

Brodski vatrodojavni sustav

Rebić, Dalibor

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:187:146836>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



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

DALIBOR REBIĆ

BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2021.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET

BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV

SHIP 'S FIRE ALARM SYSTEM

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Automatizacija brodskih sustava

Mentor: Doc. dr. sc. Miroslav Bistrović

Student: Dalibor Rebić

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 011207248

Rijeka, srpanj, 2021

Student/studentica: DALIBOR REBIĆ

Studijski program: ELEKTRONIČKE I INFORMATIČKE TEHNOLOGIJE U
POMORSTVU

JMBAG: 0112077248

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom
BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV
(naslov završnog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom
doc. dr. sc. MIROSLAVA BISTROVIĆA
(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc. Ime i Prezime)

te komentorstvom _____

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____
(naziv tvrtke).

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

Suglasan/na sam s trajnom pohranom završnog rada u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci te Nacionalnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

Za navedeni rad dozvoljavam sljedeće pravo i razinu pristupa mrežnog objavljivanja:
(zaokružiti jedan ponuđeni odgovor)

- a) rad u otvorenom pristupu
- b) pristup svim korisnicima sustava znanosti i visokog obrazovanja RH
- c) pristup korisnicima matične ustanove
- d) rad nije dostupan

Student/studentica



(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

DALIBOR REBIĆ

SAŽETAK

Bez obzira na veličinu plovila, rijetkost je nepovoljnija situacija od požara na brodu. Sustavi za detekciju požara važan su dio protupožarnih sustava na većini plovila. Detektori požara konstruirani su na način da omogućuju brzu reakciju broskog vatrodojavnog sustava vidljivim i zvučnim alarmom koji označava mjesto požarnog incidenta. Vatrodojavni sustav bitno utječe na materijalne resurse i sigurnost posade stoga se provode aktivnosti održavanja i testiranja kako bi sustav kvalitetno obavljao svoju funkciju. Različite izvedbe alarmnih sustava imaju ulogu povezati sve uređaje i komponente u jedinstveni sustav koji može vršiti interakciju i sa drugim sustavima (pokretanje sustava gašenja, isključivanje sustava ventilacije i sl.). Nadalje, ističe se i važnost intervencije u početnoj fazi razvoja požara jer se najlakše suzbija i uzrokuje najmanju štetu. Ekscesi sa ljudskim i materijalnim gubicima imaju negativan utjecaj na kvalitetu zaštite stoga brodovlasnici konstantno ulažu u razvoj vatrodojavnih tehnologija.

Ključne riječi: broski vatrodojavni sustav, detektori, ispitivanje ispravnosti, požar

SUMMARY

Regardless of the size of the vessel, it is rarely an ungracious situation from a fire on board. Fire detection systems are an important part of fire protection systems on most vessels. Fire detectors are designed in such a way as to enable a rapid response of the ship's fire alarm system with a visible and audible alarm indicating the location of the fire incident. The fire alarm system significantly affects the material resources and safety, maintenance and testing activities are carried out for the system to perform its function properly. Different versions of alarm systems have the role of connecting all devices and components into a single system that can interact with other systems (starting the extinguishing system, ventilation system shutdown, etc.). Furthermore, the importance of interventions in the initial phase of fire development is emphasized because the fire is easiest to control and cause the least damage. Excesses with human and material losses harm the quality of protection, so shipowners are constantly investing in the development of fire alarm technologies.

Key words: ship's fire alarm system, detectors, correctness testing, fire

SADRŽAJ

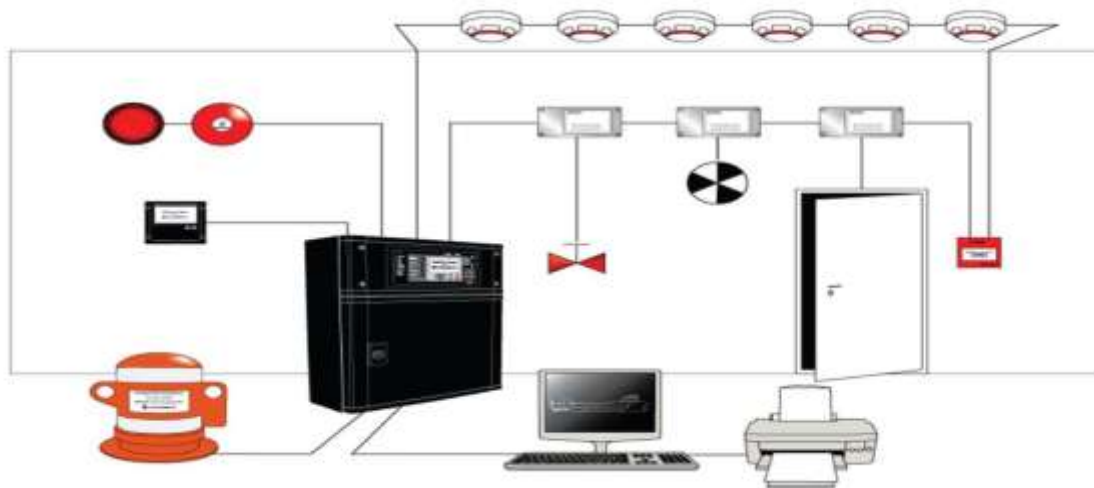
SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
1.1. SVRHA I CILJ RADA	2
1.2. POVIJESNI RAZVOJ	2
2. ELEMENTI BRODSKOG VATRODOJAVNOG SUSTAVA I NJIHOVA NAMJENA	3
2.1. DETEKTORI TOPLINE	5
2.1.1. Fiksni temperaturni detektori	6
2.1.2. Termodifrencijalni (ROR) detektori	8
2.2. DETEKTORI PLAMENA	9
2.2.1. Infracrveni detektori plamena	10
2.2.2. Ultraljubičasti (UV) detektori plamena	12
2.2.3. UV/IR detektori plamena	13
2.3. DETEKTORI DIMA	13
2.3.1. Fotoelektrični detektori	14
2.3.2. Ionizacijski detektori	15
2.4. RUČNI JAVLJAČ POŽARA	16
2.5. AUDIOVIZUALNA SIGNALIZACIJA	17
3. ISPITIVANJE ISPRAVNOSTI ELEMENATA VATRODOJAVNOG SUSTAVA	19
3.1. TESTIRANJE DETEKTORA TOPLINE	19
3.2. TESTIRANJE DETEKTORA PLAMENA	21
3.3. TESTIRANJE DETEKTORA DIMA	22
3.4. TESTIRANJE RUČNOG JAVLJAČA POŽARA	23
4. RAZDIOBA BRODSKIH VATRODOJAVNIH SUSTAVA	24
4.1. KLASIČNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV	24
4.2. ADRESABILNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV	25
4.3. ANALOGNO - ADRESABILNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV	27
4.4. BEŽIČNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV	27
5. FAKTORI, UZROCI I KARAKTERISTIČNE LOKACIJE BRODSKIH POŽARA	29
5.1. FAZE RAZVOJA POŽARA	30

5.2. ANALITIKA POŽARA U BRODSKOJ STROJARNICI.....	32
5.3. ANALITIKA POŽARA UNUTAR PROSTORIJA PUTNIČKOG BRODA	33
5.4. ANALITIKA POŽARA NA PALUBI KONTEJNERSKIH BRODOVA	35
6. ZAKLJUČAK.....	36
LITERATURA	37
KAZALO KRATICA.....	40
POPIS SLIKA.....	41
POPIS TABLICA	42

1. UVOD

Postoje sustavi na brodu koji su od vitalne važnosti za obavljanje raznih radnih zadataka, poslovnih ciljeva i operacija, no vatrodojavni sustav je bitan sa aspekta sigurnosti te njegova ispravnost direktno utječe na živote posade. Za razliku od požara na kopnu npr. u poslovnoj zgradi gdje će djelatnici biti evakuirani izvan objekta, isti incident na brodu može biti puno pogubniji jer je brod okružen morem i jedini način evakuacije je spasilačkim čamcem gdje su ljudi prepušteni okolini i vremenskim uvjetima.

Osnovna uloga vatrodojavnog sustava je pravovremena reakcija koja je postignuta djelovanjem elemenata vatrodojavnog sustava kao što su detektori, sirene ili ručni javljači koji će javiti alarm i upozoriti na incident te pokrenuti postupke evakuacije i spriječiti daljnje širenje požara. Sa razvojem tehnologije za rano otkrivanje požara postiže se da su lažni alarmi svedeni na minimum, a sustavi za gašenje koji su integrirani u cjelokupni vatrodojavni sustav doprinose boljoj zaštiti od požara. Bez obzira na razvitak, čovjek je nužan za optimalnu funkcionalnost sustava što znači da ljudski faktor može uzrokovati smanjenje pouzdanosti sustava zbog lošeg održavanja ili neadekvatnog poznavanja opreme. Gotovo četvrtina incidenata na moru povezana je sa požarima stoga Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS) posvećuje posebnu pažnju.



Slika 1. Pojednostavljeni primjer vatrodojavnog sustava

Izvor: Salwico Cargo Addressable: *Fire Detection System: Installation Manual*, Consilium Marine Safety AB, 2013.

1.1. SVRHA I CILJ RADA

Svaki brodski vatrodajavni sustav sastoji se od komponenata koje su ključne za njegovu funkcionalnost, stoga za shvaćanje sustava bitno je razumjeti primarne zadaće svakog pojedinog elementa. Prioritet je detaljno proučiti princip rada i građu sustava vatrodajave, tehničke karakteristike i načine provjere ispravnosti. Nadalje, posebnu pažnju zahtjeva analiza nastanka požara kako bi se utvrdili izvori opasnosti.

1.2. POVIJESNI RAZVOJ

Prva primjena vidljiva je u Rimskom Carstvu koje je bilo zahvaćeno požarima i gdje je car Neron naložio da se koriste nezapaljivi materijali za obnovu građevina. Nakon velikog požara u Londonu sredinom 17. stoljeća, razvila se svijest o opremi kao što su vatrogasni hidrant ili ručne pumpe koje služe za suzbijanje požara. Prvi primjer dojava u Europi je telegrafski uređaj koji je služio kao požarni alarm te je bio povezan sa 37 vatrogasnih postaja u Berlinu.

Prva generacija uređaja za otkrivanje požara (1849. - 1940.) bila je na temelju termičkih detektora. Najprije se koristio telegrafski uređaj, a razvoj prvih temperaturnih senzora započeo je uvođenjem bimetalnih senzora u 19. stoljeću. Načelo rada ovih senzora temeljilo se na nejednakom širenju između dviju metalnih traka. Zbog različitih koeficijenata toplinskog širenja, grijanjem dolazi do svijanja vrpce, a savijanje je proporcionalno s temperaturom. Švicarski znanstvenici Ermst Meil i Jaeger razvili su prvi patentirani detektor dima početkom 1940-ih. U razdoblju od početka 1960-ih do 1975. godine razvijena je 2. generacija detektora dima, gdje je korišten američki ²⁴Pu, radioaktivni izvor za ionizaciju. Treća generacija detektora dima (1975-1990) je karakterizirana povećanim zanimanjem za detektore dima. U ovom razdoblju došlo je do brojnih ključnih promjena u dizajnu detektora. Između ostalog, to je uključivalo zamjenu niti kao izvora svjetla sa LED diodom. Četvrta generacija detektora dima (od 1990. do danas) karakterizira uporaba više detektora u petlji, i primjena algoritama. [4]

Razvoj mikroelektronike je omogućio primjenu mnogih različitih funkcija. Uz optički detektor dima, detektor plamena se razvijao. Detektori plamena primjenjuju se na mjestima poput naftovoda gdje postoji rizik od ozljeda osoblja i/ili materijalnih gubitaka.

2. ELEMENTI BRODSKOG VATRODOJAVNOG SUSTAVA I NJIHOVA NAMJENA

Detektori požara temelj su gotovo svih sustava zaštite od požara. Međutim, to ne znači da su svi detektori isti. Naprotiv, zahtjevi za pouzdanim otkrivanjem požara razlikuju se toliko koliko i sama područja primjene: detektori požara analiziraju okolni zrak kako bi identificirali sadržaje vatre, poput dima, topline ili ugljičnog monoksida.

Toplinski detektori su slični našoj sposobnosti identificiranja temperature, detektori plamena su elektroničke oči, a dimni detektor replicira osjećaj za miris. Svrha razvoja detektora je neophodnost ranog otkrivanja požara, ograničenje i kontrola te gašenje vatre prije nego ona izmakne kontroli ugrožavajući život, brod, teret i okoliš. [3]

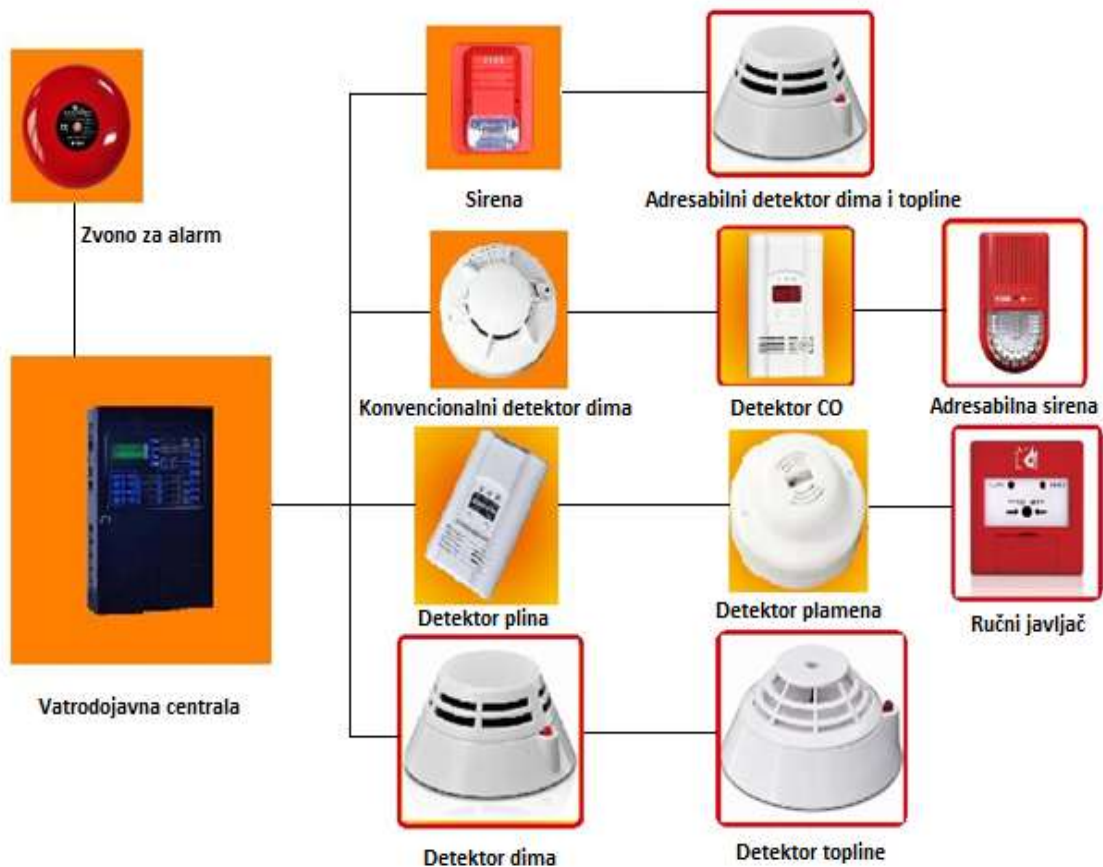
Svi vatrodajavni sustavi u osnovi rade na istom principu. Ako detektor detektira dim, toplinu ili netko upravlja ručnim javljačem tada se aktiviraju alarmni uređaji kako bi upozorili druge osobe da može doći do požara i da na vrijeme krene evakuacija. Vatrodajavna centrala (glavna inteligentna komponenta sustava vatrodajave) koja prati stanje ulaznih elemenata, detektora i izvršava funkciju dojava i upravljanja izvršnim elementima. Signalizacija može biti zvučna, svjetlosna, evakuacijski tabloi. Nadalje, upravlja izvršnim elementima (moduli za upravljanje sustavima za gašenje ili usporavanje širenja požara koji se integriraju u sustav vatrodajave). [1]

SOLAS konvencija govori o zahtjevima koji trebaju biti ispunjeni da bi se požar otkrio na vrijeme te o smjernicama koje će osigurati uspješnu evakuaciju u slučaju požarnog incidenta. Konkretno, fiksni sustav za otkrivanje i dojavu požara mora se instalirati u sljedećim strojarnicama:

- strojarnice koje su povremeno bez nadzora
- u strojarnicama gdje je izvršena instalacija sustava i opreme za automatsko i daljinsko upravljanje (koja je odobrena umjesto kontinuirane posade)
- za glavni pogon i pripadajuće strojeve, uključujući izvore glavnog izvora - električna snaga je opskrbljena različitim stupnjevima automatskog ili daljinskog upravljanja te su pod stalnim nadzorom s posadom iz kontrolne sobe
- zatvoreni prostori u kojima se nalazi incinerator [2]

Fiksni sustav za otkrivanje i dojavu požara koji se zahtjeva mora biti projektiran sa detektorima koji su tako postavljeni da mogu brzo otkriti pojavu požara u bilo kojem dijelu

tih prostora i u bilo kojim normalnim uvjetima rada strojeva i varijacijama ventilacije te prema potrebi mogućim rasponom temperatura okoline. Osim u prostorima ograničene visine, sustavi za otkrivanje koji koriste samo termičke detektore nisu dopušteni. Sustav za otkrivanje mora pokrenuti zvučne i vizualne alarme koji se u oba aspekta razlikuju od alarma bilo kojeg drugog sustava koji ne pokazuje vatru, na dovoljnim mjestima da se čuju alarmi i promatrano na plovidbenom mostu i od strane odgovornog inženjerskog časnika. Kad je navigacijski most bez posade alarm će se oglasiti na mjestu gdje je odgovorni član posade na dužnosti. Nadalje, ručni javljači požara trebaju se instalirati na svakom izlazu iz svih smještajnih prostorija, uslužnih prostora i kontrolnih stanica tako da su lako dostupni na hodnicima. [2]



Slika 2. Prikaz elemenata vatrodjavnog sustava

Izvor: Izradio autor prema: <https://www.vedard.com/post-fire-detector.html>, (07.07.2021.)

2.1. DETEKTORI TOPLINE

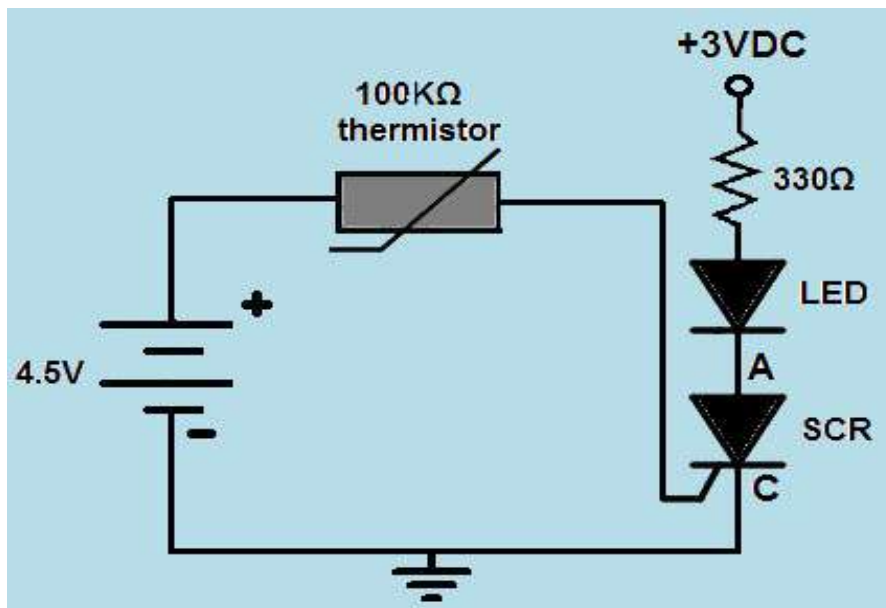
Najstariji način za otkrivanje požara je detektor topline, njegova osnovna zadaća je pokrenuti alarm te se još uvijek koristi. Odlikuje ga najsporija detekcija požara, ali izrazita prednost je u maloj količini lažnih alarma. Ova komponenta obično je pozicionirana na stropu, a uobičajena ugradnja je u skućene prostore gdje se predviđa brzi razvoj požara, ali gdje brzina odziva nije prioritet. Princip rada ovih elemenata temelji se na promjeni temperature u nekom temperaturnom rasponu i transformiranju iste u alarm. Razlikujemo dvije vrste temperaturnih detektora:

Termomaksimalni – detektori topline s fiksnom temperaturom dizajnirani su da alarmiraju kada temperatura radnih elemenata doseže određenu točku.

Termodiferencijalni – reagiraju na promjenu vrijednosti temperature – primjenjuju se na mjestima gdje je povišena temperatura normalna pojava (kuhinje, radionice i slično).

SOLAS konvencija nalaže da aktivacija za temperaturne detektore mora biti prije granične temperature od 78 °C, uz uvjetovani rast za temperaturu od 54 °C, maksimalnom brzinom do 1°C u minuti. Kada stropna temperatura ne prelazi 37,7 °C potrebno je instalirati detektore koji rade u rasponu 54 -78 °C. [3]

Na slici broj 3, krug detektora topline dizajniran je pomoću termistora, ali ovdje se umjesto tranzistora i zujalice koriste SCR i LED. SCR je serijski povezan s LED-om. Ovdje se LED koristi kao element upozorenja. Crvena LED dioda spojena u krug signalizira promjenu topline koju osjeća termistor. Uobičajeno, termistor ima vrlo visoki otpor (približno jednak njegovoj nazivnoj vrijednosti od 100 kΩ) na sobnoj temperaturi. Zbog ovog vrlo velikog otpora, struja praktički neće teći, stoga se na upravljačku elektrodu SCR ne daje impuls. Ali, ako termistor osjeti značajnu količinu topline, otpor termistora se značajno smanjuje. Dakle, dovoljna količina struje teče kroz krug i aktivira se upravljačka elektroda SCR-a. Stoga se LED dioda serijski spojena s SCR-om koristi kao signalizacija. [6]



Slika 3. Detektor topline realiziran pomoću SCR-a i LED-a

Izvor: <https://instrumentationforum.com/t/heat-detector-working-principle/6545>, (07.07.2021.)

2.1.1. Fiksni temperaturni detektori

Rad fiksnih detektora temperature zasnovan je na principu bimetala. On se sastoji od dvaju metala sa različitim toplinskim koeficijentom širenja; upravo to širenje uzrokuje zatvaranje kontakta koji će ukazati na alarm. Detektori topline s fiksnom temperaturom dizajnirani su da alarmiraju kada temperatura radnih elemenata doseže određenu točku. Ovi elementi pokrivaju širok spektar radnih temperatura (od 57°C na više), širok spektar potreban je zbog određenih područja gdje je viša temperatura okoline uobičajena (npr. u kuhinjama) stoga će detektor reagirati kada je stvarno požar.

Fiksni temperaturni detektori postižu stabilitet i stanje lišeno alarma na način da se detektor instalira na strop odnosno mjesto gdje je najviša temperatura u neposrednoj blizini detektora. Postavljanje temperaturne alarmne granice izražava se na slijedeći način:

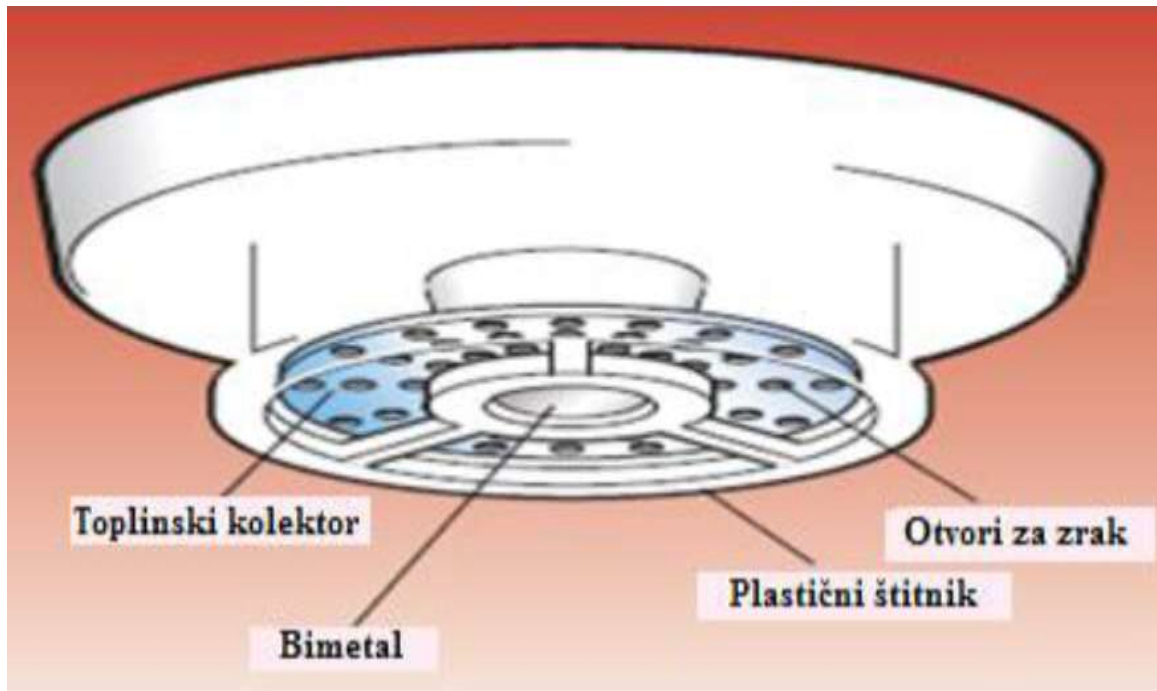
$$T_d = T_p - T_{amax}$$

Iz čega slijedi:

T_d = prag detekcije detektora

T_p = temperatura detektora

T_{amax} = maksimalna temperatura ambijenta u blizini detektora. [3]



Slika 4. Primjer fiksnog temperaturnog detektora

Izvor: Bistrović, M.: *Prilog povećanju učinkovitosti broskogga vatrodojavnog sustava primjenom novih elektroničkih i računalnih tehnologija*, doktorska disertacija, Pomorski fakultet, Rijeka, 2016.

Zatim, postoje i linearni temperaturni kabeli koji rade na principu topljivog elementa te su vrlo često korišteni za otkrivanje požara. Može otkriti požar bilo gdje duž duljine kabela, a može biti i dulji od kilometra. Ova metoda je u suštini linijski oblik detekcije topline s fiksnom temperaturom koji se koristi u uobičajenim komercijalnim i industrijskim okruženjima te je dostupan u više temperaturnih raspona. Kabel za linearno otkrivanje topline u osnovi je dvožilni kabel završen otpornikom na kraju linije (otpor ovisi o primjeni). Dvije jezgre odvojene su polimernom plastikom koja je dizajnirana za topljenje na određenoj temperaturi; kada dođe do kvara plastika se topi, nastaje kratki spoj i induciran je alarm. Ako dođe do incidenta koji je gore naveden potrebno je zamijeniti dio kabela čija je izolacija oštećena. [7]

Razlikuju se određena stanja u kojima može biti linearni temperaturni kabel:

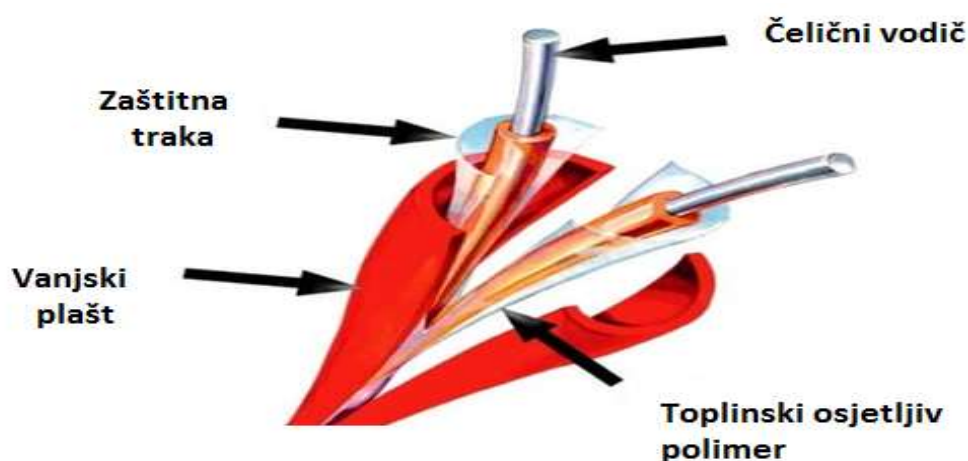
Prekinuti krug – beskonačan otpor

Uobičajeni radni uvjeti - prividni otpor bit će jednak otporu na kraju linije

Otkrivanje požara - Otpor linearnog toplinskog kabela na kratki spoj

Linearni detektori topline osjetit će stanje pregrijavanja u bilo kojoj točki linije i točno odrediti njegovo mjesto. Sustav za otkrivanje topline sastoji se od kabela za osjetljivost topline i jedinice za nadzor ili upravljanje.

Promjena temperature duž osjetničkog kabela uzrokovat će relativnu promjenu otpora kabela. Ovu će promjenu otkriti nadzorna odnosno upravljačka jedinica koja će signalizirati alarm na unaprijed podešenoj temperaturi. Osjetni kabel može biti višezilni ili koaksijalni. Jedan kraj mora biti povezan s jedinicom za nadzor. Drugi kraj mora se prekinuti tako da se stvori petlja koja će se kontinuirano nadzirati radi prekida i kratkog spoja te stanja alarma. [7]



Slika 5. Presjek linijskog temperaturnog detektora

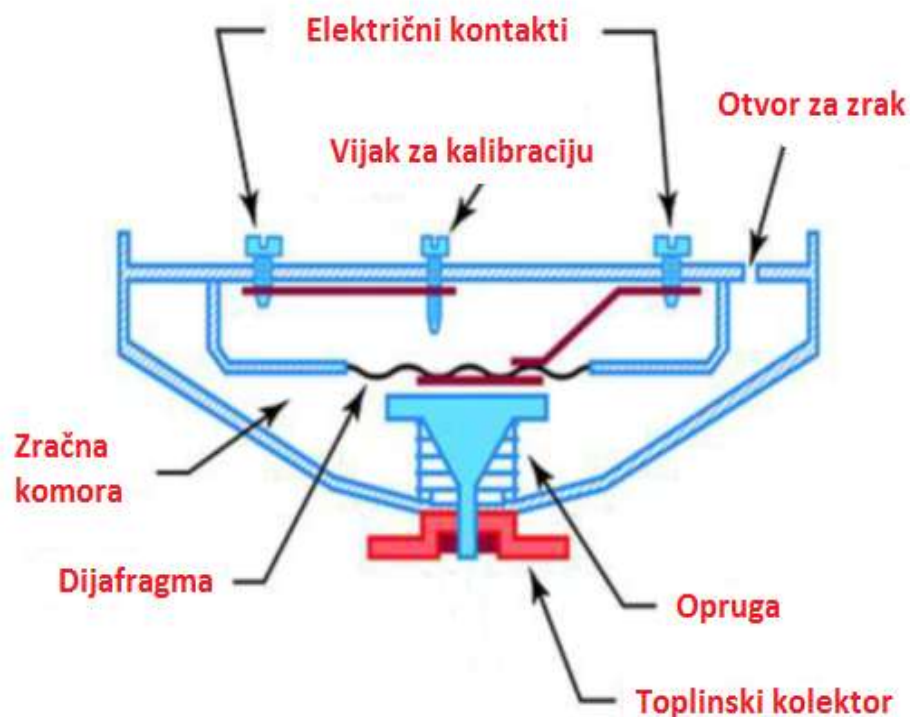
Izvor: Izradio autor prema: <https://instrumentationtools.com/linear-heat-detectors/>, (09.07.2021.)

2.1.2. Termodifreencijalni (ROR) detektori

Detektori topline kompenzirani brzinom porasta temperature dizajnirani su za pokretanje alarma kada temperatura okolnog zraka dosegne unaprijed zadanu razinu, bez obzira na brzinu porasta temperature.

Detektor koristi zračnu komoru i membranu. Kad vatra uzrokuje širenje zraka u komori brže nego što može izaći iz ventilacijskog otvora, povećani tlak prisiljava membranu da zatvori kontakte i aktivira signal alarma. Ovaj detektor također sadrži klip s fiksnom temperaturom koji će raditi ako temperatura prijeđe zadanu temperaturu. [8]

Ovi su detektori dizajnirani za uklanjanje toplinskog zaostajanja povezanog s fiksnim detektorom temperature, kao i problem lažnih alarma (veća pouzdanost) i povoljniji su od detektora dima. Glavni nedostatak je što se koristi samo za zaštitu imovine.



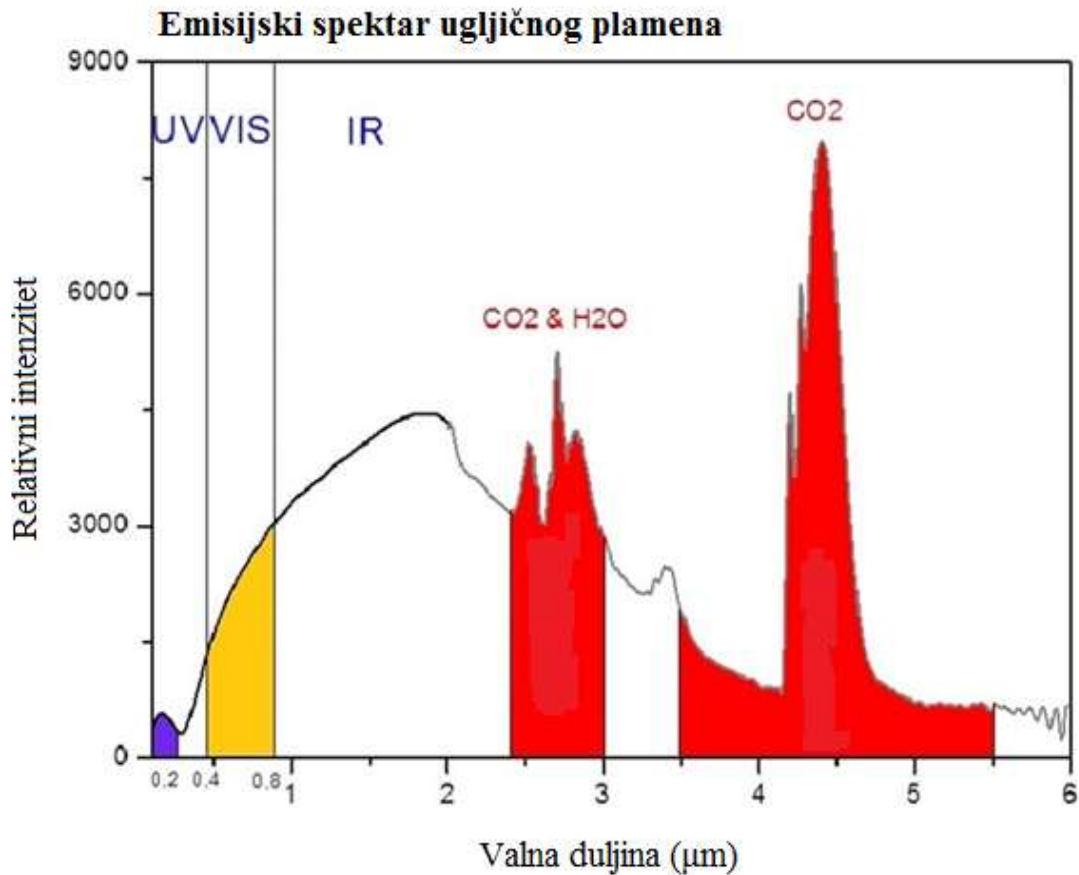
Slika 6. Detaljni prikaz ROR detektora

Izvor: Izradio autor prema: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/Blogs-Landing-Page/NFPA-Today/Blog-Posts/2021/04/14/A-Guide-to-Fire-Alarm-Basics-Initiation>, (09.07.2021.)

2.2. DETEKTORI PLAMENA

Detektori plamena prvenstveno su namijenjeni zaštiti područja u kojima će se očekivani požari razviti brzo, s malo ili nimalo početnih odnosno tinjajućih stupnjeva, ali i gdje je paljenje gotovo trenutno (primjer su zapaljive tekućine, plinovi i eksplozije). Detektor plamena optički „osjeća“ zračenje koje odaje plamen ili užareni žar. Ovi elementi primjenjuju se u područjima bez nadzora koji zahtijevaju automatiziranu zaštitu od požara, mjestima gdje se nalaze lako zapaljivi materijali te u industrijskim pogonima (rafinerije, platforme za bušenje i proizvodnju, terminali za utovar benzina i slično). Razlikujemo tri vrste ovakvih detektora: infracrveni (IR), ultraljubičasti (UV) i kombinacija UV i IR. U emisijskom spektru plamena prepoznatljivi su opsezi UV (Ultra violet), IR (Infra red) ili oboje (VIS – visible) što se i vidi na slici 7. UV zračenje je oko 200 nanometara, zatim vidljivi i infracrveni dio između 0,4 i 3 mikrometara, koji je više ili manje intenzivan, ovisno o karakteristikama goriva. Drugi spektar se koristi za razlikovanje plamena od

pozadinskog zračenja (okolišnog ili industrijskog). [9]



Slika 7. Emisijski spektar ugljičnog plamena

Izvor: Izradio autor prema: <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=815>, (12.07.2021.)

Plamen će titrati nasumično kad se sagorije prirodno (s okolnim zrakom), u usporedbi s umjetno izgaranim plamenom koji neće tako treperiti. Zračenje plamena obično je modulirano u opsegu od 1 do 20 Hz, što može omogućiti učinkovito prefiltriranje signala koji primaju detektori. [9]

2.2.1. Infracrveni detektori plamena

Infracrveni detektori mogu osjetiti tipično treperenje plamena. Detektor je osjetljiv na uski pojas zračenja oko područja od 4,4 μm , što je pretežno emisijsko područje za požare sa ugljikovodicima. Uz to, sunčevo zračenje na ovom pojasu apsorbira Zemljina atmosfera, što čini IR detektor plamena solarno slijepim. Infracrveni detektori dostupni su već dugi niz godina, no tehnologija je tek u novije vrijeme omogućila stabilno i precizno

otkrivanje. [10]

Postoje dvije vrste infracrvenih detektora, jednofrekventni i multifrekventni. Jednofrekventni detektori koriste piroelektrični senzor koji reagira na promjene intenziteta IR zračenja. Uz to imaju niskofrekventni propusni filter, koji ograničava njihov odziv na one frekvencije koje su karakteristične za treperenje požara. Kao odgovor na požarni signal senzora, elektronički sklop u detektoru generira izlazni signal. Prednost ovih uređaja je velika brzina odziva (čak ispod 30ms), neosjetljivost na zavarivanje, X - zrake, iskre i sunčevu svjetlost. Nepovoljnost ovih detektora je osjetljivost na vremenske uvjete (kiša ili vodena para) te nisu prikladni za požare koji nisu ugljični. [10]



Slika 8. Primjeri raznih IR detektora

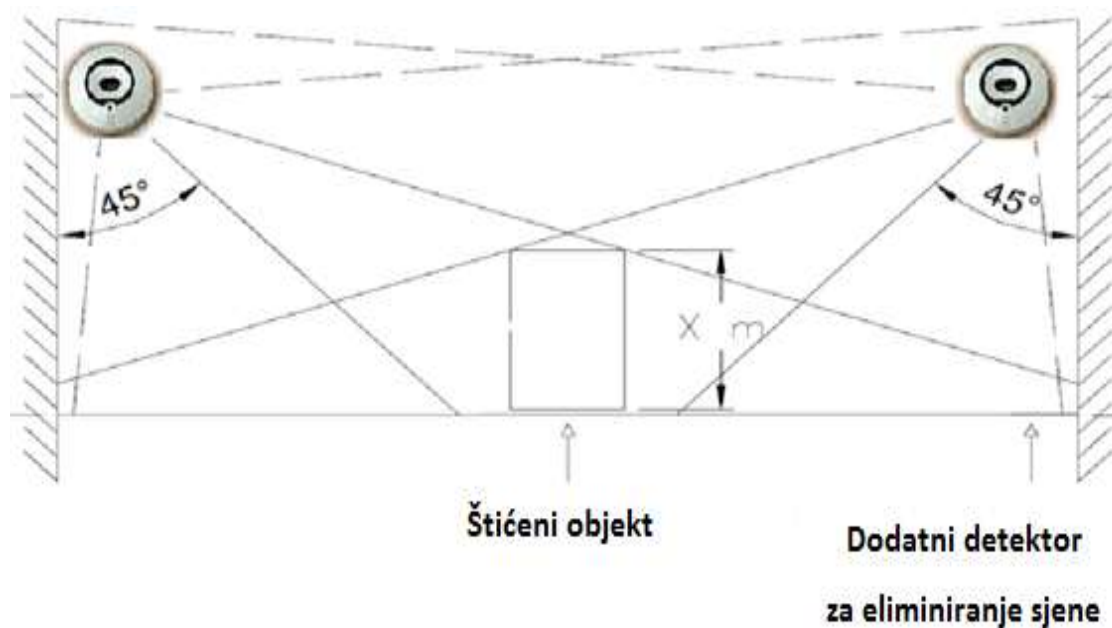
Izvor: Bistrović, M.: *Prilog povećanju učinkovitosti brodskega vatrodojavnog sustava primjenom novih elektroničkih i računalnih tehnologija*, doktorska disertacija, Pomorski fakultet, Rijeka, 2016.

Multifrekventni detektor ima tri senzora, svaki osjetljiv na različitu frekvenciju zračenja. IR zračenje koje emitira tipična vatra ugljikovodika intenzivnije je na valnoj duljini koju prihvaća jedan senzor od preostala dva. Elektronički sklop u detektoru prevodi razliku u intenzitetu tri senzora u omjer koji, zajedno sa sinkronim treperenjem, mora biti prisutan prije nego što se proizvede požarni signal. To omogućuje detektoru da odbije titrajuće izvore zračenja crnog tijela visokog intenziteta jer ti izvori neće udovoljavati odgovarajućim kriterijima omjera. U usporedbi sa jednofrekventnim je imuniji na lažne alarme, krasi ga duljina dometa otkrivanja čak do 60 metara, ali je duže vrijeme odziva.

IR detektori osjetljivi su na većinu požara ugljikovodika (tekućine, plinovi i krutine). Požari poput izgaranja metala, amonijaka, vodika i sumpora nisu u opsegu osjetljivosti detektora za aktiviranje alarma. IR detektori prikladni su za primjene u kojima je vjerojatno da će doći do požara ugljikovodika i mogu biti prisutne visoke koncentracije onečišćenja u zraku i / ili izvora UV zračenja. [10]

2.2.2. Ultraljubičasti (UV) detektori plamena

UV detektor koristi senzorsku cijev koja otkriva zračenje. Unutar detektora osjetljivi element ultraljubičastog plamena sačinjen je od cijevi ispunjene plinom u kojoj se plin ionizira ultraljubičastim zračenjem. To uzrokuje provodljivost materijala, što rezultira alarmom. Ako senzor detektora ima širok raspon, tada će ga pokrenuti sunčeve zrake, što znači da je prikladan samo za unutarnju upotrebu. Dostupni su senzori s rasponom od 180 do 250 nanometara valne duljine. Gotovo sve vatre emitiraju zračenje u ovom pojasu, dok sunčevo zračenje u tom pojasu apsorbira zemljina atmosfera. Rezultat toga je da je UV detektor plamena solarno slijep. Prednost ovih detektora je reakcija na više vrsta požara kao što su požari ugljikovodika, metala ili vodika, a i velika brzina odziva (ispod 10 ms). S obzirom da određeni izvori poput munje, elektrolučnog zavarivanja, zračenja i sunčeve svjetlosti mogu aktivirati alarm uključuje se vremensko kašnjenje od nekoliko sekundi da bi se spriječili lažni alarmi. Kako bi se suzbio utjecaj pozadinskog zračenja, ova vrsta detektora radi na valnim duljinama manjim od 300 nanometara. [10]



Slika 9. Prikaz instalacije tipičnog UV detektora

Izvor: Izradio autor prema: <https://www.ttbv.com/media/files/datasheets/consilium/datasheet-N11121-NS-AUV%201.pdf>, (22.07.2021.)

2.2.3. UV/IR detektori plamena

UV / IR detektor sastoji se od UV i jednofrekvencijskog IR senzora koji zajedno

tvore jednu jedinicu. Dva senzora pojedinačno rade isto kao što je prethodno opisano, ali dodatni sklop obrađuje signale oba senzora. To znači da kombinirani detektor ima bolje proširene mogućnosti odbijanja lažnih alarma jer zahtjevaju UV ili IR izvore svjetlosti koje odgovaraju određenoj frekvenciji da bi izazvao alarm te je stoga bolje rješenje od pojedinačnih detektora.

Ovu komponentu odlikuje imunost na lažne alarme, velika brzina odziva (manje od 500 ms), neosjetljivost na zavarivanje, iskre, lukove i sunčevu svjetlost. Preporuka je da se ova vrsta detektora ne instalira na mjestima gdje se mogu pojaviti požari koji nisu ugljični požari. [10]

Sljedeća slika prikazuje uređaj koji se koristi za detekciju čak sedam izvora goriva - heptan, vodik, metan, metanol, propan, etan i butan.



Slika 10. UV/IR detektor MSA FL500

Izvor:

https://s7d9.scene7.com/is/content/minesafetyappliances/FL500_UVIR_Flame_Detector_Instruction_Manual-EN, (14.07.2021.)

2.3. DETEKTORI DIMA

Detektori dima dizajnirani su za ukazivanje na požar koji uključuje uobičajene zapaljive materijale za koji se očekuje da će napredovati kroz različite tinjajuće faze. Vrsta,

zapremina i gustoća dima koji nastaju tijekom razvoja požara uvelike će se razlikovati ovisno o gorivima koja su uključena u proces i količini dostupnog kisika.

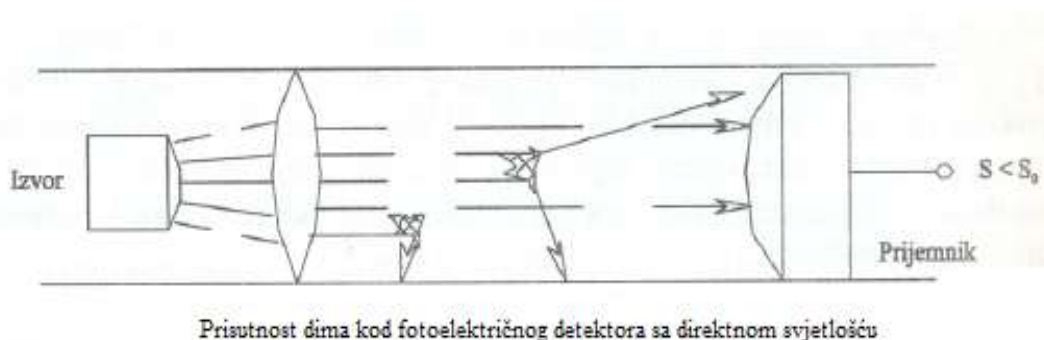
Obično se najveći volumen vidljivog dima stvara tijekom faze početnog paljenja i faze tinjanja. Iako je na raspolaganju niz različitih tipova detektora dima, dva najčešće korištena detektora dima su ionizacijski i fotoelektrični tipovi. [11]

Različite vrste dima sastoje se od različitih čestica u dimu. Požar veće temperature sadrži veći broj nevidljivih čestica dima. Požari nižih temperatura sadrže vidljive čestice dima. Neizvedivo je konstruirati detektor sa jednakom osjetljivosti za sve veličine čestica dima pa je potrebno pažljivo odabrati tip detektora dima kojeg treba koristiti u određenim prostorijama na brodu. [5]

2.3.1. Fotoelektrični detektori

Konstruktivski se fotoelektrični detektori mogu podijeliti na one sa direktnom svjetlošću i sa raspršenom svjetlošću. Sastoje se od izvora svjetlosti, sustava kolimirajućih leća i fotoosjetljive ćelije.

U normalnom stanju svjetlost dopijeva u prijemnik i signal iz prijemnika je jednak početnom maksimalnom iznosu S_0 . U stanju prisutnosti dima u aktivnom dijelu dolazi do apsorpcije dijela svjetlosti te je električni signal koji emitira prijemnik manji u odnosu na početni signal. Ako signal padne ispod određenog praga ($S < S_0$) dolazi do alarma. [12]

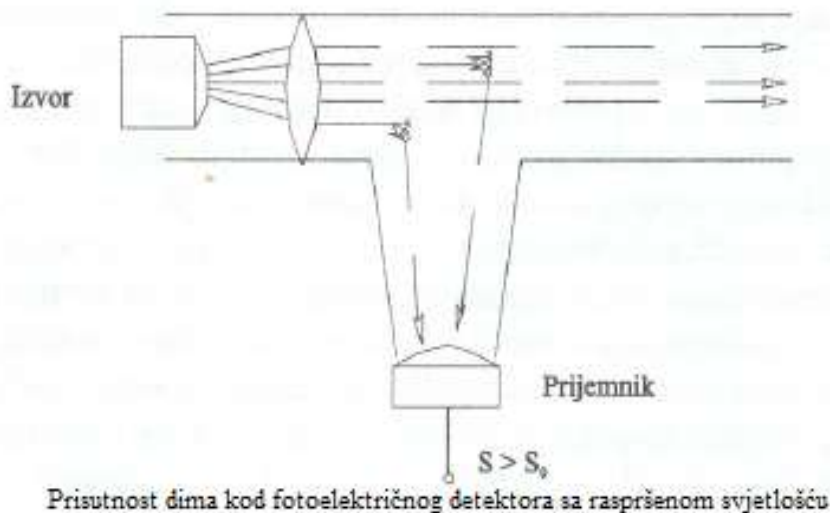


Slika 11. Princip rada fotoelektričnog detektora sa direktnom svjetlošću

Izvor: Hadžiefendić, N.: *Detekcija požara*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2006.

Fotoelektrični detektor sa raspršenom svjetlošću sadrži iste komponente kao i onaj sa direktnom svjetlošću, ali se razlikuju u principu rada. Izvor emitira svjetlost koja ne dolazi do prijemnika ako nema prisutnosti čestica dima u komori (S_0 je jednak nuli). Kada dođe

do nazočnosti čestica dima unutar komore, dio emitirane svjetlosti će se odbiti ili apsorbirati na spomenutim česticama. Ako se pojavi stanje u kojem se povećava udio odbijene svjetlosti, ona se raspršuje te na taj način dolazi i do prijemnika ($S > S_0 = 0$). Samim time povećava se električni signal proporcionalno gustoći dima. Nakon što se prijeđe granica podešenog praga, detektor odlazi u stanje alarma ($S > SP$). [12]



Slika 12. Princip rada fotoelektričnog detektora sa raspršenom svjetlošću

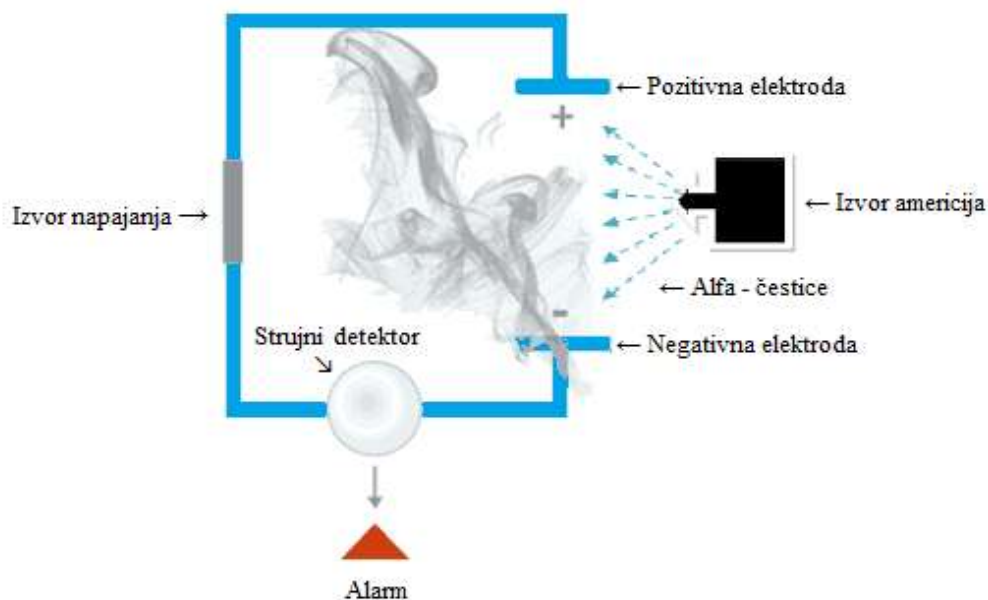
Izvor: Hadžiefendić, N.: *Detekcija požara*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2006.

2.3.2. Ionizacijski detektori

Ionizacijski detektor dima konstruiran je tako da reagira i na vidljive i na nevidljive produkte izgaranja. Ovaj detektor dima sadrži mali izvor zračenja koji stvara električno nabijene molekule odnosno ione. Korištenje radioaktivnog izvora s dugim vremenom poluraspada, zajedno s malom potrošnjom energije, daje ionizacijskom detektoru dug životni vijek uz minimalno održavanje.

Ovaj uređaj sadrži male količine radioaktivnog izotopa, a on odašilje alfa-čestice čija je uloga participiranje u raspadanju americija 241 i na taj način ionizira zrak te stvara izvjestan naboj. Uslijed odgovarajuće koncentracije dima ioni se vežu za čestice dima te prouzročavaju reduciranje struje naboja detektora. Određena redukcija generira alarm. S obzirom da je dim jedan od početnih pokazatelja požara u nemalom broju slučajeva, veoma je bitan za detekciju. Pogodnost ovih detektora je senzibilnost na minimalne koncentracije

dima čime se poboljšava sigurnost broda. [3]



Slika 13. Električni krug ionizacijskog detektora prilikom prisutnosti dima

Izvor: Izradio autor prema: Bistrović, M.: *Prilog povećanju učinkovitosti brodskega vatrodojavnog sustava primjenom novih elektroničkih i računalnih tehnologija*, doktorska disertacija, Pomorski fakultet, Rijeka, 2016.

2.4. RUČNI JAVLJAČ POŽARA

Kao način ručnog aktiviranja alarma, ručni javljači igraju važnu ulogu u izgradnji snažne obrane od opasnosti od požara. Čovjek nerijetko bolje reagira na požarne incidente te lakše raspoznaje pravi požar od lažnog. U stresnim ili opasnim situacijama bitno je da se alarm može brzo, lako i pouzdano aktivirati.

Pozicije s kojih se vrši aktivacija su obično frekventnija mjesta kao što su prostori strojarnice, prostori za zabavu i rekreaciju, hodnici nadgrađa, a izuzev toga SOLAS propisuje da ovi elementi moraju biti instalirani na evakuacijskim putevima ili na izlazu iz prostorija. Ove jedinice uglavnom se aktiviraju na jednak način. Crvenom bojom presvučen je javljač požarnog sustava, a plavi je sustav vodene magle. [3]

Mogu biti dio ručnog alarmnog sustava ili automatskog alarmnog sustava. Na jedinici za praćenje nalazit će se indikator za vizualnu indikaciju za lako pronalaženje. Način rada mora biti jasno naznačen sažetim trajnim natpisom unutar jedinice i jasno

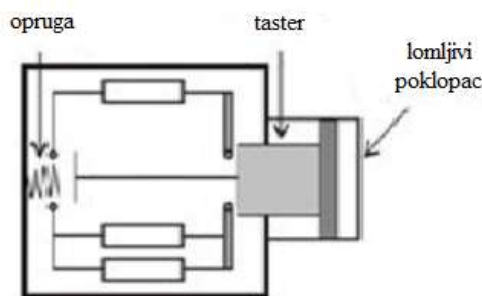
vidljiv izvana (npr. „U slučaju požara razbiti staklo“) te staklo treba biti građeno tako da ne dođe do ozljede prilikom rukovanja. Ručni javljač će se vratiti u stanje bez alarma kada se lomljivi element zamijeni novim.



Ručni javljač požarnog sustava



Ručni javljač sustava vodene magle



Slika 14. Vrste ručnih javljača i njihova građa

Izvor: <https://www.consiliumssafety.com/en/products/marine/>, (18.07.2021.)

2.5. AUDIOVIZUALNA SIGNALIZACIJA

Vatrodiojavni sustav sadrži niz uređaja koji zajedno rade kako bi otkrili i upozorili posadu pomoću vizualnih i audio uređaja kada su prisutni dim, vatra, ugljični monoksid ili druge kritične situacije. Navedeni alarmi se mogu automatski aktivirati iz detektora dima, detektora topline ili se mogu aktivirati putem ručnog javljača.

Zvučni signali za požarni alarm mogu se postaviti na određene frekvencije i različite tonove, uključujući niske, srednje i visoke, ovisno o mjestu primjene i proizvođaču uređaja. Zvučni alarmi za sustav požara moraju se razlikovati od zvučnih alarma koji se koriste u druge svrhe. Kako bi se osiguralo da se zvučni signali jasno čuju, oni moraju imati razinu zvuka najmanje 85 dB-a na 3 m. Za utišavanje alarma potreban je ručni postupak (na vatrodiojavnoj centrali) jer se neće automatski utišati ili otkazati. Vizualni alarmi moraju biti u stanju kontinuirano raditi bez štetnih učinaka. S obzirom da na brodu

postoje područja s visokom razinom buke kao dopuna zvučnim alarmima koriste se bljeskalice koje moraju biti u kompletu s ksenonskim svjetlom i potpuno zatvorene u kućište. Uobičajeni napon audio i vizualnih alarma je 24 V istosmjerno, osim ako nije drugačije specificirano. [13]



Slika 15. Primjeri audiovizualnih elemenata

Izvor: Izradio autor prema:

<https://www.ttbv.com/media/files/consilium/Consilium%20Fire%20and%20Gas%20Product%20Catalogue.pdf>, (19.07.2021.)

3. ISPITIVANJE ISPRAVNOSTI ELEMENATA VATRODOJAVNOG SUSTAVA

Vremenom se mogu nakupiti prašina, prljavština i drugi strani materijali unutar senzorskih elemenata detektora, što rezultira smanjenjem osjetljivosti, a samim time i dulje je i vrijeme detekcije. Kako bi se izbjegli kvarovi i neželjeni alarmi, a postigla sigurnost sustava za detekciju požara potrebno je održavati sustav da bude u radnom stanju odnosno uključen (osim ako je nastao kvar ili se provodi tekuće održavanje). Kvalificirane osobe trebaju provoditi aktivnosti servisa, održavanja i testiranja opreme vatrodojavnog sustava kako bi se osigurala njegova ispravnost.

SOLAS II-2/14 zahtijeva da brodovi imaju plan održavanja koji detaljno opisuje održavanje, ispitivanje i inspekciju protupožarnih sustava i uređaja koji je u skladu s sustavom upravljanja sigurnošću (engl. *safety management system*) broda. Važno je da se plan izradi u skladu s sustavom upravljanja sigurnošću broda jer je potrebno uzeti u obzir svo osoblje i predvidive opasnosti. Planom se uspostavlja učinkovit komunikacijski sustav između osoblja inspekcije i dežurne posade. Svaki tjedan nužna je provjera indikatora na upravljačkom panelu (centrali). Mjesečna ispitivanja i preglede uključuje pojedinačno ispitivanje detektora i ručnih javljača požara na način da se svaki element ispita u vremenskom periodu od pet godina. U jednoj godini potrebno je provjeriti sve sustave za detekciju i otkrivanje požara koji se koriste za automatsko gašenje požara da bi se osigurao pravilan rad. Usto, vizualnim pregledom se utvrđuje stanje detektora kako bi se spriječile eventualne smetnje (prašina, prljavština i slično). Između ostalog, zbog potencijalnog naglog nestanka električne energije vrši se kontrola sustava za prebacivanje napajanja u nuždi da se omogući neprekidan rad. [14]

3.1. TESTIRANJE TOPLINSKIH DETEKTORA

Prije započinjanja ispitivanja potrebno je obavijestiti odgovarajuće odjele i u većini slučajeva ishodovati dozvolu za rad. Zatim je nužno blokirati procese pokretanja drugih sustava koji su interakciji sa vatrodojavnim sustavom (npr. aktiviranje sustava za gašenje požara i slični sustavi). Neposredno uoči ispitivanja detektora topline, poželjno je vidjeti status LED diode detektora topline (trebala bi treptati crveno).

Radni napon detektora topline može se kretati od 20 - 38 VDC ovisno o proizvođaču,

ali obično iznosi 30 VDC. Nakon ovih provjera detektor je spreman za testiranje. Prašina koja se nalazi na detektoru čisti se puhalom ili pamučnom krpom. Simulacija topline koja aktivira ovaj uređaj je izvedena pomoću toplozračnog fena te se zagrijavanje primjenjuje desetak sekundi. Pod nadzorom mikroprocesora puhani zrak zagrijava element neposredno prije izlaska iz kanala. Taj postupak smanjuje mogućnost oštećenja plastike detektora. [15]

Koraci pri korištenju seta za ispitivanje vidljivi su na slici 16. Najprije se instalira napunjena baterija u toplozračni fen. Zatim se uključuje prekidač te LED lampica svijetli zeleno. U 3. koraku toplozračni fen se pozicionira ispod detektora te ga popuno okružuje sve dok se ne aktivira alarm.



Slika 16. Prikaz seta i priprema za testiranje toplinskog detektora

Izvor: <https://www.acornfiresecurity.com/solo-461-cordless-heat-detector-test-kit>, (21.07.2021.)

Po završetku zagrijavanja vidljiva je promjena na LED diodi detektora topline - ona više ne treperi nego ima konstantnu crvenu boju, a nakon toga se pojavljuje alarm i aktivira se sirena što je indicirano na vatrodojavnoj ploči. Za utišavanje zvučnog alarma potrebno je pritisnuti tipku za potvrdu alarma na centrali. S obzirom da se alarm aktivirao te je toplinski detektor odradio svoju zadaću, toplozračni fen se može udaljiti iz njegove okoline. Pojedini alarmi moraju se podudarati s brojem oznake detektora topline i

instaliranim mjestom. Nakon toga alarm se resetira na vatrodojavnoj centrali. Kako je sada normalno radno stanje, status LED diode se mijenja iz konstantno crvene u trepćuću crvenu. Blokirane procese za pokretanje drugih sustava potrebno je vratiti u uobičajeni mehanizam rada. Prilikom završetka radova zatvara se dozvola za rad. [16]

3.2. TESTIRANJE DETEKTORA PLAMENA

Nužno je blokirati procese pokretanja ostalih sustava koji su u komunikaciji sa vatrodojavnim sustavom (npr. aktivacija sustava za gašenje požara i slični sustavi). Prije ispitivanja detektora plamena trebalo bi se provjeriti LED diodu detektora plamena (trebala bi treptati zeleno). Napon na detektoru u normalnom radu iznosi 24 VDC. Prije korištenja ispitne lampe preporuka je očistiti zaslon detektora pamučnom krpom. Također je potrebno podesiti rezoluciju ovisno o tome ispituje li se sa veće ili manje udaljenosti. Nakon otprilike 3 sekunde oglašava se sirena, LED dioda na detektoru svijetli konstantno crveno što znači da je prisutan alarm. Alarm je potrebno ručno potvrditi na vatrodojavnim panelu kako bi se utišala sirena. Po završetku potvrde, provjerava se oznaka alarma te se mora podudarati sa instaliranim mjestom i oznakom samog detektora. Crvena LED indikacija se isključuje kada je detektor vraćen u normalno radno stanje te tada ponovno svijetli trepteća zelena LED indikacija. Prisilne blokade procesa vraćaju se u uobičajeni modalitet rada. [17]



Slika 17. Detaljni prikaz tipične lampe za ispitivanje

Izvor: http://www.safetysys.com/wp-content/uploads/2013/01/FT193_instruction_manual.pdf, (22.07.2021.)

3.3. TESTIRANJE DETEKTORA DIMA

Kako i kod prethodnih ispitivanja, potrebno je ishodovati dozvolu za rad i onemogućiti procese pokretanja ostalih sustava koji su u interakciji sa vatrodojavnim sustavom (npr. aktivacija sustava za gašenje požara i slični sustavi). Kada se promatra uređaj koji se ispituje (u stanju bez alarma) LED dioda bi trebala treptati crveno. Prije ispitivanja vrši se provjera napona, izmjereni rezultat bi trebao biti približno 30 VDC. Zatim se detektor očisti pamučnom krpom i puhalom. [18]

Postupak primjene aerosolnog spreja prikazan je na slici 18.



Slika 18. Postupci za ispitivanje detektora dima

Izvor: https://www.solo-tester.com/cms/document/Solo_Quick_Start_Guide_Online.pdf, (23.07.2021.)

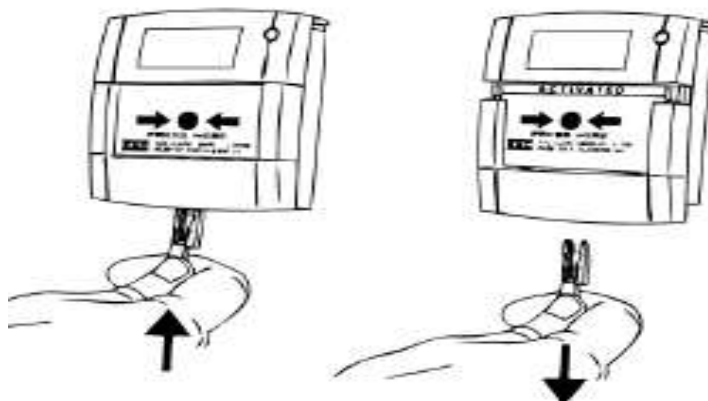
- 1.korak: Potrebno je ukloniti sigurnosnu čašu
- 2.korak: Smještanje aerosolnog spreja
- 3.korak: Vraćanje sigurnosne čaše i zavrtnje dok se sprej ne aktivira
- 4.korak: Montaža teleskopskog nastavka i pozicioniranje ispitivačkog seta ispod detektora

Pomoću alata za ispitivanje nanosi se aerosolni sprej, a on sadrži sintetički aerosol koji preslikava čestice stvarnog dima. Nakon 10 sekundi LED status detektora dima promijenit će se iz mirno trepćuće crvene u mirno crvenu boju, a nakon toga se pojavi alarm i aktivira se sirena na vatrodojavnoj ploči. Alarm je potrebno ručno potvrditi na vatrodojavnoj ploči kako bi se utišala sirena. Nakon potvrde, utvrđuje se oznaka alarma te se treba preklapati sa pozicijom i nazivom samog detektora. Nadalje, normaliziraju se prisilna blokiranja, detektor dima dovodi u normalno radno stanje, status LED-a promijenit će se iz stabilne crvene u trepteću crvenu. [18]

3.4. TESTIRANJE RUČNOG JAVLJAČA POŽARA

Mnogi sustavi za otkrivanje i dojavu požara mogu imati relejne izlaze, stoga bi moglo biti potrebno izolirati te izlaze prilikom testiranja sustava. Ako je sustav pod nadzorom, potrebno je kontaktirati centar za prijam alarma kako bi bili upućeni da se radi o ispitivanju, a ne o stvarnom alarmu. [19]

Testiranje se može izvršiti na dva načina. Prvi način je jednostavniji - potrebno je imati specijalni ključ kojim se zaštitno staklo spusti dovoljno za aktivaciju alarma, ali ova metoda ne omogućuje pregled spojeva unutar javljača. Druga opcija je privremeno uklanjanje staklene kapice sa ručnog javljača, a za to je potrebno ukloniti sve vijke te pažljivo skinuti staklenu kapicu kako bi se alarm aktivirao. Nakon uklanjanja staklene kapice s ručnog javljača, prekidač unutar njega aktivira se stoga se alarm pojavljuje na vatrodojavnoj ploči što ujedno aktivira i sirenu. [20]



Slika 19. Ispitivanje ručnog javljača pomoću posebnog ključa

Izvor: <https://www.consiliumsafety.com/en/product/mcp-a-sci-gb-5200030-02/>, (24.07.2021.)

Svaki ručni javljač (MCP) koji se testira bit će registriran u određenoj zoni na brodu. (pored vatrodojavnog panela obično se nalazi tlocrt sa svim zonama u boji i oznakama, shodno tome je poznato koja zona se odnosi na koje područje.) [5]

Dakle, prilikom testiranja vatrodojavnog alarma, nakon što se aktivira MCP i prijeđe na ploču da se utiša alarm, prvo se želi provjeriti prikazuje li zaslon na ploči ispravnu zonu. Također, poželjno je provjeriti žične spojeve unutar modula, te ih zategnuti po potrebi. U samome MCP-u se provjeravaju spojevi (pogotovo vezani za otpornik), staklena kapica se vraća na prvobitno mjesto te se zatežu vijci. Nakon toga resetira se alarm, a sustavi koji su onemogućeni dovode se u normalno radno stanje. [19]

4. RAZDIOBA BRODSKIH VATRODOJAVNIH SUSTAVA

Sustav za dojavu požara mehanizam je različitih međusobno povezanih uređaja i komponenata koji se koriste za upozoravanje u slučaju požarnog incidenta kako bi zaštitili živote osoblja, putnika i materijalne vrijednosti poduzimanjem odgovarajućih radnji. Požarni alarmni sustav kombinacija je različitih komponenata kao što su detektor dima, detektor topline, detektor plamena, ručni javljači, audiovizualni elementi (sirene, bljeskalice i slično), upravljačka ploča i drugi srodni i opcijski sigurnosni uređaji. Poput procesora u računalnom sustavu, upravljačka ploča je mozak vatrodojavnog sustava koji šalje indikaciju stanja i obavijesti vezane za detektore, sonde, a također i obavijesti vezane za aktivaciju ručnog javljača. [21]

SOLAS konvencija nalaže smještaj vatrodojavne centrale u prostoriji kontrolne sobe ili na upravljačkom mostu. U slučaju prekida strujnog kruga u kojem se nalazi detektor upravljački panel izvršava alarmiranje. Kada se dogodi nestanak napajanja, potrebno je osigurati automatsko preusmjeravanje na napajanje u slučaju nužde kako bi se omogućio konstantan rad sustava. [2]

S obzirom na način izvedbe brodske vatrodojavne sustave moguće je podijeliti u četiri grupe: [3]

- Klasični brodski vatrodojavni sustav
- Adresabilni brodski vatrodojavni sustav
- Analogno - adresabilni brodski vatrodojavni sustav
- Bežični brodski vatrodojavni sustav

4.1. KLASIČNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV

Uobičajeni sustavi za dojavu požara koriste se analognom tehnologijom i temelje se na hardveru koji se sastoji od zona. Zone povezuju upravljačku ploču, a sastoje se od više uređaja, uključujući uređaje za obavještanje. [5]

S obzirom na veći broj uređaja (detektora) neophodno je više vremena za detektiranje izvora požara. Kako bi se obezbijedila sigurnost ovakvog sustava instalira se do 30 detektora u jednoj petlji (prema propisu standarda EN-54), a kontrola linije (prekid ili kratki spoj) je osigurana sa EOLR (engl. *end of line resistor*) odnosno završnim otpornikom. [3]

Princip dojave alarma se temelji na povećavanju struje u liniji u trenutku promjene uvjeta u okolini (proboj promatrane veličine iznad praga). Ova promjena struje priopćuje se upravljačkoj ploči kako bi se aktivirao alarm. Budući da se klasični sustav oslanja na pojedinačne krugove za komunikaciju s upravljačkom pločom, podaci koje kontrolna ploča može primiti ograničene su na broj uređaja koje može podržati, a glavni nedostatak je nemogućnost određivanja točnog mjesta požara odnosno koji detektor je u stanju alarma. [22]



Slika 20. Pojednostavljeni prikaz klasičnog vatrodojavnog sustava

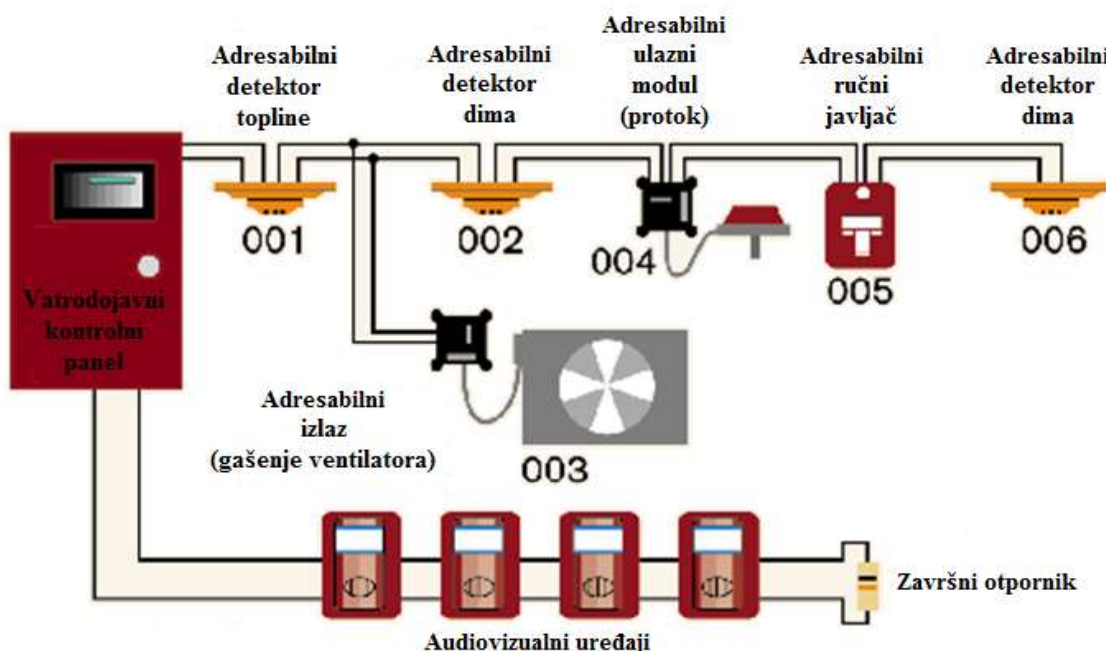
Izvor: <http://blog.westpennwire.com/analog-vs-addressable-fire-alarm-cables>, (08.08.2021.)

4.2. ADRESABILNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV

Za razliku od klasičnih sustava za dojavu požara koji koriste struju za slanje informacija s uređaja na upravljačku ploču, adresibilni uređaji za dojavu požara poslati će podatke na upravljačku ploču u obliku binarnog koda odnosno u formatu nula i jedinica. Binarni kod generira se promjenama napona unutar signalnih uređaja. Za realizaciju potreban je sustav za pretvaranje ovih varijacija napona, pa adresirani sustav koristi procesor za pretvaranje veličina u prenosivi binarni kod. Prednost ovog sustava je u tome što zahvaljujući svom dizajnu adresabilni sustav za dojavu požara može prenijeti širok

raspon kritičnih informacija na upravljačku ploču u usporedbi s klasičnim sustavima za dojavu požara koji imaju samo jedan sustav okidanja. Razlog zbog kojeg adresabilni sustavi za dojavu požara mogu ponuditi mnogo više informacija koje se šalju na upravljačku ploču je korištenje digitalne tehnologije. Dodatno poboljšanje je to što adresabilni sustav može prepoznati lokaciju potrebnog uređaja u stanju alarma. Novije verzije adresabilnih sustava za dojavu požara mogu čak prenijeti količinu dima ili topline koja se detektira. To pomaže u izbjegavanju situacija u kojima uređaji nepotrebno prelaze u alarmni način rada. Zbog adresabilnih sustava za dojavu požara postalo je lakše kontrolirati požare jer poznata lokacija požara te se može trenutno intervenirati. [23]

Prednosti ovih sustava u odnosu na klasični su povoljnije ožičenje, pridruživanje određenog teksta zoni ili detektoru, memoriranje i registriranje događaja, postupaka operatera i manja dimenzija samog sustava. Za adresabilni vatrodojavni sustav pravilnik standarda EN - 54 nalaže da se pojedina petlja ne smije sastojati od više od 128 adresabilnih detektora. Istodobno, nakon dvadeset do trideset detektora nužno je instalirati izolator čija je uloga identificiranje kratkog spoja. Klasični i adresabilni sustavi sadržani su od detektora čiji je princip rada isti, razlika je u načinu prenošenja informacije do vatrodojavnog kontrolnog panela. [3]



Slika 21. Adresabilni brodski vatrodojavni sustav

Izvor: Izradio autor prema: <https://electronics.stackexchange.com/questions/402738/how-does-this-fire-alarm-system-transmit-data-on-two-wire>, (08.08.2021.)

4.3. ANALOGNO - ADRESABILNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV

Analogni adresibilni sustavi za dojavu požara često su poznati i kao inteligentni sustavi za dojavu požara. Dostupno je nekoliko različitih vrsta analognih sustava koji se određuju prema vrsti protokola koji koriste. Većina dostupnih standardnih analognih detektora prilično je jednostavna jer detektori mogu davati samo izlazne signale koji predstavljaju vrijednost otkrivenih pojava. Upravljačkoj jedinici prepušteno je da odluči postoji li požar, kvar ili predalarm. S pravim inteligentnim analognim sustavom, svaki detektor učinkovito aktivira svoje mikroracunalo koje procjenjuje okolinu oko njega i šalje informaciju upravljačkoj ploči o prisutnosti požara, kvara ili ako je potrebno jednostavno održavanje (čišćenje i slično). Osim 127 ulaznih uređaja, može se spojiti do 32 izlazna uređaja, kao što su petlje ili relejni moduli. Analogni sustavi dostupni su u verzijama s 2, 4 i 8 petlji – s ovime je omogućeno nadzirati veće prostorije sa jednog panela. [24]

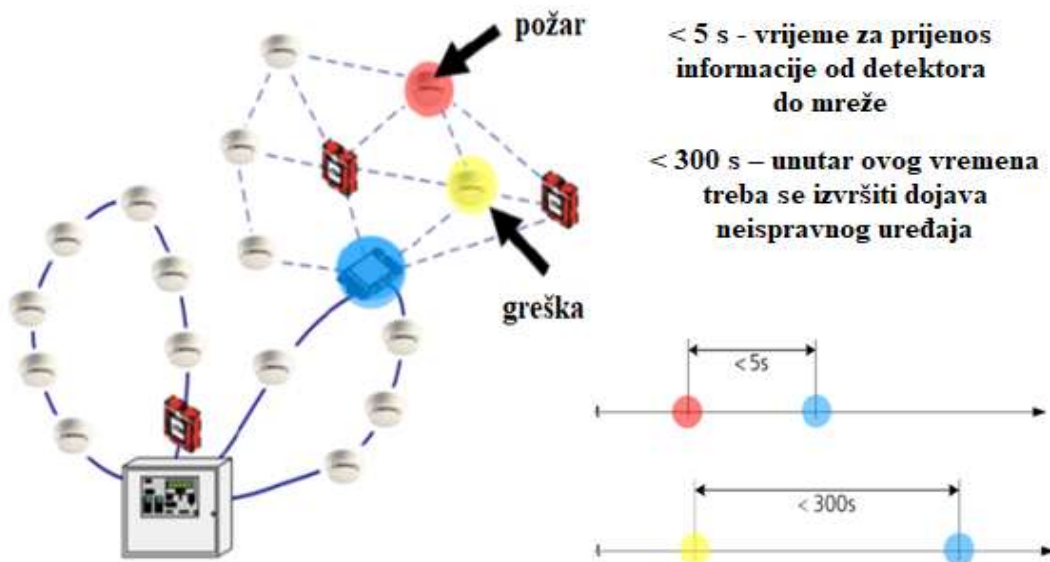
Detektori u ovim sustavima na upit vatrodojavne centrale šalju podatak o mjerenoj vrijednosti, a ne samo o broju i tipu detektora. Način slanja informacija je putem mikroracunala koje preko analognog – digitalnog pretvornika konvertira analognu izmjerenu vrijednost u digitalni oblik i po odgovarajućem protokolu šalje na kontrolni panel. Prednost ovih sustava očituje se u konstantnom mjerenju veličine što nudi korištenje međustanja. Predalarm je neodređeno stanje koje izvješćuje da je neobičajeno stanje te zaprljanost detektora. S kontrolnog panela preko displeja u svakom trenutku može se pribaviti informacija o analognoj vrijednosti određenog detektora. Analogno – adresabilnim sustavima omogućuje se upravljanje sa više mjesta uz precizan pregled stanja kao što su predalarm, alarm i slično, a samim time je osiguran cjelokupni prikaz događaja. [3]

4.4. BEŽIČNI BRODSKI VATRODOJAVNI SUSTAV

Prva rješenja ovakvih sustava pojavljuju se 90-ih godina prošlog stoljeća. Osim dometa i robusnosti bežične mreže, potignuta je i jednostavnost instalacije, treći važan dio za bežični sustav detekcije požara zapravo je izvedba samog detektora požara. Ovaj sustav je alternativan i koristi se na mjestima gdje je teže izvesti kablsku instalaciju. [25]

Instalacija vodova je skuplja opcija, a to ne uključuje same kablске vodove nego i popratnu opremu kao što su konektori, napajanja, transformatori i slično. Princip rada temelji se na potpunom nadzoru uređaja po periferiji od strane bežičnog odašiljača. Ovaj uređaj će odaslati svaki podatak prema detektorima tako da sustav raspozna stanje

svakog pojedinog elementa. Pouzdanost ovih sustava osigurava se dvosmjernom komunikacijom između detektora i kontrolnog panela putem odašiljača. Na ovaj način se postiže ispravna dojava grešaka, alarma i ostalih stanja. [3]



Slika 22. Bežični vatrodjavni sustav i vremena odziva

Izvor: Izradio autor prema: Hafner S., Künzli S.: *Wireless fire protection technology*

5. FAKTORI, UZROCI I KARAKTERISTIČNE LOKACIJE BRODSKIH POŽARA

Požar je kemijski proces koji uključuje sagorijevanje bilo koje tvari, može se opisati kao vrlo brza kemijska reakcija između kisika i zapaljivog materijala, što rezultira oslobađanjem topline, svjetla, plamena i dima. [26]

Uvjeti za razvoj požara su sljedeći elementi koji moraju biti prisutni u isto vrijeme:

- Dovoljno kisika za održavanje izgaranja
- Dovoljno topline za podizanje temperature materijala do njegovog paljenja
- Određena vrsta zapaljive tvari (materijala)
- Kemijska reakcija (požar)



Slika 23: Trokut gorenja

Izvor: <https://hr.izzi.digital/DOS/604/1985.html>, (10.08.2021.)

Čimbenik koji predstavlja lijevu bočnu stranu trokuta je velika količina zraka (kisika) koja se nalazi npr. u strojarnici, a svrha je osiguravanje dovoljne količine za rad glavnih i pomoćnih motora (izgaranje goriva), rashlada strojarnice putem ventilatora, turbina te kotlova i incineratora. Desna bočna strana trokuta prikazuje toplinu koja nastaje usljed zagrijavanja određenih strojeva zbog nepravilnog održavanja ili nedovoljnog hlađenja što je u većini slučajeva ljudska pogreška. Treća strana trokuta ukazuje na gorive tvari kao što su ulje unutar cijevi, nafta u spremnicima, zauljene krpe itd. Ispravnim održavanjem i provjerom spojeva (brtve, prirubnice) moguće je reducirati ove uzroke požara. Ako se izuzme jedan od uzroka u trokutu požar neće biti moguć. [3]

Zapaljive tvari dijele se sukladno agregatnom stanju na zapaljive plinove, zapaljive tekućine, zapaljive krute tvari. Krute tvari dijele se na: nezapaljive, teško zapaljive i lakozapaljive tvari. Tekućine se s obzirom na zapaljivost dijele na: visoko zapaljive tekućine, srednje zapaljive tekućine i teško zapaljive tekućine.

Tablica 1. Svojstva tekućina koje se upotrebljavaju na brodu

Naziv	Temperatura paljenja (°C)	Temperatura samozapaljenja (°C)
benzen	-11	560
benzin	-20	465
etanol	12,8	365
eter	-45	160
kerozin	+43 i -72	210
metanol	11,1	390
toulen	4,4	480
ugljični disulfid	-30	90

Izvor: Izradio autor prema: Zec, D.: *Sigurnost na moru*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001.

Do izgaranja plinova i para dolazi usljed njihove prisutnosti uz kombinaciju sa kisikom što čini smjesu koja može dovesti do eksplozije.

Zavisno o tipu zapaljivih tvari požari se mogu podijeliti na sljedeće klase:

- Klasa A- požari krutih tvari
- Klasa B - požari zapaljivih tekućina
- Klasa C - požari zapaljivih plinova
- Klasa D - požari zapaljivih metala
- Klasa E - svi požari od A do D u blizini električnih instalacija

Spomenute klase bitne su zbog pristupa gašenju požara. Gašenje požara klase A može se izvršiti vodom, prahom ili pjenom, a klasa B gasi se pomoću ugljičnog dioksida, praha i pjene. Požarima klasa C i E pristupa se ugljičnim dioksidom i prahom, dok se na požare klase D djeluje samo sa prahom. [26]

5.1. FAZE RAZVOJA POŽARA

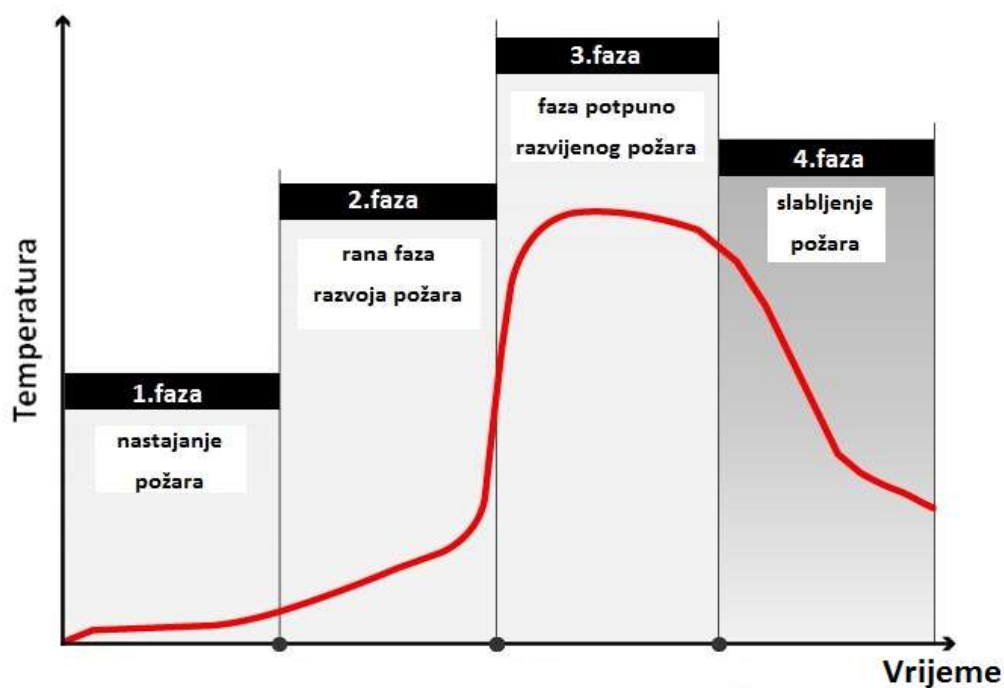
Početni stupanj je ključan kod svakog požara jer ga je u ovoj fazi najlakše suzbiti, a njegovo djelovanje uzrokuje najmanju štetu. Vrijeme koje je potrebno za identifikaciju

nažalost otežava gašenje zbog vremena koje je potrebno za lociranje ručnog aparata za gašenje požara ili poduzimanja drugih odgovarajućih koraka. [27]

Ovisno o uvjetima u prostoru razlikuju se dva slučaja:

- a) slučaj sporog rasta temperature - stupanj tinjanja
- b) slučaj kada se ispune svi kriteriji trokuta gorenja (nastaje stupanj paljenja), tada požarni incident dolazi u fazu razvoja požara. [3]

Kad požar dosegne fazu razvoja, postaje ga teže kontrolirati. To znači da dolazi do iznenadnog paljenja svega zapaljivog u zatvorenom prostoru. U ovoj ranoj fazi požar ima smjernicu brzog širenja do trenutka kada nastaje neobuzdano stanje (engl. *flashover*). Temperature se mogu popeti na 800°C stupnjeva u samo nekoliko sekundi. [27]



Slika 24. Faze razvoja požara

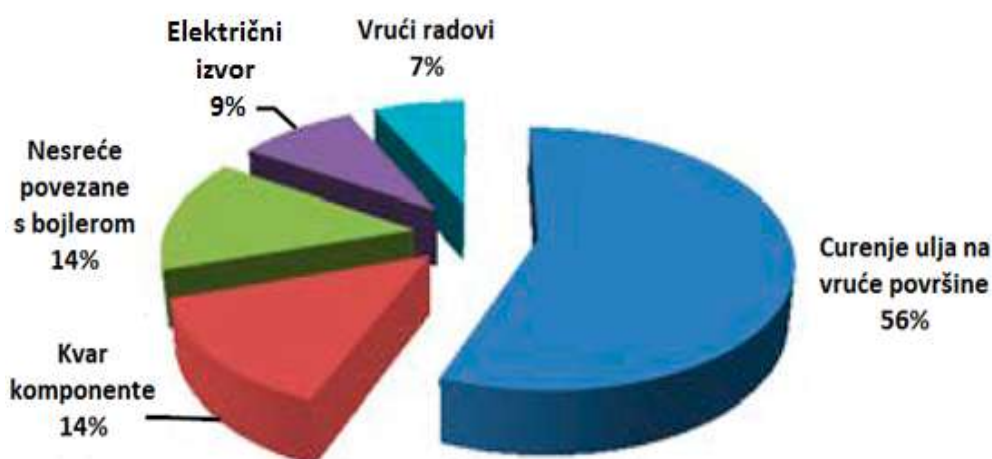
Izvor: Izradio autor prema: <https://www.firetrace.com/fire-protection-blog/different-stages-of-a-fire>, (11.08.2021.)

Rast požara odvija se na način da se požar brže širi vertikalno, a slabije horizontalno usljed transformacije topline konvekcijom stoga pregaraju gorivi materijali, a time se ubrzava sagorijevanje. U ovoj fazi nastaju situacije opasne po život radi količine dima, plinova, a uzrokuje i otežavanje evakuacije posade zbog umanjene vidljivosti. Potpuno razvijenu vatru je najteže suzbiti jer je u ovoj fazi vatra na maksimalnim temperaturama uzrokuje najveću toplinsku štetu jer su temperature veće od 1100 °C te je moguće gorenje i samog konstrukcijskog materijala. Slabljenje požara je faza u kojoj intenzitet požara opada.

U ovoj posljednjoj fazi požar se postupno gasi, no opasnost se može pojaviti usljed naglog dovođenja veće količine kisika (engl. *backdraft effect*). [3]

5.2. ANALITIKA POŽARA U BRODSKOJ STROJARNICI

Više od 50% svih požara u strojarnici uzrokovani su kombinacijom curenja ulja na vruće površine. Brojni su izvori gdje se može pojaviti curenje ulja, teško se reduciraju, no vrlo lako ih je prepoznati te udaljiti ih od vrućih površina. Požari uzrokovani curenjem ulja na vruće površine su mnogo ozbiljniji od požara uzrokovanim drugim čimbenicima što je i uočljivo iz slike 25. [28]



Slika 25. Uzroci požara u brodskoj strojarnici

Izvor: Izradio autor prema: Krystosik-Gromadzinska, A.: *Engine room fire safety*, Maritime University of Szczecin, 2016., p. 29-35

Strojarnica je mjesto koje karakterizira visoka opasnost od požara. Konkretno, uvijek postoji opasnost od požara zbog prisutnosti velikih količina lož ulja, hidrauličkog ulja, ulja za podmazivanje i termalnog ulja koje troši glavni motor, generator, kotao, grijač termalnog ulja, a to su sve lako zapaljivi materijali.

Osim toga, postoje mnogi potencijalni izvori paljenja kao što su vruće površine ispušnih cijevi, turbopunjači, kotlovi i spalionice otpadnog ulja koje su okarakterizirane kao najopasnije. S obzirom na lako širenje požara u strojarnici, primjećuje se da lako mogu prouzročiti ozbiljnije posljedice kao što je gubitak ljudskog života i onesposobljavanje broda zbog devastiranih strojeva. Nadalje, mogu se proširiti i na druga područja broda, poput smještajnih prostora itd. Ovakve vrste požarnih incidenata često se javljaju kao

rezultat višestrukih pogrešaka i to za vrijeme plovidbe, a između ostalog može rezultirati ozbiljnim problemima i s navigacijskim sustavom. [28]

Nakon 13 godina istraživanja, statistički podaci su pokazali da na broju od 6000 trgovačkih brodova 73 strojarnice bivaju zahvaćene požarom što daje prosjek od oko 6 požara godišnje. Osnovni pokazatelj koji se koristi za procjenu konstrukcijske požarne sigurnosti plovila je opasnost od požara izražena u učestalosti požara s obzirom na broj plovila (tonažu) i njihov vijek trajanja. Tipične mjerljive jedinice uključuju:

- broj požara godišnje,
- broj godina broda ili broj požara po godini broda
- broj tona godišnje po požaru ili broj požara po tonama godišnje

Prema statističkim podacima, opasnost od požara u strojarnici čini oko 30 - 50% ukupne opasnosti od požara na plovilima, gdje oko 60% požara izbije u sustavima loživog ulja i dizel ulja. Glavni uzrok požara motora na loživo ulje je oštećenje elemenata cjevovoda uzrokovano vibracijama. [29]

Tablica 2. Učestalost požara usljed korištenja loživog ulja i dizel goriva

Sistem	Učestalost	
	Broj požara	Broj požara godišnje
	[1/brod godina]	[1/požar]
Loživo ulje	4.04×10^{-4}	5474
Dizelsko gorivo	1.67×10^{-4}	6000
Ukupno	5.71×10^{-4}	1751

Izvor: Izradio autor prema: Charchalis, A., Czyż, S.: *Analysis of fire hazard and safety requirements of a sea vessel engine rooms*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 18, No. 2 2011., p. 51-55

5.3. ANALITIKA POŽARA UNUTAR PROSTORIJA PUTNIČKOG BRODA

Zaštita od požara na putničkom brodu osigurava se izgradnjom od nezapaljivih materijala u trupu, nadgrađu, palubi te se za opremanje upotrebljavaju vatrootporni materijali. Šteta u slučaju požara se smanjuje korištenjem brzog automatiziranog otkrivanja požara i dovoljnim metodama gašenja. SOLAS daje osnovna načela kako izgraditi vatrootporni brod koji prihvaćaju vlasti. Postoje dva načina za ispunjavanje kriterija zaštite od požara na putničkom brodu. Prvi način je odgovarajuća razina požarne sigurnosti koja je postignuta kada sve konstrukcije, materijali i sustavi za gašenje prođu požarne testove.

Dovoljna razina požarne sigurnosti postiže se i ako se inženjersko rješenje razlikuje od propisa, ali u slučaju da je rizik od oštećenja od požara prihvatljivo nizak. Samo 11 % svih požara na putničkim brodovima počinje iz smještajnog područja. Trećina tih požara se razvija u stanje u kojem dolazi do velikih oštećenja. Veća oštećenja su definirana kada netko pogine ili u slučaju gubitka broda tijekom nesreće. Manje oštećenje znači da barem jedan dio broda nije sposoban vršiti svoju funkciju. Iz baze podataka nesreća GISIS -a izdvojeno je samo 80 požara na putničkim brodovima, a to je relativno mali broj slučajeva za statističku analizu. Mali požari djelomično su isključeni jer nema određenih dostupnih podataka. Učestalost požara u kabini iznosi oko $3,0 \times 10^{-4}$ po brodu godišnje. [30]

Tablica 3. Omjer požara na putničkim brodovima za razdoblje od 1998. – 2007.

Požar ili eksplozija sa ozbiljnim posljedicama na putničkom brodu					
Požar u strojarnici		Požar u prostorijama posade i putnika		Požar u prostorima tereta	
73%		11%		16%	
Manje oštećenje	Veće oštećenje	Manje oštećenje	Veće oštećenje	Manje oštećenje	Veće oštećenje
78%	22%	67%	33%	56%	44%

Izvor: Izradio autor prema: Hakkarainen, T. et.al.: Survivability for ships in case of fire - Final report of SURSHIP-FIRE project, VTT Tiedotteita - Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, 2009., p. 45-58

U istraživanju Hakkarainena i suradnika navedena su tri različita scenarija požara. Odabrani scenariji su namjerno zapaljena snažna vatra na krevetu uz otvorena vrata, mala vatra koju je zapalila cigareta na krevetu i vatra u košari s otpacima ispod stalka za ogrtače. Simulator vjerovatnosti požara (PFS) je alat koji se koristi za pronalaženje važnih ulaznih parametara koji utječu na razvoj brzine oslobađanja topline (HRR) i toplinski stres u ovim scenarijima. Brzina oslobađanja topline i brzina rasta početnog požara imaju najveći utjecaj na razvoj oslobađanja topline maksimalne temperature i na vrijeme reakcije detektora. Tkanina u krevetu ima manji učinak na razvoj oslobađanja topline od podstave madraca. Tkanina odolijeva paljenju naspram malog izvora paljenja, ali kada tkanina izgori s jedne točke madraca, sposobnost tkanine da obuzda rast oslobađanja topline gotovo je nemoguća. Brzina protoka dovodnog zraka iz ventilatora na stropu kabine nema utjecaja na razvoj požara, ali je pronađena poveznica između vremena isključivanja ventilatora i vremena kada se aktivira mlaznica vodene magle. Što duže puhalo radi, više vremena prolazi do aktiviranja vodene magle. Početni požar obično ima veliki učinak na izmjerene uvjete u zatvorenom prostoru poput kabine. U slučaju požara, mogućnosti utjecaja na

veličinu početne vatre su ograničene. U slučaju požara u košari za smeće, smanjenje količine upakirane robe koja se nalazi na brodu ima značajan pozitivan ishod na gustoću požara u kabinama. Drugi način smanjenja požarnog opterećenja u kabini je ograničenje količine prtljage na brodu. [30]

5.4. ANALITIKA POŽARA NA PALUBI KONTEJNERSKIH BRODOVA

Operacije gašenja požara na kontejnerskim plovilima ograničene su na dopuštanje izgaranja kontejnera u kontroliranim uvjetima na način da se vatra ne može dalje širiti. Za učinkovitu borbu sa požarom u pojedinim vatrogasnim odjeljcima ispod palube, osim CO₂ sustava za gašenje požara, nužno je instalirati sustav za gašenje požara na vodenoj bazi. Ovaj sustav treba biti pogodan za hlađenje konstrukcije plovila uključujući pregrade, palubu gdje se nalaze kontejneri i ostali teret. Samo će dodatno hlađenje spriječiti negativan toplinski utjecaj požara na konstrukciju broda i na taj način izbjeći širenje vatre na druge vatrogasne odjeljke. Opskrba vodom treba sadržavati dovoljan kapacitet kako bi mogla opskrbiti najmanje tri požara u odjeljcima istovremeno. To omogućuje gašenje požara čak i u slučaju širenja požara iz jednog odjeljka do susjednih odjeljaka. Kako bi se osigurao stupanj redundancije, na bazi vode protupožarni sustav mora biti u mogućnosti raditi potpuno neovisno o vatrogasnom sustavu CO₂. Infracrvene kamere, toplinski senzori ili slični sustavi značajno pridonose ranom otkrivanju požarnih incidenata. [31]

Kako raste temperatura objekta, raste i opseg emitiranog IR zračenja. Radiometri i IR kamere ne mjere izravno temperaturu objekta, ali mogu vršiti detekciju zračenja koja označava ulogu temperature. Kao beskontaktna metoda mjerenja temperature, termovizija se zasniva na opsegu IR zračenja s pojedine površine određenog elementa. [3]

Na palubi je prikladno koristiti infracrvene kamere koji su montirane na konstrukcije vatrogasnog prostora i to na način da su mehanički zaštićene. Provedba svih opisanih mjera ne štiti samo živote posade nego i okoliš, plovila i terete. [31]

6. ZAKLJUČAK

Primjenom različitih elektroničkih komponenata vatrodojavnog sustava, postiže se pozdanost i sigurnost na plovilima. Navedene karakteristike u značajnoj mjeri ugrožava požar, stoga je presudno voditi računa o testiranju svih komponenata sustava kako je navedeno u SOLAS konvenciji. Neispravna komponenta može dovesti do pogrešnog zaključka o uvjetima okoline nekog broskog prostora te na taj način spriječiti intervenciju kada je požar u početnoj fazi. Nadalje, ovaj sustav je obično u interakciji sa drugim sustavima kao što su gašenje požara sprinkler sustavom i ventilacijskim uređajima kojima se pospješuje saniranje požara. Nakon što se požar transformira u ranu fazu razvoja teže ga je kontrolirati, iznenadno se zapaljuju gorive tvari, a daljni razvitak devastira brodski inventar i odnosi ljudske živote. Tijekom rada obrađene su tehničke značajke, principi rada i načini instalacije detektora te se konstatira kako brzina reakcije elemenata, svođenje lažnih alarma na minimum i utvrđivanje točnog mjesta požarnog incidenta odlikuje efikasan brodski vatrodojavni sustav. Analizom požarnih ekscesa preciziraju se kritične točke koje uzrokuju požare. Brodske strojarnice su najčešća mjesta gdje požar nastaje zbog prisutnosti mnogih potencijalnih izvora paljenja. Također, putnički brodovi predstavljaju opasnost jer boravi veći broj ljudi na čije ophođenje nije moguće previše utjecati pa stoga tvore veći faktor ljudske pogreške. Razvitak novijih tehnologija kao što su termovizijske kamere dodatno će oplemeniti požarnu zaštitu.

LITERATURA

- [1] Salwico Cargo Addressable: *Fire detection system: Installation manual*, Consilium Marine Safety AB, 2013.
- [2] SOLAS Consolidated - Edition : *Part C - suppression of fire*, 2018., p. 187-193.
- [3] Bistrović, M.: *Prilog povećanju učinkovitosti brodskega vatrodojavnog sustava primjenom novih elektroničkih i računalnih tehnologija*, doktorska disertacija, Pomorski fakultet, Rijeka, 2016.
- [4] Bistrović, M., Kezić, D. Komoreč, D.: *Povijesni razvoj tehnologije vatrodojavnih sustava na brodovima*, Naše more, vol. 60., 2013., p. 127-133.
- [5] Kezić, D.: *Efikasnost vatrodojavnih sustava na brodu*, Zbornik radova, 36. simpozij Elmar, Hrvatska, Zadar, 1994.
- [6] Instrumentation Forum: *Heat detection working principle*, 12.11.2018.
<https://instrumentationforum.com/t/heat-detector-working-principle/6545>,
(07.07.2021.)
- [7] Instrumentation Tools: *Linear heat detectors*, s Intereneta
<https://instrumentationtools.com/linear-heat-detectors/>, (09.07.2021.)
- [8] Mahoney, S.: *A guide to fire alarm basics - initiation*, 03.03.2021.
<https://www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/Blogs-Landing-Page/NFPA-Today/Blog-Posts/2021/03/03/A-Guide-to-Fire-Alarm-Basics>,
(09.07.2021.)
- [9] AZO Sensors: *How UV, IR and imaging detectors work*, 03.07.2017.
<https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=815>, (12.07.2021.)
- [10] Instrumentation Tools: *Flame detectors working principle*, s Intereneta
<https://instrumentationtools.com/flame-detectors-working-principle/>, (12.07.2021.)
- [11] Instrumentation Tools: *Overview of fire/smoke/flame/heat/gas detectors*, s Intereneta
<https://instrumentationtools.com/overview-firesmokeflameheatgas-detectors/>,
(15.07.2021.)
- [12] Hadžiefendić, N.: *Detekcija požara*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2006.

- [13] Instrumentation Tools: *Fire and gas system audible and visual alarms*, s Intereneta
<https://instrumentationtools.com/audible-visual-alarms/>, (19.07.2021.)
- [14] SOLAS Consolidated - Edition : *Part E - operational requirements*, 2018., p. 276-278
- [15] Consilium fire and gas product catalogue: *Salwico fire detection system*, Consilium Marine Safety AB, s Interneta
<https://www.tttbv.com/media/files/consilium/Consilium%20Fire%20and%20Gas%20Product%20Catalogue.pdf>, (21.07.2021.)
- [16] Hemanth, V.: *Heat detector testing procedure*, s Intereneta
<https://instrumentationtools.com/heat-detector-testing-procedure/>, (21.07.2021.)
- [17] Hemanth, V.: *Flame detector testing procedure*, s Intereneta
<https://instrumentationtools.com/flame-detector-testing-procedure/>, (22.07.2021.)
- [18] Hemanth, V.: *Smoke detector testing procedure*, s Intereneta
<https://instrumentationtools.com/smoke-detector-testing-procedure/>, (23.07.2021.)
- [19] Germanischer Lloyd SE : *Rules for the certification and construction - industrial services*, s Interneta
https://rules.dnv.com/docs/pdf/gl/maritimerrules2016Jan/gl_iv-7-6_e.pdf, (24.07.2021.)
- [20] Consilium Marine Safety: *Salwico MCP-A SCI data sheet*, s Interneta
<https://www.consiliumsafety.com/en/product/mcp-a-sci-gb-5200030-02/>, (24.07.2021.)
- [21] Electrical Technology: *Types of fire alarm systems and their wiring diagrams*, Interneta
<https://www.electricaltechnology.org/2019/12/fire-alarm-system-wiring.html>, (25.07.2021.)
- [22] Koorsen Fire & Security: *Comparing conventional fire alarm and addressable fire alarm*, 09.07.2019.
<https://blog.koorsen.com/conventional-or-addressable-fire-alarm-systems-which-one-should-you-choose-for-your-business>, (08.08.2021.)
- [23] Wallace J.: *Which one is best – conventional or addressable fire alarm system?*, s Intereneta
<https://instrumentationtools.com/conventional-or-addressable-fire-alarm-system/>, (08.08.2021.)

- [24] Firesafe.: *Fire alarm systems*, 15.05.2019.
<https://www.firesafe.org.uk/fire-alarms/>, (09.08.2021.)
- [25] Hafner S., Künzli S.: *Wireless fire protection technology*, 30.07.2017.
<https://www.downloads.siemens.com/downloadcenter/Download.aspx?pos=download&fc=getasset&id1=A6V11218603>, (09.08.2021.)
- [26] Zec, D.: *Sigurnost na moru*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001.
- [27] Scheviak, T.: *What are the different stages of a fire?*, 06.01.2021.
<https://www.firetrace.com/fire-protection-blog/different-stages-of-a-fire>,
(11.08.2021.)
- [28] Krystosik-Gromadzinska, A.: *Engine room fire safety*, Maritime University of Szczecin, 2016., p. 29-35
- [29] Charchalis, A., Czyż, S.: *Analysis of fire hazard and safety requirements of a sea vessel engine rooms*, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 18, No. 2 2011, p. 51-55
- [30] Hakkarainen, T. et.al.: *Survivability for ships in case of fire - Final report of SURSHIP-FIRE project*, VTT Tiedotteita - Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, 2009., p. 45-58
- [31] International Union of Marine Insurance: *Firefighting systems on board container vessels*, 18.09.2017.
https://iumi.com/document/view/FireFighting_on_Container_Vessels_59bf5b830f430.pdf, (13.08.2021.)

KAZALO KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
SOLAS	engl. <i>Safety Of Life At Sea</i>	sigurnost života na moru
UV	engl. <i>Ultra Violet</i>	ultraljubičasto
IR	engl. <i>Infra Red</i>	infracrveno
LED	engl. <i>Light Emitting Diode</i>	svjetleća dioda
SCR	engl. <i>Silicon Controlled Rectifier</i>	poluvodički ispravljač
ROR	engl. <i>Rate Of Raise</i>	stopa porasta
VDC	engl. <i>Volts of Direct Current</i>	istosmjerni napon
MCP	engl. <i>Manual Call Point</i>	ručni javljač požara
EOLR	engl. <i>End Of Line Resistor</i>	završni otpornik
GISIS	engl. <i>Global Integrated Shipping Information System</i>	globalni integrirani informacijski sustav za otpremu
PFS	engl. <i>Probablistic Fire Simulation</i>	simulator vjerovatnosti požara
HRR	engl. <i>Heat Release Rate</i>	brzina oslobađanja topline

POPIS SLIKA

Slika 1: Pojednostavljeni primjer vatrodojavnog sustava	1
Slika 2: Prikaz elemenata vatrodojavnog sustava.....	4
Slika 3: Detektor topline realiziran pomoću SCR-a i LED-a.....	6
Slika 4: Primjer fiksnog temperaturnog detektora	7
Slika 5: Presjek linijskog temperaturnog detektora.....	8
Slika 6: Detaljni prikaz ROR detektora	9
Slika 7: Emisijski spektar ugljičnog plamena	10
Slika 8: Primjeri raznih IR detektora.....	11
Slika 9: Prikaz instalacije tipičnog UV detektora.....	12
Slika 10: UV/IR detektor MSA FL500.....	13
Slika 11: Princip rada fotoelektričnog detektora sa direktnom svjetlošću	14
Slika 12: Princip rada fotoelektričnog detektora sa raspršenom svjetlošću	15
Slika 13: Električni krug ionizacijskog detektora prilikom prisutnosti dima.....	16
Slika 14: Vrste ručnih javljača i njihova građa	17
Slika 15: Primjeri audiovizualnih elemenata	18
Slika 16: Prikaz seta i priprema za testiranje toplinskog detektora.....	20
Slika 17: Detaljni prikaz tipične lampe za ispitivanje.....	21
Slika 18: Postupci za ispitivanje detektora dima	22
Slika 19: Ispitivanje ručnog javljača pomoću posebnog ključa	23
Slika 20: Pojednostavljeni prikaz klasičnog vatrodojavnog sustava.....	25
Slika 21: Adresabilni brodski vatrodojavni sustav	26
Slika 22: Bežični vatrodojavni sustav i vremena odziva.....	28
Slika 23: Trokut gorenja	29
Slika 24: Faze razvoja požara	31
Slika 25: Uzroci požara u brodskoj strojarnici.....	32

POPIS TABLICA

Tablica 1: Svojstva tekućina koje se upotrebljavaju na brodu	30
Tablica 2: Učestalost požara usljed korištenja loživog ulja i dizel goriva.....	33
Tablica 3: Omjer požara na putničkim brodovima za razdoblje od 1998. - 2007..	34