori pogodni za sustave alarma a ne za mjerenje temperatura.

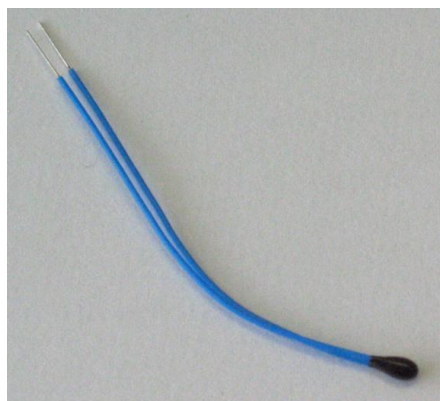
Postoje dvije vrste termistora:

PTC termistori (Positive Temperature Coefficient) imaju pozitivni koeficijent temperaturene promjene otpora, to jest kako se temperatura povećava tako se povećava i električni otpor; temperaturno im je područje od  $-50$  do  $220$  °C, a primjenjuju se na primjer za zaštitu od pregrijavanja električnih motora (obično se umeću u namote statora). [5]



Slika 9. Predodžba PTC termistora.[5]

NTC termistori (Negative Temperature Coefficient) imaju negativni koeficijent temperaturene promjene otpora, to jest kako se temperatura povećava tako se smanjuje električni otpor. Temperaturno im je područje od  $-50$  do  $150$  °C, a primjenjuju se na primjer za stabilizaciju električnog napona (rabi se nelinearno naponsko-strujna karakteristika) i za mjerenje temperature u termometrima.[5]



Slika 10. Predodžba NTC termistora.[5]

#### 2.2.2.4. Termoparovi

Djeluju na osnovi termoelektriciteta tj. termoelektričnog efekta. Kada su dva različita metala spojena na krajevima s dva spoja te kada se jedan kraj grije na temperaturu  $T_1$ , a drugi se drži na nižoj temperaturi  $T_2$ , struja će poteći tim krugom.

Napon struje ovisi o vrstama metala i temperaturama  $T_1$  i  $T_2$ . Uređaji koji koriste ovaj efekt zovu se termoparovi. Efekt se događa zbog porasta električnog potencijala na spojevima dvaju različitih metala.[3]



Slika 11. Predodžba termoparova.[3]

#### 2.2.2.5. PIR detektor

Kada se neko tijelo zagrijava ono zrači elektromagnetsku energiju. Pri niskim temperaturama zračenje se može osjetiti, a pri višim temperaturama tijelo počinje emitirati i vidljivo zračenje u obliku svjetlosti (koja varira od crvene za tijelo niže temperature pa do bijele za tijelo visoke temperature). Ovakvo zračenje može se iskoristiti za mjerenje temperature toga tijela pomoću PIR detektora. PIR detektor zbog toga omogućuju nekontaktno mjerenje temperature tijela u uvjetima kada je potrebno npr. mjeriti temperaturu tijela u pokretu ili tijela koje ima jako visoku temperaturu koja bi uništila ostale konvencionalne temperaturne senzore.[6]

##### Princip rada

Promjenom temperature piroelektrički materijal se polarizira, tj. na površini se javlja električki naboj. Za razliku od termopara kojem generirani napon ovisi o razlici temperature između dva kraja, piroelektrički senzor generira naboj samo kod promjene toplinskog toka.

Uobičajena izvedba je od dva serijski spojena senzora jedan je izložen toplinskom zračenju i prevučen crnom bojom radi bolje apsorpcije, dok je drugi zakriven od toplinskog zračenja i prevučen zlatom radi bolje refleksije toplinskog zračenja - serijski spoj dva senzora osigurava kompenzaciju promjena temperature okoline. [7]



Slika 12. Predodžba PIR detektora.[6]

### 2.2.3. Senzori za mjerenje vibracija

Svi električni strojevi stvaraju buku i vibracije, a analiza šuma i vibracija može se koristiti za dobivanje informacija o ispravnosti strojeva, čak i vrlo mala amplituda vibracija strojnog okvira može proizvesti visoki šum. Senzori za mjerenje vibracija služe za mjerenje vibracija unutar motora. Dijele se na kontaktne koje zahtijevaju sam fizički kontakt sa objektom na kojem se mjeri određena vibracija i beskontaktne koje ne zahtijevaju fizički kontakt sa objektom na kojem se mjeri vibracija.[8]

Najčešći uzroci povećanih vibracija rotacijskih električnih strojeva su:

- Oštećenje ležaja
- Neuravnoteženost rotora
- Pogrešna montaža
- Oštećenje temelja



Slika 13. Predodžba senzora vibracija.[8]

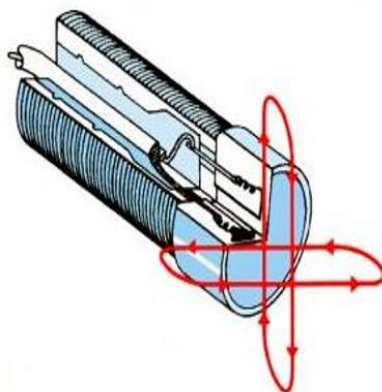
#### 2.2.3.1. Beskontaktni senzor pomaka

Radi na principu vrtložnih struja.

Magnetno polje proizvedeno izmjeničnom strujom oko zavojnice inducira vrtložne struje u bilo kojem električki vodljivom materijalu blizu zavojnice.

Zato je takve senzore prije mjerenja potrebno kalibrirati na voltažu -12V te se pomak vodljivog materijala od osovine registrira u obliku rasta (opadanja) voltaže.

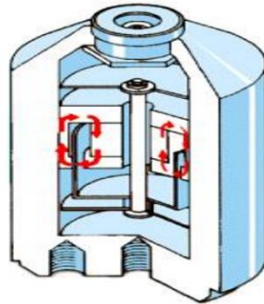
Osjetljivost senzora ( $8 \text{ mV}/\mu\text{m}$ ). [8]



Slika 14. Predodžba beskontaktnog senzora pomaka.[8]

### 2.2.3.2. Kontaktni senzor brzine

Kontaktni senzor brzine radi u skladu sa elektrodinamičkim principom. Napon proporcionalan brzini inducira da se u zavojnici koja se nalazi u polju permanentnog magneta pomoću dvije helikoidne membranske opruge koje s oprugom tvore vibracijski sistem masa-opruga. [8]



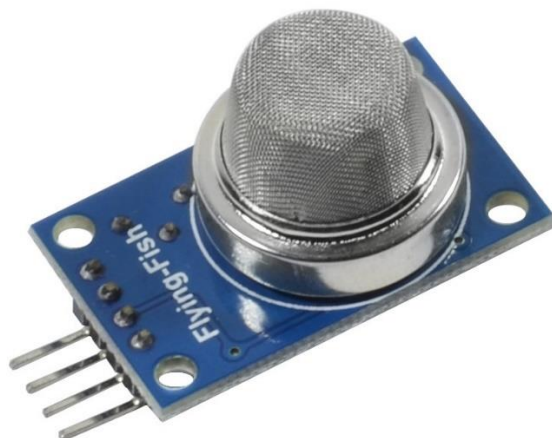
Slika 15. Predodžba kontaktnog senzora brzine.[8]

### 2.2.4. Senzori plinova

Senzori plinova su uređaji koji detektiraju prisustvo različitih plinova u nekom prostoru, najčešće kao dio sigurnosnog sistema. Uloga ovih uređaja je da detektiraju ispuštanje plinova i o tome obavijeste upravljački sistem tako da proces može biti automatski isključen. Također, ovi detektori često sadrže i alarm, koji se aktivira prilikom detekcije gasa. Ovi detektori su veoma važni jer postoje mnogi plinovi koji su zapaljivi, eksplozivni ili otrovni.

Senzori plinova se mogu koristiti za detekciju zapaljivih i toksičnih plinova, kao i nedostatak kisika. Detektori plina se obično napajaju pomoću baterija, a upozorenja prenose preko niza audio i vizualnih signala, kao što su alarmi i titrajuća svjetla, kada je detektirano prisustva opasne razine određenog plina. Naravno, postoje i sistemi sa daljinskim nadgledanjem. Kada senzor izmjeri koncentraciju plina, senzor reagira na kalibrirani plin koji služi kao referentna točka ili skala. Ako nivo sa senzora premaši unaprijed zadanu vrijednost dozvoljene koncentracije plina, aktivira se alarm ili signal.[2]





Slika 16. Predodžba senzora plinova.[2]

#### 2.2.4.1. Katalitički senzor plina

Katalitički senzor plina se sastoji iz dvije spirale od platine sa keramičkim premazom (pelistor). Jedan od pelistora je natopljen sa posebnim katalizatorom od paladija koji izaziva oksidaciju. Ovaj pelistor predstavlja detektor. Drugi pelistor predstavlja kompenzator ili referentni element. Ta dva vlakna i njihovi nosači su fiksirani u nezapaljivo kućište.

Princip rada ovih senzora zasniva se na oksidaciji zapaljivog gasa na površini katalitičkog elementa sa električnim zagrijavanjem. Struja prolazi kroz spirale i zagrijava ih do temperature od  $450^{\circ}\text{C}$  što dovodi do sagorijevanja plina. Kada plin sagori u senzoru, sagorijevanje izaziva porast temperature samo u detektirajućem pelistoru, ne i u referentnom, što izaziva izbacivanje Wheatstoneova mosta (u koji su povezane spirale) iz ravnoteže.[2]

#### 2.2.4.2. Senzori toplinske provodljivosti

Ovi senzori se koriste kod instrumenata za mjerenje koncentracije plinova oko donje eksplozivne granice, kao i kod detekcije curenja. Mjerenje toplinske provodljivosti plinova je bio jedan od prvih načina detektiranja prisustva plina. Princip rada se zasniva na mjerenju toplinske provodljivosti uzorka i uspoređivanja sa toplinskom provodljivošću referentnog plina (plinova), najčešće zraka. Ovakav princip detekcije, bez kemijske reakcije, može se koristiti u atmosferi, sa ili bez kisika.

Prednosti ovakvog senzora su mogućnost mjerenja plinova visoke koncentracije, mogućnost detektiranja helija, dug radni vijek itd. Nedostatak senzora je činjenica da se pomoću njega mogu detektirati samo plinovi čija je toplinska provodljivost značajno drukčija od one od zraka.[2]

#### 2.2.4.3. Infracrveni senzori plina

Infracrveni senzor, zasniva se na principu da plinovi apsorbiraju svjetlosnu energiju na određenoj valnoj duljini, obično u infracrvenom opsegu. Infracrveni senzori se najčešće koriste kod potreba detekcije prisustva ugljikovodika. Pored toga, detektori plamena često koriste sličan mehanizam. Plinovi koji sadrže više od jedne vrste atoma apsorbiraju infracrveno zračenje. Ovako se mogu detektirati plinovi kao što su ugljikov dioksid, ugljikov monoksid, metan i sumporov dioksid, međutim, na ovaj način se ne mogu detektirati plinova poput kisika, vodika i helija jer su to plinova koje tvori samo jedan element.

Kada plin prođe između izvora i senzora, on apsorbira infracrveno zračenje, tako da se na detektoru detektira manji intenzitet. Koncentracija plinova je direktno proporcionalna količini apsorbirane energije. Infracrveni senzori mjere dvije valne duljine, uzorak i referentnu duljinu. Odnos valne energije uzorka i referentne valne energije ukazuje na koncentraciju plina.[2]

#### 2.2.4.4. Poluvodički (metal-oksidi) senzori plina

Poluvodički senzori detektiraju plin kroz kemijsku reakciju koja se odvija kada plin dođe u kontakt sa senzorom. Kositar-dioksid ( $\text{SnO}_2$ ) je materijal koji se najčešće koristi u poluvodičkim senzorima. Princip rada ovih senzora je jednostavan, kada plin dođe u kontakt sa senzorom, električna otpornost senzora opada. Osnova senzora je kristalna struktura n-tipa metal-oksida poluvodiča. Ova kristalna struktura često sadrži i smjesu nekog plemenitog metala ili njegovog oksida. Kada radi pri adekvatnoj temperaturi zraka, otpornost ove strukture se mijenja naglo pri kontaktu sa malom koncentracijom, što nam omogućava da utvrdimo koncentraciju plina.

Vlakno unutar senzora se zagrijava pomoću električne energije na temperaturu od 300°C do 500°C. Osjetljivost senzora sa SnO<sub>2</sub> za različite varira varira u zavisnosti od temperature, što znači da se pomoću ovog senzora može mjeriti koncentracija različitih plina, ali da za svaki plin temperatura mora biti drugačije podešena.[2]

#### 2.2.4.5. Elektrokemijski senzori plina

Ovi senzori imaju široku primjenu pri detekciji otrovnih plinova na ppm skali, kao i kisika u postocima neke zapremine. U svom najjednostavnijem obliku, elektrokemijski senzori se sastoje od dvije elektrode: "Sensing" i "Counter", koje razdvaja tanak sloj elektrolita. Elektrolit može biti u tekućem i čvrstom stanju, kao i u obliku gela. Elektrolit je izoliran sa vanjske strane membranom koja propušta plin. Plin ulazi u senzor difuzijom, kroz membranu. Ako su elektrode polarizirane, nastaje reakcija oksidacije (redukcija), koja izaziva pojavu električne struje direktno proporcionalne koncentraciji plina.

Iako nude mnoge prednosti, ovi senzori nisu pogodni za sve plinove. Pogodni su uglavnom za detekciju plinova koji su elektrokemijski aktivni, mada moguće je detektirati i elektrokemijski inertne plinove indirektno, ako je plin u interakciji sa drugim vrstama plinova u senzoru.[2]

#### 2.2.4.6. Ionizirajući senzori plina

Ionizirajući senzori koriste ultraljubičastu svjetlost za ionizaciju molekula plina i najčešće se koriste u otkrivanju isparljivih organskih spojeva. Glavni dio ionizirajućeg senzora je UV izvor odnosno lampa. Zahtjevi za nadgledanjem podzemnih spremnika u svrhu sprečavanja zagađenja podzemnih voda, zahtijevali su nadgledanje isparljivih organskih spojeva. Ovi događaji doveli su do stvaranja malih prenosivih PID detektora koji su dokazali da su praktični i pouzdani i koji nude brz odgovor i mogućnost detekcije niskih koncentracija plinova. Primjena PID senzora je u petrokemiji, kod prerade nafte i plinova, kod vatrogasnih jedinica itd.[2]

## 2.3. Alarmni sustavi

Alarmi su naprave čija je zadaća upozoravanje na neka najčešće neželjena stanja. Okružuje nas mnoštvo različitih alarma, svjetlosnih, zvučnih, vibrirajućih, ili u obliku elektroničke informacije i to od upozorenja na preniske temperature do previsoke, upozorenje na prisutnost raznih plinova, dima, SOS dojave ili dojavljivanje kritičnih vrijednosti pri praćenju stanja pacijenta u bolnici, zatim susrećemo protuprovalne i protuprepadne alarme.

Alarmni sustavi stoga rade na principu ujedinjenja senzoričke i sustava video nadzora.

Najčešći oblik alarma, i zbog toga najčešća asocijacija na pojam alarmnih uređaja jesu upravo protuprovalni uređaji koji svjetlosno i zvučno, te raznim telefonskim, IP, radio ili GSM, GPRS, 3G dojavama uzbujuju čuvare ili vlasnike neke imovine. [9]

### 2.3.1. Protuprovalni sustavi

Protuprovalni sustavi su predviđeni za detekciju i registraciju svakog neovlaštenog ulaska u štićeni prostor. Nakon njihovog aktiviranja potrebno je prenijeti žičanim ili bežičnim putem jednoznačnu alarmnu poruku o vrsti i točnoj lokaciji detektiranog neovlaštenog kretanja u lokalnu nadzornu sobu ili u udaljeni centralni dojavni sustav. [10]

Elementi protuprovalnog sustava:

1. Uređaji za detekciju (ulazni element sustava)
2. Središnji uređaj za prijem i obradu registriranih promjena
3. Izlazni uređaj za uzbujuvanje i prenošenje primljene i obrađene informacije

### 2.3.1.1. Uređaji za detekciju

U protuprovalnim sustavim elementi za detekciju dijele se na:

1. Detektore za perimetarsku detekciju
2. Detektore za prostornu detekciju
3. Detektore za detekciju u točki na samom objektu ili predmetu zaštite

#### Perimetarska detekcija

Perimetarska detekcija se ne odnosi isključivo na zaštitu izvan šticeenog objekta već je i povezana s „prvom linijom zaštite“ i predstavlja razgraničenje između zone pod nadzorom i zone koja nije pod nadzorom. Vrata, prozori, ograde, zidovi i druge prirodne prepreke predstavljaju elemente perimetarske zaštite. [10]

Detektore za perimetarsku zaštitu čine:

1. Magnetski i elektromagnetski kontakti
2. Detektori loma stakla
3. Alarmne folije za postavljanje na stakla i prozorske barijere koje mogu biti infracrvene, mikrovalne, ultrazvučne i kombinirane koje rade na principu istovremene detekcije pomoću različitih detekcijskih metoda

#### Prostorna detekcija

Prostorna detekcija je predviđena za zaštitu unutarnjih prostora i aktivna je bez obzira na to da li su elementi za perimetarsku zaštitu registrirali neovlašten pokušaj ulaska u zaštićeni prostor ili nisu. U suvremenim protuprovalnim sustavima alarmne centrale imaju mogućnost razlučiti gdje je došlo do prvog pokušaja neovlaštenog ulaska u zaštićenu zonu i prema tome donose odluku da li će detektirani događaj izazvati trenutnu alarmnu reakciju ili će se alarm uključiti tek nakon isteka programiranog vremena. [10]

Prostorna detekcija se obavlja pomoću sljedećih detektora:

1. Razne barijere (uski snopovi svjetlosti) poput fotoelektričnih, aktivnih infracrvenih, mikrovalnih ili kombiniranih
2. Senzori kretanja poput pasivnih infracrvenih, mikrovalnih, kombiniranih koji objedinjuju obje tehnologije, ultrazvučnih i slično. [10]

### **Pasivni infracrveni senzori**

Pasivni infracrveni senzori sadrže tanki film od piroelektričnog materijala koji reagira na infracrveno zračenje tako što se pri promjeni temperature električno polariziraju, a pritom je količina nastalog električnog naboja razmjerna (proporcionalna) promjeni temperature. Kada čovjek uđe u područje koje nadzire pasivni infracrveni senzor, prvo dolazi do smanjenja intenziteta primljenog zračenja pozadine, a nakon toga i do detekcije novog izvora zračenja – ljudskog tijela. Kako je temperatura ljudskog tijela obično viša od temperature okoline, konačni rezultat se ogleda u povećanju ukupno detektiranog infracrvenog zračenja. Ukratko, senzor traži razliku temperatura ljudskog tijela i okoline.

Mana ove tehnologije je u slučaju kada su temperature tijela i okoline identične. Ukoliko osoba stoji u polju senzora određeno vrijeme, ona za senzor postaje pozadina i senzor je više ne detektira. Kod primjene infracrvenih detektora posebnu pozornost potrebno je obratiti da detektori nisu usmjereni na područje u kojima može doći do naglih promjena infracrvenog zračenja. Takva područja nalaze se primjerice uz radijatore, prozore i zavjese koje svojim pomicanjem mogu izazvati alarm kao i sve druge štíćene zone u kojima dolazi do turbulencije zraka.

Prilikom postavljanja pasivnih infracrvenih detektora treba izbjegavati zone detekcije koje pod jakom sunčevom svjetlošću mogu refleksijom aktivirati lažni alarm.[14]

### **Ultrazvučni senzori pokreta**

Ultrazvučni senzori mogu biti aktivni li pasivni. Pasivni detektiraju specifične zvukove, kao na primjer pucanje stakla ili dodir dva metala. Pasivni ultrazvučni senzori su vrlo osjetljivi ali i skloni lažnim alarmima.

Aktivni ultrazvučni senzori emitiraju ultrazvučne valove i mjere vrijeme odbijanja od tijela u pokretu. Rade u opsegu od 23 kHz do 40 Hz, a neki tipovi i do 75 kHz, i detektiraju promjenu frekvencije zvučnih valova kao posljedicu kretanja u prostoriji.

Količina reflektiranih valova, za konstantan ulaz, ovisi o:

- konstruktivnih karakteristika i materijala koji se u njoj nalaze. Najslabija refleksija je u prostorijama složene geometrije u kojoj se nalazi dosta mekog materijala koji apsorbira ultrazvučne valove.

- apsorpcije u zraku koja zavisi od doba dana, relativne vlažnosti, temperature, prisustvo različitih čestica u zraku, itd.[14]

### **Mikrovalni senzori**

Mikrovalni senzori emitiraju mikrovalne impulse i mjere refleksiju od objekta kako bi odredili kreće li se objekt ili ne. Oni su jako osjetljivi ali ponekad mogu prodrijeti kroz nemetalne objekte te vršiti detekciju izvan ciljanog područja.

Dva osnovna tipa mikrovalnih senzora:

- senzori koji sadrže predajnik i prijemnik u istom kućištu - monostatički
- senzori kod kojih su predajnik i prijemnik signala razdvojeni – bistatički

Monostatički senzori se koriste za zaštitu unutar velikih objekata dok se bistatički senzori koriste za zaštitu okoline objekta.

Kod mikrovalnih detektora ovisno o frekvenciji na kojoj rade (radne frekvencije od 2,4GHz do 24GHz, a što je veća frekvencija manji dio zračenja će prelaziti izvan štíćene zone) dio zračenja se prostire kroz zidove, vrata i staklene površine. Na taj način se kretanjem izvan štíćene zone može izazvati aktiviranje alarma što naravno predstavlja lažni alarm i nepotrební trošak. Mikrovalne senzore se ne preporučuje postavljati u područje s puno prašine jer prašina može izazvati refleksiju i preusmjeriti zračenje na predmet koji je u pokretu izvan štíćene zone i na taj način izazvati lažni alarm.

Fluorescentna rasvjeta je čest uzrok aktiviranja lažnih alarma jer svojom specifičnom frekvencijom može aktivirati mikrovalne detektore. Mikrovalni senzori se ne preporučuju postavljati u područjima gdje već postoje mikrovalna zračenja.[14]

## **Kombinirani senzori**

Kombinirani senzori se koriste da se umanje lažni alarmi ali se ti senzori aktiviraju samo kada oba detektiraju pokret. Na primjer kombinirani senzor, pasivnog infracrvenog senzora i mikrovalnog senzora uključiti će se kada pasivni infracrveni senzor detektira pokret jer on troši manje energije. Kada je pasivni infracrveni senzor aktiviran, mikrovalni senzor će se aktivirati, te ako on također detektira pokret alarm će se oglasiti. Ovaj „dupli okidač“ je odličan za izbjegavanje lažnih alarma, ali postoji rizik da se ne detektira pravi.

Senzori koji se koriste za prostornu detekciju imaju brojen prednosti, ali su takvih karakteristika da je prilikom postavljanje potrebna stručnost jer će u suprotnom izazivati česte lažne alarme. Navedeni senzori imaju široku zonu detekcije i djelovanja i ujedno predstavljaju detekciju koja nije vidljiva ljudskim okom.

Potencijalno mane su prostornih detektora proizlaze iz nepoznavanja njihova načina rada i nepravilne izvedbe instalacija.[14]

### Detekcija u točki na samom objektu ili predmetu zaštite

Detekcija u točki je posljednje u zoni detekcije i odnosi se na detekciju neovlaštenih aktivnosti na samom štíćenom objektu i na točno određenom mjestu. U praksi se elementi detekcije u točki postavljaju na vrijedne predmete. Detektori koji se primjenjuju za štíćenje objekta su vibracijski senzori šuma. Zajednička im je karakteristika da se sastoje od vrlo osjetljivih senzora koji reagiraju na specifične frekvencije poput rezanja, bušenja, brušenja, klizanja i slično. Senzori koji se postavljaju izravno na štíćeni objekt moraju biti zaštićeni protiv vanjskog pokušaja osposobljavanja. [10]



### 2.3.1.2. Središnji uređaj za prijem i obradu registriranih promjena

Element za prijem i obradu alarmnih i svih drugih tehničkih informacija se naziva alarmne centrala. Suvremen alarmne centrale imati sljedeće karakteristike:

1. Autonomno rezervno napajanje
2. Mogućnost priključivanja više različitih upravljačkih tipkovnica
3. Mogućnost korištenja od strane više korisnika s različitim korisničkim šiframa i različitim ovlaštenjem za korištenje sustava
4. Mogućnost priključenja bežičnih ili žičanih postrojenja
5. Programsku mogućnost podjele sustava u više nezavisnih podsustava
6. Zaštitu od neovlaštenog pokušaja otvaranja ili onesposobljavanja sustava
7. Mogućnost različitih vrsta dojava alarma na više različitih odredišta
8. Daljinsko upravljanje i nadzor uz više stupnjeva zaštite podataka

Prilikom nestanka mrežnog napajanja alarmna centrala mora trenutno nastaviti s radom korištenjem rezervnog napajanje koje mora trajati od 8 do 48 sati ovisno o stupnju zaštite objekta. Alarmna centrala se može programirati tako da se informacija o nestanku mrežnog napajanja prene trenutno ili s definiranim vremenskim kašnjenjem u centralni dojavni sustav. Mogućnost vremenske odgode slanja poruke o nestanku mrežnog napajanja bitna je za situacije kada istodobno na većem gradskom području nestane mrežno napajanje.

U tom trenutku sve alarmne centrale koje su u tom području istovremeno šalju poruku u centralni dojavni sustav o nestanku mrežnog napajanja i prelasku na rezervno napajanje, pa postoji da bi prilikom prijema moglo doći do prevelike opterećenosti ulaznih linija.

Karakteristika suvremenih alarmnih centrala je modularnost. Alarmne centrale mogu povećati svoj kapacitet dodavanjem bežičnih ili žičanih proširenja, te se prilagoditi novonastalim potrebama. Ako je prostor u kojemu je potrebno postaviti dodatni senzor izoliran ili nije lako dostupan, često se primjenjuje bežično proširenje na koje se povezuje bežični detektor. Bežično proširenje se postavlja unutar zaštićenog kućišta alarmne centrale ili u vlastitom zaštićenom kućištu izvan centrale, ali u tom slučaju kućište mora biti dobro zaštićeno. [10]

### 2.3.1.3. Izlazni uređaji za uzbunjivanje i prenošenje primljene i obrađene informacije

Izlazne uređaje čine razne vrste sirena za unutarnju i vanjsku montažu, digitalni dojavnici i dojavnici snimljenih glasovnih poruka, te razni drugi alarmni izlazi. Za vanjske sirene s bljeskalicom je preporuka da se postavljaju na što je moguće uočljivije mjesto na štíćenom objektu, a unutarnje sirene se postavljaju na manje uočljivom mjestu unutar štíćenog prostora, a vrlo često u samo kućište alarmne centrale. Razlog tome je činjenica da unutarnje sirene služe kao pričuvno rješenje za signalizaciju neovlaštenog djelovanja ako iz bilo koje razloga zakaže ili se onesposobi vanjska sirena. Unutar štíćenog prostora unutarnje sirene se postavljaju tako da svojim aktiviranjem pobliže označe mjesto gdje je došlo do narušavanja sigurnosti. Ponekad se koriste samo bljeskalice čije je aktiviranje povezano s točno određenom grupom detektora. Sirene i bljeskalice su izlazni elementi za lokalno uzbunjivanje, a digitalni komunikatori se koriste za detaljno slanje informacija o vrsti, točnom mjestu unutar zaštićene lokacije, datumu i vremenu alarmnog događaja.

Postavljanje alarmnih izlaza omogućava da se aktiviranjem alarma, uključe i drugi elementi koji nisu isključivo povezani sa sustavom zaštite. Primjerice nakon aktiviranje alarma na dislociranom objektu koji povezan na centralni dojavni sustav, moguće je programirati automatsko uključivanje rasvjete, aktivirati sustav video nadzora, aktivirati mikrofone radi slušanja i snimanja događaja na objektu.

Suvremene alarmne centrale imaju mogućnost priključenja ne samo alarmnih nego i drugih tehničkih relejnih izlaza koje se može daljinski nadzirati i po potrebi uključivati ili isključivati, što predstavlja dodatnu sigurnost. [10]

### 2.3.2. Nadzorne kamere

Kamera je uređaj koji se koristi za snimanje fotografija, pojedinačno ili u nizu, sa zvukom ili bez zvuka. Kamera koja snima pojedinačne slike je fotografski aparat, za razliku od video-kamere. Ime je dobila od latinskog izraza „camera obscura“, tamna komora, ranog mehanizma za projekciju slika, u kojem je cijela prostorija imala funkciju sadašnjeg modernog fotografskog aparata. Kamere mogu raditi sa vidljivim spektrom svjetlosti ili ostalim dijelovima elektromagnetnog spektra.[11]

Nadzorne kamere su vrlo često povezane sa IP mrežom, i sa ostalim uređajima koji se koriste za snimanje, a najčešće ih upotrebljavaju policijski službenici i zaštitne agencije. Kamere i oprema za snimanje te cjelokupan sustav za video nadzor zahtijeva praćenje preko monitora. Danas je analiza snimki znatno olakšana putem automatiziranog softvera koji pohranjuje digitalne video snimke u bazu podataka, što se odvija putem softvera za analizu. Također moderne nadzorne kamere snimaju samo onda kada se nešto pokreće oko njih, što otkrivaju putem senzora koji su u njima ugrađeni. Nadzorne kamere su danas vrlo jednostavne za korištenje i mogu se pronaći po prihvatljivim cijenama, što omogućuje njihovu široku primjenu kako kod kuće kao i za svakodnevni nadzor.

Razvoj centraliziranih mreža i CCTV kamera koje se postavljaju na javnim mjestima, i povezuju sa računalnim bazama podataka identiteta ljudi, odnosno biometrijskim podacima, mogu pratiti kretanje osoba po cijelom gradu, te utvrditi njihov identitet.[12]

### **Podjela sustava za video nadzor**

Sustavi video nadzora se po svojoj konfiguraciji dijele na:

- analogne sustave za video nadzor (kamere i monitori)
- analogne sustave za video nadzor i snimanje (klasični video rekorderi, kamere i monitori)
- digitalne sustave za video nadzor i snimanje (digitalni snimači, kamere i monitori)
- mrežne video nadzorne sustave (PC radne stanice koje rade na principu prijenosa slike internetom ili telefonom pomoću daljinskog upravljanja).

### **Osnovni elementi video kamere:**

1. CCD čip
2. Pretvarači (konverteri) analognog u digitalni signal i automatskog pojačanja signala
3. Digitalni procesor signala (DSP)
4. Mikrokontroler koji upravlja sa slijedećim funkcijama kamere:
  - Fokusiranje izumiranje
  - otvor objektiva
  - brzina zoom motora i ekspozicije kamere pomoću
5. Leće motor zoom objektiva
6. Motor za pokretanje objektiva (leće) kamere

### 2.3.2.1. Vrste nadzornih kamera

#### Bežične sigurnosne kamere

Bežične kamere za video nadzor imaju naprednije mogućnosti nego što je to slučaj kod klasičnih kamera. Neupadljive su, prenosive i jednostavne za korištenje. Imaju leće koje omogućuju samo jednom kamerom pregled velikog prostora. Bežične vanjske kamere ne zahtijevaju dodatnu instalaciju softvera, koriste web preglednike, te se mogu vrlo lako kontrolirati. [12]



Slika 17. Predodžba bežične sigurnosne kamere.[12]

#### Unutarnje kamere

Sve unutarnje nadzorne kamere imaju šire vidno polje u odnosu na standardne kamere. Sa 360 stupnjeva pokrivenosti jedna kamera može pratiti gotovo cijeli prostor. Kamere sa fiksnim objektivom imaju mogućnost trajnog fokusiranja na neko specifično područje, što je idealno za davanje najviše kvalitete slike nekog određenog mjesta. [12]



Slika 18. Predodžba unutarnje nadzorne kamere sa 360° pokrivenosti prostora.[12]

### **Kamere sa ugrađenim senzorom pokreta**

Ove kamere rade na princip uključivanja senzora pokreta prije nego što započne snimanje. Ovaj sistem video nadzora pruža dodatnu razinu sigurnosti upozoravajući na sumnjive aktivnosti prije nego što se one dogode. [12]



Slika 19. Predodžba kamere sa ugrađenim detektorom pokreta.[12]

### **Podesive kamere za video nadzor**

Ove kamere pružaju najviši stupanj kontrole i sigurnosti. One se mogu programirati na način da automatski preusmjere snimanje na široko vidno polje mnogo bolje nego fiksne sigurnosne kamere. Rade na daljinsko uključivanje, te imaju zoom opciju, što omogućuje najbolju i vrlo detaljnu preglednost određenog područja. [12]



Slika 20. Predodžba kamere sa podesivim fokusom i zoom-om.[12]

## Vanjske video kamere

Vanjske kamere su izdržljivije i otpornije na vremenske uvjete, imaju kućište sa komponentama koje su dizajnirane za snimanje šireg spektra, te su prilagođene vanjskim uvjetima osvjetljenja. Ove kamere nude mnoge mogućnosti od uključivanja daljinskog snimanja, kontrole nagiba, infracrvenog svjetla za noćno snimanje, detekcije pokreta do bežičnog povezivanja. Najpopularnija vrsta bežičnih kamera su infracrvene kamere, a osim njih postoje i one koje koriste videorekordere ili televizore za prikaz slike. [12]



Slika 21. Predodžba vanjske video kamere.[12]

### Vrste vanjskih kupolastih kamera

Kupolaste (najčešće korištene kamere za video nadzor koje se koriste u privatne svrhe. Montiraju se na otvorene zidove i imaju oblik kupole. Zbog kupole je dosta teško otkriti poziciju objektiva kamere, što ovim kamerama daje veliku prednost. Vrste ovih kamera koje se mogu naći na tržištu:

1. Oklopne kupolaste kamere koje se koriste u situacijama kada postoji opasnost od vandalizma
2. Varifokalne kupolaste kamere koje imaju prilagodljivi kut objektiva koji se može prilagoditi po želji
3. Infracrvene kupolaste kamere koje imaju mogućnost noćnog snimanja

Infracrvene vanjske nadzorne kamere su najbolji izbor kada je u pitanju noćno snimanje. One emitiraju crno bijelu sliku noću, a danju vrlo oštru sliku. Ove kamere imaju kut leće i rezoluciju koja je prilagođena noćnom snimanju. [12]

### **Lažne kamere**

Lažne kamere za video nadzor se koriste kako bi se zavaralo provalnike, izgledaju kao prave, ali nemaju mogućnost snimanja. [12]



Slika 22. Predodžba lažne kamere.[12]

Da bi se izbjegla potreba za postavljanjem nekoliko fiksnih kamera sve češće se projektanti odlučuju za uporabu pan / tilt / zoom kamera smještenih u zatamnjena kupolasta kućišta. Navedene video kamere se koriste za nadzor većih prostora jer snažnim motor zoom objektivima mogu nadzirati i točke koje klasičnim video kamerama nisu dostupne. Nadalje pan / tilt / zoom kamere su pokretljive u svim smjerovima, a mogućnost daljinskog upravljanja i programiranja im omogućava snimanje određenih pravaca kretanja koji operatoru u centralnoj nadzornoj prostoriji omogućava „virtualnu šetnju“ zaštićenim prostorom. [10]

### 2.3.2.2. Video nadzor na mjestima rada

Video nadzor na mjestima rada – Republika Hrvatska

Video nadzor jedno je od sredstava zaštite na radu. Unatoč tome, nameće se pitanje svrhovitosti video nadzora. S jedne strane, očigledna je korist od video nadzora kao sredstva zaštite na radu – primjerice, u prevenciji nasilja, sprečavanju krađe i sličnih kriminalnih radnji. No, s druge strane, video nadzor može zadirati i u privatnost te može postati sredstvo kojim se provode nedopuštene radnje – primjerice, nad radnicima, koji zbog toga mogu trpjeti psihosocijalne posljedice.

Da bi se spriječile zlouporabe video nadzorom, njegovo korištenje zakonski je propisano. Tri su zakona koja se odnose na uporabu video nadzora: Zakon o zaštiti osobnih podataka, Zakon o radu, Zakon o zaštiti na radu

Prema Zakonu o zaštiti osobnih podataka, video zapis dobiven nadzornom kamerom predstavlja osobni podatak. Za prikupljanje i obradu osobnih podataka mora postojati zakonita svrha i valjan pravni temelj. Propisano je da se osobni podaci mogu prikupljati u svrhu s kojom je ispitanik upoznat, koja je izričito navedena i u skladu sa zakonom i mogu se dalje obrađivati samo u svrhu u koju su prikupljeni, odnosno u svrhu koja je podudarna s namjenom prikupljanja.

Navedenim Zakonom propisan je i pravni temelj za prikupljanje i obradu osobnih podataka, te se osobni podaci smiju prikupljati i dalje obrađivati uz privolu ispitanika samo u svrhu za koju je ispitanik dao svoj pristanak ili u slučajevima određenim zakonom, te taksativno navedenima.

Zakonom o zaštiti na radu, kao posebnim zakonom, propisani su uvjeti pod kojim poslodavac smije koristiti nadzorne uređaje kao sredstvo zaštite na radu. Dopušteno je korištenje nadzornih uređaja radi kontrole ulazaka i izlazaka iz radnih prostorija i prostora, te radi smanjenja izloženosti radnika riziku od razbojstva, provala, nasilja, krađa i sličnih događaja na radu ili u vezi s radom.

Zabranjeno je postavljanje video nadzora u sanitarnim čvorovima, te u prostorijama za osobnu higijenu i presvlačenje radnika.



Ako nadzorni uređaji čitavo radno vrijeme prate sve pokrete radnika tijekom obavljanja poslova, odnosno ako su nadzorni uređaji postavljeni tako da su radnici čitavo vrijeme tijekom rada u vidnom polju nadzornih uređaja, poslodavac smije koristiti nadzorne uređaje isključivo na temelju prethodne suglasnosti radničkog vijeća. Poslodavac je obavezan prilikom zapošljavanja pisanim putem obavijestiti radnika da će biti nadziran nadzornim audio, odnosno video uređajima.

Zakon o radu propisuje obvezu poslodavca da pribavi prethodnu suglasnost radničkog vijeća ukoliko prikuplja, obrađuje, koristi i dostavlja trećim osobama podatke o radniku i za imenovanje ovlaštene osobe koja će to nadzirati.

S tim u vezi, poslodavac je pravilnikom o radu dužan urediti sva pitanja koja se odnose na prikupljanje, korištenje, čuvanje i zaštitu osobnih podataka svojih radnika, pa tako i osobnih podataka prikupljenih video nadzornom kamerom. Namjera je da radnici budu informirani o obradi njihovih podataka, prvenstveno o tome u koju svrhu se obrađuju njihovi osobni podaci. Također, radnici moraju biti informirani tko ima pravo na pristup podacima, kao i tko ima pravo na ispravak podataka koji se na njih odnose, zatim o primateljima ili kategorijama primatelja osobnih podataka, te da li se radi o dobrovoljnom ili obveznom davanju podataka, kao i o mogućim posljedicama uskrate davanja podataka – te obveze propisane su Zakonom o zaštiti osobnih podataka.

Nadalje, pravilnikom je potrebno odrediti i osobe ovlaštene za pristup podacima, mjere zaštite podataka u tehničkom, organizacijskom i kadrovskom smislu kako bi se osigurala njihova povjerljivost i razdoblje njihova čuvanja, na što također obvezuje Zakon o zaštiti osobnih podataka.

Kod uvođenja, odnosno postavljanja video nadzora potrebno je uočljivo i nedvosmisleno označiti – slikom i tekстом – da se poslovni prostor, odnosno ulaz/izlaz radnika i ostalih osoba, tj. posjetitelja poslovnog prostora snima video nadzornom kamerom.

Pod pretpostavkom da su ispunjeni svi uvjeti propisani Zakonom o zaštiti osobnih podataka, Zakonom o radu i Zakonom o zaštiti na radu, smatra se da je obrada osobnih podataka video nadzorom u poslovnim prostorijama opravdana i zakonita. [13]

### 2.3.2.3. Utjecaj video nadzora

Sustavi video nadzora pronalaze sve veću primjenu u domeni sigurnosti na radu i spašavanju radnika u slučaju prirodnih i drugih katastrofa. Upravo video nadzor omogućava da se u otežanim uvjetima kretanja provjeri da li je netko ostao unutar ugroženog područja i na koje je mjesto prvo potrebno uputiti pomoć. Nadalje, sustavi video nadzora smanjuju ugroženost za interventne ekipe (vatrogasci, zaštitari, policija i drugi) koje se uključuje u spašavanje ljudi jer im omogućavaju bolju procjenu opasnost i sagledavanje svih okolnosti koje inače nisu lako dostupne u slučajevima nesreća. Sustav video nadzora omogućava analizu svih događaja koji su doveli do nesreće na radu.[10]

## 3. EKSPERIMENTALNI DIO

### Mjerenje pomoću PIR osjetila.

U ovom dijelu Završnog rada biti će opisano praktično mjerenje temperature beskontaktnim industrijskim mjernim osjetilom PIR (Pyroelectric Infra Red) koji radi na principu detektiranja zračenja toplinskog spektra tijela čija površina temperature se mjeri. Mjerenja su provedena u jednoj trafostanici u gradu Karlovcu.

Proizvođač IR termometra je američka tvrtka: JOHN FLUKE, Tip uređaja: 561 HVAC PRO.

Nužno je napomenuti kako svako tijelo iznad temperature 0 K emitira infracrveni IR spektar toplinskih valova. Unutar infracrvenog spektra sadržana je informacija o toplini i temperaturi zračenja tijela koje zrači toplinu čija je temperatura indikator gustoće unutarnje energije.

To je sukladno Wienovom zakonu koji naznačuje da je raspored valnih duljina, kod toplinskog zračenja idealnog crnog tijela, vrlo sličnog oblika za sve temperature, osim što se vršna vrijednost pomiče sa povećanjem temperature, prema manjim valnim duljinama i ima veću vrijednost. Wienov zakon pomaka proizlazi iz Planckova zakona i tvrdi da je vršna vrijednost valne duljine zračenja obrnuto proporcionalna sa termodinamičkom temperaturom idealnog crnog tijela, kao što je naznačeno jednadžbom (1):

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \quad (1)$$

gdje je:

$\lambda_{\max}$  - valna duljina sa vršnom vrijednosti intenziteta zračenja,

T - termodinamička temperatura idealnog crnog tijela,

b – Wienova konstanta pomaka i jednaka je  $2,897768551 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$ .

Stefan-Boltzmannov zakon naznačuje da je ukupna količina energije Q, koju idealno crno tijelo zrači po jedinici površine i u nekoj jedinici vremena, direktno proporcionalna sa četvrtom potencijom termodinamičke temperature T, kao što je naznačeno jednačbom (2):

$$Q = \sigma \times T^4 \quad (2)$$

gdje je:

$\sigma$  = Stefan-Boltzmannova konstanta =  $5.670367(13) \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$

Mjerenjem specifične topline koju emitira neko toplo tijelo pomoću osjetilnog PIR elementa termometra, poznavanjem Wienova zakona može se doći do podatka o temperaturi.

### **Pravila prilikom mjerenja**

Mjerenje IR termometrom zahtijeva od mjeritelja i korisnika informacije vještinu i znanje obzirom kako je poznato da termometar ima klasu točnosti 3. Ta klasa naznačuje kako je realno očekivati grešku mjerenja na cijelom mjernom području od približno 3%. Iz tog razloga potrebno je ostvariti idealne uvjete mjerenja kako bi klasa točnosti bila unutar definiranog područja beskontaktnog osjetila.

Postoje dakle tzv. nepisana i pisana pravila koja mjeritelj mora poznavati kako bi se mjerenje temperature beskontaktnom metodom ostvarila unutar prihvatljive klase točnosti od približno 2-3%. Klasa točnosti 2-3% je industrijska, dakle nije mjeriteljska manja od klase 0,5; ali je jedina moguća obzirom na potencijalne opasnosti po mjeritelja od visoke temperature na mjernom mjestu ili opasnosti od izlaganja udarnom naponu u elektropostrojenjima.

Prvo pravilo je da se temperatura mjernog mjesta mjeri uređajem postavljenim okomito na podlogu kako bi se izbjegle refleksije toplinskih valova s površine tijela čija temperatura se mjeri.

Drugo pravilo je da se pomoću IR termometra mjere tamne odnosno crne površine zbog većeg indeksa ili koeficijenta emitivnosti a time i kvalitetnijeg transfera informacije o toplini; posljedično i informacije o temperaturi.

Treće pravilo odnosi se na optička svojstva uređaja tj. na odnos D:S (Distance to Spot) koji se mora poštivati jer je određen od strane proizvođača. Obično je odnos D:S=12:1 što znači da ukoliko mjerimo temperaturu mjerne točke (Spot) promjera 10 cm, tada je udaljenost uređaja (Distance) 12 puta veća odnosno uređaj se postavlja 1,2 m okomito od podloge.

## **Provedba mjerenja**

Sukladno **Pravilniku o iskazivanju mjerne nesigurnosti** Državnog zavoda za mjeriteljstvo, mjerenje procesnih fizikalnih veličina mjeri se na način da se prethodno mora utvrditi mjerna metoda, mjerni postupak i mjerni instrumentarij. Mjerenje se provodi na točno definiranom mjernom mjestu i s točno definiranom mjernom veličini koja se mjeri. Mjere se najmanje 3 matrice podataka odnosno 3 matrice s N brojem mjerenja ( $N = 10 - 100$ ). Rezultat se iskazuje pomoću srednje vrijednosti i statističke mjerne nesigurnosti  $s(x)$  dobivene proračunom tzv. A-tipa. Riječ je o jednostavnoj statističkoj metodi izračuna klasične standardne nesigurnosti  $s(x)$  gdje srednja, odnosno prosječna vrijednost, predstavlja najbolju procjenu mjerenja mjerene veličine a standardna statistička devijacija  $s(x)$  predstavlja standardno odstupanje odnosno čini kvantitativan opis rasipanja pojedinačnih rezultata oko srednje vrijednosti. Na taj način sukladno Pravilniku Državnog zavoda iskazuje se mjerno rezultat mjerenja procesnih parametara [15].

### **3.1. Mjerenje temperature u trafostanici Gajeva 1-122**

Obzirom kako se mjerenja temperature sklopova u trafostanici provode u okružju opasnom po život i zdravlje čovjeka, potrebno je sagledati upozorenja o radu na siguran način koja se odnose na sve korisnike i radnike u naznačenom prostoru. Stoga na ulazu u trafostanicu, s unutarnje strane vrata, postavljeno je upozorenje na opasnost od plina pod pritiskom. Radi se o Sumporovom Heksafluoridu ( $SF_6$ ). Tekst glasi:

- Po ulasku u trafostanicu obvezna je kontrola tlaka plina.
- Pri radu s plinom treba osigurati dobru ventilaciju.
- Spremnik se ne smije izlagati povišenim temperaturama.
- Mlaz ekspaniranog plina ne smije doći u dodir s očima i kožom.

Proučiti upute o prvoj pomoći i o ponašanju u izvanrednim situacijama.

Sumporovo Heksafluorid (SF<sub>6</sub>)

Prva pomoć u slučaju nezgode na radu.

**Udisanje:** osobu odmah izvesti na čisti zrak; ako teško diše ili je prestala disati, odmah primijeniti umjetno disanje, a ako je prestao rad srca, primijeniti reanimaciju (stručna osoba). U slučaju jakog izlaganja plinu, osoba treba biti pod stalnim nadzorom prvih 24 sata jer se pulmonalni edem može razviti naknadno.

**Preporuke liječniku:** ako se pojavi znaci akutnog izlaganja plinu preporuča se:

- Kontrola mokraće: koncentracija fluorida veća od 4 mg ukazuje na jako izlaganje plinu
- Rendgenski pregled pluća
- Provjera funkcioniranja jetre i bubrega

**Dodir s kožom:** Mlaz stlačenog/ukapljenog plina može uzrokovati smrzavanje i pojavu opekline na koži. Dio koji dođe u kontakt s mlazom plina treba odmah oprati vodom i sapunom, u teže slučaju mjesto na desetak minuta uroniti u toplu vodu, a nakon toga potražiti savjet liječnika, osobito ako je od propusnog materijala.

**Dodir s očima:** Odmah isprati blagim mlazom vode barem 30-tak minuta. Nakon ispiranja potražiti savjet/ pomoć liječnika oftalmologa.

Odabrana je trafostanica i mjerenje temperature karakterističnih elemenata u trafostanici obzirom da se ista nalazi u gradu i napaja tri kvarta električnom energijom. Zbog toga za očekivati je kako se ista grije u normalnom režimu rada i interesantno je vidjeti o kojim vrijednostima temperature se radi. Najtopliji dio stanice jest transformator koji transformira tzv. srednji napon od 10400 volti na niski napon od 230 volti potrebit za potrošače na sve tri radne faze; R, S i T. Transformator ima nominalne struje 600A a kratkoročne do 1000A.

Prilikom mjerenja temperature hladnjaka i rebara hladnjaka transformatora, problem je bila refleksija koja se događala između rebara ako mjerna točka nije bila točno okomita na rebara hladnjaka transformatora. Osim toga rebara hladnjaka bila su svjetlo sive boje. Prosječna temperatura hladnjak transformatora je bila najveća u odnosu na prosječne temperature ostalih dijelova trafostanice.

Tablica 1. Temperatura hladnjaka transformatora

| N  | X <sub>i</sub> | $\bar{X}$ | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)^2$ | S <sup>2</sup> (x)/°C <sup>2</sup> | S(x)/°C  |
|----|----------------|-----------|-----------------|---------------------|------------------------------------|----------|
| 1  | 44,6           | 44,87     | 0,27            | 0,0729              | 0,100111                           | 0,010022 |
| 2  | 45,2           |           | -0,33           | 0,1089              |                                    |          |
| 3  | 45,1           |           | -0,23           | 0,0529              |                                    |          |
| 4  | 44,9           |           | -0,03           | 0,0009              |                                    |          |
| 5  | 44,5           |           | 0,37            | 0,1369              |                                    |          |
| 6  | 45,5           |           | -0,63           | 0,3969              |                                    |          |
| 7  | 44,7           |           | 0,17            | 0,0289              |                                    |          |
| 8  | 44,6           |           | 0,27            | 0,0729              |                                    |          |
| 9  | 44,7           |           | 0,17            | 0,0289              |                                    |          |
| 10 | 44,9           |           | -0,03           | 0,0009              |                                    |          |

Prosječna temperatura je 44,87 °C, dok je standardna devijacija (odstupanje) 0,010022°C.

Prema tome, iskazivanje mjernog rezultata glasi:  $T = \bar{X} + S(x)$ ; odnosno:

$$T = 44,87 \text{ °C} \pm 0,01 \text{ °C}$$



Slika 23. Predodžba transformatora, rebara hladnjaka i naponskih priključnica.

Prilikom mjerenja niskonaponskih priključaka, nije bilo problema kao kod mjerenja rebara hladnjaka transformatora, temperature su bile najveće uz transformator.

Tablica 2. Temperatura niskonaponskih priključaka

| N  | $x_i$ | $\bar{X}$ | $\bar{X} - x_i$ | $(\bar{X} - x_i)^2$ | $S^2(x)/^{\circ}C^2$ | $S(x)/^{\circ}C$ |
|----|-------|-----------|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|
| 1  | 41,5  | 41,24     | -0,26           | 0,0676              | 0,102667             | 0,01054          |
| 2  | 41,1  |           | 0,14            | 0,0196              |                      |                  |
| 3  | 41,1  |           | 0,14            | 0,0196              |                      |                  |
| 4  | 40,6  |           | 0,64            | 0,4096              |                      |                  |
| 5  | 41,8  |           | -0,56           | 0,3136              |                      |                  |
| 6  | 41,3  |           | -0,06           | 0,0036              |                      |                  |
| 7  | 41,2  |           | 0,04            | 0,0016              |                      |                  |
| 8  | 41,1  |           | 0,14            | 0,0196              |                      |                  |
| 9  | 41,2  |           | 0,04            | 0,0016              |                      |                  |
| 10 | 41,5  |           | -0,26           | 0,0676              |                      |                  |

Prosječna Temperatura je 41,24 °C, dok je standardna devijacija (odstupanje) 0,010542°C.

Prema tome, iskazivanje mjernog rezultata glasi:  $T = \bar{X} + ST = \bar{X} + S(x)$ ; odnosno:

$$T=41,24 \text{ }^{\circ}C \pm 0,01 \text{ }^{\circ}C$$



Slika 24. Predodžba niskonaponskih priključnica.

Temperature na niskonaponskim spojnicaма nisu značajno varirale.

Tablica 3. Temperatura niskonaponskih spojnica

| N  | X <sub>i</sub> | $\bar{X}$ | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)^2$ | S <sup>2</sup> (x)/°C <sup>2</sup> | S(x)/°C  |
|----|----------------|-----------|-----------------|---------------------|------------------------------------|----------|
| 1  | 33,4           | 33,38     | -0,02           | 0,0004              | 0,035111                           | 0,001233 |
| 2  | 33             |           | 0,38            | 0,1444              |                                    |          |
| 3  | 33,5           |           | -0,12           | 0,0144              |                                    |          |
| 4  | 33,6           |           | -0,22           | 0,0484              |                                    |          |
| 5  | 33,4           |           | -0,02           | 0,0004              |                                    |          |
| 6  | 33,6           |           | -0,22           | 0,0484              |                                    |          |
| 7  | 33,3           |           | 0,08            | 0,0064              |                                    |          |
| 8  | 33,2           |           | 0,18            | 0,0324              |                                    |          |
| 9  | 33,3           |           | 0,08            | 0,0064              |                                    |          |
| 10 | 33,5           |           | -0,12           | 0,0144              |                                    |          |

Prosječna Temperatura je 33,38 °C, dok je standardna devijacija (odstupanje) 0,001233°C.

Prema tome, iskazivanje mjernog rezultata glasi:  $T = \bar{X} + S(x)$ ; odnosno:

$$T=33,38 \text{ °C} \pm 0,0012 \text{ °C}$$



Slika 25. Predodžba niskonaponske spojnice-letve (gornji dio slike).



Odstupanje u temperaturi RST visokonaponske ulaznih faza bilo je najveće u odnosu na odstupanje u temperaturi ostalih dijelova trafostanice.

Tablica 4. Temperatura RST visokonaponskih ulaznih faza u trafostanici

| N                    | $X_i$ | $\bar{X}$ | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)^2$ | $S^2(x)/^{\circ}C^2$ | $S(x)/^{\circ}C$ |
|----------------------|-------|-----------|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|
| <b>R<sub>1</sub></b> | 36,1  | 37,11111  | 1,011111        | 1,022346            | 0,341111             | 0,116357         |
| <b>R<sub>2</sub></b> | 36,2  |           | 0,911111        | 0,830123            |                      |                  |
| <b>R<sub>3</sub></b> | 37,6  |           | -0,48889        | 0,239012            |                      |                  |
| <b>S<sub>1</sub></b> | 37,1  |           | 0,011111        | 0,000123            |                      |                  |
| <b>S<sub>2</sub></b> | 37,2  |           | -0,08889        | 0,007901            |                      |                  |
| <b>S<sub>3</sub></b> | 37,1  |           | 0,011111        | 0,000123            |                      |                  |
| <b>T<sub>1</sub></b> | 37,6  |           | -0,48889        | 0,239012            |                      |                  |
| <b>T<sub>2</sub></b> | 37,5  |           | -0,38889        | 0,151235            |                      |                  |
| <b>T<sub>3</sub></b> | 37,6  |           | -0,48889        | 0,239012            |                      |                  |

Prosječna Temperatura je 37,11111 °C, dok je standardna devijacija (odstupanje) 0,116357°C.

Prema tome, iskazivanje mjernog rezultata glasi:  $T = \bar{X} + S(x)$ ; odnosno:

$$T=37,11 \text{ }^{\circ}C \pm 0,12^{\circ}C$$



Slika 26. Predodžba RST visokonaponske ulazne faze; RST glavni osigurači 600A.

Prosječna temperatura pojedinih RST faza bile je najmanja u odnosu na ostale dijelove trafostanice.

Tablica 5. Temperatura RST pojedinih faza

| N              | X    | $\bar{X}$ | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)^2$ | $S^2(x)/^{\circ}C^2$ | $S(x)/^{\circ}C$ |
|----------------|------|-----------|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|
| R <sub>1</sub> | 29,2 | 28,83333  | -0,366666667    | 0,134444444         | 0,115                | 0,013225         |
| R <sub>2</sub> | 29,1 |           | -0,266666667    | 0,071111111         |                      |                  |
| R <sub>3</sub> | 29   |           | -0,166666667    | 0,027777778         |                      |                  |
| S <sub>1</sub> | 28,1 |           | 0,733333333     | 0,537777778         |                      |                  |
| S <sub>2</sub> | 28,6 |           | 0,233333333     | 0,054444444         |                      |                  |
| S <sub>3</sub> | 28,7 |           | 0,133333333     | 0,017777778         |                      |                  |
| T <sub>1</sub> | 29,1 |           | -0,266666667    | 0,071111111         |                      |                  |
| T <sub>2</sub> | 28,9 |           | -0,066666667    | 0,004444444         |                      |                  |
| T <sub>3</sub> | 28,8 |           | 0,033333333     | 0,001111111         |                      |                  |

Prosječna Temperatura je 28,83333 °C, dok je standardna devijacija (odstupanje) 0,013225 °C.

Prema tome, iskazivanje mjernog rezultata glasi:  $T = \bar{X} + S(x)$ ; odnosno:

$$T=28,83 \text{ }^{\circ}C \pm 0,013 \text{ }^{\circ}C$$



Slika 27. Predodžba glavnih rastalnih osigurača na 600A.

Odstupanje u temperaturi gornje strane osigurača RST faza bilo je najmanje u odnosu na odstupanje u temperaturi ostalih dijelova trafostanice.

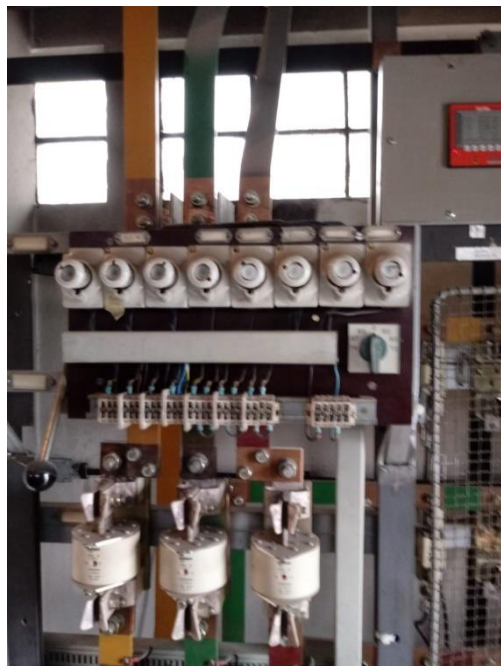
Tablica 6. Temperatura gornje strana osigurača RST faza

| N              | X <sub>i</sub> | $\bar{X}$ | $\bar{X} - X_i$ | $(\bar{X} - X_i)^2$ | S <sup>2</sup> (x)/°C <sup>2</sup> | S(x)/°C  |
|----------------|----------------|-----------|-----------------|---------------------|------------------------------------|----------|
| R <sub>1</sub> | 30,5           | 30,43333  | -0,06667        | 0,004444            | 0,0325                             | 0,001056 |
| R <sub>2</sub> | 30,6           |           | -0,16667        | 0,027778            |                                    |          |
| R <sub>3</sub> | 30,7           |           | -0,26667        | 0,071111            |                                    |          |
| S <sub>1</sub> | 30,2           |           | 0,233333        | 0,054444            |                                    |          |
| S <sub>2</sub> | 30,4           |           | 0,033333        | 0,001111            |                                    |          |
| S <sub>3</sub> | 30,6           |           | -0,16667        | 0,027778            |                                    |          |
| T <sub>1</sub> | 30,3           |           | 0,133333        | 0,017778            |                                    |          |
| T <sub>2</sub> | 30,2           |           | 0,233333        | 0,054444            |                                    |          |
| T <sub>3</sub> | 30,4           |           | 0,033333        | 0,001111            |                                    |          |

Prosječna Temperatura je 30,43333 °C, dok je standardna devijacija (odstupanje) 0,001056°C.

Prema tome, iskazivanje mjernog rezultata glasi:  $T = \bar{X} + S(x)$ ; odnosno:

$$T=30,43 \text{ °C} \pm 0,001 \text{ °C}$$



Slika 28. Predodžba gornje strane osigurača RST faza.

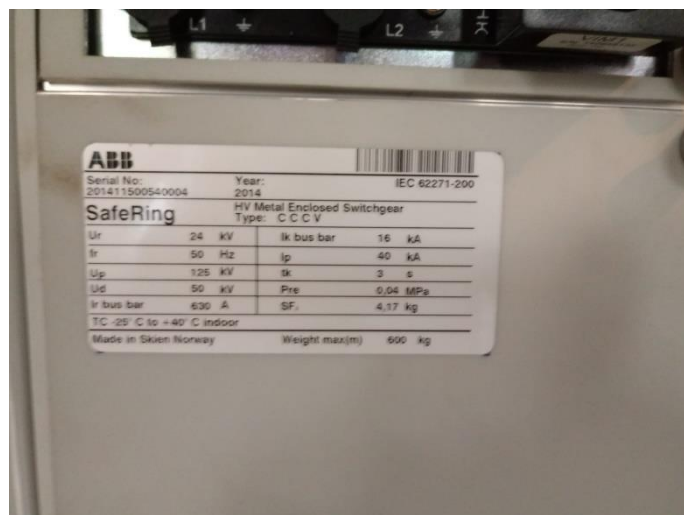
Mjerenjem je dobivena prosječna temperatura zraka u trafostanici koja iznosi 29,7 °C ± 0,2 °C.

### 3.1.1. ABB srednjenaponski blok s daljinskim upravljanjem

Upravljački blok ima nadzor nad sve 3 faze te mjeri napon, struju i fazu. Vrijednost napona ne smije biti manja od 10,0 kV. Prosječna temperatura ABB upravljačkog kontrolora izmjerena je  $31,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Slika 29. Predodžba ABB bloka s daljinskim upravljanjem.



Slika 30. Predodžba natpisne pločice ABB srednjenaponskog bloka.



Slika 31. Predodžba unutrašnjost ABB sredjenaponskog bloka s kontrolerom.

## 4. ZAKLJUČAK

Industrijska mjerna osjetila ili popularno senzori su neizostavni dio svakog postrojenja i proizvodnog procesa. Njihova upotreba je široka od upotrebe u samom procesu proizvodnje određenog proizvoda do kontrole i nadzora tog procesa i različitih postrojenja.

U eksperimentalnom dijelu rada došao sam do zaključka da temperaturni senzori imaju posebno mjesto u održavanju različitih postrojenja u ovom slučaju trafostanice. PIR osjetilo omogućuje beskontaktno mjerenje temperature tijela u uvjetima kada je potrebno mjeriti dijelove trafostanice koje ima jako visoku temperaturu koja bi uništila ostale konvencionalne temperaturne senzore i dovela do ozljede radnika kod kontakta s određenim dijelom u trafostanici.

Zadatak je zadan od strane mentora te je sukladno tome pristupljeno provedbi zadatka. Opisana su općenito osjetila koja se koriste u industriji i energetici, provedena su mjerenja u trafostanici s IR termometrom i iskazani su rezultati mjerenja tj. temperature transformatora 10400/230 V 600A, transformatorskih priključnica i glavnog razvoda RST osigurača. Rezultati su predloženi tablično i formulom. Iskazivanje mjernih rezultata učinjeno je u skladu s Pravilnikom o iskazivanju mjerenja Državnog zavoda za mjerenje.

## 5. LITERATURA

- [1] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Senzori>
- [2] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/senzori/senzori>
- [3] <http://www.unidu.hr/datoteke/majelic/ABP-4.pdf>
- [4] <http://www.skssensors.com/en/faq/how-does-a-pt100-sensor-work/>
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Termistor>
- [6] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Pirometar>
- [7] [https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_telematika\\_1/Predavanje\\_8.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_telematika_1/Predavanje_8.pdf)
- [8] [http://www.riteh.uniri.hr/zav\\_katd\\_sluz/zvd\\_kons\\_stroj/katedre/konstruiranje/kolegiji/BLab/B\\_Lab\\_info\\_files/BLab\\_materijali/VibracijeBeskontaktno.pdf](http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_kons_stroj/katedre/konstruiranje/kolegiji/BLab/B_Lab_info_files/BLab_materijali/VibracijeBeskontaktno.pdf)
- [9] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Alarmi>
- [10] Delišimunović Davor: Suvremeni koncepti i uređaji zaštite, Zagreb : I.T. Graf, 2002, ISBN: 953-96541-0-6
- [11] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Digitalna\\_video\\_kamera](https://hr.wikipedia.org/wiki/Digitalna_video_kamera)
- [12] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Video\\_nadzor](https://hr.wikipedia.org/wiki/Video_nadzor)
- [13] <http://zuznr.hr/uloga-nadzornih-kamera-u-sustavu-upravljanja-kvalitetom-te-zastiti-zdravlja-i-sigurnosti-na-radu/>
- [14] <https://simplisafe.com/blog/motion-detector-guide>
- [15] Upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti Državnog zavoda za mjeriteljstvo, 2017.

## 6. PRILOZI

### 6.1. Popis slika

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Predodžba načina ugradnje induktivnog senzora.[2].....                       | 5  |
| Slika 2. Predodžba induktivnog senzora.[2].....                                       | 6  |
| Slika 3. Predodžba načina rada kapacitivnog senzora.[2].....                          | 7  |
| Slika 4. Predodžba kapacitivnog senzora.[2].....                                      | 7  |
| Slika 5. Predodžba načina rada ultrazvučnog senzora.[2].....                          | 8  |
| Slika 6. Predodžba ultrazvučnog senzora.[2].....                                      | 8  |
| Slika 7. Predodžba optičkog laserskog senzora.[2].....                                | 9  |
| Slika 8. Predodžba otpornog termometra (RTD).[4].....                                 | 11 |
| Slika 9. Predodžba PTC termistora.[5].....  | 12 |
| Slika 10. Predodžba NTC termistora.[5].....   | 12 |
| Slika 11. Predodžba termoparova.[3].....  | 13 |
| Slika 12. Predodžba PIR detektora.[6].....  | 14 |
| Slika 13. Predodžba senzora vibracija.[8].....  | 15 |
| Slika 14. Predodžba beskontaktnog senzora pomaka.[8].....                             | 15 |
| Slika 15. Predodžba kontaktnog senzora brzine.[8].....                                | 16 |
| Slika 16. Predodžba senzora plinova.[2].....  | 17 |
| Slika 17. Predodžba bežične sigurnosne kamere.[12].....                               | 28 |
| Slika 18. Predodžba unutarnje nadzorne kamere sa 360° pokrivenosti prostora.[12]..... | 28 |
| Slika 19. Predodžba kamere sa ugrađenim detektorom pokreta.[12].....                  | 29 |
| Slika 20. Predodžba kamere sa podesivim fokusom i zoom-om.[12].....                   | 29 |
| Slika 21. Predodžba vanjske video kamere.[12].....                                    | 30 |



|  |    |
|--|----|
| Slika 22. Predodžba lažne kamere.[12].....   | 31 |
| Slika 23. Predodžba transformatora, rebara hladnjaka i naponskih priključnica..... | 38 |
| Slika 24. Predodžba niskonaponskih priključnica.....                               | 39 |
| Slika 25. Predodžba niskonaponske spojnice-letve (gornji dio slike).....           | 40 |
| Slika 26. Predodžba RST visokonaponske ulazne faze; RST glavni osigurači 600A..... | 41 |
| Slika 27. Predodžba glavnih rastalnih osigurača na 600A.....                       | 42 |
| Slika 28. Predodžba gornje strane osigurača RST faza.....                          | 43 |
| Slika 29. Predodžba ABB bloka s daljinskim upravljanjem.....                       | 44 |
| Slika 30. Predodžba natpisne pločice ABB srednjenaponskog bloka.....               | 44 |
| Slika 31. Predodžba unutrašnjost ABB srednjenaponskog bloka s kontrolerom.....     | 45 |

## 6.2. Popis tablica

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Temperatura hladnjaka transformatora.....                        | 38 |
| Tablica 2. Temperatura niskonaponskih priključaka.....                      | 39 |
| Tablica 3. Temperatura niskonaponskih spojnica.....                         | 40 |
| Tablica 4. Temperatura RST visokonaponskih ulaznih faza u trafostanici..... | 41 |
| Tablica 5. Temperatura RST pojedinih faza.....                              | 42 |
| Tablica 6. Temperatura gornje strana osigurača RST faza.....                | 43 |