

# Konstrukcija modela sustava vatrodojave u prostoru zrakoplovnog klipnog motora

---

**Bakran, Borna**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:039807>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-17**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet prometnih znanosti**

**Borna Bakran**

**Konstrukcija modela vatrodojave u prostoru  
zrakoplovnog klipnog motora**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2022.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

**Konstrukcija modela vatrodojave u prostoru  
zrakoplovnog klipnog motora**

**Model Construction of a Fire Alarm System for an  
Aircraft Piston Engine Compartment**

Mentor: prof. dr. sc Tino Bucak

Student: Borna Bakran

JMBAG: 0135256673

Zagreb, kolovoz 2022.

## **SAŽETAK:**

Putovanje avionom značajno se promijenilo kroz godine. Putovanja su brža i sigurnija, a cijene su prihvatljivije širem građanstvu. Tijekom godina sigurnost putovanja povećavala se odabirom novih materijala za izradu aviona, kako trupa, tako i interijer samih aviona. Mijenjale su se i vrste klipnih motora te materijali izrade pojedinih dijelova klipnih motora. Sigurnosti putovanja avionima dodatno je pridonijela i promjena sustava vatrodjave u prostoru avionskih motora koji je ujedno i jedan od najvažnijih aspekata sigurnosti aviona. Cilj sustava i uređaja za vatrodjavu je da budu brzi i pouzdani kako bi se mogla što prije poduzeti radnja gašenja i sprječavanja širenja požara, spašavanje ljudskih života te materijalnih dobara. Sustav vatrodjave može biti izveden na više načina. Može detektirati dim, naglu promjenu topline te plamen. U ovom radu objašnjeni su svi načini vatrodjave, a dodatno je prikazana izrada modela detektora vatrodjave koji radi na principu rada detektora dima. Detektor dima izrađen je i objašnjen u ovom radu. Detektor dima radi na principu refrakcije svjetla koja se događa unutar dima i pomoću fotootpornika javlja se svjetlosna i zvučna signalizacija kada se pojavi dim u krugu oko modela.

**KLJUČNE RIJEČI:** Klipni zrakoplov, detektori topline, detektor dima, detektor plamena, zaštita od požara.

**SUMMARY:** Air travelling has changed significantly over the years. Travelling is faster and safer, and the prices are more acceptable to the general population. Over the years, travel safety has been increased by choosing new materials for the construction of aircraft, both the fuselage and the interior of the aircraft themselves. The types of piston engines and the materials used to make individual parts of piston engines have also changed. The change in the fire alarm system in the area of aircraft engine, which is also one of the most important aspects of airplane safety, has certainly contributed to the safety of air travel. The goal of fire alarm systems and devices is to be faster and more reliable so that the action of extinguishing and increasing the spread of fire can be taken

as soon as possible, saving human lives and material goods. The fire alarm system can be implemented in several ways. It can detect smoke, sudden changes in heat and flames. In this paper, all methods of fire alarm are explained. In addition, the creation of a model of a fire alarm detector that works on the principle of operation of a smoke detector is presented. The smoke detector is made and explained in this paper. The smoke detector works on the principle of refraction of light that occurs inside the smoke, and with the help of a photo resistor, light and sound signaling occurs when smoke appears in the circle around the model.

**KEYWORDS:** Piston aircraft, heat detectors, smoke detector, flame detector, fire protection.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 4. travnja 2022.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**  
Predmet: **Zrakoplovni elektrosustavi**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 6922

Pristupnik: **Borna Bakran (0135256673)**  
Studij: **Aeronautika**  
Smjer: **Vojni pilot**

Zadatak: **Konstrukcija modela vatrodjave u prostoru zrakoplovnog klipnog motora**

Opis zadatka: Navesti moguće uzroke, posljedice i metode prevencije požara u prostoru zrakoplovnog klipnog motora. Opisati i analizirati karakteristike raspoloživih tipova vatrodjavnih detektora. Odabrati tip vatrodjavnog detektora za praktičnu izvedbu modela sustava vatrodjave. Konstruirati model sustava vatrodjave s odabranim tipom detektora, odgovarajućom obradom signala i alarmom. Funkcionalno prezentirati model i odrediti prag detekcije.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

prof. dr. sc. Tino Bucak

# Sadržaj

|  |           |
|--|-----------|
| 1. Uvod.....   | 1         |
| 2. Zrakoplovni klipni motori.....  | 2         |
| <b>2.1 Podjela prema vrsti goriva koju koriste .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2.2 Podjela prema taktnosti .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2.3 Podjela klipnih motora prema vrsti izrade.....</b>  | <b>5</b>  |
| 3. Sustavi vatrodojave .....   | 9         |
| <b>3.1 Prema brzini reakcije gorive tvari s kisikom mogu se razlikovati određene vrste oksidacije: .....</b> | <b>10</b> |
| <b>3.1.1 Tiha oksidacija.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>3.1.2 Burna oksidacija.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>3.1.3 Eksplozija .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>3.2 Detektori (javljači) požara .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>3.2.1. Detektori dima.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>3.2.1.1. Fotoelektrični (optički) detektori dima .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>3.2.1.2. Ionizacijski detektor dima .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>3.2.2. Detektori plamena .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>3.2.2.1 Infracrveni detektori plamena.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3.2.2.2 Ultraljubičasti detektori plamena .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>3.2.3. Detektori topline .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3.2.3.1. Termomodiferencijalni detektori.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>3.2.3.2. Termomaksimalni detektor .....</b>   | <b>15</b> |
| 4. Upotreba sustava vatrodojave u zrakoplovnom klipnom motoru .....  | 17        |
| <b>4.1 Detektor topline u prostoru zrakoplovnog klipnog motora.....</b>                                      | <b>17</b> |
| <b>4.2. Detektor plamena u prostoru zrakoplovnog klipnog motora.....</b>                                     | <b>18</b> |
| <b>4.3 Detektor dima u prostoru zrakoplovnog klipnog motora .....</b>  | <b>18</b> |
| 5. Praktična izvedba detektora dima .....  | 20        |
| <b>5.1 Materijali potrebni za izradu detektora dima.....</b>   | <b>20</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.2 Izrada detektora dima .....</b> | <b>21</b> |
| 6.Zaključak .....                      | 26        |
| Literatura .....                       | 27        |
| Popis slika .....                      | 28        |



# 1. Uvod

Zrakoplovni način prometa najsigurniji je način putovanja. Zračnim prometom putuje više od milijardu ljudi godišnje. Avioprijevoznici osiguravaju putnicima kvalitetu usluge i veće brzine putovanja od ostalih grana prijevoza, a putnicima kraće vrijeme putovanja od destinacije do destinacije. Kroz godine razvijali su se različiti tipovi klipnih motora koji bi u konačnici trebali osigurati udobniji i sigurniji prijevoz te su klipni motori objašnjeni u prvom poglavlju.

Osim udobnosti i brzine avioprijevoznici moraju osigurati i adekvatne mjere zaštite. Svaki putnik pregledava se prije ulaska u avion, prtljaga također. Osoblje koje radi na aerodromima, osoblje aviona i svi ostali uključeni u avioprijevoz prolaze sigurnosne kontrole, obuke te tečajeve prije nego što stupe u kontakt s avionom i putnicima. Kroz godine napredovala je proizvodnja pa su tako aviokompanije mijenjale i materijale za izradu aviona, interijera i sustava zrakoplova. Svakim danom sigurnost se povećava u zračnom prometu i nikad nije bila na višoj razini no što je sad. Važan aspekt sigurnosti su i protupožarni sustavi u avionu. Brz i pouzdan sustav na vrijeme javlja grešku pilotu kako bi on mogao na vrijeme reagirati i time spasiti avion, ljudske živote i materijalna dobara. Postoji više vrsta sustava vatrodajave, tako razlikujemo detektore topline, detektore plamena i detektore dima. Sustavi vatrodajave objašnjeni su u drugom poglavlju ovog rada.

Izgled i princip rada jednog vatrodajavnog sustava opisan je i objašnjen u trećem poglavlju ovog rada.

## **2. Zrakoplovni klipni motori**

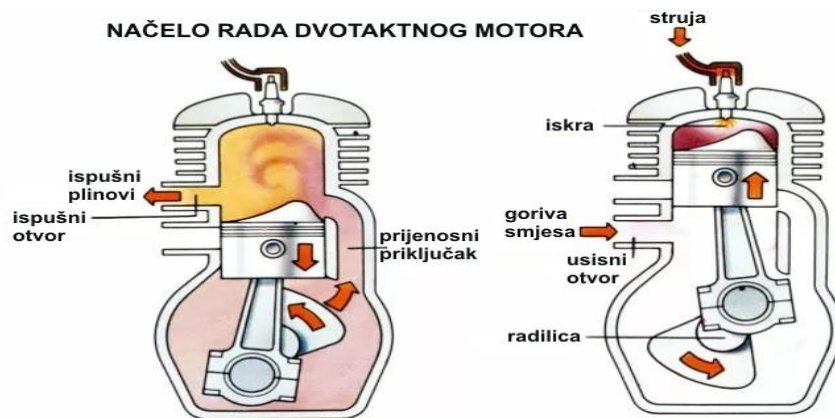
Zrakoplovni klipni motor zajedno s elisom čini pogonski sustav manjih zrakoplova. Većinom se koristi kod manjih privatnih i sportskih zrakoplova ili kod zrakoplova za obuku pilota no postoje i manji putnički zrakoplovi s klipnom pogonskom skupinom. Prvi motor koji je sličio današnjim klipnim motorima napravio je Nicolaus August Otto 1878. godine te po njemu su četverotaktni motori dobili ime. „Otto“ motor koristio se kod prvog leta aviona braće Wright 17. prosinca 1903 godine. Veliki napredak klipni motori doživjeli su za vrijeme Prvog svjetskog rata. Najveća prednost klipnih motora relativno je dobar omjer težine i snage motora. U zavisnosti od broja radnih ciklusa ili taktova postoje i različiti principi rada motora s unutrašnjim sagorijevanjem. Svaki četverotaktni motor u toku rada mora obaviti sljedeća 4 takta: prvi takt usisavanja, drugi takt sabijanja (kompresije), treći takt sagorijevanja, odnosno širenje (ekspanzija), četvrti takt ispuhivanja. Razlike između pojedinih vrsta motora su u vremenu, mjestu i načinu izvođenja ovih procesa.[1]

### **2.1 Podjela prema vrsti goriva koju koriste**

Proces sagorijevanja smjese goriva i zraka razlikuje se u vrsti goriva koje se koristi. Može se koristiti dizel i benzin („Otto“ motor). Dizel motor nema svjećicu, umjesto toga, u cilindru sabija se čisti zrak dok ne dođe do samozapaljenja kada se u cilindar motora ubrizgava gorivo. Kod benzinskog motora gorivo se u cilindru miješa sa zrakom, komprimira te potom pali uz pomoć iskre koju baca svjećica. Dizel motor u odnosu na benzinski „Otto“ motor je jeftiniji, troši manje goriva, ima veći okretni moment, ali servis je skuplji i glasniji su. Prednosti benzinskih „Otto“ motora su: lakši motor, manje zagađuje okoliš, te lakše pali u uvjetima niskih temperatura zato što ima svjećicu za zapaljenje smjese, a ne samozapaljenje.

### **2.2 Podjela prema taktosti**

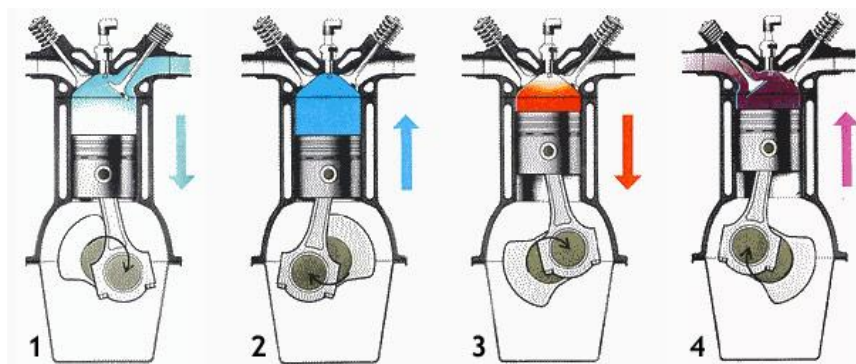
Klipni motori prema taktosti dijele se na dvotaktne i četverotaktne. Dvotaktni motori imaju dva takta od kojih prvi sadrži usisavanje i komprimiranje zraka, a drugi radni takt sadrži ekspanziju i izbacivanje plinova nastalih u procesu. Početak rada dvotaktnog motora je kada klip kreće iz donje mrtve točke (najniža pozicija klipa u cilindru) prema gornjoj mrtvoj točki (najviša pozicija klipa u cilindru). Na donjoj strani cilindra nalaze se usisni kanali za usisavanje svježeg zraka, kako se klip u cilindru diže tako i zatvara usisne kanale i kada se to dogodi kreće proces kompresije. Tu se ubacuje smjesa zraka i goriva te se nekoliko stupnjeva prije gornje mrtve točke smjesa pali iskrom iz svjećeice. Kod toga se oslobađa velika količina energije koja potiskuje klip prema donjoj mrtvoj točki, što je drugi radni takt. Kada klip ide prema donjoj mrtvoj točki on okreće vratilo na koje je spojen te otvara kanale ispušnih plinova koji se nalaze iznad kanala za usis zraka. Princip rada dvotaktnog motora prikazan je na slici 1. Dolaskom klipa u donju mrtvu točku završava se drugi radni takt.



Slika 1. Princip rada dvotaktnog motora.[9]

Kod četverotaktnih motora prvi takt kreće iz gornje mrtve točke. U prvom taktu otvara se usisni ventil kroz koji dolazi zrak te kako se klip kreće prema donjoj mrtvoj točki tako se zatvara usisni ventil. Kada klip dođe u donju mrtvu točku tada kreće drugi takt kompresija. Klip se kreće prema gornjoj mrtvoj točki, ubrizgava se gorivo te se smjesa komprimira. Nešto prije gornje mrtve točke svjećica zapaljuje smjesu. Nakon kompresije slijedi treći takt, ekspanzija, gdje se klip kreće iz gornje mrtve točke prema donjoj. U ekspanziji se

pokreće vratilo na koje je motor spojen. Nešto prije donje mrtve točke se otvara ispušni ventil koji ostaje otvoren dok klip ne dođe u gornju mrtvu točku kada otvara se usisni ventil kojim započinje novi radni ciklus kao što je prikazano na slici 2.[1]



Slika 2. princip rada četverotaktnog motora [9]

Najveća prednost dvotaktnih motora je što su manji i jednostavniji s manje dijelova, što ujedno znači i jeftiniji. Četverotaktni motori s istom veličinom cilindra imaju duplo manje snage zbog broja taktova, no dvotaktni imaju veću potrebu za uljem i gorivom za hlađenje i podmazivanje te ispušni plinovi su štetniji nego kod četverotaktnog.

Dijelovi četverotaktnog motora su: ispušni ventil, ispušni kanal, klip s brtvenim prstenovima, koljenasto vratilo (radilica), glavni ležaj, usisni ventil, usisni kanal, brtva glave motora, cilindar, klipnjača, leteći ležaj. Dijelovi „Otto“ motora prikazani su na slici 3.



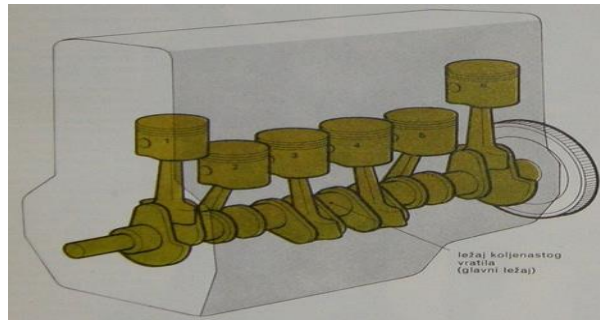
Slika 3. dijelovi Otto motora [9]

### 2.3 Podjela klipnih motora prema vrsti izrade

Klipni motori prema vrsti izrade su:

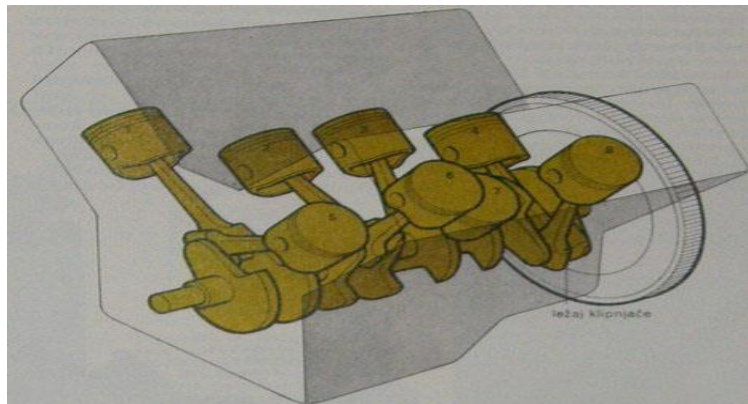
- Redni motor
- V-motor
- Bokser motor
- Wankel motor
- Zvezdasti (radijalni) motor

Redni motori imaju minimalno dva cilindra, najčešće četiri u jednom redu. Kod rednog motora (slika 4.) radni su taktovi vremenski jednako razdijeljeni, što je osnova za jednakomjerno i mirno okretanje. Imaju jednakomjeren okretni moment.[2]



Slika 4. Redni motor [2]

V-motori (slika 5.) proizvode se s 2, 4, 6, 8, 10 ili 12 cilindara, a oni se postavljaju pod kutom od maksimalno  $60^\circ$  kako bi se uštedjelo na veličini motora. Kraći su i imaju kraće koljenasto vratilo u odnosu na redne motore i upravo zbog toga u području viših okretaja rade mirnije. Za V-motor s 8 cilindara potrebne su četiri ležaja klipnjača je po svakom ležaju su smještene dvije klipnjače. [2]

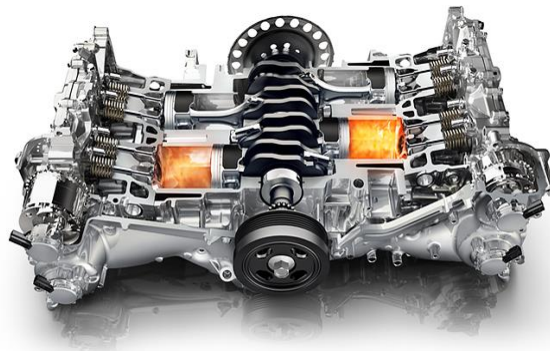


Slika 5. V-motor [2]

Bokser motori (slika 6.) su motori s unutarnjim izgaranjem kod kojeg su cilindri smješteni jedan nasuprot drugog u jednoj horizontalnoj ravnini pod kutom od  $180^\circ$ . Imaju paran broj cilindara, većinom 2, 4, 6 cilindra. Bili su popularni u zadnjim godinama Prvog svjetskog

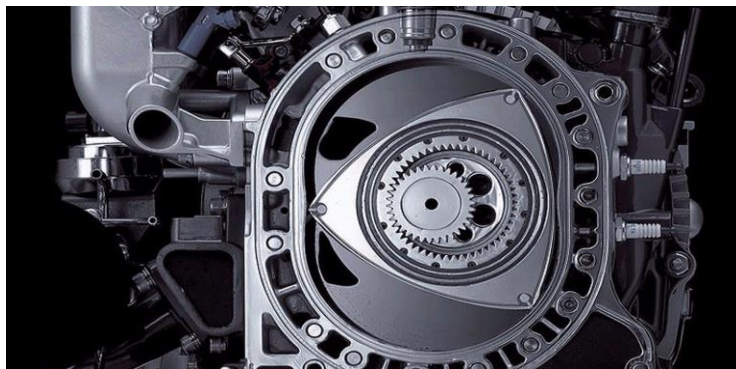
rata i za vrijeme Drugog svjetskog rata u zrakoplovstvu. Osim korištenja u avionskoj industriji najviše koristio se u automobilima Porschea, Volkswagen Bube te Subaru-a.[2]

Nasuprotni klipovi balansiraju pokrete motora zbog nasuprotnih kretnji. Kada jedan klip ide prema krajnjem gornjem centru, nasuprotni ide prema krajnjem donjem centru hoda što znači da se sile poništavaju i tako motor radi bez s minimalnim vibracijama.[3]



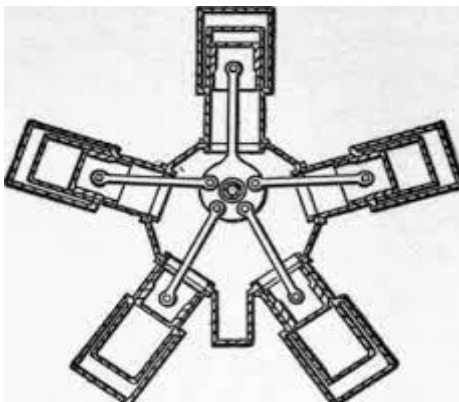
Slika 6. Bokser motor [3]

Wankelov motor (slika 7.) četverotaktni je motor s unutarnjim izgaranjem s rotirajućim klipom. Klip se u Wankelovom motoru okreće kružno, ne gore-dolje kao kod ostalih klipnih motora. Imaju manje pokretnih dijelova nego obični motori s klipom koji se gibaju pravocrtno. U kućištu motora jedna je ili dvije svjeće i po jedan usisni i ispušni otvor, koje jedan za drugim otvara rotor koji se okreće. Tako se u svakom okretu rotora dobiva četverotaktni proces. Između rotora i kućišta su tri komore pa pri svakom okretu napravi tri radna takta.[4]



Slika 7. Wankel motor [4]

Kod zvjezdastog (radijalnog) (slika 8.) motora cilindri su raspoređeni zvjezdasto s koljenastim vratilom u sredini, takav raspored omogućuje učinkovito hlađenje strujom zraka. U zvjezdastom četverotaktnom motoru nalazi se neparan broj cilindara što omogućuje nesmetan rad motora. Način hlađenja zrakom najviše odgovara avionima kojima onda nije potreban drugi sustav hlađenja, a ujedno to je i jeftiniji način hlađenja jer nema posebnih dijelova.[5]



Slika 8 Zvjezdasti motor [5]



### 3.Sustavi vatrodojave

Uređaji za vatrodojavu imaju zadatak upozoriti korisnike na pojavu požara u njegovom početnom stanju. Ranim upozorenjem omogućuje se brza intervencija i time može se spriječiti da se požar poveća i da dosegne opasne i razarajuće razmjere. Brzom dojavom smanjuje se šansa ugroze ljudskih živote, imovine i materijalnih dobara ljudi.

S obzirom na detektore požara mogu se podijeliti na detektore topline, detektore plamena i detektore dima.

Gorenje ili izgaranje kemijski je proces kod kojeg dolazi do oksidacije gorivih sastojaka nekog goriva. To je proces između goriva i oksidansa u kojem stvara se toplina zbog promjene kemijskih sastojaka. Oslobođanjem topline može se pojaviti svjetlost u obliku žarenja ili plamena. Goriva za primjenu najčešće su organske tvari (posebno ugljikovodici) kao plinovi, tekućine ili krute tvari.

Da bi se zaustavila reakcija izgaranja, mora se ukloniti jedan od tri elementa vatrenog trokuta. Vatreni trokut (slika 9) predstavlja tri osnovna sastojka za požar, a to su toplina, kisik i goriva tvar. Za gorenje može se reći da je to kemijski proces oksidacije gorive tvari s kisikom pri čemu se razvija velika količina topline, dolazi do pojave svjetlosti i plamena, te produkata izgaranja. [6]



Slika 9 Vatreni trokut [6]

### **3.1 Prema brzini reakcije gorive tvari s kisikom mogu se razlikovati određene vrste oksidacije:**

1. Tiha oksidacija
2. Burna oksidacija
3. Eksplozija

#### **3.1.1 Tiha oksidacija**

Tiha oksidacija spor je, neprimjetan i dugotrajan proces koji se odvija na sobnoj temperaturi bez pojave vatre, plamena ili razvijanja topline. Najbolji primjeri za tihu oksidaciju su hrđanje, oksidiranje željeza, kvarenje hrane i slično.

#### **3.1.2 Burna oksidacija**

Burna oksidacija nagli je proces kod kojeg se oslobađa velika količina topline. Proces je primjetan i kratkotrajan. Najbolji primjeri burne oksidacije je drvo, papir, izgaranje plinova nekih tekućina (npr. benzina) i slično. Ovisno o vrsti gorive tvari burna oksidacija (gorenje) može biti plamenom, žarom i kombinacija plamena i žara. Plamenom izgaraju gorivi plinovi i pare lakozapaljivih tekućina, te krute tvari kao što su vosak, parafin, sumpor. Žarom izgaraju krute tvari kao što su ugljik, metali i njihove legure. Plamenom i žarom izgaraju tvari celuloznog podrijetla kao što su drvo, papir, sijeno i neki polimeri.

#### **3.1.3 Eksplozija**

Eksplorzija je brza kemijska reakcija dva ili više elemenata. Eksplorzija je reakcija praćena praskom, oslobađa se velika kolićina topline i naglo povećanje volumena zbog stvaranja plinovitih proizvoda. Kod eksplorzije događa se nagli porast tlaka u sredini gdje je eksplorzija nastala, može imati razarajuće učinke. Eksplorzija je nekontrolirano širenje ćestica, a nasuprotno tome ekspanzija je kontrolirano širenje ćestice. Kontrolirano širenje ćestica kod eksplorzije je kada u cilindru motora tekuće se gorivo zapali te se onda ćestice šire i pokreću klip koji prenosi silu na koljenasto vratilo.

## **3.2 Detektori (javljaći) požara**

Javljaći požara znaćajan su dio vatrodojavnog sustava jer o brzini detekcije ponajprije ovisi brzina reakcije na pojavu požara i njegov konaćni ishod. Vrijeme razvoja požara može trajati relativno dugo, ovisno o gorivosti materijala unutar prostora, te je važno odabrati javljać koji će omogućiti otkrivanje požara u najranijoj mogućoj fazi, jer time smanjuju se štete uzrokovane požarom. Razlikujemo više vrsta javljaća (detektora) požara:

- Detektori dima
- Detektori topline
- Detektori plamena

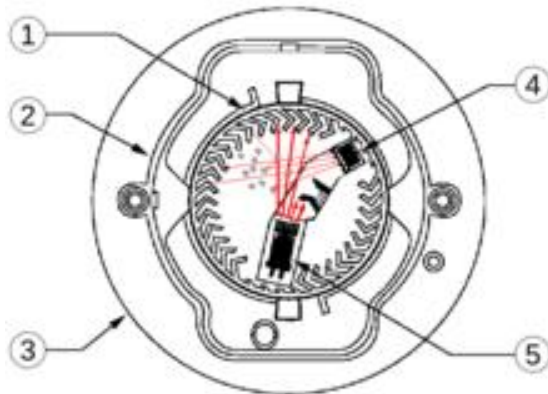
### **3.2.1. Detektori dima**

Detektor dima sigurnosni je uređaj kroz kojeg prolaze plinovi okolnog zraka. Dolaskom dima u uređaj pokreće se svjetlosna i zvućna signalizacija koji upozoravaju na poćetak požara. Ovaj uređaj napaja se baterijom ili baterijama, ćime se izbjegava bilo koji kvar povezan s nedostatkom elektrićne energije. Detektori dima smješteni su u plastićnim kućištima, obićno u obliku diska promjera oko 150 milimetara i debljine 25 milimetara, a oblik i velićina variraju. Dim se može otkriti ili optićki (fotoelektrićno) ili fizićkim postupkom

(ionizacija). Prvi automatski električni alarm za požar patentirao je 1890. godine Francis Robbins Upton. Krajem 1930-ih švicarski fizičar Walter Jaeger pokušao je izumiti senzor za otrovni plin. Očekivao je da će se plin koji ulazi u senzor vezati za ionizirane molekule zraka i na taj način izmijeniti električnu struju u krugu u instrumentu. Njegov uređaj nije ispunio svoju svrhu jer male koncentracije plina nisu utjecale na vodljivost senzora. Frustriran, Jaeger je zapalio cigaretu i ubrzo se iznenadio primijetivši da je metar na instrumentu zabilježio pad struje. Čestice dima iz njegove cigarete učinile su ono što otrovni plin nije mogao. Jaegerov eksperiment bio je jedan od napretka koji je otvorio put modernom detektoru dima. [7]

### 3.2.1.1. Fotoelektrični (optički) detektori dima

Fotoelektrični detektori dima sadrže izvor infracrvenog, vidljivog ili ultraljubičastog svjetla, leću i foto diodu. Izvor svjetla je žarulja sa žarnom niti ili dioda . Kod nekih vrsta detektora svjetlost koju emitira izvor svjetlosti prolazi kroz zrak koji se ispituje i dopire do fotosenzora. Primljeni intenzitet svjetlosti smanjit će se zbog raspršenja iz čestica dima, prašine u zraku ili drugih tvari; sklop detektira intenzitet svjetlosti i generira alarm ako je ispod određenog praga, potencijalno zbog dima, a kod ostalih tipova fotoelektričnih tipova detektora dima svjetlost nije usmjerena na senzor koji nije osvijetljen u odsutnosti čestica. Ako zrak u komori sadrži čestice (dim ili prašinu), svjetlost je raspršena, a dio dopire do senzora, što pokreće alarm.[8]



### Slika 10. Izgled i dijelovi fotoelektričnog detektora dima [7]

Na slici 10 prikazani su dijelovi fotoelektričnog detektora navedeni brojevima od 1 do 5.

1. Optička komora
2. Poklopac
3. Kućište
4. Foto dioda
5. Infracrveno led svijetlo

#### **3.2.1.2. Ionizacijski detektor dima**

Ionizacijski detektori osjetljiviji su na plameni stupanj požara od optičkih, dok su optički detektori osjetljiviji na požare u ranom stadiju tinjanja. Detektor dima ima dvije ionizacijske komore, jednu otvorenu prema zraku i referentnu komoru koja ne dopušta ulazak čestica. Postoji razlika potencijala (napon) između parova elektroda u komorama. Električni naboj na ionima omogućuje protok električne struje. Struje u obje komore trebaju biti jednake jer na njih podjednako utječu tlak zraka i temperatura. Ako bilo koja čestica dima uđe u otvorenu komoru, neki od iona pričvrstiti će se na čestice i neće biti dostupni za prijenos struje u toj komori. Elektronički sklop otkriva da se između otvorene i zatvorene komore stvorila trenutna razlika i oglašava alarm. Strujni krug također nadgleda bateriju koja se koristi za napajanje.

#### **3.2.2. Detektori plamena**

Detektori plamena su uređaji koji reagiraju na elektromagnetnu energiju otvorenog plamena, koja se pojavljuje u početnoj fazi požara. Prema vrsti zračenja koju bilježe detektori plamena dijelimo ih na infracrvene i ultraljubičaste.

### **3.2.2.1 Infracrveni detektori plamena**

Rad ovih detektora temelji se na promjeni napona na foto elementu do kojeg dolazi pri pojavi plamena. Kod pojave plamena zračenje infracrvenog svjetla je drugačije od normalnih izvora svjetlosti te detektor to raspoznaje i daje zvučnu signalizaciju.

### **3.2.2.2 Ultraljubičasti detektori plamena**

Ultraljubičasti detektori plamena rade na istom principu kao i infracrveni detektori plamena samo kod ultraljubičastih detektora, detektira se pojava ultraljubičastog svjetla kod pojave plamena, a ne infracrvenog. Do zvučne signalizacije, odnosno pokretanja alarma, dolazi kod promjene otpora.

### **3.2.3. Detektori topline**

Prvi električni detektor bio je toplinski. Prvi put predstavljen je u SAD-u 1890. Toplinski detektor požara koristi se ako se značajna količina topline generira u početnoj fazi paljenja ili kada instaliranje drugih detektora nije moguće. Dijele se na termomaksimalne i termodiferencijalne detektore.

#### **3.2.3.1. Termomodiferencijalni detektori**

Termodiferencijalni detektor prikazan je na slici 11. detektiraju brz porast temperature zato nisu pogodni za ugradnju na mjesta gdje se brzo i često mijenjaju temperature. Uključuju se kada okolna temperatura prođe maksimalnu temperaturu, najčešće 60°C ili kad temperatura poraste za više od 5°C unutar 3 minute. Toplinski

detektori ne prepoznaju dim zato su pogodni za ugradnju na mjesta puna prašine i/ili dima.



Slika 11. Termodiferencijalni detektor topline [8]

### 3.2.3.2. Termomaksimalni detektor

Termomaksimalni detektori topline (slika 12.) mjere temperaturu i uključuju se kada temperatura prođe već unaprijed definiranu maksimalnu temperaturu. Termomaksimalni detektori primjenjuju se u područjima s puno promjena temperatura ili tamo gdje je stalno visoka temperatura.



Slika 12. Termomaksimalni detektor topline [8]



## **4. Upotreba sustava vatrodjave u zrakoplovnom klipnom motoru**

U prostoru zrakoplovnog klipnog motora razvijaju se velike temperature prilikom izgaranja smjese goriva i zraka. Iako je zapaljenje smjese i zraka kontrolirana eksplozija, zbog oslobađanja velike količine energije može doći do oštećenja glavnih dijelova motora. Oštećenjem glavnih dijelova motora može doći iskrenja u području oko motora, curenja goriva te nepravilnog ispuha ispušnih plinova.

Iako je nemoguće spriječiti oštećenja prilikom rada motora, može se utjecati na posljedice koje ona mogu imati na cjelokupni zrakoplov. U prostoru zrakoplovnih klipnih motora nalaze se otvori kroz koje ulazi struja okolnog zraka tijekom leta te taj zrak hladi područje oko motora, a time i sam motor. Osim otvora koji se nalaze na trpu zrakoplova, nalaze se i protupožarni sustavi. U prostoru klipnog motora nalaze se vatrodjavni aparati. Prilikom ugradnje vatrodjavnog sustava treba razmotriti što se želi dojaviti pilotu u slučaju zapaljenja jer detektor dima, detektor topline i detektor plamena dojavljuju požar, no svaki detektor ima drugačiji način rada.

Ako dođe do požara u prostoru zrakoplovnog motora on može biti opasan po život pilota i ostalih suputnika. Ako dođe do zapaljenja dijelova koji nisu nužni za rad motora, motor zrakoplova može nesmetano raditi, ali trebat će paziti na povišenu temperaturu. Ukoliko se zapali zrakoplovni klipni motor, dolazi do samostalnog gašenja motora ili će ga pilot ugaziti kako bi spriječio protok goriva kroz sustav, a samim time i smanjio količinu gorive tvari. Ako dolazi do gašenja zrakoplovnog klipnog motora, pilot može ići na prisilno slijetanje ako požar nije toliko velik da ugrožava život pilota i ostalih putnika u kabini, a ukoliko je požar opasan po život pilota i putnika, oni idu na iskakanje iz zrakoplova.

### **4.1 Detektor topline u prostoru zrakoplovnog klipnog motora**

Sustavi vatrodjave koji rade na način da mjere promjenu temperatura ili maksimalnu temperaturu, detaljnije objašnjeno u poglavlju 3.2.3., nisu pogodni za

instalaciju u zrakoplovne klipne motore jer se u području oko motora događa velika promjena temperatura u relativno kratkom vremenskom periodu. Okolna temperatura je visoka nakon pokretanja zrakoplovnog klipnog motora te nije praktično koristiti ovakav način vatrodajave u zrakoplovnim klipnim motorima.

## **4.2. Detektor plamena u prostoru zrakoplovnog klipnog motora**

Detektor plamena, detaljnije objašnjen u poglavlju 3.2.2., koji reagira na elektromagnetnu energiju otvorenog plamena koja se pojavljuje u početnoj fazi požara. Požar može nastati zbog curenja goriva, zapaljenja nekih dijelova motora zbog prevelike temperature u području zrakoplovnog klipnog motora ili zbog nepravilnog rada klipnog motora. Pri pojavi elektromagnetne energije detektor plamena se uključuje.

Negativna karakteristika ovog detektora je to što ne može prepoznati pojavu dima što je u većini požara početna faza zapaljenja tvari. Nemogućnost prepoznavanja dima čini ga korisnom samo u slučaju otvorenog plamena, što može biti korisno ako je vatra tek krenula, no u većini slučajeva to je završna faza požara.

## **4.3 Detektor dima u prostoru zrakoplovnog klipnog motora**

Detektor dima je sigurnosni uređaj kroz kojeg prolaze plinovi okolnog zraka. Dolaskom dima u kućište uređaja pokreće se signalizacija koja se dojavljuje pilotu, a detaljnije o detektoru dima objašnjeno je u poglavlju 3.2.1. Zvučna signalizacija pokreće se kada dim koji uđe u kućište prenosi zrake svjetlosti na foto-otpornik koji se ne nalazi direktno u snopu svijetla koje emitira svjetleća dioda. Detektor dima optimalan je odabir za protupožarni sustav kod zrakoplovnih klipnih motora jer može prepoznati požar u nastajanju. Osim kod zapaljenja goriva gdje prilikom dolaska iskre na smjesu zraka i

goriva dolazi do otvorenog plamena, ostali načini nastajanja požara u pravilu kreću s dimom. Pri pojavi dima detektor obavještava pilota na pojavu dima u prostoru oko zrakoplovnog klipnog motora te pilot ima vremena poduzeti radnje i postupke za sprječavanje nastanka otvorenog plamena, a samim time spriječiti nastanak požara.

Detektor dima najpovoljniji je izbor za instalaciju u prostor zrakoplovnog motora. Svojom veličinom ne zauzima velik prostor, a može dojaviti dim iz otvorenog plamena, no isto tako i dim pri početku zapaljenja. Prednost naspram detektora plamena je što može detektirati požar u nastajanju. Negativna strana detektora dima može biti i prašina koja se stvara u prostoru zrakoplovnog klipnog motora. Prašina u kombinaciji sa zrakom može preko refrakcije davati svjetlost na foto-otpornik koji onda pokreće zvučnu signalizaciju „lažnog alarma“

## 5. Praktična izvedba detektora dima

Izrađeni detektor dima jednostavne je izvedbe, sastoji se od plastičnog zatvorenog kućišta i otvorenog dijela gdje se nalaze ostale elektroničke komponente. Detektor radi na principu fotoelektričnog detektora dima. Cilj izrade bio je pokazati jednostavan, ali funkcionalan i pouzdan protupožarni sustav.

### 5.1 Materijali potrebni za izradu detektora dima

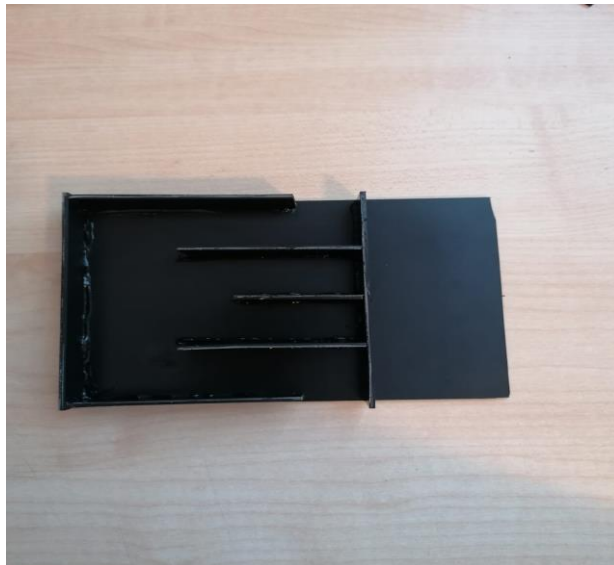
Potrebni dijelovi, materijali i alati te njihova količina korištena za izradu detektora dima prikazani su u sljedećoj tablici:

| Dijelovi, materijali alati                                  | Količina |
|---|----------|
| Svjetleća dioda (LED)                                       | 1        |
| Plastična kutija  | 1        |
| Foto-otpornik (LDR)   | 1        |
| Izvor napajanja 5V  | 1        |
| Piezo zvučnik (zujalica) 5V                                 | 1        |
| Otpornici 300 $\Omega$                                      | 2        |
| Integrirani krug IC TL431 (programbilna naponska referenca) | 1        |
| Bakrene žice  | 2        |
| Trim-potenciometar 1M $\Omega$                              | 1        |
| Lemilica  | 1        |
| Vruće ljepilo   | 1        |

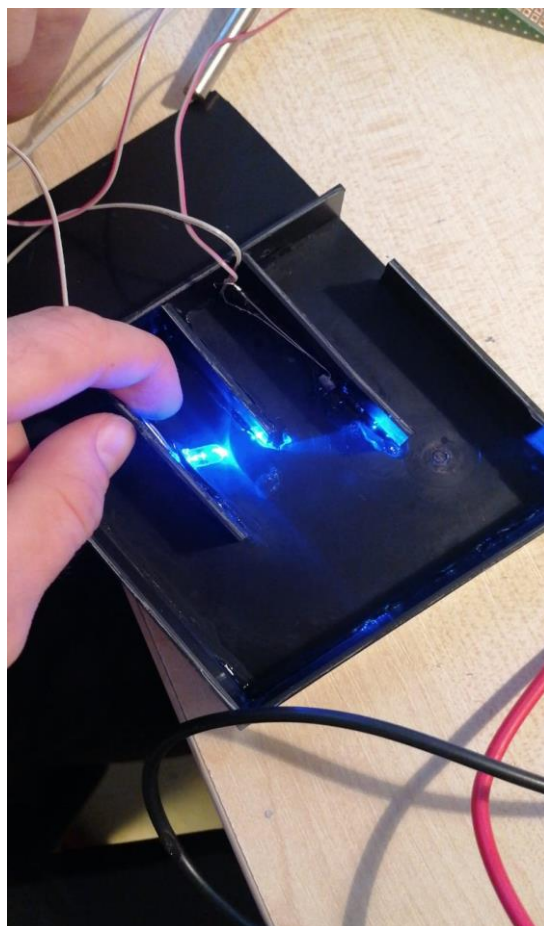
|         |   |
|---------|---|
| Skalpel | 1 |
|---------|---|

## 5.2 Izrada detektora dima

Plastika izrezana na dimenzije 10 x 7 cm posložena je na način koji je prikazan na slici 13. te je na nju stavljena plastična ploča dimenzija 7 x 7 cm da spriječi vanjski ulazak svjetlosti u kućište detektora. U kućište detektora dima postavljen je foto-otpornik i svjetleća dioda, prikazano na slici 14. Pri ulasku dima u kućište detektora, svjetlost se refraktira preko dima te pada na foto-otpornik. Pri tom se njegov otpor smanjuje te se putem integriranog kruga TL431 aktivira zujalica koja detektira dolazak dima unutar kućišta. Središnja (kraća) pregrada sprječava izravni svjetlosni tok svjetleće diode prema foto-otporniku, a time i aktivaciju konstantnog „lažnog“ alarma.



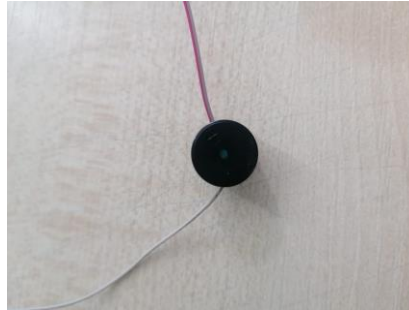
Slika 13. Plastično kućište detektora



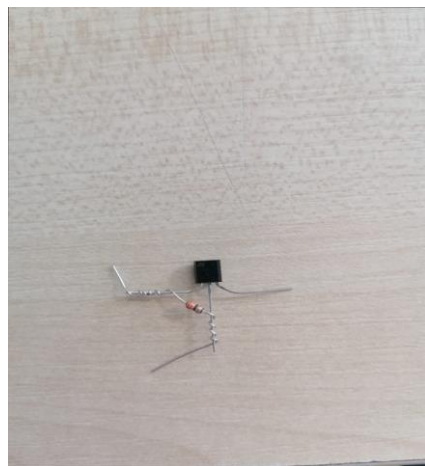
Slika 14. Način instalacije svjetleće diode i foto-otpornika

Na zujalicu (slika 15.) spojene su žice na negativni i pozitivni priključak te su zalemljene. Pozitivni izvodi foto-otpornika, zujalice te zaštitnog otpornika svjetleće diode spojeni su na pozitivni pol izvora. Svjetleća dioda spojena je anodom na zaštitni otpornik, a katodom na negativni pol napajanja, što pri uključenju modela osigurava konstantan rad svjetleće diode. Na referentni izvod integriranog kruga TL431 spojen je djelitelj napona, kojeg čine trim-potenciometar s dodatnim otpornikom i foto-otpornik (slika 17.), a na katodu negativni izvod zujalice, dok je anoda spojena na negativni pol napajanja. Svi spojevi su zalemljeni. Prag reakcije detektora određen je potencijalom referentnog izvoda integriranog kruga TL431, a podešava se trim-potenciometrom. Kada zbog refrakcije čestica dima svjetlo svjetleće diode padne na foto-otpornik, njegov se otpor smanji, čime se poveća potencijal referentnog izvoda iznad namještenog praga. Tada se

unutarnji otpor integriranog kruga između anode i katode naglo smanji i struja proteče kroz zujalicu koja odašilje karakterističan zvučni signal alarma. Konačni izgled modela s kućištem prikazan je na slici 18. , a elektronička shema modela na slici 19.



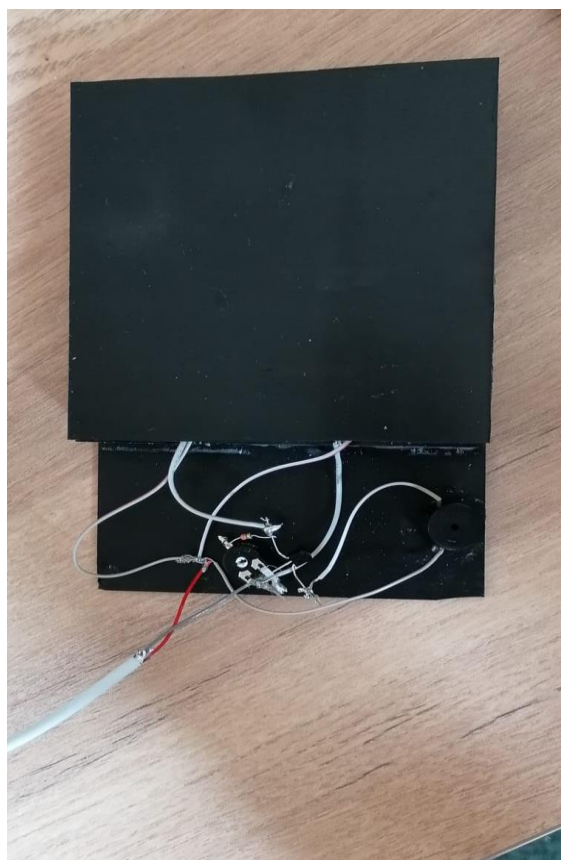
Slika 15. Zujalica sa žičnim izvodima



Slika 16. Spoj integriranog kruga i otpornika

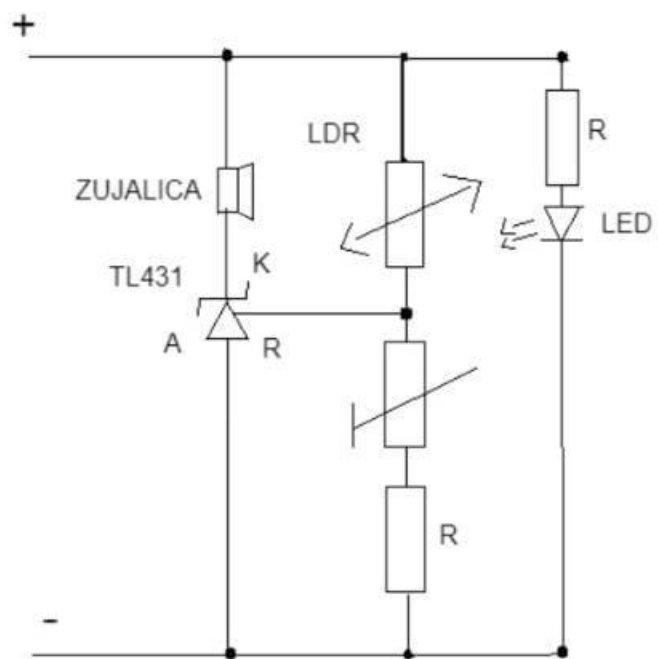


Slika 17. Trim-potenciometar



Slika 18. Konačni izgled modela detektora dima





Slika 19. Elektronička shema modela detektora dima

## 6.Zaključak

Detektor dima koji je objašnjen u 5. poglavlju prikazuje način vatrodojave koji radi na principu detektora dima. Detektor dima ima jednostavan, ali učinkovit način dojave. Kada dim uđe u kućište detektora u kojem je stalno upaljena svjetleća dioda, svjetlost se preko dima refraktira i dolazi do foto-otpornika. Pri pojavi svjetlosti na foto-otporniku uključuje se zujalica koja obavještava pilota na pojavu dima u prostoru zrakoplovnog klipnog motora. Osiguranje od pojave kontinuiranog „lažnog“ alarma tj. Aktiviranja zujalice kada nema dima riješeno je postavljanjem pregrade između svjetleće diode i foto-otpornika prikazano na slici 14.

Iako vatrodojavni sustav ne utječe direktno na let zrakoplovima on je jedan od najvažnijih aspekta sigurnosti. Klipni motori rade na principu zapaljenja smjese zraka i goriva i kod tog zapaljenja smjese dolazi do oslobađanja velike energije koja može direktno oštetiti neki dio zrakoplovnog klipnog motora. Svako oštećenje zrakoplovnog motora opasno je po život pilota i putnika. Oštećenje motora može izazvati požar unutar prostora zrakoplovnog motora te je zbog toga kod svakog zrakoplovnog motora ugrađen sustav vatrodojave kako bi se na vrijeme obavijestilo pilota i pokušalo spriječiti katastrofalne posljedice.

## Literatura

- [1] Bazijanac E. Zrakoplovni klipni motori. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2005.
- [2] Prometna zona, Motori: <https://www.prometna-zona.com/motori/> pristupljeno kolovoz 2022.
- [3] Automobili.hr, Prednosti bokser motora: <https://automobili.hr/novosti/zanimljivosti/koje-su-prednosti-boxer-motora> Pristupljeno kolovoz 2022.
- [4] Automobili.hr, Kako radi Wankel motor: [https://automania.hr/video\\_kako\\_radi\\_wankel\\_motor/](https://automania.hr/video_kako_radi_wankel_motor/) . Pristupljeno kolovoz 2022.
- [5] WorldsSideKick.com, Kako rade radijalni motori : <https://hr.wordssidekick.com/21016-how-radial-engines-work> , pristupljeno kolovoz 2022.
- [6] Vatrodjava.hr, kako funkcionira vatrodjava <http://vatrodjava.hr/strucni-clanci/sigurnost/kako-funkcionira-vatrodjava> pristupljeno: kolovoz 2022.
- [7] Punto Mariner, Toplinski detektori požara, ručni detektor požara: <https://hr.puntomariner.com/heat-detectors-thermal-manual-fire/> Pristupljeno kolovoz 2022.
- [8] Business Marketing, Vrste detektora požara: <https://peskiadmin.ru/hr/typy-pozharnyh-izveshchatelei-izveshchatel-pozharnyi-dymovoi-modeli.html> , pristupljeno kolovoz 2022.
- [9] howstuffwork, How car engines work: <https://auto.howstuffworks.com/engine.htm> Pristupljeno kolovoz 2022.

## Popis slika

Slika 1. Princip rada dvotaktnog motora

Slika 2. Princip rada četverotaktnog motora

Slika 3. Dijelovi Otto motora

Slika 4. Radijalni motor

Slika 5. V-motor

Slika 6. Bokser motor

Slika 7. Wankel motor

Slika 8. Zvezdasti motor

Slika 9. Vatretni trokut

Slika 10. Izgled i dijelovi fotoelektričnog detektora dima

Slika 11. Termodiferencijalni detektor topline

Slika 12. Termomaksimalni detektor topline

Slika 13. Plastično kućište detektora

Slika 14. Način instalacije svijetleće diode i fotootpornika

Slika 15. Zujalica s žičanim izvodima

Slika 16. Spoj integriranog kruga i otpornika

Slika 17. Trim-potenciometar

Slika 18. Konačni izgled modela detektora dima

Slika 19. Elektronička shema modela detektora dima

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Konstrukcija modela vatrodajave u prostoru zrakoplovnog klipnog motora, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 01.03.2022

Borna Bakran, B  
(ime i prezime, potpis)