

# Projektovanje i modelovanje sistema protivpožarne zaštite u server sali

Mirjana Maksimović, Nada Cincar  
 Elektrotehnički fakultet  
 Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina  
[mirjana@etf.unssa.rs.ba](mailto:mirjana@etf.unssa.rs.ba), [nada@etf.unssa.rs.ba](mailto:nada@etf.unssa.rs.ba)

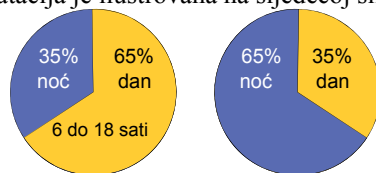
*Sadržaj*—Osnovni polazni dokument kojim se rješava problem protivpožarne zaštite nekog objekta je idejni projekat zaštite od požara usaglašen sa zakonskim i tehničkim propisima. Idejni projekat predstavlja osnovu za izradu glavnog projekta protivpožarnih sistema i planova mjera i akcija u slučaju izbijanja požara u objektu. U ovom radu predstavljeno je projektovanje i modelovanje sistema protivpožarne zaštite u univerzitetskoj server sali Elektrotehničkog fakulteta u Istočnom Sarajevu.

*Ključne riječi* – detektor, projekat, protivpožarna zaštita, server sala

## I. UVOD

Sistem zaštite od požara obuhvata skup mjera i radnji za planiranje, finansiranje, organizovanje, sprovođenje i kontrolu mjera i radnji zaštite od požara, za spriječavanje izbijanja i širenja požara, otkrivanje i gašenje požara, spasavanje ljudi i imovine, zaštitu životne sredine, utvrđivanje i otklanjanje uzroka požara, kao i za pružanje pomoći kod otklanjanja posljedica prouzrokovanih požarom [1]. Instalacije za otkrivanje i dojavu požara predstavljaju jednu od najznačajnijih komponenti sistema zaštite, samim tim i zaštite od požara. Zaštita od požara je disciplina u kojoj savremena tehnička otkrića najbrže nalaze primjenu. Podaci svjetskog centra za statistiku požara iz Ženeve pokazuju da posljedice požara razvijenih zemalja čine 1% nacionalnog dohotka, što pored zaštite ljudskih života predstavlja osnovni razlog za projektovanje stabilne instalacije za dojavu požara [2].

Takođe, svjetski centar za statistiku ima zanimljive podatke u vezi vremena kada nastaje požar i veličine načinjene štete, što će dati jedan smijer pri projektovanju instalacija za otkrivanje i dojavu požara. Naime, radi se o tome da je broj požara nastao danju skoro duplo veći nego noću, ali je šteta nastala od požara noću skoro duplo veća nego šteta nastala danju. Konstatacija je ilustrovana na sljedećoj slici:



Slika 1. Broj požara

veličina štete

Ovakav podatak je uslovio da se projektuje instalacija za otkrivanje i dojavu požara koja će raditi u dva režima: „DAN“ i „NOĆ“, što se reguliše na posebnoj preklopci na centrali za dojavu.

Podaci koji su se odnosili na bivšu SFRJ pokazuju da su štete nastale od požara 2,5% nacionalnog dohotka. Podaci za SRJ govore da su gubici od požara oko 2%.

Veličina nastale štete direktno zavisi od trenutka otkrivanja požara. Međutim, lažne uzbune mogu takođe dovesti do materijalnih šteta (prekidanje procesa proizvodnje npr.), i što je još opasnije mogu dovesti do pogrešnog tumačenja alarma od strane ljudi koji se nalaze u štićenom objektu! Drugim riječima, česti lažni alarmi doveli bi do nepovjerenja prema sistemu, što može biti kobno.

Da bi se došlo do optimalnog rješenja povodom izloženih problema, projektovanje instalacija za otkrivanje i dojavu požara se usavršava iz dana u dan. Ipak, bez obzira na savremena tehnička dostignuća, požari još uvijek odnose živote i materijalna dobra, zbog toga je projektovanje ovih instalacija vrlo odgovoran posao.

## II. PROJEKTOVANJE PROTIVPOŽARNIH SISTEMA

Idejni projekat, na osnovu prikupljenih podataka o objektu i tehnologiji u njemu, obrađuje i rješava sljedeća pitanja požarne zaštite:

- požarni rizik u objektu;
- proučavanje svih zakonskih i tehničkih propisa i iskustava u požarnoj zaštiti sličnih objekata;
- požarnu preventivu;
- tehnička rješenja i projektne zadatke za glavne projekte protivpožarnih sistema;
- plan akcija i mjera u objektu, u slučaju izbijanja požara.

Nakon utvrđivanja-identifikovanja mogućih uzročnika i izvora požara u objektu, treba razmotriti koje mjere preduzeti da bi se postiglo:

- da do požara ne dođe;
- ukoliko do njega dođe, da on bude za određeno vrijeme, ograničen prostorno;
- u određenim posebno važnim dijelovima objekta ugašen automatskim sistemom prije nego što se proširi.

Ova tri zahtjeva se postižu primjenom odgovarajućih mjera požarne preventive (prva dva) i projektovanjem protivpožarnih sistema (treći). Mjere požarne preventive definišu se glavnim projektom zaštite od požara, a implementiraju se u ostalim glavnim projektima.

Protivpožarni sistemi, izbor sredstava i tehnika se obavlja u glavnom projektu zaštite od požara, a sama tehnička rješenja se implementiraju kroz projekte posebnih sistema. Ova rješenja se unose i u glavni projekat zaštite od požara.

Iz gore navedenog se vidi da je projektovanje zaštite od požara interaktivan proces. Projekat zaštite od požara procjenjuje opasnosti, predlaže rješenja, ona se implementiraju kroz ostale tehničke projekte, a na kraju se unose u projekat zaštite od požara.

Preventivne mjere veoma su brojne i mogu se svesti na tri osnovne grupe:

- mjere tehnološke preventive;
- mjere građevinske preventive;
- mjere preventive za elektro i mašinske instalacije.

Tehnološka preventiva se odvija u tri faze

- praćenjem tehnoloških veličina koje mogu izazvati požar i eksploziju (najčešće automatski);
- zatim regulacija (automatska i daljinsko-ručna) ovih veličina;
- eliminacija nedozvoljenih tehnoloških veličina. Ova treća faza podrazumijeva aktiviranje i protivpožarnih sistema i sistema za eksplozivnu zaštitu.

Građevinske tehničke mjere požarne preventive su date odgovarajućim tehničkim propisima za građevinsku izgradnju, propisima iz požarne zaštite, propisima za električne instalacije itd. Ovi propisi obuhvataju tehničke zahtjeve za vatrootpornost zidova i vrata, izlaze za evakuaciju, požarne stepenice i prilazne puteve, hidrantsku i kanalizacionu mrežu, dozvoljena rastojanja između objekata, odvod dima, provjetranje i niz drugih zahtjeva. Posebno se mogu pojaviti zahtjevi kod objekata posebne namjene koji se tretiraju, u požarnom smislu, kao specijalni objekti. Pod specijalnim objektima podrazumjevaju se svi objekti visokog požarnog rizika, kao što su skladišta, sve tehnologije sa zapaljivim materijalima, objekti gdje postoji ugroženost ljudi, visoke zgrade, itd.

Električne mjere preventive se nalaze u odgovarajućim propisima za električne uređaje i instalacije. Činjenica da, po statističkim podacima, najveći procenat uzroka i izvora požara otpada na neispravnost električne instalacije i varničenje, zahtjeva strogu primjenu propisa za ovu vrstu požarne preventive. To se neposredno odnosi na pojavu statičkog elektriciteta i varničenja.

Što se tiče posebnih sistema (protivpožarnih sistema) projekat zaštite od požara daje u stvari projektni zadatak za njih a po izrađenoj projektnoj dokumentaciji za njih ova rješenja se unose u ovaj projekat.

Jedinstveno rješenje požarne zaštite obuhvata pored preventivnih mjera, mobilnu opremu, signalizaciju požara, vatrogasna i druga specijalna vozila, stabilne sisteme po pojedinim objektima [1].

### III. PROJEKAT PROTIVPOŽARNE ZAŠTITE UNIVERZITETSKE SERVER SALE

Elektrotehnički fakultet u Istočnom Sarajevu jedan je od dva fakulteta koji baštine tradiciju prijeratnog Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu, osnovanog davne 1961 god. Elektrotehnički fakultet je sada dio integrisanog Univerziteta u Istočnom Sarajevu koji je nedavno proslavio dvadeset godina postojanja.

U prostorijama Elektrotehničkog fakulteta planirana je i trenutno se osposobljava univerzitetaska server sala za koju je urađen projekat za izvođenje električnih instalacija server sale. Zgrada univerziteta posjeduje trafo stanicu i prostoriju za dizel agregat. Projekat elektroinstalacija za ovaj objekat obuhvata: napajanje električnom energijom i raspodjelu električne energije.

Projektom je obuhvaćeno sljedeće:

- unutrašnji elektroenergetski razvod;
- instalacija osvjjetljenja;
- protivpožarna instalacija.

Projekat je organizovan kao trajno ukoričena knjiga u više primjeraka koja se sastoji iz tri dijela. Poslije naslovne strane i sadržaja slijede dijelovi projekta označeni kao:

1. Opšti tekstualni dio
2. Tekstualno- tehnički dio, i
3. Grafičko-tehnički dio.

**Naslovna strana projekta** sadrži podatke o objektu koji se gradi, kao što su: naziv objekta i mjesto gradnje, naziv samog projekta, datumi izrade projekta i objekta, investiciona vrijednost objekta, podaci o investitoru, podaci o projektantskoj organizaciji, ime odgovornog i/ili glavnog projektanta i sl.

**Opšti tekstualni dio projekta** sadrži veći broj priloga opšteg karaktera kao što su:

- kopija registracije organizacije kod nadležnog suda za vršenje djelatnosti projektovanja i izrade tehničke dokumentacije;
- razna rješenja o određivanju odgovornog, glavnog i drugih projekatnata;
- potvrde o stručnosti lica koja su određena za izradu tehničke dokumentacije;
- razne izjave odgovornih lica vezane za izradu predmetnog projekta, itd.

**Tekstualno-tehnički dio projekta** sadrži više dijelova (poglavlja) čiji je uobičajeni redoslijed sljedeći:

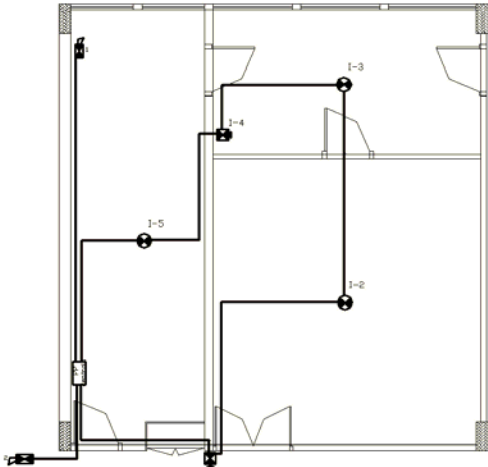
- projektni zadatak;
- tehnički opis;
- tehnički uslovi;
- proračun sistema;
- prilog o primjenjenim mjerama zaštite na radu;
- prilog o primjenjenim mjerama zaštite od požara;
- specifikacija materijala i opreme;
- predmjer i predračun radova (PPR);
- rekapitulacija.

**Grafičko-tehničku dokumentaciju** čini skup crteža planova električne instalacije kao i skup drugih crteža i šema, koji u utvrđenom redoslijedu treba da prate tehnički

opis i da sadrže elemente izvršenih proračuna i odluka projektanta o pojedinim djelovima električne instalacije [3].

Dio projekta za izvođenje električnih instalacija server sale je protivpožarna instalacija.

Za otkrivanje početnog požara u objektu primjenjen je konvencionalni (4-zonski) sistem za automatsko otkrivanje požara proizvodnje "BENTEL SECURITY"- Italija. Centrala vatrodajave ima ugrađena 2 olovna, hermetički zatvorena, akumulatora 12 V, 7,2 Ah, za rezervno napajanje sistema u slučaju ispada mrežnog napajanja (220 V, 50 Hz) u trajanju minimalno 48 sati. Centrala vatrodajave se montira na prisupačnoj i preglednoj poziciji (na zidu, i napaja se sa posebnog instalacionog osigurača na razvodnoj tabli kalibracije 6A.



Slika 2. Razvod instalacije sistema protivpožarne zaštite u server sali

Projektom je predviđena ugradnja 3 komada optičkog detektora dima. Uz to, predviđena je ugradnja i dva ručna javljača požara. Preostale 3 zone na centralnom uređaju (centrala vatrodajave) su rezerva za eventualno naknadno proširenje sistema.

Alarmiranje sa detektora požara u štichenom objektu u radno vrijeme je dvostepeno: za slučaj aktiviranja bilo kog detektora požara prvo se javlja interni alarm (zujalica) na centrali vatrodajave (1. stepen alarma), a po isteku tzv. vremena izviđanja (podesi se na 20-30 sekundi), ukoliko se ne izvrši „reset“ na centrali vatrodajave automatski se aktivira eksterni alarm (vanjske i unutrašnje sirene sa bljeskalicom) - 2. stepen alarma. Za slučaj aktiviranja ručnog javljača požara uvijek se, uz interni alarm na centrali vatrodajave, javlja i vanjska unutrašnja sirena (2. stepen alarma).

U slučaju aktiviranja detektora požara poslije programiranog radnog vremena automatski se javlja 2. stepen alarma, bez obzira da li su aktivirani detektori požara ili ručni javljač. Ukoliko to zahtjeva investitor moguć je prenos alarma 2. stepena na udaljenu poziciju (vatrogasna jedinica, policija ili druge dežurne službe) pomoću dograđenog komunikatora, preko postojeće telefonske linije u objektu.

Linije detekcije i dojava požara izvode se kablom IyB(St)Y-2x(2x0,8)mm, povišene vatrootpornosti, crvene boje plašta, položenim pod žbuk u PVC fleksibilnoj instalacionoj cijevi  $\Phi 16$ . Detektori požara se montiraju na strop u podnožju 5B, a ručni javljač (crvena boja kućišta), na zid, na visini 1,60 m iznad poda [4].

#### IV. DETEKCIJA DIMA

Detekcija dima najčešće je primjenjivana metoda detekcije požara, prvenstveno zbog toga što se dim širi intenzivno već u vrlo ranoj fazi gorenja. Radi prirodnog termičkog strujanja, vrući dim vatre uzdiže se u zatvorenoj prostoriji s mjesta gorenja ravno prema gore i skuplja pod plafonom, odnosno svodom prostorije, a zatim nakupljanjem ispunjava prostoriju prema podu. Modeli odziva termičkih detektora bazirani su na predikciji temperature i brzine gasova nastalih tokom razvoja požara duž plafona. Isti proračun se može koristiti za predikciju odziva detektora dima koristeći relaciju između koncentracije dima i porasta temperature. Međutim, uslov aktiviranja detektora dima nije samo koncentracija dima. Veličina čestica dima, optičke osobine kao i osobine raspršivanja istih mogu uticati na veličinu koncentracije dima neophodnu za aktiviranje detektora. Ako postoji dovoljna optička gustina, porast temperature ili brzine na lokaciji detektora dima, onda je razumno očekivati da će se isti aktivirati. Veza između optičke gustine i promjene u temperaturi duž plafona za dati gorivi materijal, predložena u [5], može se na sličan način iskoristiti za procjenu odziva detektora dima. Ova aproksimacija je otprilike nezavisna od principa rada detektora.

Nekad je najčešće korišćena tehnika detekcije dima bila korišćenjem jonizacijskog detektora – u kojem se slabim radioaktivnim izvorom izaziva jonizacija čestica vazduha unutar detekcijske komore, a promjena jonske struje detektuje prisutnost dima. Razvojem poluprovodničke elektronike pojavili su se upotrebljivi optički detektori dima koji rade na principu detekcije raspršenja svjetlosti pa se jonizacijski tip detektora koristi uglavnom rijetko (tamo gdje je potrebna vrlo visoka osjetljivost), a još rjeđe od pojave laserskih optičkih detektora. Osim uobičajenih optičkih detektora koji u svojoj komori imaju i izvor svjetlosti, i prijemnik, koji se koriste u malim i srednje velikim prostorijama, za vrlo velike i visoke prostore (visokoregalna skladišta, sportske dvorane, i sl.) u pravilu se koriste tzv. infracrvene barijere koje se sastoje od dvije jedinice – predajnika i prijemnika – i montiraju pod svodom prostora, preko cijelog raspona širine. Tipičan problem optičkih detektora jesu svi oni uticaji koji izazivaju raspršenje svjetlosti, a nisu dim. Najčešće je to prašina, radi koje i jeste potreban redovni servis optičkih detektora. Intenzitet redovnih servisa može se bitno smanjiti (što je naročito finansijski važno na velikim sistemima) korišćenjem detektora i centrale koji omogućavaju tzv. drift kompenzaciju – zanemarivanje sporog porasta intenziteta raspršenja (izazvanog nakupljanjem prašine) - sve do krajnje moguće granice, čime se izbjegavaju lažni alarmi i učestali servisi. U okolnostima kad je potrebna vrlo rana detekcija (tipično u računarskim salama gdje je vrlo visoka opasnost od požara i vrlo skupa i važna oprema) dim je potrebno registrovati još dok je tek u tragovima. Tada se koriste aspiracijski sistemi koji uvlače okolni vazduh (i dim, ako je prisutan), kroz filter za prašinu, do analitičke komore gdje koncentracija dima može postati dovoljna za optički detektor [6]. Na osnovu gore rečenog, može se vidjeti da su jonizacioni detektori osjetljivi na količinu i veličinu čestice dima u komori detektora dok su fotoelektrični detektori osjetljivi na količinu i reflektujuća svojstva dima.

Za dati zapaljivi materijal, autori u radu [5] pretpostavljaju da se osobine dima (konkretno distribucija čestica i reflektujuće osobine) ne razlikuju značajno dok „putuju“ od izvora požara do detektora. Ova teorija takođe pretpostavlja da je prenos dima na detektor ploveći. Zatim se zaključuje da će se za dati detektor u kombinaciji sa materijalom, odgovor pojaviti kada promjena temperature gasa dostigne određeni prag. Ova promjena u temperaturi pri odzivu je poznata kao DMR broj (*Detector Material Response*). Dalje, testni podaci moraju biti generisani i analizirani prije nego što se ovaj tip modela detektora dima može koristiti kao definitivni vodič u određivanju odziva komercijalno dostupnih detektora dima (neophodno je utvrditi DMR broj za svaki komercijalno dostupan detektor dima). Takođe je neophodno da se utvrdi karakteristična dužina detektora koja je u stvari mjera otpora koji će dim iskusiti ulazeći u komoru detektora [5]. U analogiji sa detektorima toplote, DMR broj je sličan radnoj temperaturi a karakteristična dužina je analogna RTI (*Response Index Time*). Jednom kada se ove karakteristike detektora dima odrede, slične jednačine se koriste za izračunavanje promjena u temperaturi gasova duž plafona, a samim tim i za rad detektora.

Uopšteno, osjetljivost aktivacije detektora dima data je u pogledu količine zamračenja od strane dimnih struja više nego od same koncentracije dima. Što je detektor dima osjetljiviji to je potrebna manja količina zamračenja za aktiviranje. Ova veličina je mjerena slabljenjem svjetlosnog snopa. Mjera slabljenja je optička gustina po jedinici dužine snopa, OD:

$$OD = \frac{\log \frac{I_0}{I}}{L} \quad (1)$$

U [7] navedena je relacija koja predstavlja vezu između optičke gustine po metru i porasta temperature u obliku:

$$\frac{OD}{\Delta T} = \frac{3300 \rho C_p m_s}{\dot{Q}} \quad (2)$$

gdje su:  $\dot{Q}$  [kJ/kg] - konzumirano gorivo u jedinici vremena,

$m_s$  [kg] - konzumirani dim/kg u jedinici vremena,

$C_p = 1$  [kJ/kg °C] i  $\rho_0 = 1,165$  [kg/m<sup>3</sup>] (na 30 °C), specifična toplota i gustina vazduha, respektivno.

U [8] je data tabela sa vrijednostima OD za aktivaciju detektora dima.

TABELA I. VRIJEDNOSTI OD ZA AKTIVACIJU DETEKTORA DIMA

OD prag za aktivaciju	Tip požara	Jonizacioni detektori	Fotoelektrični detektori
20%	Plamteći požar	0,007 ± 0,004 OD/m	0,31 ± 0,016 OD/m
50%	Plamteći požar	0,021 ± 0,005 OD/m	0,063 ± 0,029 OD/m
80%	Plamteći požar	0,072 ± 0,027 OD/m	0,106 ± 0,039 OD/m

## V. METODE PREDIKCIJE ODZIVA DETEKTORA DIMA

U ovom radu će biti prikazane dvije najčešće korišćene metode za predikciju vremena aktivacije detektora dima.

Prva metoda podrazumjeva da je količina oslobođene toplote konstantna a druga da se mijenja po zakonu  $Q = \alpha t^2$ , pri čemu vrijednosti koeficijenta razvoja požara  $\alpha$  [kW / s<sup>2</sup>] zavisi od tipa požara: 0,00293 - za spore požare, 0,01172 - za srednje brze požare, 0,0469 - za brze požare i 0,1876 - za ultra brze požare.

### A. Modelovanje odziva detektora dima za $Q = const.$

R.L. Alpert [9] je predstavio niz jednačina koje se mogu koristiti za izračunavanje temperature i brzine gasova pri plafonu, za požare sa konstantnom brzinom oslobađanja toplote. Te jednačine mogu da se koriste za modelovanje rastuće vatre pretpostavljajući da se požar sastoji od niza konstantnih brzina oslobađanja toplote. Problem sa ovom vrstom kvazi-stalnog modelovanja je da se za temperaturu i brzinu gasova u trenutku daleko od izvora pretpostavlja da su u vezi sa trenutnom brzinom oslobađanja toplote. Ovim se zanemaruje vrijeme potrebno za transport gasova od izvora do detektora. Uprkos ovom nedostatku, kvazi-stalan model za temperaturu i brzine gasova može da se koristi za procjenu veličine razlika u temperaturama i brzinama koje proističu iz različitih istorija brzina oslobađanja toplote. Još važnije, uticaj na dizajn i analizu odziva detektora može biti procijenjen.

U literaturi se može pronaći nekoliko metoda za proračun odziva detektora dima pri  $Q = const.$

Prva od njih podrazumijeva posmatranje detektora dima kao detektora toplote sa malom RTI vrijednošću i samim tim se omogućava korišćenje Alpert-ovih jednačina za proračun odziva [9]. U jednačini:

$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{u^2 (T_g - T_d)}{RTI} \quad (3)$$

pristup temperaturi gasa može se ostvariti koristeći Alpert-ove relacije:

$$\Delta T = \begin{cases} 16,9 \cdot \frac{k Q_c^{\frac{2}{3}}}{H^{\frac{5}{3}}}, & \frac{r}{H} < 0,18 \\ 5,38 \cdot \frac{\left(k \frac{Q_c}{r}\right)^{\frac{2}{3}}}{H}, & \frac{r}{H} \geq 0,18 \end{cases} \quad (4)$$

$$u = \begin{cases} 0,96 \cdot \left(\frac{Q}{H}\right)^{\frac{1}{3}}, & \frac{r}{H} < 0,15 \\ 0,195 \cdot \frac{Q^{\frac{1}{3}} H^{\frac{1}{2}}}{r^{\frac{5}{6}}}, & \frac{r}{H} \geq 0,15 \end{cases} \quad (5)$$

pri čemu su:

$\Delta T = T_g - T_a$ ,  $T_g$  [°C] - temperatura gasa,

$T_a$  [°C] - temperatura u prostoriji prije pojave požara,

$T_d$  [°C] - temperatura detektora,

$u$  [m/s] - brzina gasa,

$Q$  [kW] - količina oslobođene toplote,

$Q_c = \chi_c Q$  - količina oslobođene toplote konvekcijom ( $\chi_c = 0,7$ )

$H$  [m] - udaljenost od osnove požara do plafona,

$r$  [m] - radijalna udaljenost detektora od ose požara i

$k$ -konfiguracioni faktor koji ima sljedeće vrijednosti:

$k=1$  - kada je požar lokalizovan u centru prostorije

$k=2$  - kada je požar lokalizovan blizu ili uz zid i

$k=4$  - kada je požar lokalizovan u uglu prostorije (90 °C).

Vrijeme aktivacije detektora definisano je izrazom:

$$t_{activation} = \frac{RTI}{u^2} \ln \frac{T_g - T_a}{T_g - T_{d-act}} \quad (6)$$

pri čemu je:

$T_{d-act}$  [°C] – radna temperatura detektora.

Rješenje jednačine (3) po vrijednosti temperature detektora  $T_d$  [°C] lako se dobija korišćenjem Euler-ovog integracionog metoda [10]:

$$T_d(t_k + t_{k+1}) = T_d(t_k) + \frac{\sqrt{u(t_k)}}{RTI} (T_g(t_k) - T_d(t_k))(t_{k+1} - t_k) \quad (7)$$

Detektor se aktivira kada njegova temperatura  $T_d$  dostigne temperaturu aktivacije  $T_{d-act}$ .

Druga metoda je predstavljena u [11] i poznata je kao Mowrer-ova metoda. Vrijeme aktivacije detektora je definisano kao:

$$t_{activation} = t_{pl} + t_{cj} [s] \quad (8)$$

gdje su:

$$\text{transportno kašnjenje dima [s]: } t_{pl} = \frac{C_{pl} (H)^{4/3}}{(Q)^{1/3}} \quad (9)$$

transportno kašnjenje pri strujanju gasa blizu plafona [s]:

$$t_{cj} = \frac{(r)^{11/6}}{(C_{cj}) (Q)^{1/3} (H)^{1/2}} [s] \quad (10)$$

$C_{pl}$  - konstanta transportnog kašnjenja dima

$C_{cj}$  - konstanta transportnog kašnjenja pri strujanju gasa blizu plafona

$H$  [m] - udaljenost od gorivog materijala do plafona

$Q$  [kW] - količina oslobođene toplote

$r$  [m] - radijalna udaljenost detektora od ose požara

### B. Modelovanje odziva detektora dima za $Q = \alpha t^2$

Za ravne plafone visine  $H$  [m] iznad izvora požara, brzina gasova produkta požara  $u$  [m/s] i porast temperature  $\Delta T$  [°C], na radijalnoj udaljenosti detektora od ose požara,  $r$  [m], dati su u bezdimenzionalnom obliku kao redukovana brzina i temperatura gasa  $u_2^*$  i  $\Delta T_2^*$  [5]:

$$u_2^* = \frac{u}{A^{1/5} \alpha^{1/5} H^{1/5}} = f\left(t_2^*, \frac{r}{H}\right) \quad (11)$$

$$\Delta T_2^* = \frac{\Delta T}{A^{2/5} \frac{T_a}{g} \alpha^{2/5} H^{-3/5}} = g\left(t_2^*, \frac{r}{H}\right) \quad (12)$$

gdje su:

$$\text{redukovano vrijeme: } t_2^* = \frac{t}{A^{1/5} \alpha^{1/5} H^{1/5}} \quad (13)$$

$$\text{i konstanta: } A = \frac{g}{C_p T_a \rho_0} \left[ \frac{m^4}{s^2 kJ} \right] \quad (14)$$

U prethodnim jednačinama  $\Delta T = T_g - T_a$ ,  $T_a$  [°C] - temperatura u prostoriji prije pojave požara,  $g$  - gravitaciona konstanta,  $C_p$  i  $\rho_0$ , specifična toplota i gustina vazduha, respektivno.

$$t_{2f}^* = 0,861 \left(1 + \frac{r}{H}\right) \quad (15)$$

$$\Delta T_2^* = \begin{cases} 0, & t_2^* \leq t_{2f}^* \\ \left\{ \frac{[t_2^* - t_{2f}^*]}{\left[0,146 + 0,242 \frac{r}{H}\right]} \right\}^{4/3}, & t_2^* > t_{2f}^* \end{cases} \quad (16)$$

Bezdimenzionalna brzina gasa je određena relacijama:

$$\frac{u_2^*}{(\Delta T_2^*)^{1/2}} = \begin{cases} \frac{3,87}{(9,115)^{0,5}}, & \frac{r}{H} \leq 0,3 \\ 0,59 \left(\frac{r}{H}\right)^{-0,63}, & \frac{r}{H} > 0,3 \end{cases} \quad (17)$$

Ove relacije se zamjenjuju u jednačinu (3) za prenos toplote. Modelovanjem detektora dima na ovaj način, u [12] za procjenu vremena aktivacije predlaže se korišćenje izraza za temperaturu detektora dima:

$$T_d(t) = \left( A^{2/5} \frac{T_a}{g} \alpha^{2/5} H^{-3/5} \right) \cdot \Delta T_2^* \quad (18)$$

Detektor će se aktivirati kada njegova temperatura  $T_d$  dostigne temperaturu aktivacije  $T_{d-act}$ .

### C. Rezultati simulacija

U procesu simulacije korišćenjem MATLAB softverskog paketa korišćeni su sljedeći parametri: temperatura prostorije:  $T_a = 21$  [°C], visina ili udaljenost između gorivog materijala i plafona:  $H = 3,3$  [m] (visina plafona server sale), temperatura aktivacije detektora dima:  $T_{d-act} = 30$  [°C], indeks vremena odziva detektora dima  $RTI = 5$  [m<sup>1/2</sup> s<sup>1/2</sup>], radijalna udaljenost detektora od ose požara:  $r = 3,41$  [m], količina oslobođene toplote:  $Q = 1000$  [kW].

Prilikom simulacije za  $Q = const.$  korišćene su prethodno navedene dvije metode. Prva metoda podrazumijeva posmatranje detektora dima kao termomaksimalnog uređaja sa malom vrijednošću RTI. Za date parametre, rješavanjem Alpert-ovih jednačina (4)-(6), procesom simulacije je dobijeno, da se detektor dima aktivira za 0,76 s. Drugom, Mowrer-ovom metodom, odnosno rješavanjem jednačina (8)-(10), vrijeme aktivacije detektora dima takođe iznosi 0,76 s. (Konstante  $C_{pl}$  i  $C_{cj}$  su eksperimentalno određene i njihove vrijednosti su:  $C_{pl} = 0,67$  i  $C_{cj} = 1,2$  [13]).

U kvazi-stalnom proračunu pokazuje se da se greške najviše javljaju kada se modeluju požari sa malim brzinama oslobađanja toplote i pri požarima koji ne rastu stalno.

TABELA II. VRIJEME AKTIVACIJE DETEKTORA DIMA U ZAVISNOSTI OD METODE PRORAČUNA

Metoda proračuna vremena aktivacije detektora dima	Vrijeme aktivacije detektora dima $t_{activation}$ [s]
Alpert	0,76
Mowrer	0,76

U slučaju  $Q = \alpha t^2$  modela, za date parametre, procesom simulacije za 4 tipa požara dobijeni su rezultati predstavljeni u Tabeli III.

TABELA III. VRIJEME AKTIVACIJE DETEKTORA DIMA I KOLIČINA OSLOBODENE TOPLOTE U ZAVISNOSTI OD TIPA POŽARA

Tip požara	Vrijeme aktivacije detektora dima $t_{activation}$ [s]	Količina oslobodene toplote $Q$ [kW]
Ultra brz: $t_c = 75$ s	22,6	95,8
Brz: $t_c = 150$ s	36,3	61,9
Srednje brz: $t_c = 300$ s	61,1	43,8
Spor: $t_c = 600$ s	107	33,5

## VI. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni osnovni principi projektovanja sistema protivpožarne zaštite. Prikazana je i praktična realizacija jednog takvog sistema u univerzitetskoj server sali na Elektrotehničkom fakultetu u Istočnom Sarajevu. Razmatrana su i dva, u literaturi najčešće korišćena, modela predikcije odziva detektora dima i za konkretan slučaj serverske sale izvršene simulacije. Prilikom simulacije odziva detektora u kvazi-stalnom proračunu korišćena je jedna konstantna vrijednost  $Q$  sa ciljem upoređivanja rezultata dobijenih korišćenjem Alpert-ove i Mowrer-ove metode. Simulacijama su dobijene iste vrijednosti vremena odziva detektora dima. U slučaju poznavanja istorije razvoja požara, kvazi-stalnom metodom je moguće odrediti vrijeme aktivacije detektora dima pretpostavljajući da se požar sastoji od niza

konstantnih brzina oslobađanja toplote. Drugom metodom, kojom se pretpostavlja da se oslobodena količina toplote mijenja sa kvadratom vremena, izvršene su simulacije odziva za 4 tipa požara: spor, srednje brz, brz i ultra brz. Rezultati su pokazali da, što se požar sporije razvija, potrebno je više vremena za aktivaciju detektora dima i obratno.

## LITERATURA

- [1] Stabilni sistemi zaštite od požara - Uvod [Internet]: <http://www.tvi.rs/archive/file/Podaci%20za%20preuzimanje/Literatura/Milan%20predavanja/STABILNI%20SISTEMI%20-%20Uvod.pdf>, posjećeno 15.01.2013
- [2] International Association for the Study of Insurance Economics. World fire statistics. Geneva (Schwizerland): The Geneva Association, 2007.
- [3] N. Cincar, R. Mitrić, B. Novaković, A. Simović, NEKI ASPEKTI PRIMJENE PROGRAMA AUTOCAD-A I EXCEL-A PRI PROJEKTOVANJU ELEKTRIČNIH INSTALACIJA INFOTEH-JAHORINA Vol. 7, Ref. D-14, p. 364-367, March 2008.
- [4] Projekat za izvođenje električnih instalacija server sale, Elektrotehnički fakultet Istočno Sarajevo, oktobar 2012
- [5] G. Heskestad and M. Delichatsios, "Environments of Fire Detectors - Phase I: Effect of Fire Size, Ceiling Height and Material", Volume I "Measurements" (NBS-GCR-77-86), May 1977, Volume II "Analysis" (NBS-GCR-77-95), June 1977, National Technical Information Service (NTIS) Springfield, VA 22151.
- [6] Prpić E., "Projektiranje sustava za dojavu požara-Odabir i pozicioniranje javljača, proširenje funkcionalnosti, eksploatacijski aspekti", Seminar Zaštite od požara u graditeljstvu Bizovac, studenog 2006. godine
- [7] D.D. Evans, D.W. Stroup, "Methods to Calculate the Response Time of Heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings", NBSIR 1985
- [8] D.J. O Connor, E. Cui, M.J. Klaus, C.H. Lee, C. Su, Z. Sun, M. He, Y. Jiang, J. Vythoukas, T. Al-Farra, "Smoke Detector Performance For level Ceilings With Deep Beams And Deep Beam Pocket Configurations", The Fire Protection Research Foundation, April 2006
- [9] R. Alpert, "Calculation of Response Time of Ceiling Mounted Fire Detectors", Fire Technology, Volume 8, 1972.
- [10] J. Hietaniemi, E. Mikkola, "Design Fires for Fire Safety Engineering", VTT Working papers, Technical research center Finland, 2010
- [11] Mowrer, F., "Lag Times Associated With Fire Detection and Suppression, Fire Technology", August 1990, p. 244.
- [12] Schifiliti R. P., USE OF FIRE PLUME THEORY IN THE DESIGN AND ANALYSIS OF FIRE DETECTOR AND SPRINKLER RESPONSE, WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 1986
- [13] [www.nrc.gov/reading-m/doc.../10\\_Detector\\_Activation\\_Time.xls](http://www.nrc.gov/reading-m/doc.../10_Detector_Activation_Time.xls), posjećeno 24.12.2012

## ABSTRACT

The conceptual design for the fire protection in a given building, that is in line with legal and technical regulations, is the startup document which solves fire protection issue. This is the basis for the final design of fire protection systems, measures and action plans in the case of the fire in the building. Article presents the design and modeling of fire protection system in the university server room at Faculty of Electrical Engineering in East Sarajevo.

## DESIGN AND MODELING OF THE SERVER ROOM FIRE PROTECTION SYSTEM

Mirjana Maksimović, Nada Cincar