

# Kemijski senzori u pomorstvu

---

**Vuković, Roko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:116055>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-06**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET

**ROKO VUKOVIĆ**

**KEMIJSKI SENZORI U POMORSTVU**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2022. godina

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET

**KEMIJSKI SENZORI U POMORSTVU**  
**CHEMICAL SENSORS IN MARITIME**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Automatizacija broskog pogona

Mentor: prof. dr. sc. Vinko Tomas

Student: Roko Vuković

Studijski smjer: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112076298

Rijeka, lipanj 2022

Student: Roko Vuković

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112076298

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

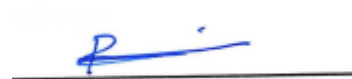
KEMIJSKI SENZORI U POMORSTVU

izradio samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Vinka Tomasa.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezoao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta. U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima Creative Commons licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student



Roko Vuković

Student: Roko Vuković

Studijski program: Brodostrojarstvo

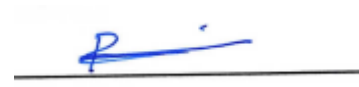
JMBAG: 0112076298

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima Creative Commons licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student – autor: Roko Vuković



## **SAŽETAK**

U ovom radu govorit će se o sensorima. Možemo reći da danas živimo u svijetu senzora. Nalaze se svugdje oko nas i imaju izuzetno veliku primjenu u svim područjima svakodnevnog života i rada u području sigurnosti, medicine, strojarstva, pomorstva... U ovom će se radu objasniti što su to senzori, kako se oni dijele, a najveću će se pažnju pridodati onima koji se koriste na brodu.

## **SUMMARY**

Sensors will be discussed in this document. We can say that today we live in a world of sensors. They are located all around us and have an extremely wide application in all areas of everyday life and work in the field of safety, medicine, mechanical engineering, maritime... This document will explain what sensors are, how they are shared, and the main attention will be paid to those used on board.

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	2
2.	PODJELA SENZORA.....	3
3.	VRSTE SENZORA U POMORSTVU .....	6
3.1.	SENZORI RAZINE GORIVA (FUEL LEVEL SENSORS) .....	6
3.2.	TEMPERATURNI SENZORI .....	9
3.2.1.	Termostat .....	10
3.2.2.	Termistor .....	12
3.2.3.	Detektor temperature otpora .....	13
3.2.4.	Termoparovi .....	16
3.3.	SENZOR BLIZINE ( PROXIMITY SENSOR) .....	18
3.3.1.	Induktivni senzor blizine .....	18
3.3.2.	Kapacitivni senzor blizine .....	19
3.4.	OPTIČKI SENZORI.....	22
3.5.	DETEKTORI DIMA I VATRE .....	25
3.5.1.	Fotoelektrični detektori.....	25
3.5.2.	Ionizacijski detektori .....	26
3.5.3.	Dvostruki detektori .....	27
3.6.	ANEMOMETAR – SENZOR VJETRA .....	28
3.6.1.	Propelerni tip senzora vjetra .....	29
3.6.2.	Tip sa čašicom .....	29
3.6.3.	Toplinski senzor brzine vjetra .....	30
3.6.4.	Ultrazvučni anemometar .....	31
3.6.5.	Beaufortova ljestvica.....	32
4.	ZAKLJUČAK .....	33
5.	POPIS LITERATURE .....	34

## 1. UVOD

Kemijski senzori su uređaji koji korištenjem kemijske energije stvaraju električni signal. Čitav proces počinje kemijskom reakcijom bimetala ili kemijskog spoja te se preko transmitera kemijski signal šalje u uređaj. Kemijski su senzori zapravo rezultat dostignuća više znanstvenih disciplina poput kemije, biologije, elektrike, mehanike... Kao što sam već spomenuo imaju vrlo široku primjenu. Osim u domovima u kojima živimo, primjenjuju se u području zaštite i nadziranja stanja u okolišu, industrijskim procesima, analizi plinova, medicini, industriji i mnogim drugim područjima. Možemo slobodo reći da uvelike olakšavaju život. Pale svjetla u mraku kada detektiraju naše prisustvo, podešavaju sobnu temperaturu, otkrivaju dim i vatru i mnoge druge stvari bitne za sigurnost življenja. Bez senzora mnogi zadaci na području automatike ne bi bili mogući. Primjerice, zrakoplovi bi imali velikih problema po pitanju sigurnosti leta, jer tamo pak senzori služe za one najbitnije stvari poput kontrole brzine, praćenje položaja i visine te možda i najvažnije, za razinu goriva gdje greške jednostavno nisu dozvoljene. U zrakoplovnom prometu kombinacija senzora, računala i mehanike omogućava autopilot. Uz to princip rada je najlakše objasniti na primjeru zrakoplova. Računalo uzima podatke od senzora te ih uspoređuje sa nekim od prije zadanim vrijednostima, te zatim daje signale raznim uređajima kao što su motor, krila, kormilo itd. Kemijski su senzori najaktivniji i najučinkovitiji dio moderne senzorske tehnologije. U nastavku ću objasniti njihovu podjelu te se kasnije baviti sensorima koji se koriste u pomorstvu. I tu imaju široku upotrebu te se koriste razne vrste poput temperaturnih senzora, senzora tlaka, senzora za brzinu, detektore dima i vatre, razine goriva...

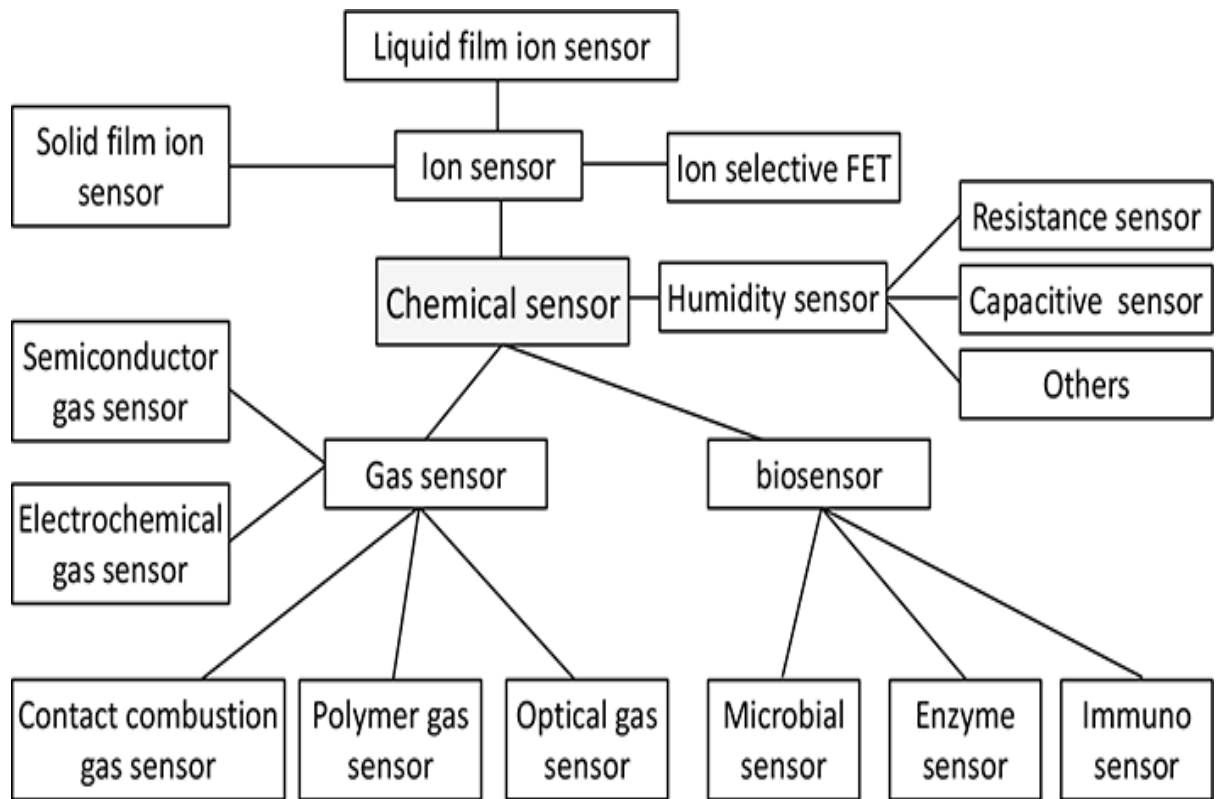


## 2. PODJELA SENZORA

Senzori se mogu klasificirati prema nekoliko bitnih karakteristika, ali ona najbitnija je naravno podjela po načinu rada senzora. Prema načinu rada senzori se dijele u 5 najvećih skupina: optički kemijski senzori, elektrokemijski senzori, senzori mase, magnetski senzori i toplinski senzori.

1. Optički kemijski senzori temelje se na promjenama u analizi optičkih pojava koje proizlaze između interakcije analita i prijarnika. Svjetlost prolazi kroz mjernu veličinu i prilikom toga dolazi do promjene određenih optičkih karakteristika svjetlosti. Imaju mogućnost višestrukog mjerenja raznih veličina, ali i usko područje linearnosti što im je nedostatak u odnosu na druge kemijske senzore.
2. Elektrokemijski senzor koristi elektrokemijsku reakciju između analita i elektrode. Riječ je o najrazvijenijoj grupi kemijskih senzora, a dijele se s obzirom na električnu veličinu koju mjere poput napona struje ili otpora. Zajedničko im je da koriste dvije elektrode na kojima se odvijaju kemijske reakcije ili dolazi do promjene kemijskog naboja. Za mjerenje otpora koriste se kemoresistori, za napon kemotranzistori, a za jakost struje amperometarski senzor.
3. Senzori mase ovise o promjeni kvalitete koja je uzrokovana dodavanjem mase od adsorpcije prema analitu preko površine senzora. Imaju veliku osjetljivost u odnosu na druge senzore, ali i podosta malu radnu temperaturu.
4. Magnetski je vezan uz magnetska svojstva prilikom adsorpcije analita. Koriste se u slučajevima kada je potreban duži doseg. Objekt kojeg se gleda mora imati magnetska svojstva. Ukoliko nema onda je moguće na njega postaviti magnet. Manjih su dimenzija i najčešće služe za detekciju položaja.
5. Toplinski senzori koriste toplinski učinak koji je nastao određenom kemijskom reakcijom. Koriste se za mjerenje temperature, toplinskog kapaciteta i toplinskog

izgaranja. Imaju široko područje temperature koje mogu pokrivati. Radne se temperature kreću od -80 pa sve do +350.



Slika 1. Podjela senzora

Postoje i dodatne podjele koje ćemo spomenuti. Podjela na aktivne i pasivne senzore. Razlika je u tome što aktivni zahtijevaju vanjski signal, a pasivni ne.

Potom možemo spomenuti podjelu po sredstvima detekcije:

1. Električna
2. Biološka
3. Kemijska
4. Radioaktivna

Senzori se mogu podijeliti i na analogne i digitalne, ali svi se koriste za mjerenje fizikalnih veličina poput temperature, otpora, prijenosa topline...

Spomenimo i podjelu na temelju osjetnih objekata. Tu imamo senzore plina koji se koriste za praćenje, analiziranje i nadzor plinova u prostorijama. Također u tu skupinu spadaju i razni ionski senzori koji su napravljeni po biološkim karakteristikama, a među njih spadaju P-H senzori, senzori vlage... Pošto se kemijski senzori zapravo najviše upotrebljavaju u svrhu nadzora okoliša, senzor plina u tome ima glavnu ulogu i najbitniji je. Izuzetno je učinkovit, a ključni pokazatelji uključuju osjetljivost, selektivnost i stabilnost, a njih određuje mehanizam i materijal od kojih je senzor izgrađen. Naravno za bolju osjetljivost je najbitnije korištenje novog mehanizma i naprednih materijala. Dodatno se i ti senzori plina mogu podijeliti po principu rada i to na poluvodički tip (koji je najopsežniji i najšire korišten), elektrokemijski tip, tip čvrstog elektrolita te fotokemijski tip. Plinski senzori su u porastu i stalno se razvijaju novi. Razlog nije samo široka i bitna primjena nego također i brojna dobra svojstva poput visoke osjetljivosti, integracije i niske cijene.

Drugo mjesto u 3 najšire vrste kemijskih senzora u modernom dobu zauzima biosenzor. On pruža veliku potporu biološkoj tehnologiji koja se danas razvija iz dana u dan sve više i više. Biosenzori su najnovije vrste senzora koji se danas diljem svijeta još uvijek tek razvijaju i istražuju. Istraživanja se temelje na DNA čipu koji bi se u taj senzor mogao ugraditi. Nova točka bi bila razvoj nanobiosenzora koji bi bio spoj nanotehnologije i biosenzora. Razvoj je tek u tijeku pa nam preostaje za vidjeti što će od toga na kraju ispasti.

### **3. VRSTE SENZORA U POMORSTVU**

#### **3.1. SENZORI RAZINE GORIVA (FUEL LEVEL SENSORS)**

Senzori razine goriva imaju široku upotrebu. Koriste se na brodovima, automobilima, avionima i zapravo svim vozilima. Izuzetno su bitni za sigurnost, pogotovo na avionima gdje jednostavno se ne smije dogoditi da ponestane goriva u određenom dijelu putovanja. Osim što alarmiraju kada se smanji razina goriva, pomažu pilotu u donošenju bitne odluke kada treba natočiti novo. Isto tako bitni su za postupak praćenja potrošnje goriva koja je danas izuzetno važna karakteristika za sve vrste vozila.

Sustav senzora sastoji se od dvije komponente: senzorskog sustava i indikatora. Princip rada vrlo je jednostavan, a sve funkcionira na način da se mjeri voltaža preko varijabilnog otpornika. Varijabilni otpornik smješten je unutar senzora sa ciljem da odredi razinu. Sam senzorski sistem smješten je u tanku goriva. Senzorski sustav sastoji se od plutače koja je povezana na metalnu šipku preko koje je spojena na varijabilni otpornik. Kod ovakvih tipova senzora otpornici su građeni od otpornih materijala. Jedan dio im je utaknut u podlogu i sadrži određeni dio koji je sličan brisaču koji se pomiče po otporniku u ovisnosti o tome koliko se mijenja razina goriva u tanku. Kada se razina mijenja taj se brisač pomiče po otporniku, a to pomicanje uzrokuje promjenu voltaže. Najveći otpor na otporniku je u slučaju kada je tank prazan dok je otpor najmanji kada je tank pun. Razlika u voltaži uzrokovana razlici u razini odmah se prenosi do indikatora koji daje novu vrijednost na očitavaču.

Jedan od nedostataka senzora razine je što u određenim situacija znaju krivo pokazati. Kod automobila se to često dogodi kada je tank pun. Razlog je što će se na početku plutača podignuti skroz do vrha tanka što znači da će brisači biti na kraju otpornika. Otpor će biti mali, a kada se plutača spusti otpor će se početi mijenjati, no mjerač će se svejedno zadržati na vrhu tanka. Razlog za takvu situaciju je taj što, kada je tank pun plutača ne može biti na samom vrhu tanka jer je blokirana od strane istog tog tanka zbog metalne šipke na koju je povezana. U prijevodu, kada je tank pun plutača je potopljena u njemu što dovodi do netočnog očitavanja u slučaju skroz punog tanka. Slično se događa u slučaju kada je tank prazan, a gdje cijeli sustav pokazuje kako goriva više nema dok ga zapravo još uvijek ima.

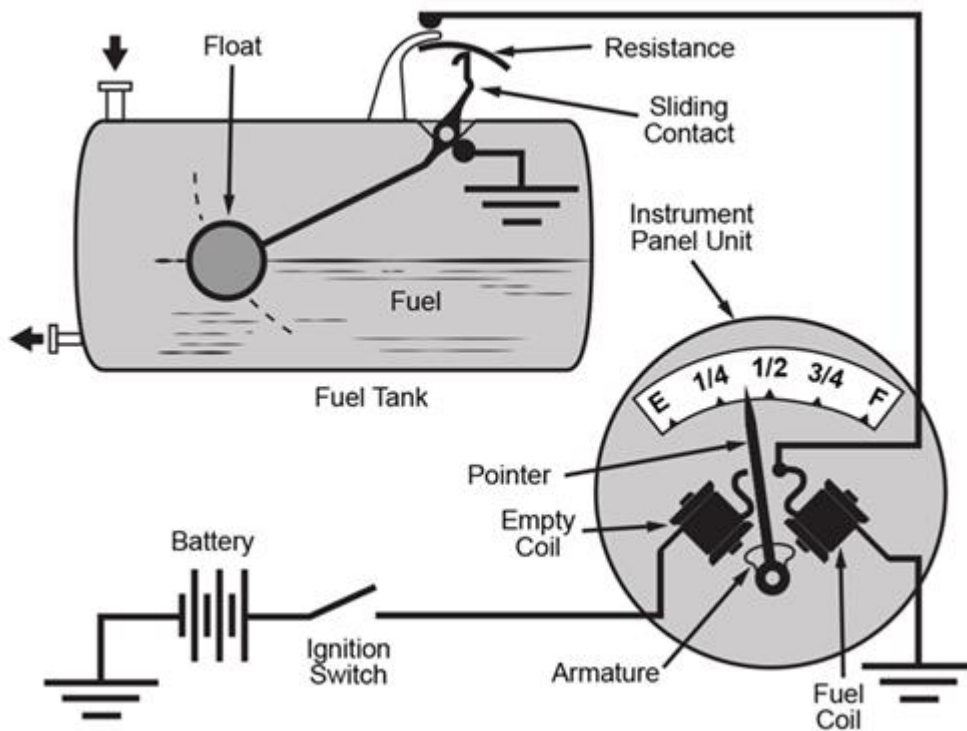
Osvrnimo se na brodske senzore razine. Kao što su bitni na avionima i autima tako su bitni i na brodovima. Izuzetno su zastupljeni te su jako bitni sa stajališta sigurnosti plovidbe i sprječavanja onečišćenja okoliša. U tankovima se na brodovima koriste različite vrste senzora za mjerenje razine. Senzori na brodovima uglavnom se sastoje od dva dijela. Jedan dio mjeri razinu goriva u tanku (mjerač) a drugi prenosi tu razinu do monitora vozača. Povezani su preko žice, a u tanku se nalazi plutača koja mjeri otpor i time mijenja poziciju ovisno o razini goriva u tanku.

Za početak ćemo početi s najjednostavnijim, a to je stakleni mjerač (gauge glass). Riječ je o najjednostavnijem instrumentu koji se koristi za mjerenje unutar samog tanka. Sastoji se od dugog cjevastog stakla koje se širi od vrha do dna tanka po cijelom dužini. Uglavnom su kružnog poprečnog presjeka. Kako bi se spoj mogao proširiti tank ima otvore na vrhu i na dnu. S obzirom da je materijal naravno staklo, u rukovanju se mora biti jako oprezan kako se isto ne bi razbilo. Neki tankovi mogu biti opremljeni plastičnim mjeračima ali je njihova mana što ne podnose velike temperature koje su u brodskim sustavima itekako prisutne pa takvi uglavnom imaju uređaje za gašenje. U svakom se trenutku mogu pokvariti pa obično imaju sigurnosni prekidač koji je uglavnom smješten na donjem dijelu mjerača. Koriste se za male spremnike te tankove dizel goriva. Stakleni mjerači mogu se naći na kotlovima, ali u tim su situacijama dimenzionirani da izdrže najrigoroznije i najteže radne uvijete.

Na brodovima se također koriste i senzori s plovkom. Takvi senzori imaju više mogućnosti. Mogu samo pokazivati visoku ili nisku razinu vozaču, ali isto tako mogu i ukazivati na promjene tih razina u tankovima. Također se koriste i za punjenje spremnika kada je razina niska te i samo zaustavljanje punjenja kada ono više nije potrebno. Najčešće se koriste u napojnim spremnicima kotla. Ipak većina tankova ima indikatore visoke i niske razine na stjenkama. Princip rada je jednostavan. Kada je razina tanka na maksimumu plovak se podiže na površinu, a na suprotnom se kraju nalazi magnet koji okreće druge magnete u tijelu instrumenta. Okretanje tog magneta aktivira ili prekida strujni krug što uzrokuje alarm, a alarmi se mogu i testirati ručno. Na brodovima se također koriste senzori koji razinu mjere preko promjene tlaka. Naime, kada varira razina unutar spremnika samim time dolazi i do promjene tlaka u istom. Varijacije tlaka u tom se slučaju koriste kao reference u označavanju razine. Da bi se varijacije mogle otkriti sustav ima dijafragmičan uređaj za određivanje tlaka. Jedan kraj dijafragme spojen je na otvoreni kraj spremnika te na njega djeluje atmosferski tlak. Drugi kraj je spojen na sigurni donji dio tanka i time omogućava tekućini u spremniku

izvršiti mjerenje na dijafragmi. Ta dijafragma potom reagira na promjene tlaka pomičući iglu te time pokazuje razinu unutar spremnika.

U većini slučajeva kada se koriste senzori na daljinska upravljanja na brodu koristi se metoda sa mjehurićima za određivanje razine. Ta je metoda uglavnom popularna za korištenje u spremnicima vrlo viskoznih ulja. Princip je jednostavan. Cijev vrlo malog pomjera je smještena vertikalno unutar tanka, a na vrhu te cijevi dovodi se komprimirani zrak dok baza cijevi ostaje otvorena od donje površine. Kada taj komprimirani zrak ulazi s vrha cijevi odozdo se stvaraju mjehurići koji dolaze na površinu tekućine. U tekućini se stvara određeni tlak koji se mjeri i kolibrira te se na taj način može kontinuirano pokazivati razina u spremniku.



Slika 2. Prikaz položaja senzora razine u spremniku goriva

Na slici je prikazan klasična izvedba senzora razine goriva u spremniku goriva. Slika pokazuje smještaj te mjesta na kojima je spojen. Princip rada objašnjen je iznad u tekstu.

### 3.2. TEMPERATURNI SENZORI

Temperaturni senzori jedni su od najpopularnijih i najšire korištenih senzora. Mjere temperaturu odnosno promjene temperature. Može ih se podijeliti u dvije glavne skupine, analogne i digitalne. Ako je riječ o analognima, onda promjena temperature odgovara promjeni fizičkog svojstva kao što to može biti napon ili otpor. U slučaju digitalnih senzora izlaz je određena digitalna vrijednost, poput brojčanog podatka. Danas se temperaturni senzori koriste u svim granama industrije ali i kućanstvima. Ima ih primjerice i u mobitelima, računalima, automobilima, sustavima klimatizacije.

Variraju od onih jednostavnih termostatskih uređaja uključivanja/isključivanja gdje se koriste primjerice za upravljanje sustavom za grijanje tople vode u kućanstvima, pa sve do onih izuzetno visoko osjetljivih tipova senzora koji se koriste u složenim postrojenjima za kontrolu rada bojlera. U osnovi termodinamike uči se da samu toplinu proizvodi kretanje atoma i molekula. Što je kretanje veće, stvara se više topline. Temperaturni senzori mjere upravo tu količinu kinetičke energije (odnosno topline) koju stvara taj neki sustav te omogućuju da otkrijemo tu promjenu količina time što na izlazu proizvodi analogni ili digitalni signal.

Postoje različiti temperaturni senzori, a svi naravno imaju drugačije karakteristike ovisno o njihovoj primjeni. Spomenimo dvije velike vrste: beskontaktno temperaturne senzore i kontaktne temperaturne senzore. Razlika je u tome što kontaktni senzori moraju biti u fizičkom kontaktu s objektom čija se temperatura očitava. Takvi se uglavnom koriste za praćenje promjena temperature te za otkrivanje krutina, tekućina ili plinova i to u širokom rasponu temperatura. Beskontaktni senzori pak za praćenje promjena temperature koriste zračenje i konvekciju. Koriste se za plinove i tekućine koje emitiraju energiju time što se toplina diže, a hladnoća spušta na dno. Isto tako beskontaktni mogu detektirati energiju zračenja koja se prenosi s objekta u obliku infracrvenog zračenja. I jedni i drugi mogu se podijeliti u 3 vrste najčešće korištenih senzora, a to su:

1. Elektromehanički
2. Otporni
3. Električni

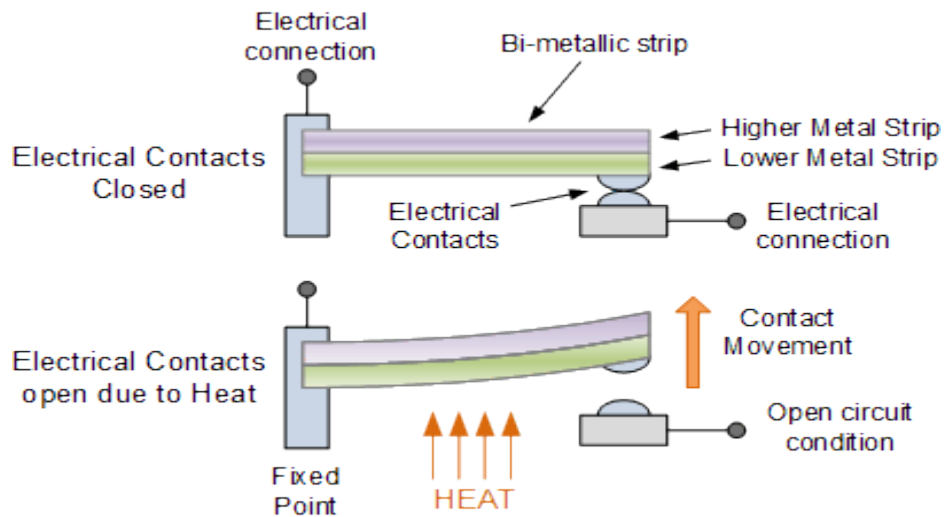
### 3.2.1. Termostat

Osnovni primjer kontaktnog elektromehaničkog temperaturnog senzora je termostat. Termostat se sastoji od dva različita metala, najčešće je riječ o niklu, bakru ili aluminiju. Ti su metali međusobno povezani i tvore bimetalnu traku. Kada je traka podvrgnuta toplini ta dva metala linearno ekspaniraju, odnosno proizvode mehaničko savijanje. Ta se bimetalna traka može koristiti i kao električna sklopka, ali se na brodovima uglavnom koristi u sustavima upravljanja za grijanje tople vode u kotlovima ili u sustavu hlađenja radijatora.

Druga izvedba termostata je sa dva različita metala koja su zalijepljena jedan uz drugi. Princip rada je slijedeći: kada je hladno ti su kontakti među metalima zatvoreni te kroz termostat prolazi struja. Međutim kada se počne zagrijavati, jedan se metal širi više od drugog, a bimetalna traka se savija prema gore i time otvara kontakte čime se sprječava protok struje. Najčešće se koriste dvije vrste bimetalnih traka. Izbor ovisi u ponašanju istih kada su podvrgnute temperaturnim promjenama. Postoje tipovi brzinskog djelovanja koji proizvode trenutno djelovanje ( ON/OFF) na zadanoj temperaturi, ali isto tako i sporije varijante koje svoj položaj mijenjaju postepeno u odnosu na promjene temperature.

Termostati sa brzim djelovanjem se uglavnom koriste u domovima za kontrolu temperatura u pećnicama te kod uronjenih spremnika tople vode. Ove izvedbe sa sporijim djelovanjem se koriste u mjeracima temperature i hladnjacima. Njihove bimetalne trake su duže i tanje što ih čini osjetljivijima na temperaturne promjene. Takvi termostati imaju i vijke za podešavanje temperature koji omogućuju preciznije podešavanje temperature.





Slika 3. Termostat

Na slici je prikazan termostat čija se bimetalna traka tvori od 2 različita materijala. Na gornjem primjeru kontakti su zatvoreni jer topline nema te struja prolazi kroz njega. Donji primjer pokazuje ponašanje termostata kada dolazi do zagrijavanja. Jedan metal se širi više od drugog i vezana bimetalna traka se u ovom konkretnom slučaju širi prema gore, otvara kontakte te time sprječava struju da teče.

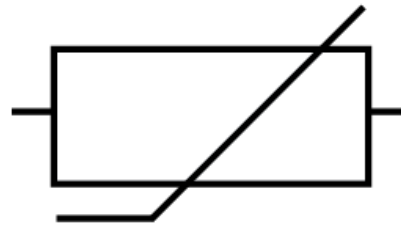
### 3.2.2. Termistor

Termistori su posebne vrste senzora koji kada su izloženi promjeni temperature mijenjaju svoj otpor. Izrađeni su od keramičkih materijala poput oksida nikla, mangana i kobalta. Presvućeni su staklom pa se lako oštećuju što im je veliki nedostatak, ali zato imaju i brojne prednosti poput visoke točnosti i brzih odgovora na sve promjene temperature.

U većini puta rade na principu da veličina otpora pada s porastom temperature, radi negativnog toplinskog koeficijenta kojeg imaju, ali postoje i termistori sa pozitivnim toplinskim kapacitetom. Tada vrijednost otpora raste skupa sa temperaturom. Kod termistora materijali se oblikuju u male diskove koji su hermetički zatvoreni kako bi dali što brži odgovor u slučaju promjene temperature. Kroz njih protječe struja. Uglavnom su spojeni u seriju sa otpornikom kako bi se napravila mreža dijeljenja potencijala. Taj otpornik daje napon na nekoj unaprijed određenoj temperaturnoj vrijednosti.



US & Japan



Europe



Slika 4. Termistor

Termistori se kod sklopova prepoznaju po simbolu kruga (slika gore). Simbol koristi pravokutnik otpornika kao svoju osnovu, a zatim ima dijagonalnu liniju kroz koju ima mali okomiti presjek. Obično se koristi stari simbol otpornika i cik cak linije. Strjelica T na slici prikazuje da se otpor mijenja, a smjer te strjelice nije značajan. Slika dole pokazuje izgled termistora. Izrađeni su od metalnih oksida koji su prešani u kuglicu ili disk, a zatim kapsulirani nepropusnim materijalom poput stakla.

### 3.2.3. Detektor temperature otpora

Drugi tip otpornog temperaturnog senzora je detektor temperature otpora (Resistive Temperature detector). To su jako precizni temperaturni senzori izgrađeni od vodljivog metala visoke čvrstoće kao što su platina, bakar, nikal... Ti su metali montirani u zavojnicu te se njihov otpor mijenja zajedno s temperaturom. Mogu biti tankoslojni te se tada sastoje od tankog platinastog sloja koji se nanosi na bijelu keramičku podlogu. Imaju pozitivne temperaturne koeficijente te im je izlaz linearan što je ujedno i najveća prednost te izvedbe jer su mjerenja temperature koji oni daju izuzetno točna. Nedostatak im je zato slaba toplinska osjetljivost, odnosno promjena temperature proizvodi relativno malu promjenu otpora na izlazu.

Najčešći tipovi izgrađeni su o platine, a najpoznatiji takav primjer je senzor pt 100. On pri 0 °C ima otpor od 100 Ω. Glavni nedostatak tog senzor je cijena jer je platina izuzetno skupa. Rade na istom principu kao i termistori. Propuštanje struje kroz temperaturni senzor omogućuje dobivanje izlaznog napona koji se povećava linearno s temperaturom. Postoji mogućnost da će se otporne žice samozagrijavati dok struja prolazi kroz njih. Takva će reakcija uzrokovati pogreške u očitanjima. Kako bi se to pokušalo izbjeći RTD je u većini slučajeva spojen na mrežu preko dodatnih žica za kompenzaciju elektrode, drugim riječima povezan je na izvor konstantne struje. Otpor na 100 °C se povećava sve do 140 Ω što ovoj izvedbi daje velike radne temperature koje se kreću od -200 °C pa sve do + 600 °C

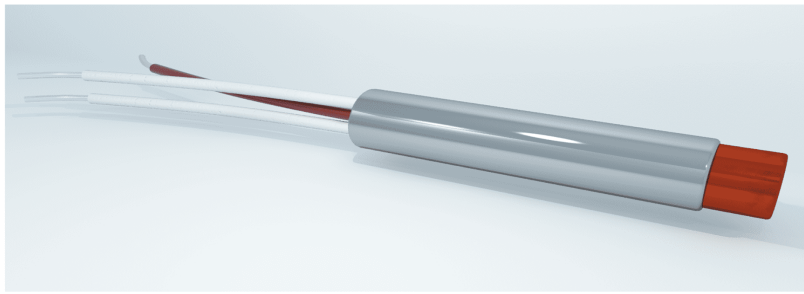
Na slici ispod teksta je prikazan izgled senzora.



Slika 5. Detektor temperature otpora

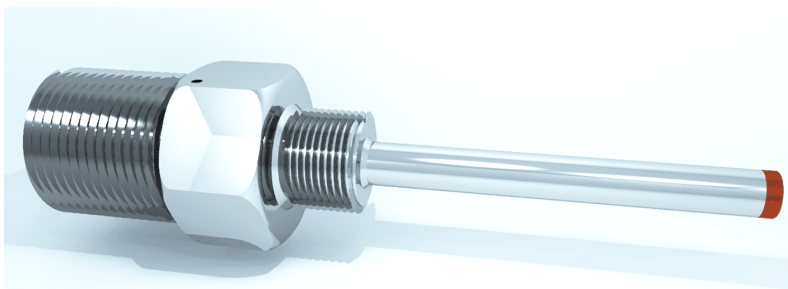
Kao što sam već spomenuo može biti građen od više različitih materijala. Platina se koristi najčešće, ali uz taj materijal može se još koristiti i nikal, koji nije dobar kao platina jer pri višim temperaturama postaju nelinearni te brže stare i gube točnost. Imaju dobru otpornost na koroziju te su jeftiniji od platinastih RTD-ova. Temperaturni raspon im je od 80 do 260 °C ili od -112 °C do + 500 °C . Ako su pak građeni od bakra onda imaju dobar linearni otpor, ali mu je potreban duži element od platine. Uz to zbog oksidacije bakra radne temperature su ograničene od 150 °C do 302 °C . Koriste se za mjerenje namotaja na motorima, generatorima i turbinama. Jeftiniji su i koriste se u okolini koja nema oksidirajuću atmosferu.

RTD Sensor with a Copper Tip Element



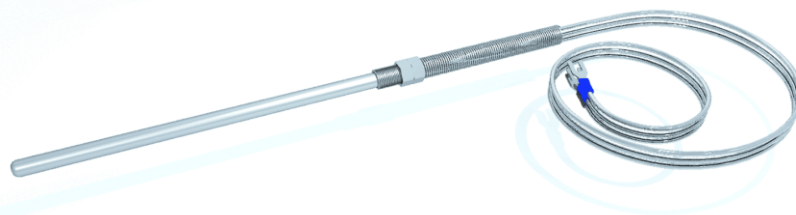
IQSdirectory.com

Nickel RTD Sensor



IQSdirectory.com

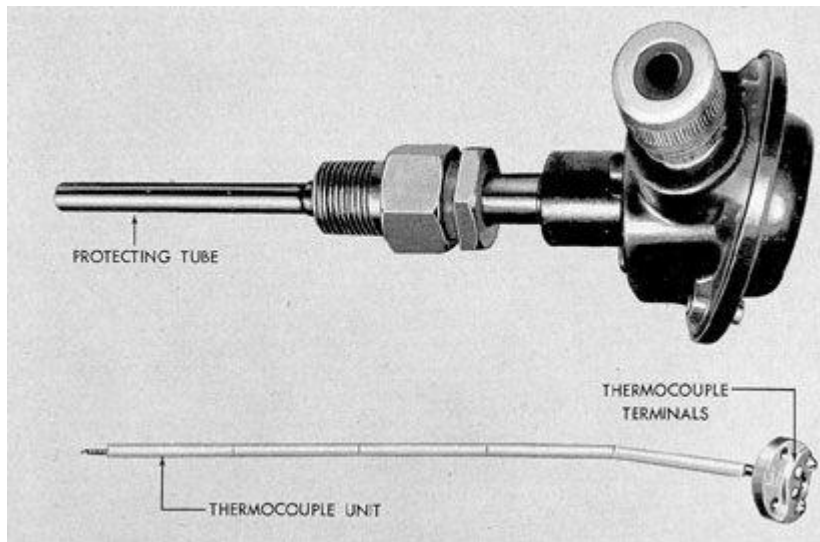
Resistance Temperature Detector with Platinum Element



IQSdirectory.com

### 3.2.4. Termoparovi

Najčešće korištena vrsta ipak od svih tipova temperaturnih senzora su termoparovi. Popularni su zbog svoje jednostavnosti, lakoće korištenja te brze reakcije na promjenu temperature, najčešće zbog svojih malih dimenzija. Također treba spomenuti da imaju najveći temperaturni raspon od svih senzora. Radnje temperature kreću se od  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  pa sve do  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . U osnovi termoparovi sastoje se od 2 spoja različitih metala. Kao primjer možemo navesti bakar i konstantan koji su stisnuti zajedno. Jedan spoj, koji se naziva hladni spoj, održava se na konstantnoj temperaturi. Drugi spoj naziva se topli spoj, a on je napravljen od 2 različita metala koji proizvode termoelektrični efekt koji stvara razliku potencijala od nekoliko milivolti. Kada su dva spoja na različitim temperaturama na spoju se stvara napon koji se onda koristi za mjerenje. Taj izlazni napon iz termoelementa je zapravo funkcija promjene temperature. Ako se oba spoja nalaze pak na istoj temperaturi onda je razlika potencijala jednaka nuli. Ali ako su na različitim onda će se izlazni napon detektirati u odnosu na promjenu temperaturnu razliku. Razlika u naponu će se povećavati sve dok ne dostigne maksimum do kojeg taj materijal može doći. Termoparovi mogu biti građeni od različitih materijala pa se u lakšem odabiru materijala koriste kodovi sa bojama. Tri najčešće korištena materijala su: željezo, bakar – konstantan i nikal – krom. Uglavnom uz sebe imaju neke oblike pojačala jer je izlazni napon jako malen. Vrsta pojačala mora biti jako pažljivo odabrana jer je jako bitna stabilnost pomaka kako bi se spriječila kolabriranja termoelementa. Najpoželjnije pojačalo je koper. Termoparovi su jako popularni na brodovima. Kao što sam već naveo imaju široke raspone radnih temperatura, pa su na brodu pogodni za mjerenje temperatura na glavnom motoru, pomoćnom motoru, plinskoj turbini i sl. Najbitnije kod njih je odabrati materijal termoelementa zbog različitih temperaturnih razlika koje ovise o stroju i lokaciji gdje se parametar mora mjeriti. Kako se sastoje od dva različita homogena metala izbor ovisi o temperaturnim razlikama na kojima termopar mjeri. Na brodu se najčešće koriste bakar – konstantan ( za temperature od  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$  ), željezo – konstantan ( za temperature od  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$  ) i krom – aluminij ( za temperature od  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+1350\text{ }^{\circ}\text{C}$  ).



Slika 6.

Materijali su spojeni zajedno u keramički omotač koji je prekriven metalnim omotačem postavljen na željezna mjesta kao što je ispušni razvodnik. Jedan kraj termoelementa postavljen je u vrući spoj, a drugi u hladni spoj. Materijali se preko pojačala ili kompenzatora vode do indikatora temperature. Vod za pojačalo pomaže u prijenosu izlaza. Temperatura između dva različita metala se pretvara u struju. Kada se dvije metalne žice spoje, struja počne teći s vruće strane prema hladnoj strani, a veličina struje ovisi o temperaturnoj razlici između spojeva.

Prednosti termoparova su:

1. Mogu se koristiti za daljinsko mjerenje temperature
2. Mogu se koristiti za kontinuirano mjerenje temperature
3. Temperaturna razlika mjeri se sa velikom točnošću
4. Jeftini su i lako zamjenjivi

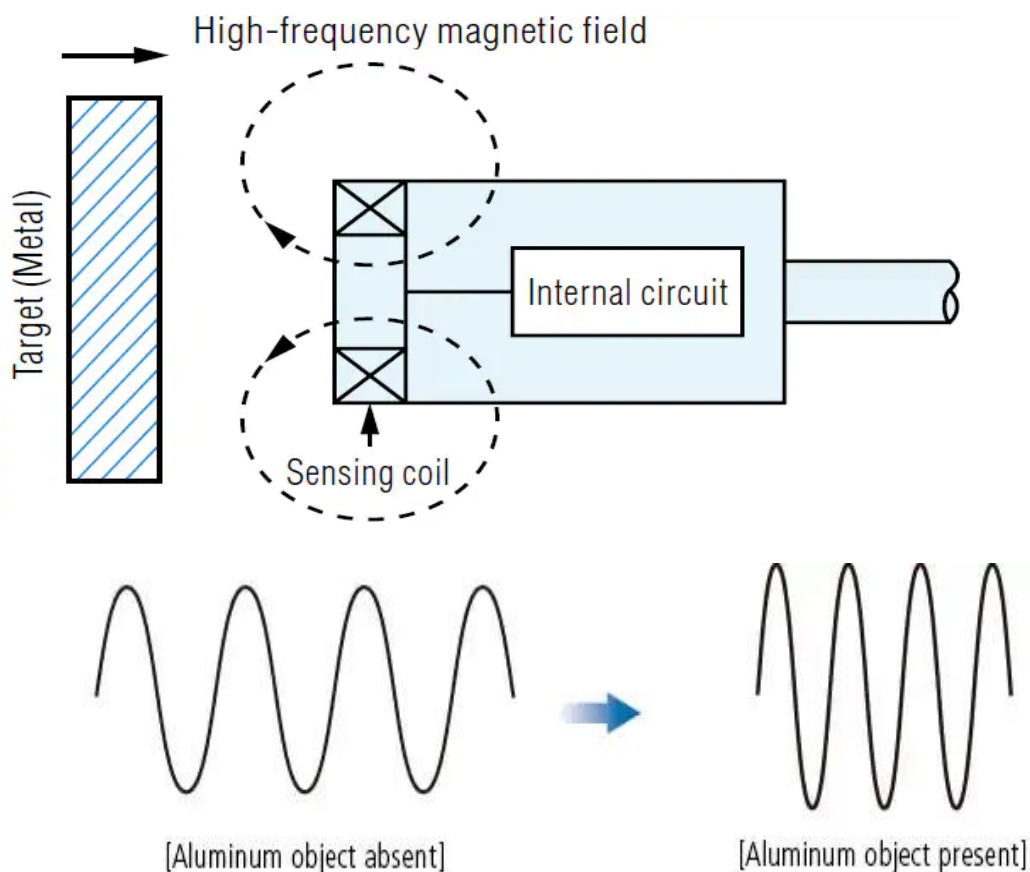
### **3.3. SENZOR BLIZINE ( PROXIMITY SENSOR)**

Senzori blizine su beskontaktni senzori koji detektiraju prisutnost bilo kojeg objekta kada isti uđe u polje senzora. Za detektiranje nije potreban fizički kontakt nego se mogu koristiti: zvuk, svjetlo, infracrveno zračenje ili elektromagnetsko polje. Imaju široku upotrebu. Koriste se u telefonima, samovozećim automobilima, protuzračnim sustavima i mnogim drugim . Postoje mnoge vrste senzora blizine, ali dvije najpoznatije su induktivni i kapacitivni. Svaki od te dvije vrste na različite načine detektira prisutnost objekta.

#### **3.3.1. Induktivni senzor blizine**

Induktivni senzor za detekciju objekata koristi elektromagnetsko polje. Elektromagnetsko polje mu omogućuje da otkrije samo metalne objekte. Induktivni senzori blizine imaju jednostavan princip rada. Elektromagnetsko polje se emitira kroz lice senzora. Kada metalni objekt uđe u magnetsko polje, svojstva tog polja se mijenjaju. To znači da se polje smanjuje a to uključuje ili isključuje prekidač Upravo te promjene upozoravaju senzor na prisutnost određenog objekta, odnosno prisutnost mete (kako se objekt tada naziva). O udaljenosti na kojoj senzor može detektirati metu, ovisi koliko je metal kojeg detektira induktivan. Induktivni senzori blizine dobri su za otkrivanje željeza, čelika, aluminija i bakra. Nisu osjetljivi na habanje i imaju visoke frekvencije što im daje veliku preciznost. Upravo su im to najveće prednosti. Imaju i veliko područje primjene jer nisu osjetljivi na vlagu, prašinu i vibracije, a odlikuje ih i dugi period rada. Kako električna energija emitira elektromagnetsko polje, osnovni dijelovi ovih senzora su: električni oscilator, preklopni stupac te pojačalo.





Slika 7

Slika prikazuje izgled magnetskog polja senzora. Lijeva strana prikazuje magnetsko polje kada metal ( u ovom primjeru aluminij nije ispred senzora), a slika desno kada aluminij prilazi ispred senzora. Magnetsko polje se sužava te senzor alarmira prisutnost cilja ispred sebe.

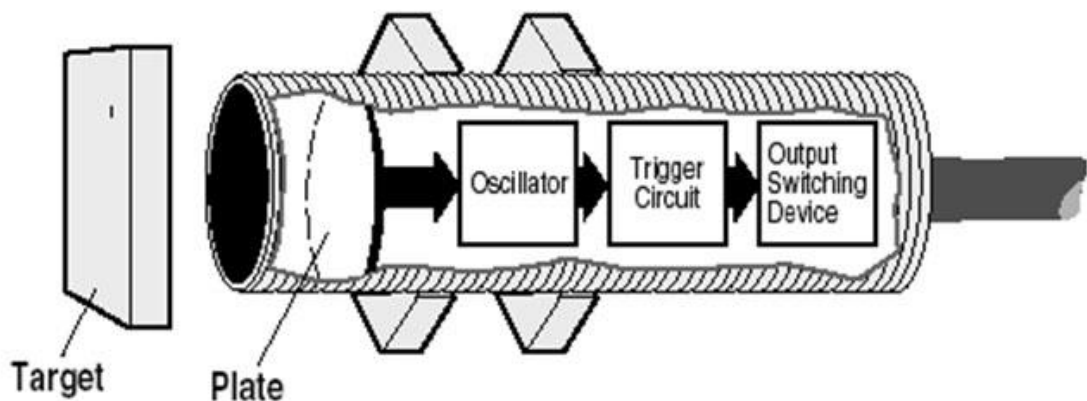
### 3.3.2. Kapacitivni senzor blizine

Druga vrsta su kapacitivni senzori blizine. Oni mogu detektirati sve što nosi električni naboj, stoga nisu samo ograničeni na metalne objekte.

Mogu detektirati metalne i nemetalne predmete, a između ostalog i staklo, drvo, plastiku. Popularni su i najčešće se koriste u detekciji tekućine. Kapacitivni senzor blizine sastoji se od dvije paralelne ploče koje su odvojene dielektričnom materijalnom koji je usput vrlo slab provodnik električne energije, poput stakla, plastike ili porculana. Dvije paralelne

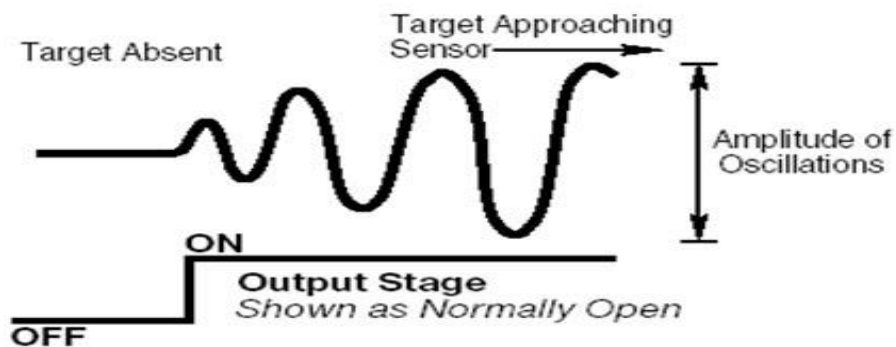
ploče su konduktivne i uglavnom su napravljene od aluminija ili nekih drugih metala. Te ploče moraju imati neutralni naboj. Kada te ploče spojimo u strujni krug i priključimo na izvor električne energije, elektroni se kreću od negativne prema pozitivnoj strani preko konduktivnih ploča senzora. Pri tome zbog kretanja dolazi do zamjene potencijala ploče. Desna strana postane pozitivnog naboja, a lijeva negativnog i na taj se način puni kapacitet. Pozitivna i negativna strana između ploča stvaraju elektromagnetsko polje koje se počinje emitirati. Promjena svojstva tog polja ukazuje na pojavu objekta ispred senzora te se tada prenosi električni signal osobi koja tada vidi kretanje ispred sebe.

Dvije su vrste kapacitivnih senzora blizine: dielektrični i konduktivni kapacitivni senzor. Dielektrični može detektirati svaku metu čiji je dielektrični sadržaj veći od zraka. Te su izvedbe spojene za oscilator te kada neka meta prilazi senzoru dolazi do povećanja oscilacija do određene zadane vrijednosti kod koje se aktivira senzor koji tada šalje izlazni signal o postojanju mete. Kada se pak meta udaljava od senzora, oscilacije se smanjuju i kada padnu ispod određene vrijednosti senzor se vraća u početno stanje. Ta vrsta može odrediti prisutnost i metalnih i nemetalnih objekata. U konduktivnom kapacitivnom senzoru samo je jedna ploča, a sama meta koja se približava postaje druga ploča senzora. Zrak između njih postaje dielektrik. Ovakav se tip senzora koristi za električki konduktivne materijale. Kao i kod drugih vrsta, ploča je spojena za oscilator koji proizvodi elektrostatičko polje. Kada se neka meta približava senzoru, udaljenost između dvije ploče se smanjuje, a zbog toga dolazi do povećavanja amplituda oscilacija. Kada se približi do propisane vrijednosti senzor šalje izlazni signal.



Slika 8

Slika prikazuje građu kapacitivnog senzora blizine. Na osjetnoj površini senzora prikazana je metalna ploča koja je električni spojena sa oscilatornim krugom, a cilj koji se očitava djeluje kao druga ploča kondenzatora. Za razliku od induktivnog senzora, kapacitivni proizvodi elektrostaticko polje. Kada se cilj približi do određenog praga, aktivira se uređaj koji daje izlazni signal.



Slika 9

Slika prikazuje ponašanje elektrostatickog polja dok objekta ispred senzora nema (lijevo) te kada cilj uđe u polje senzora (desno).

### 3.4. OPTIČKI SENZORI

Optički senzori su elektronički senzori koji pretvaraju svjetlost ili promjene svjetlosti u elektronički signal. Mogu detektirati elektromagnetsko zračenje od infracrvenih pa sve do ultraljubičastih valnih duljina. Imaju široku primjenu, a neke od njih su:

1. Svjetla koja se automatski pale kada padne mrak
2. Senzori položaja koji detektiraju da je neki objekt prekinuo svjetlosni snop
3. Fotoelektrični senzori koji imaju mogućnost detektiranja udaljenosti, prisutnosti ili odsutnosti određenih objekata

Optički senzori zapravo mjere fizičku količinu svjetlosti i zatim je prevode u oblik koji je čitljiv instrumentom. Uglavnom je zapravo samo dio nekog većeg uređaja koji mjeri izvor svjetlosti (mjerni uređaj + optički senzor). Princip rada odvija se tako da optički senzor mjeri promjenu iz jedne ili više svjetlosnih zraka. Kada dođe do promjene zraka taj senzor djeluje kao okidač, odnosno povećava ili smanjuje elektronički izlaz iz njega. Cijeli sustav sadrži i optički prekidač koji djeluje mehaničkim sredstvima ili elektrooptičkim efektima, ali i raznim drugim metodama. Taj prekidač prebacuje signale u obliku optičkih vlakna s jednog kraja na drugi. Neke od najčešće korištenih i najpoznatijih vrsta optičkih senzora koji se koriste u svim granama industrije pa tako i u pomorstvu su:

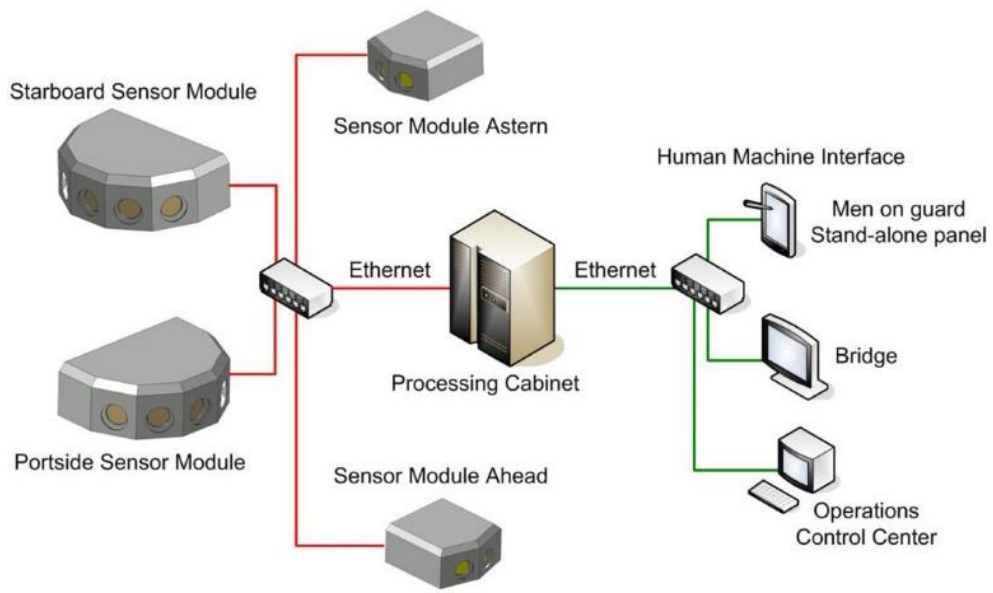
1. FOTOKONDUKTIVNI OPTIČKI SENZORI – pretvaraju promjene upadne svjetlosti u promjene otpora
2. FOTONAPONSKI OPTIČKI SENZORI – pretvaraju količinu upadne svjetlosti u izlazni napon ( poznatiji su i kao solarne ćelije)
3. FOTODIODE – pretvaraju količinu upadne svjetlosti u izlaznu struju

Optički senzori imaju široku upotrebu jer se zapravo koriste gdje god je potrebno pretvoriti svjetlost u neki oblik energije. Koriste se primjerice u pametnim mobitelima za podešavanje svjetline zaslona, a u pametnim satovima za mjerenje otkucaja srca. Savršeni su također za nadzor cjevovoda i primjenu nafte i plina zbog svojih nevidljivih optičkih vlakna. Na brodovima i u pomorskom prometu koriste se za nadzor platformi, nadzor bušotina i nadzor dalekovoda. Također se koriste za spremnik goriva te nadzor trupa broda,

ali ipak u pomorstvu najbitnija primjena im je u sustavu SIMONE ( Ship Infrared Monitoring Observation and Navigation System).

Sustav SIMONE omogućuje rano otkrivanje objekata koji se približavaju brodu. Prvenstveni razlog korištenja tog sustava je sprječavanje piratstva čiji su veliki brodovi u današnje vrijeme sve već meta radi velike vrijednosti tereta koji imaju na sebi ali i visoke cifre osiguranja na život pomoraca. Sustav radi na principu korištenja videosnimaka okoline. Jako je dobar jer je dovoljan samo jedan član posade za nadziranje i pokretanje uzbune ako se uoči neki objekt, a između ostalog videosnimke okoline omogućuju da se objekt koji se vidi lakše klasificira. Sustav se sastoji od cijelog paketa senzora koji su ili potpuno ugrađeni u brodove prilikom izgradnje ili naknadno ugrađeni u plutajuće platforme. Moduli sa IR senzora raspoređeni su na brodu na način da pokrivaju cijelu okolinu te uvelike smanje broj mrtvih zona. Promatranje je moguće s trupa broda, a podaci o slici se prenose do računala za obradu u stvarnom vremenu. Video snimke i podaci o alarmu se preko interneta mogu slati dalje gdje god je to potrebno. Uz sve to, svi dijelovi sustava su povezani jako kvalitetnom optičkom mrežom.

Istraživanja i testiranja tog sustava bili su dugotrajni te se koristio veliki broj optičkih senzora te raznih kamera koji u kombinaciji mogu kvalitetno i dobro funkcionirati. Obrada je automatska pa su zbog toga jako veliki zahtjevi u obradi slike. Najbitnije od svega je da je izvedba stabilna, da ima visoku razinu detekcije te nisku vjerojatnost lažnog alarma. Zbog mogućnosti noćnog vida i neovisnosti o vanjskom osvjetljenju, alarmni senzori rade u dugovalnom IR spektralnom pojasu. Ti IR senzori imaju mali utjecaj sunčevog sjaja te se samim time teško mogu zasititi. Uz to zbog svega navedenog ti senzori imaju najveću prednost u tome što mogu razlučiti i primijetiti i najmanje objekte s niskom temperaturnom razlikom. Ipak, najveći nedostatak i najveći problem tih senzora je visoka cijena, pa je poželjnija upotreba univerzalnih senzora niže cijene.



Slika 10

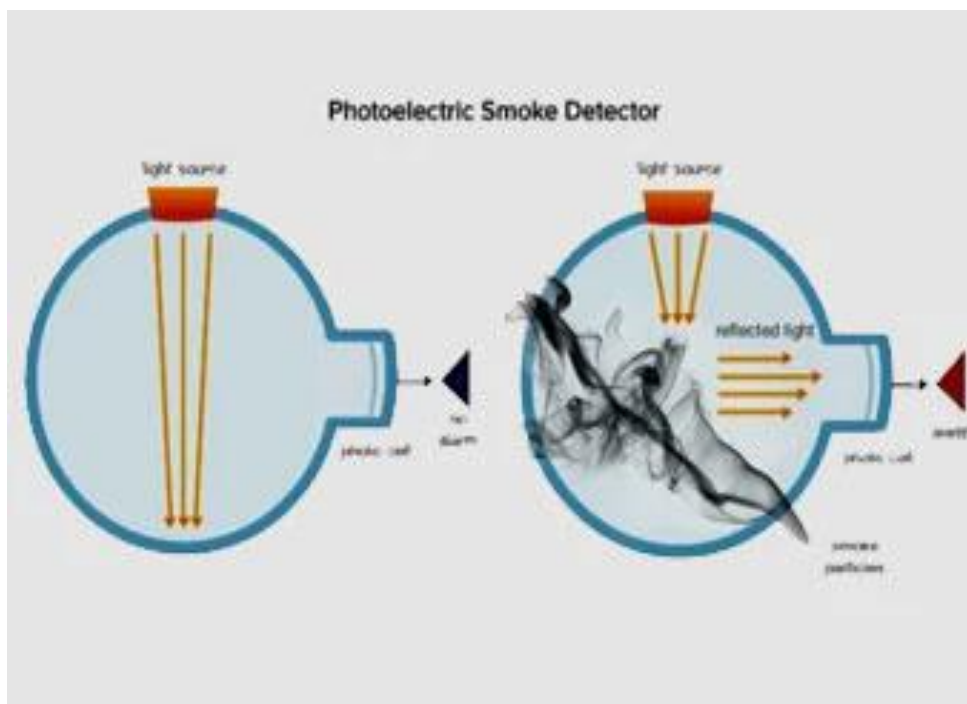
### **3. 5. DETEKTORI DIMA I VATRE**

Detektori dima (smoke detectors) jako se često koriste i jedni su o najbitnijih senzora današnjice. Služe da oglase alarm kada osjete prisutnost dima. Zbog široke upotrebe ne čudi da im se proizvodnja povećava, a samim time i pada njihova cijena. Dvije su glavne vrste detektora dima : fotoelektrični senzori i ionizacijski .

#### **3.5.1. Fotoelektrični detektori**

Fotoelektrični senzori rade koristeći svjetlosni snop. Svjetlost prolazi kroz svjetlosnu komoru, ali kada dim uđe u tu istu komoru on smanjuje snop svjetlosti koja je do tada tuda prošla. Kada se to dogodi, detektor će oglašiti alarm, koji ima komoru za svjetlosni senzor unutar sebe. Komora zapravo ima led svjetlo koja ispaljuje snop svjetlosti u ravnoj liniji te kada dim uđe u komoru, dolazi na putanju te ravne linije svjetlosti te ju odbija.

U senzorskoj komori fotoelektričnog dimnog senzora nalazi se svjetlosna dioda i senzor osjetljiv na svjetlost. Ta mala led linija svjetlosnog snopa se raspršuje čak i sa minimalnim prisustvom čestica dima. Fotoelektrični senzor to detektira i smjesta oglašava alarm. Fotoelektrični senzor dima odličan je u detektiranju velikih čestica iz dima koji dolazi od vatre te samim time također ima manju vjerojatnost lažnog alarma pa ga je u domovima i na brodovima dobro koristiti blizu kuhinje jer zna prepoznati razliku između dima iz pećnice i pravog požara koji je potencijalno nastao.



Slika 11.

### 3.5.2. Ionizacijski detektori

Ionizacijski detektori dima služe za prepoznavanje sitnih čestica koje dolaze iz brzo gorućeg plamena, odnosno dobri su za mjesta gdje može doći do požara tekućina, drva ili papira. Za razliku od fotoelektričnih, ako se ovi stave u kuhinje sigurno će doći do lažnog alarma stoga se koriste na mjestima gdje je jedino moguće da dođe do požara. Ionizacijski detektori koriste dvije električno napunjene ploče kako bi ionizirali zrak unutar senzora i napravili određeni protok iona. Kada dim uđe u senzor, prekida protok iona i zbog toga se oglašava alarm. Prednost u odnosu na fotoelektrične je što puno brže detektiraju pojavu dima u zraku nastalu od otvorenog brzog plamena i samim time brže oglašavaju alarm. Jako su traženi za velike poslovne i industrijske kao i stambene zgrade. Valja napomenuti da se u zadnje vrijeme toliko ne prakticiraju i upotrebljavaju zbog radioaktivnih materijala koje koriste u senzoru za otkrivanje čestica dima. To ih čini opasnim za proizvodnju te nezgodnim i skupim za transport, a također mogu biti i štetni za okoliš ako se odlažu na pogrešan način.





Slika 12

### 3.5.3. Dvostruki detektori

Najmodernije verzije danas se zove dvostruki detektori dima koji u sebi sadrže i fotoelektrične i ionizacijske senzore te time nude i najbolju zaštitu od dima i vatre jer se detektiraju i na brzo goreću vatru i na spore plamene. U jednom alarmu koriste i fotoelektrične i ionizacijske tehnologije. Prednost je što njegove baterije imaju dug vijek trajanja, a također i jako mala mogućnost lažnog alarma jer koriste modernu tehnologiju za razlikovanje pravih požara od nekih manjih smetnji. Lako ga je instalirati i obično se stavlja na strop ili zid.

### 3.6. ANEMOMETAR – SENZOR VJETRA

Anemometar je mjerni instrument koji služi za mjerenje brzine vjetra i brzine strujanja zraka. Mjeri nekoliko komponenta ili pak sve komponentne vektora vjetra. U idealnom slučaju trebao bi reagirati i na najmanji povjetarac kao i na jake vjetrove te olujne vjetrove poput uragana te uz to imati linearan izlaz. Ipak, u stvarnosti ne mogu reagirati na povjetarce kao niti izdržati jake udare vjetrova. Uobičajen je instrument koji koristi meteorološka služba. Koristi se u aerodinamici, a korijen riječi proizlazi iz grčke riječi anemos, što znači vjetar. 1991. godine anemometar je modificiran kako bi mogao odrediti i smjer vjetra, a 1994. izumljen je prvi ultrazvučni anemometar. Imaju široku upotrebu u meteorologiji koja pomaže u određivanju vremenskih uvjeta pri transportu. Jako su bitni u pomorskom prometu za određivanje pojava oluja te određivanje puteva plovidbe.

Anemometar radi na principu rotacije strjelice koja mijenja smjer ovisno o smjeru puhanja vjetra. Rotacija se prenosi na koaksijalnu ploču te se istovremeno ispisuju relevantne vrijednosti smjera. Glavno tijelo senzora uglavnom ima mehaničku strukturu sličnu vjetrombranu. Kada vjetar puše prema repu lopatica, okretanje istih će pokazati smjer. Kako bi se zadržala ta osjetljivost na smjer koriste se različiti unutarnji mehanizmi za prepoznavanje smjera vjetra. Najčešće se koriste 3 vrste:

1. Elektromagnetski osjetnik – ova izvedba temelji se na elektromagnetskom principu. Koriste žiroskopski čip ili elektronički kompas kao osnove čime im je točnost mjerenja dodatno poboljšana
2. Fotoelektrični osjetnik – ova vrsta senzora koristi disk kao osnovnu komponentu te poseban prilagođeni kod. Odgovarajuće informacije o smjeru vjetra proizvodi pomoću pretvorbe fotoelektričnog signala.
3. Otporni osjetnik – ima kliznu strukturu te su maksimalne i minimalne vrijednosti otpora označene kao 360 odnosno 0 st. Kada se pokazivač smjera vjetra okreće, klizna šipka rotira s indikatorom smjera vjetra na vrhu. Promjene napona koriste se za izračunavanje kuta i određivanje smjera vjetra.

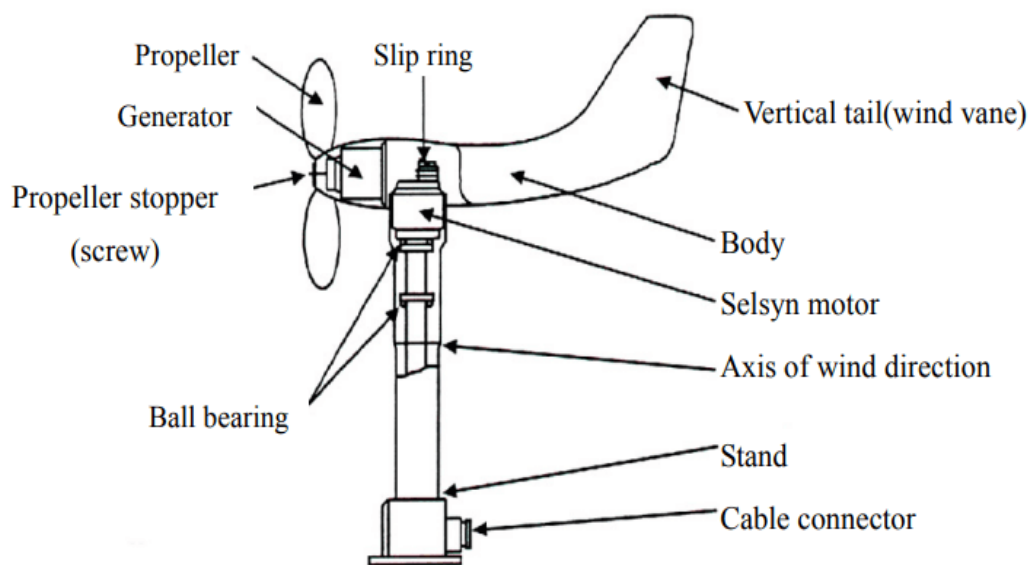
Senzori brzine vjetra uglavnom se dijele na :

1. Mehaničke – tip propelera, tip sa čašicom
2. Senzor brzine vrućeg vjetra
3. Senzor brzine vjetra s pilot cijevi

#### 4. Ultrazvučni senzor brzine vjetra

##### 3.6.1. Propelerni tip senzora vjetra

Na sustav lopatica i strujanje zraka između njih utječe pritisak vjetra. Vjetar proizvodi zakretni moment čime se lopatice zaokreću. On mjeri brzinu vjetra rotirajući propeler koji se najčešće sastoji od 3 do 4 lopatice zabodene oko svoje vodoravne osi te naslonjene na nosače. Ti nosači nalaze se na zajedničkoj osovini koja se okreće zajedno s lopaticama. Osovina je spojena na električni pretvornik preko čijeg se napona određuje ili frekvencije određuje brzina vjetra. Obično se postavlja ispod vjetrobrana kako bi mu rotirajuća ravnina bila u smjeru vjetra. Brzina mu je proporcionalna brzini vjetra. Izvedba sa lopaticama se upotrebljava najčešće jer su jeftiniji od odnosu na druge anemometre te mogu biti robusni, a jedna od najvećih prednosti je što su izuzetno točni.



Slika 13

##### 3.6.2. Tip sa čašicom

Ova izvedba vrlo je uobičajena. Izumljena je u Engleskoj. Izvedba se sastoji od 4 prazne konične ili poluloptaste čašice. Šuplji dio čašice pričvršćen je za nosač zvjezdanog oblika. Nosač može biti tronožni sa  $120^{\circ}$  na njemu ili zvjezdanog oblika sa  $90^{\circ}$  na njemu. Površina

čase je raspoređena u jednom smjeru, a cijeli je nosač pričvršćen na poprečnu rotirajuću os. Kada vjetar puše s lijeve strane prvi je vjetrobran paralelan sa smjerom strujanja vjetra. Lice vjetrobrana broj 2 okrenuto je okomito prema vjetru te taj nosi najveći pritisak vjetra. Iako je vjetrobran broj 3 isto okrenut licem prema vjetru, pritisak na njemu je manji jer zrak struji zaobilazno. Zbog navedene razlike tlaka vjetrobran se počne rotirati u smjeru kazaljke na satu. Samim time što je brzina vjetra veća, veća je razlika tlaka i ubrzanje, a što je veći stupanj vjetrobran će se brže okretati. Nakon što se čašice počnu okretati, brzina vjetra se određuje preko brzine kretanja čestica. Brojač koji se nalazi u izvedbi daje pulsni signal, a stvarna vrijednost brzine može se dobiti jedino nakon pretvorbe. U trenutku kada se brzina vjetra poveća, rotor će se početi brže okretati kako bi se prilagodio brzini strujanja zraka. Kada se brzina vjetra smanji, zbog inercije će biti potrebno nekoliko trenutaka dok se opet ne dobije točna vrijednost brzine. Osim netočnog očitavanja u tom slučaju nedostatak izvedbe je što je potrebno često održavanje kao što je zamjena masti na ležajevima. Ipak jeftin je, ima različite izvedbe i jedan je od najčešće korištenih u meteorološkoj industriji.

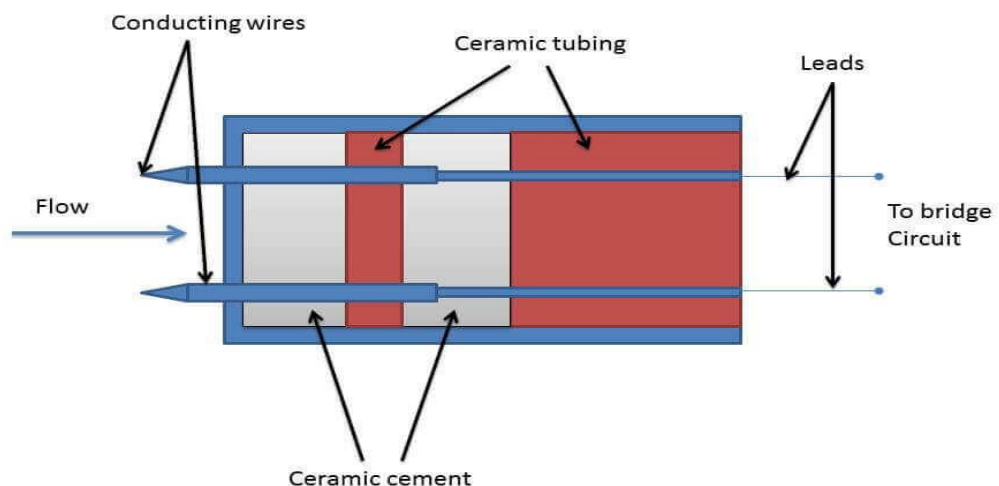


Slika 14

### 3.6.3. Toplinski senzor brzine vjetra

Izvedba se sastoji od vruće žice uglavnom rađene od platine ili vrućeg filma te se koristi kao sonda za povezivanje sa mostom. Kroz otpor mosta detektira se brzina strujanja zraka. Vrući film senzora obložen je vrlo tankim izolacijskim slojem. Sloj pomaže senzoru da se izolira od tekućine te spriječi onečišćenje. Kada je temperatura zraka stabilna potrošnja energije na žici jednaka je potrošnji topline žice u zraku. Otpor i temperatura te žice linearni su u normalnom temperaturnom rasponu, a koeficijent oslobađanja topline povezan je sa brzinom strujanja zraka. Što je veća brzina strujanja zraka veći je i koeficijent oslobađanja topline, a što je brzina manja manji je, odnosno toplina se odvodi sporije. Brzina strujanja zraka vrućeg vjetra funkcija je struje i otpora.

## Hot Wire Anemometer



Slika 14

### 3.6.4. Ultrazvučni anemometar

Za mjerenje brzine i smjera vjetra koristi ultrazvučne valove. Mjeri se vrijeme koje je potrebno ultrazvučnom impulsu da prođe put između odašiljača i prijarnika. Brzina vjetra povećava i smanjuje brzinu zvuka u ovisnosti o smjeru puhanja vjetra. Prikladni su za mjerenje turbulencija. Nemaju pomične dijelove pa su pogodni za dugoročnu upotrebu

pogotovo na udaljenim automatiziranim stanicama. Nedostaci izvedbe su cijena i prekid signala u trenucima nevremena i kiše. Na njih se ponekad može ugraditi i kompas.

### 3.6.5. Beaufortova ljestvica

1874. godine prihvaćena je za međunarodnu upotrebu te se kao jedinica za brzinu vjetra upotrebljavala u pomorstvu. Sadrži 12 stupnjeva, a u novije vrijeme je proširena na 17. Te dodatne 4 koriste se samo u posebnim slučajevima kada je riječ o tropskoj cikloni. Danas se proširena ljestvica koristi samo u Kini i na Tajvanu.

Stupanj	m/s	km/h	čv	Opis vjetra
0	0-1	0-1	0-1	tišina
1	2	2-5	2-3	lahor
2	3-4	6-11	4-6	povjetarac
3	5-6	12-19	7-10	slab vjetar
4	7-8	20-28	11-15	umjeren vjetar
5	9-11	29-38	16-21	umjereno jak vjetar
6	12-14	39-49	22-27	jak vjetar
7	15-17	50-61	28-33	vrlo jak vjetar
8	18-21	62-74	34-40	olujni vjetar
9	22-24	75-88	41-47	oluja
10	25-28	89-102	48-55	žestoka oluja
11	29-32	103-117	56-63	orkanska oluja
12	>32	>118	>63	orkan

## 4. ZAKLJUČAK

Primjena kemijskih senzora ima dodatnu tendenciju rasta kao i njihov razvoj u budućnosti. Zaštita i praćenje okoliša kao i prevencija bolesti te olakšavanju života ljudi daju razloga za dodatni razvoj. Do sada su se pokazali kao velika pomoć i koriste se u svim granama industrije, medicini te tehnologiji. Danas se za zaštitu okoliša najviše koriste plinski senzori koji su zbog svoje visoke osjetljivosti te niske cijene sve više i više popularni. Kemijski su senzori danas tek na trećem mjestu korištenja, ali i dalje jako česti kao što se vidi po svim upotrebama napisanim u ovom radu. Najveću ulogu u korištenju ali i daljnjem razvoju i proizvodnji imaju zbog visoke osjetljivosti brzog odziva i dugog radnog vijeka. Zbog svakodnevnog otkrivanja novih materijala usavršavanje kemijskih senzora sigurna je budućnost, a dodatni razvoj nanotehnologije i mikroskopije učinit će kemijske senzore snažnijima te definitivno proširiti njihove primjene. Ipak budućnost je teško prognozirati pa tek treba vidjeti što nam ona nosi.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Bistrović, M., Kezić, D., Komorčec, D.: Historical Development of Fire Detection System Technology on Ships, "Naše more", 60, 5-6, 2013, p. 127-133.
2. Hulanicki, A., Geab, S., Ingman, F., Chemical sensors definition and classification, Pure&App/. Chern., 63 (1991) 1247-1250
3. Kemijski senzori - Mjerni pretvornici - "Osnove automatizacije", Pomorski fakultet u Rijeci, 2016.
4. Lenz, J., Edelstein, A.: Magnetic sensors and their applications, IEEE Sensors Journal, 6,3, 2006, p. 631-649.

## MREŽNI IZVORI

1. <https://www.intechopen.com/books/progresses-in-chemical-sensor/introductory-chapter-what-is-chemical-sensor->
2. [https://www.electronicshub.org/different-types-sensors/#What\\_is\\_a\\_Sensor](https://www.electronicshub.org/different-types-sensors/#What_is_a_Sensor)
3. [https://www.electronics-tutorials.ws/io/io\\_3.html](https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_3.html)
4. <http://maceea.com/wp-content/uploads/Sensor-Reliability-Whitepaper.pdf>
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Electro-optical\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Electro-optical_sensor)
6. <https://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/123689-shipboard-level-sensors-types-and-theory/>
7. <https://spie.org/news/4166-an-electro-optical-sensor-system-for-maritime-surveillance?SSO=1>
8. <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-a-proximity-sensor>
9. <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=1616>
10. <https://www.quora.com/What-does-a-fuel-temperature-sensor-do-in-the-engine>
11. <https://www.marineinsight.com/marine-electrical/thermocouples-the-most-common-pyrometer-on-ship/>
12. <https://www.marineelectricsystems.com/solutions/proximity-sensors/>
13. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Anemometar#Obja%C5%A1njenje>
14. <https://www.weatherstation1.com/what-is-wind-sensor/>
15. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Beaufortova\\_ljestvica](https://hr.wikipedia.org/wiki/Beaufortova_ljestvica)